FITOPATOLOGÍA

Publicación oficial de la Sociedad Española de Fitopatología

SEF SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FITOPATOLOGÍA

Año 2017 Número 1

Bacterias asesinas

Un fitopatólogo llamado Borlaug

Entrevista a la Dra. Milagros López

Una historia alucinante

Contenido

PRESENTACIÓN ---- 4
(Por Vicente Pallás)

ARTÍCULOS DE REVISIÓN ---- 6

La amenaza de las bacteriosis ---- 6
(Por Ana Palacio-Bielsa, Silvia Barbé y Ester Marco-Noales)

Candidatus Liberibacter: agentes causales de... ---- 15
(Por José Luis Palomo, Felipe Siverio y Jaime Cubero)

Xylella fastidiosa en Europa: "La bacteria más... 23
(Por Blanca B. Landa, Miguel Montes-Borrego y Juan A. Navas-Cortés)

HISTORIAS DE FITOPATOLOGIA ---- 33

Un fitopatólogo llamado Borlaug ---- 33
(Por Antonio Vicent)

60 años del descubrimiento del ARN como... ---- 37
(Por Vicente Pallás)

ENTREVISTA ---- 40

a la Dra. María Milagros López ---- 40
(Por Nieves Capote)

COMENTARIOS DE ARTÍCULOS ---- 48

Uso de metaanálisis para definir... ---- 48
(Por Elisa González-Domínguez)

Nanopartículas de arcilla para... ---- 49
(Por José Antonio Darós)

La infección viral en plantas altera... ---- 50
(Por Francisco Tenllado)

RECOMENDACIONES DE LIBROS ---- 51

Plant Diseases and Their Management... ---- 51
(Por Nieves Capote)

Todos somos científicos ---- 51
(Por Carmen Simón)

Enfermedades causadas por la bacteria Xylella Fastidiosa ---- 53
(Por Juan A. Navas-Cortés)

NOTICIAS DE ACTUALIDAD ---- 54

Control químico de enfermedades... ---- 54
(Por Dolores Fernández-Ortuño)

D. Nicholas José Talbot, nombrado Doctor... ---- 55
(Por Luis Vicente López-Llorca)

TESIS DOCTORALES ---- 56
(Por Laura Gálvez, Fernando Díaz, Emmanuel Aguilar, María Bernat, Amparo M. Gotor y Antonio Santos)

RESEÑAS SOBRE CONGRESOS ---- 58

European conference on *Xylella fastidiosa* ---- 58
(Por Blanca B. Landa)

III Reunión del GEDDI ---- 59
(Por José Luis Palomo)

1ª Conferencia anual de la acción COST ---- 60
(Por Jaime Cubero)

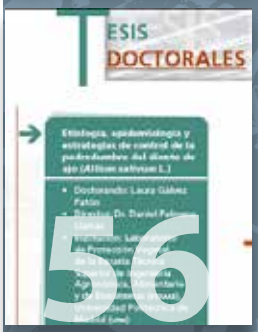
NUEVOS PATÓGENOS EN ESPAÑA ---- 61
(Por Juan A. Navas-Cortés)

FITOPATOLOGÍA Y SOCIEDAD ---- 63

Una historia alucinante ---- 63
(Por Alfonso Navas)

IN MEMORIAM: José Serra Aracil ---- 67
(Por Montserrat Roselló)

CRÉDITOS ---- 68

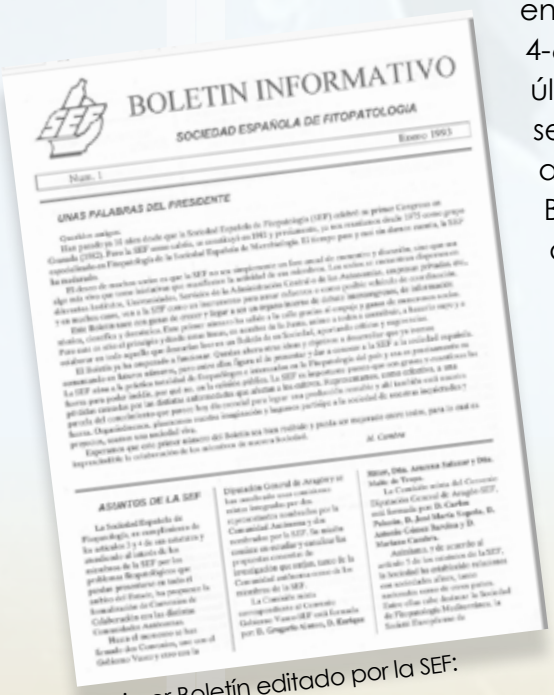


Vicente Pallás

Presentación

Apreciados socios y amigos de la SEF,

Durante los últimos 25 años, la SEF, como sociedad dinámica y comprometida con la divulgación científica y el fomento del intercambio de información entre sus socios, ha venido publicando de manera ininterrumpida su *Boletín Oficial* (BO) en el que se reflejaban las noticias de interés y las actividades más destacadas de sus miembros. Durante esos años el BO-SEF ha ido evolucionado, como no podía ser de otra manera, tanto en su formato, tamaño y contenido, pasando de tener 4-6 paginas en los números iniciales a las más de 50 de los últimos números. Además, se fueron incorporando diferentes secciones que progresivamente lo han ido haciendo más atractivo e interesante, como han sido el ARTÍCULO DEL BOLETÍN, la ENTREVISTA DEL BOLETÍN, etc. El gran incremento en diferentes secciones, así como la calidad de las mismas, ha hecho que consideremos necesario un planteamiento más profesional en esta nueva época y hayamos decidido elevarlo a condición de Publicación Oficial de la SEF en formato revista, con la ayuda de la editorial Hélice.


BOLETIN INFORMATIVO
SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FITOPATOLOGIA
Enero 1993
Núm. 1
UNAS PALABRAS DEL PRESIDENTE
ASUNTOS DE LA SEF

Primer Boletín editado por la SEF: enero de 1993

Tengo el placer, por tanto, de presentaros el primer número de la revista *FITOPATOLOGÍA*, la Publicación Oficial de la SEF, que sustituye y amplía al *Boletín* y que pretende ser un foro de divulgación de la Fitopatología y de intercambio de información entre los socios y simpatizantes de la SEF. Las secciones más informativas que tenía el BO-SEF pasan a incluirse en la *NewsLetter* de la SEF que periódicamente os mandamos desde hace algún tiempo. La nueva publicación tendrá un tema destacado de actualidad sobre el que girarán 2 o 3 revisiones científicas, y varias secciones fijas, algunas ya existentes en el antiguo BO, como la ENTREVISTA o las NOTICIAS de ACTUALIDAD, pero también otras nuevas como HISTORIAS DE FITOPATOLOGÍA, COMENTARIOS DE ARTÍCULOS, FITOPATOLOGÍA Y SOCIEDAD, etc. Este primer número está dedicado a las bacterias emergentes que están destruyendo importantes cultivos, y en él podéis encontrar interesantes artículos sobre las amenazas reales que están causando distintas bacteriosis. En el apartado de FITOPATOLOGÍA Y SOCIEDAD podréis leer "Una historia alucinante", muy sugestiva, preparada por A. Navas; en HISTORIAS DE FITOPATOLOGÍA, A. Vicent nos recuerda muy oportunamente a "Un fitopatólogo llamado Borlaug"; y, ciertamente, recomendamos que no os perdáis la ENTREVISTA a Mª Milagros López, por N. Capote.

Esperamos que este nuevo formato sea de vuestro agrado y, por supuesto, queremos poner claramente de manifiesto que esta nueva publicación/revista es de los socios y esperamos vuestra colaboración activa en los próximos números en cualquiera de las diferentes secciones que la integran.

Último Boletín Oficial de la SEF: abril de 2017

No quisiera despedirme sin dejar de reconocer la encomiable dedicación y labor que han desarrollado los anteriores editores del antiguo *Boletín*, empezando por su primer editor, José Luis Cenis, y siguiendo por Emilio Montesinos, Cinta Claver, Amparo Laviña, Íñigo Zabalgogeazcoa, José Luis Palomo, Cristina Cabaleiro, Blanca B. Landa, F. Xavier Sorribas, Inmaculada Viñas y Juan A. Navas-Cortés. A todos ellos, nuestro más sincero agradecimiento en nombre de la SEF. Finalmente, desear toda la suerte del mundo a Nieves Capote y a Juan A. Navas-Cortés, quienes han asumido la responsabilidad de coordinar la edición de este primer número de la revista y, como podréis comprobar, con un resultado magnífico. Que lo disfrutéis.

Vicente Pallás
Presidente de la SEF

vpallas@ibmcp.upv.es

La amenaza de las **bacteriosis**

Ana Palacio-Bielsa[1], Silvia Barbé[2] y Ester Marco-Noales[2]

[1]Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón / Instituto Agroalimentario de Aragón, IA2 (CITA -Universidad de Zaragoza)

[2]Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) Moncada (Valencia)

Ana Palacio-Bielsa es doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Valencia. En la actualidad es investigadora del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), en el que dirige la Línea de Bacteriología de la Unidad de Sanidad Vegetal. Sus investigaciones se dedican principalmente a métodos de diagnóstico, detección e identificación, biología, epidemiología y control de bacterias fitopatógenas.

Silvia Barbé Martínez es doctora en Biotecnología por la Universidad Politécnica de Valencia. En la actualidad es investigadora del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA),

Introducción

La introducción de patógenos de plantas, nuevos o emergentes, supone una amenaza para la seguridad alimentaria y los ecosistemas en general, puesto que anualmente entre un 10 y un 16 % de daños en la cosecha global se deben precisamente a enfermedades, lo que da lugar a pérdidas muy cuantiosas. Y este hecho es importante, ya que esas pérdidas influyen, en cierto modo, en el curso de las sociedades y de la historia.

En los últimos años se ha incrementado la tasa de introducción de patógenos exóticos[2], en gran parte debido al aumento de viajes y de comercio. En los países de la Unión Europea (UE), la libre circulación comercial iniciada en 1993 supuso la eliminación de las barreras fitosanitarias para el tránsito de productos agrícolas, y con ello la libre circulación de patógenos vegetales. Ello obligó al establecimiento de zonas fitosanitarias protegidas e inspecciones sistemáticas de los patógenos en las zonas de producción, como estrategias de defensa para limitar los riesgos de dispersión de estos organismos nocivos. La Directiva Europea 2000/29/CE[1] recoge las medidas de protección contra la introducción de organismos nocivos para los vegetales y establece la lista de aquellos considerados de cuarentena en la UE.

Para la sostenibilidad de los sistemas de producción de cultivos, una de las principales herramientas consiste en la identificación y la puesta en práctica de soluciones de manejo para las enfermedades bacterianas[7]. Tanto las nuevas y emergentes como las que se extienden por áreas geográficas previamente libres de las mismas puede que lleguen a los titulares de los periódicos como si fueran únicas, pero la lista de enfermedades para las que hay pocas opciones de manejo es en realidad muy larga. El mejor método de control es la prevención, y exige conocer bien los síntomas, disponer de técnicas rápidas y eficientes de diagnóstico, no utilizar material vegetal infectado, cumplir la legislación para las importaciones y realizar una rápida erradicación de las plantas afectadas, en los casos en que esta medida sea realmente útil.

A la dificultad de la detección debida a la frecuencia de las infecciones bacterianas latentes, hay que sumar que no siempre se implementan los métodos analíticos más adecuados para garantizar la calidad fitosanitaria. Hasta el año 2006, en España se habían identificado 50 bacterias fitopatógenas, diez de ellas consideradas de cuarentena. Desde entonces se ha descrito la presencia de nuevas bacterias, que se recogerán en una actualización del catálogo de patógenos de plantas descritos en España que será editado próximamente por la SEF. En este artículo solo vamos a reseñar una selección de aquellas bacteriosis más relevantes actualmente.

en la Unidad de Bacteriología del Centro de Protección Vegetal y Biotecnología. Ha trabajado durante varios años en fuego bacteriano y actualmente su investigación se centra en métodos de detección y caracterización, biología, epidemiología y control de diversas bacterias fitopatógenas.

ESTER MARCO-NOALES es doctora en Biología por la Universidad de Valencia. En la actualidad es investigadora del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), responsable tanto del Laboratorio de Bacteriología del Centro de Protección Vegetal y Biotecnología como del Laboratorio Nacional de Referencia de Bacterias Fitopatógenas del MAPAMA. Su investigación se centra en métodos de detección y caracterización, biología, epidemiología y control de diversas bacterias fitopatógenas.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ENTRADA O EMERGENCIA DE NUEVAS BACTERIAS

La distribución geográfica de las bacterias fitopatógenas está influenciada por varios factores: condiciones climáticas, distribución de plantas huésped, capacidad de dispersión del patógeno, presencia de vectores, adaptación a las condiciones locales, capacidad del patógeno de infectar nuevos huéspedes y resistencia de los cultivares locales.

La globalización desempeña un papel clave en la actual redistribución geográfica de los patógenos, las plantas huéspedes y los vectores, a través del incremento en el volumen de las transacciones comerciales y de los viajes internacionales. Otras fuerzas coadyuvantes son el uso de la tierra, diferente a períodos anteriores, y el cambio climático. Cuando un solo evento de introducción lleva al establecimiento y a la dispersión del patógeno es más fácil identificar la cadena de causalidades. Pero cuando se produce una combinación de diferentes fuerzas motrices, es probable que emerja un complejo proceso multifactorial que hace difícil identificar cuál es la contribución de cada factor al conjunto de la dinámica de la enfermedad.

Globalización e intercambios comerciales

El comercio internacional ha aumentado significativamente con el paso de los años. Los factores de riesgo para la entrada de nuevos patógenos incluyen el tráfico de plantas y de animales vivos, de productos agrícolas primarios, de comida procesada y de otros elementos, lo que facilita la introducción y dispersión de bacterias patógenas foráneas.

La importancia creciente de las bacteriosis de plantas puede deberse principalmente a la baja calidad sanitaria de las semillas y del material vegetal de reproducción. Estas son las vías habituales de entrada de las bacterias fitopatógenas, desde países donde son endémicas, hasta viveros o plantaciones españolas en las que encuentran especies susceptibles y condiciones favorables, y sobre todo a través de plantas ornamentales[3]. Los certificados fitosanitarios no garantizan la sanidad del material vegetal porque, en la mayoría de los casos, se basan solo en observaciones visuales[3]. Sin embargo, muchas bacterias fitopatógenas pueden tener una fase epífita, en la que se encuentran en la superficie de los órganos de la planta, o endófita, en la que viven en el interior de los mismos, en los espacios intercelulares o en tejidos vasculares; y, en ambas fases, las bacterias pueden estar presentes de forma latente, sin producir síntomas característicos, pero viables y activas. Una vez la bacteria ha sido introducida, la transmisión posterior puede ser favorecida por los métodos de cultivo y por agentes bióticos o abióticos.

Introducción de vectores

La introducción de insectos vectores, capaces de vehiculizar determinadas bacterias como *Xylella fastidiosa* o las causantes del *Huanglongbing* (HLB), constituye otro importante riesgo de dispersión de enfermedades. Un ejemplo ilustrativo es el caso de la introducción en California del cicadélido *Homalodisca vitripennis*, cuya gran eficacia en la transmisión de *X. fastidiosa* produjo un auge de la enfermedad de Pierce de la vid en la década de 1990, teniendo consecuencias devastadoras para este cultivo después de un período más tranquilo de convivencia con la enfermedad. En el caso del HLB, se ha observado que el período entre la aparición del vector y de la enfermedad en una nueva área se ha ido acortando en los últimos años, debido probablemente a que otros factores facilitan la presencia de la bacteria antes que en épocas anteriores.

Cambio climático

Los cambios del clima puedan afectar tanto al desarrollo de los cultivos como a su interacción con las bacterias, pero los efec-

Los cambios del clima puedan afectar tanto al desarrollo de los cultivos como a su interacción con las bacterias

tos son aún difíciles de prever, ya que los conocimientos sobre los efectos potenciales del cambio climático global se basan en la utilización de modelos. Se ha descrito que el calentamiento global podría estar relacionado con alteraciones en la distribución geográfica de las bacterias fitopatógenas, aumentando la incidencia de aquellas especies bacterianas con temperaturas óptimas de crecimiento más elevadas e incluso desplazando a otras mejor adaptadas a temperaturas inferiores. Por ejemplo, *Dickeya solani* se ha expandido rápidamente, desplazando en algunos países europeos a otras especies de *Dickeya* y *Pectobacterium*, convirtiéndose en la bacteria predominante en patata y ocasionando importantes pérdidas económicas. Por otro lado, el cambio climático puede incrementar los sucesos extremos, como los huracanes, las inundaciones, etc., que causan la dispersión de los patógenos a nuevas áreas.

IMPORTANCIA DE LAS BACTERIAS DE CUARENTENA

Los denominados organismos nocivos de cuarentena, entre los que se incluyen diversas bacterias, se consideran especialmente perjudiciales porque causan pérdidas que pueden suponer un factor limitante para determinados cultivos. A los daños directos en los cultivos se unen, además, los indirectos, derivados de su clasificación como patógenos de cuarentena. Para tratar de evitar su introducción o dispersión en la UE, los países miembros se rigen por la legislación comunitaria (Directiva 2000/29/CE)[1], que fue transpuesta a la legislación española (Real Decreto 58/2005)[4], y que obliga a comunicar la presencia de estos organismos nocivos a la autoridad competente en Sanidad Vegetal de cada Comunidad Autónoma (C. A.).

En la Directiva 2000/29/CE, que ha sufrido varias modificaciones desde su promulgación, las bacterias de cuarentena están divididas en varios grupos: **a)** no presentes en la UE y cuya introducción y propagación debe prohibirse en todos los estados miembros (Anexo I, Sección I y Anexo II, Sección I); **b)** aquellas de cuya presencia se tiene constancia en la UE y cuyos efectos son importantes para toda ella (Anexo I, Sección II y Anexo II, Sección II); **c)** bacterias cuya introducción y propagación debe prohibirse en determinadas zonas protegidas si se presentan en ciertos vegetales o productos vegetales (Anexo II, Parte B). A partir de diciembre de 2019 será el Reglamento (UE) 2016/2031[5], y no

Los denominados organismos nocivos de cuarentena se consideran especialmente perjudiciales porque causan pérdidas que pueden suponer un factor limitante para determinados cultivos

Figura 1. Síntomas provocados por *Ralstonia solanacearum* en cortes transversales de tubérculos de patata con diferente grado de afección, en donde se observa un oscurecimiento del anillo vascular y los tejidos circundantes. (*Fotografía*: IVIA).

la Directiva, el que se aplicará en su mayor parte, ya que actualmente (desde el 1 de enero de 2017) solo se sigue el punto 8 del artículo 111 que modifica el Reglamento UE nº 654/2014)[6].

La European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) también ha establecido listas de organismos nocivos de cuarentena, aunque sus directrices son únicamente recomendaciones. Las listas de la EPPO recogen aquellos organismos nocivos ausentes (A1) y presentes (A2) en su ámbito geográfico, y no son plenamente coincidentes con las de los anexos de la Directiva 2000/29/CE. La base de datos global de la EPPO contiene información, gratuita y periódicamente actualizada, de los organismos de cuarentena.

La European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) también ha establecido listas de organismos nocivos de cuarentena, aunque sus directrices son únicamente recomendaciones

BACTERIOSIS RELEVANTES QUE HAN ENTRADO EN ESPAÑA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS

Puesto que no es factible en este contexto hacer una revisión de todas las bacteriosis aparecidas en España, se cita una selección de las mismas en función de la incidencia relativa que han tenido en el panorama socio-económico.

La **marchitez bacteriana y podredumbre parda de la patata** [Figura 1], causada por la bacteria de cuarentena ***Ralstonia solanacearum***, se describió por primera vez en 1928 en una localidad cercana a Barcelona; más recientemente, en 1992, en Canarias; en 1996, también en Galicia; y desde 1999 ha ido habiendo detecciones en Castilla y León, País Vasco, Extremadura y Andalucía. Se sabe que está presente también en diversos cursos fluviales que actúan como un reservorio de la bacteria. Aunque el impacto económico a nivel mundial es alto, es difícil estimar las pérdidas con precisión, y son diferentes en función de las condiciones climáticas locales, el tipo de suelo, las prácticas agrícolas, el cultivar de la planta y el genotipo de la bacteria.

Se sabe que la bacteria de cuarentena *Ralstonia solanacearum* está presente también en diversos cursos fluviales que actúan como reservorio

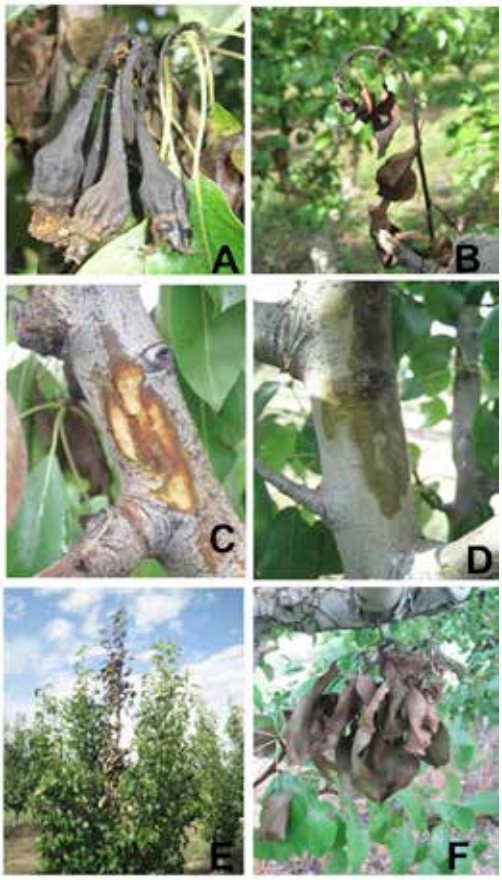


Figura 2. Distintos síntomas de fuego bacteriano en peral. **A)** Frutos inmaduros necrosados con microexudados en su superficie; **B)** Cayado de pastor; **C)** Chancro descortezado en tronco; **D)** Superficie de un chancro en tronco; **E)** Aspecto "quemado" en ramas de un árbol infectado; **F)** Hojas y corimbo floral necrosado (*Fotografías*: IVIA).

El **fuego bacteriano de las rosáceas**, causado por *Erwinia amylovora*, está considerado como la enfermedad más grave que afecta a frutales de pepita (manzano, peral, níspero y membrillero) y especies ornamentales y silvestres de gran importancia económica y forestal. La enfermedad debe su nombre al síntoma más típico, el aspecto quemado de flores, hojas, brotes y frutos, que avanza rápidamente pudiendo producir en poco tiempo la muerte del huésped [Figura 2]. La primera detección se produjo en 1995 en Guipúzcoa, a 10 km del sur de Francia, donde la enfermedad estaba establecida desde 1978. España tiene el estatus de *zona protegida* para este patógeno desde 1999, y desde entonces se ha intentado evitar su introducción mediante una estricta regu-

El fuego bacteriano de las rosáceas, causado por *Erwinia amylovora*, está considerado como la enfermedad más grave que afecta a frutales de pepita ornamentales y silvestres de gran importancia económica y forestal

Los síntomas más característicos del chancro bacteriano del kiwi, son exudados de color anaranjado-rojizo o blanquecino asociados a chancros y heridas en ramas y tronco, y también pequeñas manchas parduzcas en las hojas

Figura 3. Síntomas de *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. **A)** Manchas necróticas poligonales en hoja de melocotonero; **B)** Lesiones necróticas en fruto de albaricoquero; **C)** Lesiones iniciales (derecha) y su evolución (izquierda) en frutos de almendro; **D)** Chancro en ciruelo japonés. (*Fotografías*, cortesía de M. A. Cambra, CSCV, Zaragoza).

lación y con análisis del material vegetal importado. Se han ido erradicando focos en diferentes CC. AA. pero, a partir de 2011, no en todos ellos se aplicó la normativa de forma estricta, y algunas comunidades o áreas dejaron de ser zona protegida. La distribución espacial y temporal de la enfermedad en el país, así como el análisis de las cepas de *E. amylovora* aisladas en los distintos focos, hacen pensar que ha habido varias introducciones en el territorio, en diferentes años, mediante material vegetal contaminado de diversos orígenes.

La **mancha bacteriana de los frutales de hueso y del almendro**, causada por ***Xanthomonas arboricola* pv. *pruni***, afecta tanto a las especies de *Prunus* cultivadas (ciruelo, melocotonero, albaricoquero, almendro y cerezo) como a diversas especies ornamentales. Se considera la bacteriosis más grave de estos frutales, porque los frutos afectados pierden su valor comercial y se pueden producir defoliaciones que debilitan el árbol y disminuyen su productividad. Los síntomas se manifiestan tanto en hojas, frutos y ramas como en el tronco del árbol, y son similares en las distintas especies de *Prunus*, aunque hay algunas diferencias muy específicas en el almendro [Figura 3]. Está presente en casi todos los países del mundo donde se cultivan frutales de hueso. En España se detectó por primera vez en 2002 y posteriormente se ha identificado en varias CC. AA., considerándose como una enfermedad emergente y una grave amenaza, dado el interés económico de los frutales de hueso y el almendro en nuestro país.

'*Candidatus* Liberibacter solanacearum' es el agente causal de la **"patata rayada" o "zebra chip"** (véase artículo en este número), y produce desarreglos vegetativos no solo en solanáceas sino también en apiáceas. Es una bacteria que vive en el floema y se transmite por insectos vectores. En España se identificó por primera vez en 2012 en zanahoria, y se ha constatado su transmisión mediante psílidos del género *Bactericera*. Las importaciones de semillas suponen un riesgo de nuevas introducciones de la bacteria en nuestro país. Puede representar un peligro para cultivos de importancia económica como la patata y el tomate, entre otros.

El **chancro bacteriano del kiwi**, causado por ***Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae***, es una enfermedad emergente a nivel mundial que causa importantes pérdidas. Los síntomas más característicos son exudados de color anaranjado-rojizo o blanquecino asociados a chancros y heridas en ramas y tronco, y también pequeñas manchas parduzcas en las hojas [Figura 4]. En España, la enfermedad se detectó en 2011, en plantaciones de kiwi de Pontevedra y en 2015 se detectó también *P. syringae* pv. *actinidifoliorum*, que produce menor sintomatología, en otras zonas de Galicia.

Pero, sin duda, la bacteria de más actualidad en estos momentos en los medios de

La bacteria de más actualidad en estos momentos en los medios de comunicación es *Xylella fastidiosa*, una bacteria que vive en el xilema de la planta hospedadora

El HLB se considera la enfermedad bacteriana más destructiva de la industria citrícola

La cancrosis es una de las enfermedades de cítricos que ha causado mayores pérdidas a nivel mundial

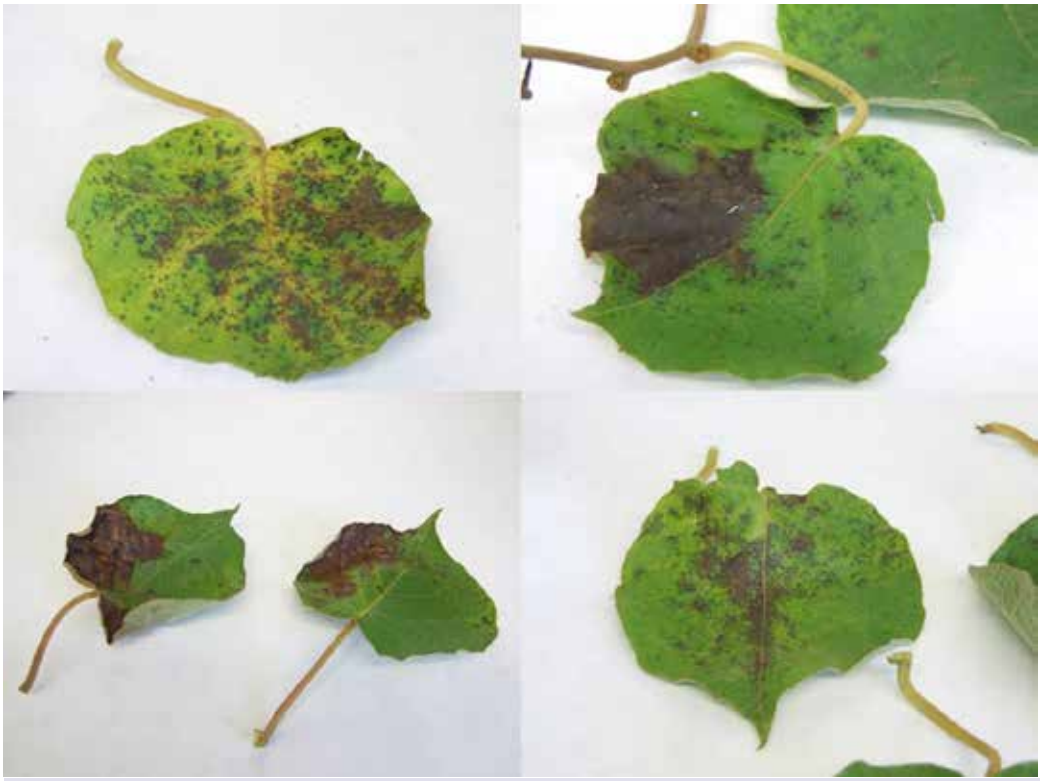


Figura 4. Sintomatología en hojas de kiwi causada por *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (*Fotografías*: IVIA).

comunicación es ***Xylella fastidiosa*** (véase artículo en este número), una bacteria que vive en el xilema de la planta hospedadora, que tiene un rango de más de 360 especies vegetales diferentes y que se transmite por insectos vectores. Aparentemente confinada durante siglos al continente americano, en 2013 se detectó en la región italiana de Apulia, donde ha devastado miles de olivos. En España ha sido detectada, primero en Baleares y posteriormente en Alicante.

BACTERIOSIS QUE SON SOLO TODAVÍA UNA AMENAZA

Hay algunas bacterias fitopatógenas que no han sido detectadas en España, pero que constituyen una grave amenaza, puesto que en otros lugares producen enormes daños y su introducción supondría graves riesgos para nuestra agricultura.

Es el caso de las especies de ***'Candidatus Liberibacter'*** asociadas al ***Huanglongbing (HLB)*** o ***citrus greening*** **de los cítricos** (véase artículo en este número). El HLB se considera la enfermedad bacteriana más destructiva de la industria citrícola. Se produce un rápido debilitamiento del árbol afectado, amarilleamientos sectoriales, moteado de aspecto difuso en las hojas, frutos asimétricos con inversión de color y semillas abortadas. Es una bacteria que vive en el floema y cuya transmisión se produce principalmente mediante las psilas *Diaphorina citri* y *Trioza erytreae*. España se considera un país potencial para ser afectado debido al extenso cultivo de cítricos en el territorio y por haberse detectado el vector *T. erytreae* en Canarias y, posteriormente, en Galicia.

La cancrosis o chancro de los cítricos está causada tanto por ***Xanthomonas citri*** **subsp. *citri*** (*Xanthomonas citri* pv. *citri*) como por ***Xanthomonas fuscans*** **subsp. *aurantifolii*** (*Xanthomonas axonopodis* pv. *aurantifolii*), pero presentan diferencias respecto al rango de especies cítricas a las que afectan, agresividad y distribución geográfica. Es una de las enfermedades de cítricos que ha causado mayores pérdidas a

El laboratorio de Referencia de Bacterias Fitopatógenas del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) se encuentra en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)

Es indispensable disponer de buenos métodos de detección que permitan hacer un diagnóstico rápido y fiable

Figura 5. Síntomas de *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. **A)** Lesiones en hojas; **B)** Lesiones en frutos (*Fotografías*: cortesía de J. Cubero. INIA, Madrid).

nivel mundial. Los síntomas son similares en hojas, frutos, brotes y ramas, y consisten en lesiones de color marrón y textura acorchada, rodeadas de halos cloróticos en hojas y frutos [Figura 5]. Puede provocar una disminución de la producción al causar la caída de hojas y frutos. Su introducción en España podría tener graves consecuencias para nuestras plantaciones de cítricos.

CÓMO ENFRENTARSE A LAS BACTERIOSIS

El único modo efectivo de hacer frente a las bacteriosis es mediante la implicación y coordinación de todos, a fin de cubrir los diferentes aspectos a abordar para lograr en último término una gestión optimizada.

Prevención y detección precoz

En primer término, el papel ejercido por los Laboratorios oficiales de Sanidad Vegetal de las distintas comunidades autónomas resulta fundamental para la protección de nuestros cultivos, ya que son los responsables de realizar los análisis para descartar la presencia de patógenos de cuarentena en sus respectivas demarcaciones geográficas (Real Decreto 1190/1998). Para ello, utilizan los métodos de diagnóstico oficialmente aprobados por la Comisión Europea y, en su defecto, los recomendados por la EPPO o los establecidos por los Laboratorios de Referencia. El laboratorio de Referencia de Bacterias Fitopatógenas del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) se encuentra en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), y su principal labor es armonizar los métodos y técnicas de diagnóstico y servir de apoyo a los Laboratorios oficiales (Orden ARM/2238/2009).

Es indispensable disponer de buenos métodos de detección que permitan hacer un diagnóstico rápido y fiable, con el fin de adoptar lo antes posible las medidas fitosanitarias necesarias para evitar la propagación de los patógenos y minimizar los daños económicos que causan. Actualmente, las técnicas más utilizadas en los laboratorios de diagnóstico en el campo de la fitobacteriología son los métodos de detección directa, en los que se incluyen métodos basados en principios biológicos diversos, como la PCR y sus variables, que es la técnica molecular de preferencia en el diagnóstico, o el ELISA, como método serológico preferido. Otras técnicas, como la cromatografía de gases, la espectrometría de masas, la citometría de flujo, la hibridación *in situ* fluorescente, las tiras de flujo lateral o la inmunofluorescencia, también se utilizan en algunos casos, pero tienen su punto débil en la insuficiente sensibilidad en las muestras asintomáticas, aparte del coste en tiempo y dinero. Los métodos indirectos se basan en el análi-

No menos importante que la detección y el diagnóstico precoz es la necesidad de facilitar información al sector

La investigación es fundamental para poder llegar a diseñar el mejor modo de afrontar una bacteriosis

Las aproximaciones multidisciplinares, desde la microscopía, el perfil de expresión génica, el análisis de microbiomas, etc., pueden dar un nuevo enfoque a viejas cuestiones

sis de los perfiles de compuestos volátiles como biomarcadores en las plantas (ante el estrés abiótico o biótico), la termografía, la fluorescencia por imágenes y las técnicas hiperespectrales. En este campo emergente se están desarrollando otros métodos como los biosensores o los bacteriófagos.

Los métodos de detección son una herramienta necesaria y fundamental en la gestión de las enfermedades, pero nunca debe perderse de vista que las técnicas tienen un límite, por lo que la no detección de una bacteria puede no ser garantía de ausencia de la misma, lo que nos lleva a la necesidad de abordar las enfermedades desde distintas aproximaciones.

Información y divulgación del conocimiento

No menos importante que la detección y el diagnóstico precoz es la necesidad de facilitar información al sector. Los agricultores y viveristas son quienes mejor conocen sus cultivos y quienes primero pueden observar cualquier cambio en las plantas que sea indicativo de una patología. Esto va en consonancia con la labor de prevención y de detección precoz. Para ello, es fundamental que se lleven a cabo labores de divulgación sobre las bacteriosis que permitan reconocer síntomas y concienciar de la importancia de la calidad fitosanitaria del material vegetal.

Investigación

Aunque se mencione en último término, no es lo menos destacado, puesto que el conocimiento de las bacterias y las enfermedades que producen es la base de las estrategias de gestión, que tienen que estar fundamentadas en la ecología y la biología del patógeno y de su interacción con la planta. Los métodos de protección de cultivos incluyen vigilancia, medidas cuarentenarias, estrategias de aumento de la resistencia del huésped, utilización de biocidas y agentes de biocontrol, prácticas agrícolas que limiten el contacto de las plantas con los patógenos, y herramientas para predecir la enfermedad. Y para todo ello se requiere el conocimiento de la diversidad fenotípica y genotípica de los patógenos, sus vías de diseminación, su rango de huéspedes, los hábitats y reservorios, los mecanismos de virulencia y la interacción con factores bióticos y abióticos. Es decir, la investigación es fundamental para poder llegar a diseñar el mejor modo de afrontar una bacteriosis.

Muchos patosistemas económicamente importantes están muy inexplorados. Sabemos relativamente poco de los primeros estadios de las enfermedades, de aquellas que son letales para la planta, de las infecciones latentes, de la capacidad de supervivencia de los patógenos fuera de los huéspedes, de las interacciones con la microbiota presente en la planta, de las diferencias de comportamiento entre cepas de una misma especie bacteriana, etc. No se debe tener una visión reduccionista, sino que se debe ampliar la perspectiva para que incluya ecología, histopatología y biología de poblaciones. Las aproximaciones multidisciplinares, desde la microscopía, el perfil de expresión génica, el análisis de microbiomas, etc., pueden dar un nuevo enfoque a viejas cuestiones. Obviamente, la investigación de laboratorio no funciona si no se complementa con trabajo de campo. Lo ideal es la sinergia entre la experiencia de laboratorio y la experiencia de campo. Es crucial que la investigación combine herramientas de vanguardia con una perspectiva biológica.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

Las bacterias no reconocen fronteras y la globalización del mundo actual, junto con los posibles efectos del cambio climático, enfrentan a la fitopatología al reto de nuevas enfermedades emergentes.

El principio básico para el control de las bacteriosis es la adopción de medidas efectivas para prevenir la dispersión de

La introducción de especies exóticas puede desestabilizar el equilibrio de los patosistemas y alterar la dinámica de las enfermedades

los patógenos y el desarrollo de enfermedades. Para ello resulta esencial disponer de métodos de detección e identificación que sean rápidos, sensibles y específicos. La creciente disponibilidad de secuencias de genomas permitirá el diseño de iniciadores de PCR específicos para regiones únicas de una determinada especie bacteriana. De todos modos, las técnicas de detección siguen encontrándose con un escollo importante, que es el de las infecciones latentes y las plantas asintomáticas.

La introducción de especies exóticas puede desestabilizar el equilibrio de los patosistemas y alterar la dinámica de las enfermedades. Muchos patógenos son oportunistas que ocupan un determinado nicho que escapa a las estrategias de protección, por lo que la predicción de futuras amenazas implica la identificación de esos nichos. La incorporación de nuevas tecnologías, como la secuenciación masiva, facilitará el avance del conocimiento en fitopatología. Por otra parte, la identificación de los mecanismos implicados en las interacciones entre bacterias y plantas permitirá la elaboración de nuevas estrategias para el control de las enfermedades. La aplicación de modelos de predicción del riesgo de infección permitirá conocer el riesgo de entrada, establecimiento y diseminación de los patógenos. Esto redundará en una optimización de los sistemas de vigilancia y facilitará la toma de decisiones en cuanto a los momentos óptimos de aplicación de tratamientos fitosanitarios.

En definitiva, las bacteriosis emergentes constituyen una seria amenaza para los cultivos y los paisajes forestales, y el conocimiento científico es la base para desarrollar estrategias y programas de gestión y control.

REFERENCIAS

[1]Directiva (CE) 2000/29 del Consejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad. Diario Oficial de las Comunidades Europeas L 169/1 de 10.7.2000.

[2]Hyatt-Twynam, S. R. *et al.* (2017). "Risk-based management of invading plant disease". *New Phytologist* **214**: 1317-1329.

[3]López, M. M. (2014). "Riesgo para el cultivo de ornamentales de bacteriosis emergentes y exóticas: prevenir es mejor que curar". En *VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental: Las buenas prácticas agrícolas en horticultura ornamental*, 2014, ISBN 978-84-617-3020-9, págs. 16-24.

[4]Real Decreto 58/2005, de 21 de enero, por el que se adoptan medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la Comunidad Europea de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales, así como para la exportación y tránsito hacia países terceros. MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION. Publicado en BOE núm. 19 de 22 de Enero de 2005.

[5]REGLAMENTO (UE) 2016/2031 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de octubre de 2016 relativo a las medidas de protección contra las plagas de los vegetales, por el que se modifican los Reglamentos (UE) nº 228/2013, (UE) nº 652/2014 y (UE) nº 1143/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, y se derogan las Directivas 69/464/CEE, 74/647/CEE, 93/85/CEE, 98/57/CE, 2000/29/CE, 2006/91/CE y 2007/33/CE del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea, 23/11/2016.

[6]REGLAMENTO (UE) Nº 654/2014 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 15 de mayo de 2014 sobre el ejercicio de los derechos de la Unión para aplicar y hacer cumplir las normas comerciales internacionales y por el que se modifica el Reglamento (CE) no 3286/94 del Consejo por el que se establecen procedimientos comunitarios en el ámbito de la política comercial común con objeto de asegurar el ejercicio de los derechos de la Comunidad en virtud de las normas comerciales internacionales, particularmente las establecidas bajo los auspicios de la Organización Mundial del Comercio. Diario Oficial de la Unión Europea, 27/6/2014.

[2]Sundin, G. W. *et al.* (2016). "Perspectives on the Transition From Bacterial Phytopathogen Genomics Studies to Applications Enhancing Disease Management: From Promise to Practice". *Phytopathology* **106**: 1071-1082.

Candidatus Liberibacter: agentes causales de enfermedades importantes en cultivos de interés en España

José Luis Palomo[1], Felipe Siverio[2] y Jaime Cubero[3]

[1]Centro Regional de Diagnóstico. Junta de Castilla y León. Aldearrubia (Salamanca)

[2]Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). San Cristóbal de La Laguna (Tenerife)

[3]Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). (Madrid)

José Luis Palomo Gómez es doctor en Microbiología y Genética por la Universidad de Salamanca y en la actualidad es el Responsable del Centro Regional de Diagnóstico, Laboratorio oficial de Sanidad Vegetal de la Junta de Castilla y León. Ha dedicado la mayor parte de su actividad profesional al diagnóstico de bacterias fitopatógenas, participando en diversos proyectos de investigación relacionados con la fitobacteriología.

Felipe Siverio de la Rosa es doctor en Biología Agrícola por la Universidad de La Laguna y actualmente trabaja como Técnico Superior en el Departamento de Protección Vegetal de Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA). Sus actividades profesionales han ido encaminadas

Candidatus Liberibacter: bacterias no cultivables residentes en plantas

En los últimos años, síntomas en plantas que inicialmente se habían atribuido a virus, fitoplasmas o incluso insectos, se han asociado a un género de bacterias del floema, denominado *Candidatus* Liberibacter (CL). Este grupo comprende bacterias incapaces de crecer en los medios de cultivo utilizados actualmente, razón por la cual se utiliza el término formal *Candidatus* antecediendo al nombre del género *Liberibacter*, que procede del término latino *liber* (corteza)[4].

Los CL son bacterias gram negativas de la clase Alphaproteobacteria, del orden Rhizobiales y de la familia Rhizobiaceae y son parásitos obligados de plantas e insectos[3]. En la actualidad se han descrito ocho especies de *Liberibacter: Ca.* Liberibacter africanus (CLaf), *Ca.* Liberibacter americanus (CLam) y *Ca.* Liberibacter asiaticus (CLas) que causan el "Huanglongbing" (HLB) o *citrus greening* en cítricos; *Ca.* Liberibacter solanacearum (CLso) que afecta a solanáceas y apiáceas y *Ca.* Liberibacter caribbeanus (CLca), *Ca.* Liberibacter europeous (CLeu) y *Ca.* Liberibacter brunswickensis (CLbr), asociadas a cítricos, peral y psílidos de berenjena y otras solanáceas, respectivamente. Ninguna de estas tres últimas especies está claro que produzcan enfermedad en los cultivos en los que se las ha detectado. Finalmente, *Liberibacter crescens* (Lcr), asociada a papaya de montaña, es la única especie que puede crecer en medio de cultivo axénico, por lo que se utiliza como modelo de estudio en las investigaciones sobre la biología de CL, aunque tampoco ha sido identificada como patógena de plantas[6].

Los CL se han detectado en numerosas especies vegetales, en algunas de ellas sin dar lugar a ningún tipo de síntoma o daño. La existencia de plantas asintomáticas se da incluso con bacterias supuestamente patógenas cuando la población de la misma está en muy baja concentración, considerándose sencillamente como biota endófita residente[3]. Los métodos de detección de CL y de diagnóstico de las enfermedades que produce deben, por tanto, ser lo suficientemente precisos para distinguir aquellos casos en los que la existencia de la bacteria implica enfermedad, de aquellos en los que simplemente se está detectando una bacteria endófita sin ninguna consecuencia para la salud del cultivo.

Los CL son transmitidos por psílidos (Hemiptera: Psylloidea), insectos que se alimentan del floema de las plantas, y cuya gama de hospedador determina en mu-

a la investigación y diagnóstico de enfermedades de las plantas, principalmente con bacterias fitopatógenas, participando en numerosos proyectos de investigación.

Jaime Cubero Dabrio es doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Valencia. En la actualidad ocupa el puesto de Científico Titular en el INIA, donde dirige el grupo de Bacteriología. A lo largo de su carrera científica ha trabajado en diferentes organismos de investigación, tanto en España como en otros países, realizando estudios en diversos modelos de bacterias fitopatógenas.

chos casos la presencia de la bacteria en un determinado cultivo. CL es capaz de multiplicarse en las células eucarióticas de las plantas o de los psílidos, siendo en todos los casos un parásito intracelular. Aunque tienen una forma de vida similar a los fitoplasmas, no están relacionadas taxonómicamente con los mismos, ya que éstos son gram positivos. Sin embargo, sí están filogenéticamente próximos a especies patógenas de humanos de los géneros *Bartonella* y *Brucella* y a los géneros asociados a plantas *Rhizobium* y *Agrobacterium*. La imposibilidad de CL de crecer en medios de cultivo independientemente del hospedador se explica por la carencia en su genoma de importantes genes tanto de biosíntesis como implicados en la actividad respiratoria, que compensa obteniendo recursos directamente de las células del hospedador. La falta de algunos de estos componentes genéticos se evidencia en el pequeño tamaño de los genomas de los CL en comparación con el de los géneros de bacterias más próximas.

En cualquier caso, la coevolución de las bacterias de CL con su hospedador y su vector han permitido una perfecta adaptación a los mismos y se especula sobre esta superespecialización como fundamental para la aparición de las especies patógenas. Se ha sugerido además que la especie Lcr constituiría el paso intermedio en el proceso de evolución de un simbionte, patógeno o endófito facultativo, a un parasito obligado, ya que contiene algunos genes que le permiten vivir fuera del hospedador[3].

Por tanto, los CL no son solo una amenaza actual para los cultivos, como se describe más adelante, sino que su capacidad de evolución representa un riesgo real de aparición de nuevas enfermedades en el futuro.

"ZEBRA CHIP", UNA NUEVA ENFERMEDAD DEL CULTIVO DE LA PATATA

Se designa con la expresión "Zebra Chip" a una nueva enfermedad que afecta al cultivo de la patata. Su nombre deriva de la aparición de unas bandas oscuras en el interior del tubérculo que se asemejan a las rayas de una cebra, y se ponen especialmente de manifiesto cuando van destinadas a patatas fritas a la inglesa (tipo *chip*). Además, afectan a su sabor, haciéndolas comercialmente inaceptables.

Distribución e importancia económica

La enfermedad Zebra Chip se detectó por primera vez en México en 1994, en tubérculos que mostraban coloraciones oscuras cuando se procesaban para frito. En el año 2000 se observaron síntomas similares en Texas (EE. UU.), donde se produjeron pérdidas económicas importantes, siempre asociadas a una abundante presencia de psílidos. Posteriormente se ha localizado en otros estados norteamericanos (Nebraska, Colorado, Kansas, Wyoming, Nuevo México, Arizona, Nevada y California; y más recientemente en Idaho, Oregón y Washington). En América Central se ha citado en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua. Además, está ampliamente distribuida en Nueva Zelanda, donde se detectó en 2008.

Hasta el año 2004 la incidencia de la enfermedad era esporádica, pero en la actualidad esta patología causa pérdidas valoradas en millones de dólares a los productores y a la industria de la patata, tanto por la disminución del rendimiento del cultivo como por el rechazo de los lotes infectados.

En Europa la situación es bastante diferente. Se ha detectado la enfermedad en cultivos de apiáceas, principalmente de zanahoria en Finlandia, Noruega, Suecia, Alemania y Francia. En España se ha encontrado en zanahoria en las Islas Canarias y en la península[1], y posteriormente en apio y chirivía. Recientemente se han descrito casos en cultivos de patata en España con escasa incidencia económica. También se ha detectado en zanahoria en Marruecos e Israel.

El nombre de "Zebra Chip" hace referencia a los daños producidos por CLso en el cultivo de la patata, primer hospedador conocido de esta enfermedad

Desde el año 2008 se han citado nuevos hospedadores de *Ca.* Liberibacter solanacearum, principalmente otros cultivos de solanáceas

Figura 1. Síntomas de "Zebra Chip": **A)** Clorosis, coloraciones púrpuras y enrollamiento de foliolos sobre el haz en hoja de patata. **B)** Tubérculos de patata con tonalidades marrones en los radios medulares, acompañadas de un moteado necrótico. **C)** Coloración amarilla y rojiza en hojas de zanahoria. **D)** Proliferación de raíces secundarias en raíz de zanahoria (*Fotografías* tomadas por José Luis Palomo y Felipe Siverio).

La importancia del cultivo de solanáceas en Europa y el riesgo que puede suponer esta enfermedad en su producción agrícola ha propiciado su inclusión en la Lista A1 de la EPPO.

Síntomas y hospedadores

El nombre de "Zebra Chip" hace referencia a los daños producidos por CLso en el cultivo de la patata, primer hospedador conocido de esta enfermedad. En la parte aérea de este cultivo puede observarse un enrollamiento de foliolos sobre el haz, coloraciones púrpuras o amarillas [Figura 1A], proliferación de yemas axilares, hojas más pequeñas, entrenudos cortos, nudos hinchados, producción de tubérculos aéreos, clorosis, quemaduras en hojas y senescencia prematura. Los tubérculos suelen presentar unas tonalidades marrones que a menudo coinciden con los radios medulares del tubérculo, acompañadas de un moteado necrótico [Figura 1B]. Cuando se cortan en láminas y se fríen (*chips*), aparecen unas bandas muy oscuras, debido a que contienen altos niveles de azúcares que se caramelizan al freírse. Los tubérculos infectados pueden tener lenticelas dilatadas, brotan con dificultad y, si lo hacen, producen brotes filiformes que dan lugar a plantas débiles.

Desde el año 2008 se han citado nuevos hospedadores de esta bacteria, principalmente otros cultivos de solanáceas, entre los que destacan el tomate (*Solanum lycopersicum*), el pimiento (*Capsicum annuum*), la berenjena (*Solanum melongena*), y algunas malas hierbas de la familia Solanaceae. En tomate, los síntomas que suele producir son: enrollamiento y clorosis apical de foliolos, oscurecimiento de las venas, moteado, reducción del tamaño de la planta y, en algunas variedades, desarrollo deforme de los frutos. En pimiento, los síntomas incluyen hojas deformadas de color verde pálido o amarillo, hojas con el ápice afilado, enrollamiento de foliolos, tallos y peciolos acortados, necrosis del meristemo apical, caída de flores, enanismo y muerte repentina de algunas partes de la planta.

A partir del año 2010 se comenzó a detectar en Europa en cultivos de apiáceas, principalmente en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota*). En zanahoria, las plantas afectadas muestran deformación de hojas, coloración amarilla o púrpura de las hojas [Figura 1C], retraso en el crecimiento de las raíces y brotes, y proliferación de raí-

La utilización de diferentes combinaciones de cebadores de PCR permitió asociar la sintomatología de Zebra chip a una bacteria relacionada con los CL

Mediante análisis de los psílidos de la patata y el tomate se comprobó que el insecto era portador de la bacteria CLso

ces secundarias [Figura 1D]. Recientemente se ha encontrado en España sobre apio (*Apium graveolens*)[10] y chirivía (*Pastinaca sativa*).

La detección de la bacteria en vectores presentes en ausencia de estos hospedadores, hace pensar que deben existir otros hospedadores desconocidos hasta ahora.

Agente causal de Zebra Chip

El agente causal de esta enfermedad no se conoció hasta el año 2008. En un principio los síntomas se asociaron a fitoplasmas, virus o bacterias, sin embargo, en los análisis realizados se obtuvo resultado negativo para estos patógenos. La reproducción de los síntomas al efectuar injertos en patatas sanas sugirió la presencia de un patógeno, aunque no se consiguió identificarlo hasta el año 2008, cuando estudios realizados en Estados Unidos y Nueva Zelanda detectaron organismos similares a bacterias en el floema de plantas afectadas, mediante microscopía electrónica de transmisión. La utilización de diferentes combinaciones de cebadores de PCR permitió asociar esta sintomatología a una bacteria relacionada con los CL, agente causal del enverdecimiento de los cítricos (*Huanglongbing*). La detección de CL en psílidos presentes en cultivos de patata afectados suscitó la propuesta de designación como C. Liberibacter psyllaurous por su asociación con los psílidos. Finalmente, tras detectarse en pimientos y tomates se optó por la denominación C. Liberibacter solanacearum (CLso), en referencia a la familia de plantas hospedadoras donde se había identificado la bacteria[5].

Hasta la fecha se han descrito cinco haplotipos de CLso. Los haplotipos A y B se han detectado en solanáceas (patata, tomate, pimiento, berenjena, etc.) en América Central, América del Norte y Nueva Zelanda, asociados al psílido *Bactericera cockerelli*. El haplotipo C se ha detectado en zanahoria en Finlandia, Suecia y Noruega, asociado a *Trioza apicalis*, mientras que el haplotipo D se ha localizado en zanahoria en España y el haplotipo E en zanahoria, apio y chirivía en España y Marruecos. Estos dos últimos asociados a *B. trigonica*.

Transmisión de la enfermedad

Desde un principio, los síntomas se asociaron a la presencia predominante del psílido de la patata y el tomate (*Bactericera cockerelli*), que podría actuar como vector de la enfermedad. Mediante análisis de los psílidos se comprobó que el insecto era portador de la bacteria. Estudios posteriores confirmaron que CLso se transmite tanto horizontalmente, de planta a planta utilizando al psílido como vector, como verticalmente mediante transmisión transovárica dentro de la población del psílido. Esta capacidad que tiene la bacteria para pasar el invierno en el vector tiene implicaciones epidemiológicas importantes, ya que permite su transmisión a cultivos susceptibles en la siguiente temporada, actuando como fuente primaria de inóculo[7].

Se piensa que este psílido ha sido introducido en Nueva Zelanda de forma accidental, y se encuentra establecido tanto en la isla del Norte como en la del Sur. En Europa, se ha encontrado CLso asociado a otras especies de psílidos, como *Trioza apicalis* en los países nórdicos sobre zanahoria,

Figura 2. El psílido *Bactericera trigonica*, vector de CLso en apiáceas en España (*Fotografía* tomada por Felipe Siverio).

El control de los psílidos transmisores mediante productos fitosanitarios es complejo debido a los continuos movimientos de estos insectos

Los síntomas característicos del HLB son brotes amarillos en los extremos de las ramas en las primeras fases de la enfermedad

y a *Bactericera trigonica* en los países del sur sobre zanahoria y apio [Figura 2]. Recientemente se ha confirmado la presencia de CLso en otros psílidos, como *Bactericera tremblayi* y *B. nigricornis*, que podrían ser potenciales vectores de la bacteria, sin embargo, será necesario realizar ensayos experimentales de transmisión para confirmar que puedan actuar como vectores.

Control de Zebra Chip

Existen diferentes estrategias de control de esta enfermedad. La utilización de material de propagación sano es especialmente importante en el caso de la zanahoria, donde se ha descrito la posible transmisión de la enfermedad por semilla. El control de los psílidos transmisores mediante productos fitosanitarios es complejo debido a los continuos movimientos de estos insectos, y la utilización de cubiertas que actúen como barreras han mostrado una mayor eficacia pero actualmente no son económicamente rentables. La disminución del inóculo mediante la eliminación de plantas sintomáticas contribuiría a disminuir los daños. Recientemente, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) ha publicado un Plan Nacional de Contingencia para el control de la enfermedad y sus vectores. Hasta ahora no se han obtenido variedades resistentes.

HUANGLONGBING

El *Huanglongbing* (HLB), también llamado *greening* o enverdecimiento, es una enfermedad muy grave que pone en peligro el cultivo de los cítricos en muchos de los países productores del mundo.

Agente causal del HLB

Como ya se mencionó, tres especies de bacterias de este género producen la enfermedad: (i) *Candidatus* Liberibacter africanus (CLaf), especie sensible al calor; (ii) *Ca.* L. asiaticus (CLas), especie tolerante al calor; y (iii) *Ca.* L. americanus (CLam), también sensible al calor, descrita únicamente en Brasil. Estas bacterias viven exclusivamente en los tubos cribosos del floema y en sus insectos vectores, donde tienen la capacidad de comportarse en alguna medida como endosimbiontes que pueden influir en la longevidad de su hospedador.

Síntomas y hospedadores

Los síntomas característicos del HLB son brotes amarillos en los extremos de las ramas en las primeras fases de la enfermedad, manchas amarillas difusas en las hojas y un rápido decaimiento de los árboles afectados. Los frutos no se desarrollan bien o caen y, cuando se cortan, muestran internamente asimetrías y las semillas oscurecidas. La enfermedad causa la muerte de los árboles afectados o los vuelve económicamente improductivos [Figura 3].

Aunque CLam está citado únicamente como patógeno del naranjo dulce, muchas especies del género *Citrus* y sus diferentes híbridos son hospedadores de CLas y CLaf (naranjo, limonero, lima, mandarino,

Figura 3. Síntomas de HLB: **A)** Árbol afectado. **B)** Brotes amarillos aislados en la copa. **C)** Moteado difuso asimétrico en hojas. **D)** Fruto de planta enferma con asimetría interna y vasos de color naranja (*Fotografías* tomadas por Jaime Cubero y Edson Bertolini).

Aunque CLam está citado únicamente como patógeno del naranjo dulce, muchas especies del género *Citrus* y sus diferentes híbridos son hospedadores de CLas y CLaf

pomelo, etc.), así como rutáceas de otros géneros como *Poncirus* (usado como patrón de cultivos de cítricos), *Fortunella*, *Murraya*, *Severinia*, *Atalantia*, *Limonia* o *Toddalia*. También se han descrito como hospedadoras algunas herbáceas pertenecientes a diversas familias como: *Cleome rutidosperma*, *Pisonia aculeata*, *Trichostigma octandrum* y *Catharanthus roseus*.

Transmisión de la enfermedad

Los principales insectos vectores de esta enfermedad son dos especies de psílidos (Hemiptera, Physillidae): la psila asiática de los cítricos *Diaphorina citri* y la psila africana de los cítricos *Trioza erytreae* [Figura 4]. Las dos especies pueden transmitir cualquiera de las bacterias que producen la enfermedad, como se ha demostrado experimentalmente, pero las poblaciones naturales de *D. citri* transmiten CLas y las de *T. erytreae*, CLaf[2]. La bacteria también puede ser transmitida de la madre al huevo (transmisión transovarial) y franquear todas las mudas de las sucesivas ninfas, que infectarán las plantas de las que se alimenten, hasta acabar generando un adulto infectado. Además, la enfermedad puede ser transmitida mediante injerto o utilizando plantas de *Cuscuta* como puente entre la planta portadora y la receptora del patógeno.

La distribución mundial de las tres especies de CL causantes del HLB está relacionada con su origen, con su dispersión debida a la actividad humana y al cultivo de los cítricos, y con su sensibilidad al calor característica

Distribución e importancia económica

La distribución mundial de las tres especies de CL causantes del HLB está relacionada con su origen, con su dispersión debida a la actividad humana y al cultivo de los cítricos, y con su sensibilidad al calor característica:

- CLam se localiza exclusivamente en algunos estados de Brasil;
- CLaf se distribuye por países del este y de la costa africana del Índico (Burundi, Etiopía, Kenia, Madagascar, Malawi, Ruanda, Somalia, Sudáfrica, Suazilandia, Tanzania, Zimbabue, y las islas Mascareñas), incluyendo además el oeste de Camerún, la República Central Africana y la isla de Santa Helena, y Yemen y Arabia Saudí en la península arábiga;
- CLas se encuentra en toda la zona sur de Asia en países como Bangladesh, Bután, Camboya, China, Filipinas, India, Indonesia, Irán, Japón, Laos, Malasia, Birmania, Nepal, Pakistán, Papúa Nueva Guinea, Sri Lanka, Taiwán, Tailandia y Vietnam, en países africanos y de la Península Arábiga como Arabia Saudí, Etiopia y Yemen, y en países americanos en los que ha sido introducida en los últimos años (Barbados, Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, EE. UU., Guadalupe, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Puerto Rico, República Dominica y Trinidad y Tobago).

El HLB es la enfermedad más grave que puede afectar a los cultivos de cítricos.

Figura 4. Psila africana de los cítricos (*Trioza erytreae*). **A)** Daños en hoja. **B)** Adulto, ninfas y exuvias (*Fotografías* de Felipe Siverio).

El HLB es la enfermedad más grave que puede afectar a los cultivos de cítricos. Lamentablemente, se encuentra ya en los principales países productores como Brasil, EE. UU., China, México o India

Es necesario esperar la evolución de la plaga en la Península Ibérica y anticiparse a la posible aparición de la enfermedad

Lamentablemente, se encuentra ya en los principales países productores como Brasil, EE. UU., China, México o India, donde ha puesto de manifiesto sus efectos devastadores. Esta enfermedad pone en peligro a la industria productora de cítricos en todo el mundo, por lo que está considerado un organismo de cuarentena e incluido en las listas A1 de la mayor parte de los países productores y de las Organizaciones Regionales de Protección Fitosanitaria (RPPO) como EPPO, NAPPO o COSAVE, englobadas en la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (IPPC).

El HLB supone una seria e inminente amenaza para zonas productoras libres de la enfermedad como Australia, Nueva Zelanda, la cuenca mediterránea y diversas islas del Pacífico. Algunas de estas áreas citrícolas están afectadas por alguna de las dos especies de psílidos y no por la enfermedad; pero, en general, el desplazamiento y dispersión territorial de los psílidos infectados entre zonas productoras limítrofes suele conllevar la propagación del HLB. *D. citri* es el vector de CLso más prevalente en el mundo. Además, la dispersión de la enfermedad a largas distancias y entre países suele producirse como consecuencia del desplazamiento de material vegetal de propagación contaminado como plántulas o material para injerto.

La primera entrada de *T. erytreae* en Europa se produjo en la isla de Madeira en 1994, debida probablemente a material desplazado por marineros que provenían de puertos africanos, y se encuentra actualmente distribuida por todas las islas del archipiélago. La siguiente aparición de esta plaga tuvo lugar en las Islas Canarias en 2002, donde se detectó en varias islas casi simultáneamente, por lo que se piensa que pudo llegar desde Madeira, situada a menos de 500 km, asistida de vientos y condiciones climáticas desfavorables. La psila africana se localizó por primera vez en territorio peninsular (Pontevedra y norte de Portugal) el verano de 2014[8] desde donde se desplaza hoy por hoy hacia el sur de Portugal. En la actualidad se encuentra en la localidad de Maiorca a unos 30 km de Coimbra y a poco más de 400 km de importantes zonas productoras de cítricos de Portugal (Algarve) y de España (Huelva). La aparición de este foco en territorio europeo obligó a establecer un plan de contingencia para las psilas y para el HLB por el MAPAMA.

Posteriormente se produjo una notificación a la Comisión Europea debido a la sospecha de aparición de un foco de la enfermedad en el Algarve, que luego se descartó, aunque llegó a producir la destrucción de material vegetal de la zona potencialmente afectada.

La historia de la dispersión de esta enfermedad enseña que, una vez introducido uno de los vectores de HLB en un área citrícola, los síntomas de la enfermedad aparecen años más tarde, bien porque el vector se encontraba ya infectado en el momento de su introducción o por la propagación por parte de éste de las especies de CL presentes desde el inicio en las plantas hospedadoras[2]. Aunque esta circunstancia no se ha dado en los casos de Madeira y Canarias, donde no se ha detectado todavía la enfermedad a pesar del tiempo ya transcurrido desde su introducción[9]. En cualquier caso es necesario esperar la evolución de la plaga en la Península Ibérica y anticiparse a la posible aparición de la enfermedad.

Varias especies de rutáceas ornamentales como *Murraya koenigi* o *Murraya* spp. son buenos hospedadores para *D. citri* y para CLas, pudiendo ser portadoras asintomáticas de la enfermedad. Estas especies vegetales pueden encontrarse cerca de áreas de producción de cítricos o compartiendo zonas de venta en los viveros por lo que su importación desde zonas afectadas entraña un gran riesgo.

Control del HLB

No se ha descrito aún ningún método

Ninguna de las especies de CL spp. que causan el HLB puede multiplicarse en medios de cultivo de laboratorio

efectivo para el control del HLB por lo que la estrategia más usada hasta el momento en las zonas donde la enfermedad está presente implica la identificación y la eliminación de árboles afectados para prevenir su propagación cuando aún no se ha extendido, o la utilización de tratamientos intensos con plaguicidas para controlar a los vectores y con ello evitar los daños que causan en las zonas ya afectadas.

Ninguna de las especies de CL spp. que causan el HLB puede multiplicarse en medios de cultivo de laboratorio, por lo que la detección de estos patógenos se realiza mediante diversas técnicas como la microscopía electrónica, indicadores biológicos, técnicas serológicas, *dot-blot* e hibridación molecular. Actualmente, las técnicas utilizadas con mayor frecuencia son la PCR convencional y, más recientemente, la PCR en tiempo real que permiten obtener resultados en poco tiempo de tiempo y con excelentes rendimientos. Los análisis de las muestras vegetales para la detección de las bacterias causantes de esta enfermedad son vitales en los planes de contingencia destinados a la prevención y al control de la enfermedad, y en España se realizan principalmente en los laboratorios de sanidad de las respectivas comunidades autónomas.

REFERENCIAS

[1]Alfaro-Fernández, A. *et al.* (2012). "First report of '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' in carrot in mainland Spain". *Plant Disease* **96**: 582.

[2]Bove, J. M. (2006). "Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus". *J. Plant Pathol.* **88**:7–37.

[3]Haapalainen, M. (2014). "Biology and epidemics of '*Candidatus* Liberibacter' species, psyllid-transmitted plant-pathogenic bacteria". *Ann. Appl. Biol.* **165**: 172–198.

[4]Jagoueix, S. *et al.* (1994). "The Phloem-Limited Bacterium of Greening Disease of Citrus Is a Member of the α Subdivision of the Proteobacteria". *Int. J. Syst. Bacteriol.* **44**: 379–386.

[5]Liefting, L.W. *et al.* (2009). "*Candidatus* Liberibacter solanacearum, associated with plants in the family Solanaceae". *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* **59**: 2274-2276.

[6]Morris, J. *et al.* (2017). "Novel *Candidatus* Liberibacter species identified in the Australian eggplant psyllid, *Acizzia solanicola". Microb. Biotechnol.* **10**: 833–844.

[7]Munyaneza, J. E. (2012). "Zebra Chip Disease of Potato: Biology, Epidemiology, and Management". *Am. J. of Potato Res.* **89**: 329-350.

[8]Pérez-Otero, R. *et al.* (2015). "Detección de la psila africana de los cítricos, *Trioza erytreae* (Del Guercio, 1918) (Hemiptera: Psylloidea: Triozidae), en la Península Ibérica". *Arquivos Entomolóxicos* **13**: 119–122.

[9]Siverio, F. *et al.* (2017). "Survey of huanglongbing associated to '*Candidatus* Liberibacter' species in Spain: analyses of citrus plants and *Trioza erytrea*". *Phytopathologia mediterranea* **56**: 98–110.

[10]Teresani, G. R. *et al.* (2014). "Association of '*Candidatus* Liberibacter solanacearum' with a vegetative disorder of celery in Spain and development of a real-time PCR method for its detection". *Phytopathology* **104**: 804-811.

Xylella fastidiosa en Europa: "La bacteria más buscada"

Blanca B. Landa, Miguel Montes-Borrego y Juan A. Navas-Cortés

Departamento de Protección de Cultivos
Instituto de Agricultura Sostenible (IAS), CSIC
Córdoba

Blanca B. Landa Gómez es doctora Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba. Actualmente es Investigadora Científica en el Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC. Sus líneas de investigación se centran en el diagnóstico molecular y diversidad genética de agentes fitopatógenos y la aplicación de metagenómica para la caracterización del microbioma de las plantas y el nivel de supresividad de suelos a organismos fitopatógenos. Participa en varios proyectos internacionales sobre *Xylella fastidiosa* del programa H2020. Asesora del MAPAMA y la Junta de Andalucía en esta bacteria, su laboratorio actúa como Laboratorio de Referencia del MAPAMA para llevar a cabo la caracterización a nivel de subespecie/ST de los focos de *Xf* detectados en España.

Introducción

Xylella fastidiosa es una bacteria de cuarentena en la Unión Europea (UE) (su introducción está explícitamente prohibida por no estar presente en la 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, así como por su forma de transmisión a través de insectos vectores de diversa naturaleza, y por la existencia en Europa de condiciones climáticas que favorecerían su desarrollo epidémico. Además, la bacteria posee un enorme potencial patogénico ya que infecta y causa enfermedad grave a diferentes cultivos agrícolas de gran importancia económica, incluyendo al almendro, cítricos, melocotón, olivo y vid, así como a una gran variedad de árboles y plantas no cultivadas, como arces, adelfas, y diferentes especies silvestres y forestales típicas del bosque mediterráneo, tales como *Quercus*, olmos, jara y retama, entre otros. Esto hace que a esta bacteria se la considere uno de los organismos fitopatógenos de más riesgo para la Unión Europea.

XYLELLA FASTIDIOSA: CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS Y PATOGÉNICAS

Xylella fastidiosa es una bacteria que **se caracteriza por crecer estrictamente circunscrita en el xilema** (tejido vegetal por el que circula la savia bruta) de las plantas que invade (a lo cual hace referencia el epíteto genérico 'Xylella'), en las cuales crece sistémicamente, de manera que la bacteria se extiende a lo largo del tallo, en ambas direcciones, desde el lugar en que es introducida por los insectos vectores[4]. Además, esta bacteria se caracteriza por crecer lenta y limitadamente en medios de cultivo artificial, lo cual hace difícil su manejo en el laboratorio (a lo cual obedece el epíteto específico 'fastidiosa')[5].

Las poblaciones de *X. fastidiosa* son genética y patogénicamente complejas porque en ellas se han identificado los siguientes seis subgrupos (denominados subespecies): X. *fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, X. *fastidiosa* subsp. *multiplex*, X. *fastidiosa* subsp. *pauca*, X. *fastidiosa* subsp. *sandyi*, X. *fastidiosa* subsp. *morus*, y X. *fastidiosa* subsp. *tashke*, que varían en su distribución geográfica, conjunto (gama) de plantas a las que pueden invadir y número de ellas en las que causan enfermedad. Además, los componentes de **dichas subespecies pueden diferir genéticamente porque en ellas se han identificado estirpes o grupos genéticos [denominados originalmente *Sequence Types* (STs)]**. Por el momento, entre las seis subespecies se han identificado 80 estirpes con diferentes ST, pero este

Miguel Montes-Borrego es doctor Ingeniero Agrónomo por la Universidad de Córdoba. Actualmente se encuentra contratado como investigador posdoctoral en el Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC, formando parte del proyecto H2020 POnTE que aborda diferentes aspectos sobre *Xylella fastidiosa* y otros organismos de cuarentena en la UE. Sus líneas de investigación comprenden el desarrollo y aplicación de procedimientos de diagnóstico molecular de agentes fitopatógenos y evaluación de la resistencia a agentes fitopatógenos principalmente en los cultivos de olivo y adormidera.

Juan A. Navas-Cortés es doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Córdoba, es Investigador Científico en el Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC. Sus líneas de investigación incluyen el desarrollo de modelos de epidemiología

número de tipos genéticos crece continuamente conforme se exploran poblaciones de la bacteria en nuevas áreas geográficas [Figura 1].

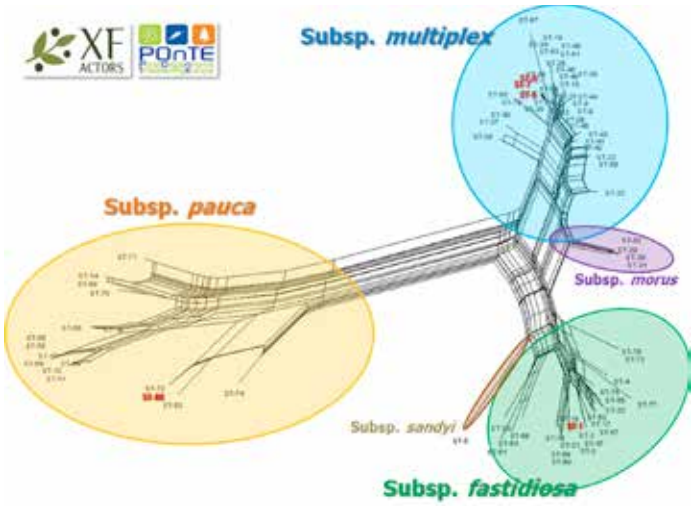


Figura 1. Reconstrucción de relaciones filogenéticas entre las distintas subespecies de *Xylella fastidiosa* y los diferentes grupos genéticos o ST descritos hasta la fecha utilizando la secuencia concatenada de los siete genes de mantenimiento del análisis MLSA. Los ST identificados en España se indican en rojo (*Fuente*: Landa *et al.*; no publicado).

X. *fastidiosa* **puede invadir y sobrevivir en, al menos, 359 especies vegetales** pertenecientes a más de 75 familias y 204 géneros botánicos (que definen, por tanto, su amplísima gama de plantas huésped), que comprenden tanto plantas herbáceas como arbustivas o leñosas, cultivadas o adventicias, de uso agrícola u ornamentales; en estas plantas, la bacteria puede causar enfermedad o permanecer viable sin originar síntomas, en cuyo caso la planta invadida actúa como reservorio asintomático. Entre las enfermedades de relevancia en plantas importantes son de destacar la clorosis variegada de los cítricos, el enanismo del melocotonero, la enfermedad de Pierce de la vid, y la necrosis foliar marginal ("chamuscado") del almendro, arándano, cafeto, cerezo, ciruelo y olivo, y una gran variedad de plantas ornamentales y masas forestales (p. ej., alcornoques, arces, adelfas, encinas, hiedras, jaras, lavanda, *Polygala myrtifolia*, olmos, plátanos de sombra, romero, retamas, etc.)[2]. Sin embargo, la gama de especies vegetales susceptibles de ser afectadas por la bacteria, y el tipo e importancia de los síntomas que origina, pueden variar según la subespecie y tipo genético de la estirpe bacteriana. Así, por ejemplo, la subsp. *fastidiosa* se ha asociado con enfermedad en alfalfa, almendro, arce, cerezo y vid; la subsp. *multiplex*, con una amplia gama de plantas incluyendo alcornoques, almendro, arándano, cerezo, ciruelo, encinas, olmos y olivo; y la subsp. *pauca*, con cítricos, cafeto y olivo. No obstante, mientras que la estirpe X. *fastidiosa* subsp. *fastidiosa* ST1 es patogénica en alfalfa, almendro, cerezo y vid, entre otros, la X. *fastidiosa* subsp. *sandyi* ST5 solo causa enfermedad importante en adelfa.

SITUACIÓN ACTUAL EN EUROPA

Durante los últimos tres años, y hasta el momento, X. *fastidiosa* **se ha detectado en cuatro países europeos: Alemania, España, Francia e Italia**. La alarma en Europa se desató con el brote epidémico inicial que se detectó por primera vez en olivo en octubre del año 2013 en la península de Salento, en el sur de Italia. Este hecho unido a las numerosas interceptaciones de material vegetal procedente de Centroamérica infectado por esta bacteria promovió la rápida intervención de la Unión Europea que legisló la Decisión de Ejecución (UE) 2015/789, sobre medidas para evitar la introducción y propagación dentro la UE de X. *fastidiosa*. Uno de los artículos fundamentales de esta Decisión hace referencia a la obligatoriedad de los estados miembros de llevar a cabo inspecciones anuales para detectar la presencia en su territorio del organismo especificado en los vegetales especificados. Este hecho, unido

cuantitativa; el impacto del cambio climático en agentes fitopatógenos; la detección, monitorización y cuantificación de enfermedades mediante teledetección, y el desarrollo de modelos de análisis de riesgo y de distribución de especies de patógenos de cuarentena. Participa en varios proyectos internacionales sobre *Xylella fastidiosa* del programa H2020.

En el verano del año 2015, la bacteria se detectó en Francia, en la isla de Córcega, afectando fundamentalmente a especies silvestres típicas de la flora mediterránea

a la recomendación de utilizar métodos moleculares de detección de la bacteria más sensibles[3] ha sido el desencadenante de que hayan ido apareciendo nuevos focos epidémicos o plantas positivas en diversas zonas geográficas de la UE, que se describirán a continuación.

En el verano del año 2015, la bacteria se detectó en Francia, en la isla de Córcega, donde ya se ha constatado que se encuentra ampliamente distribuida, afectando fundamentalmente a especies silvestres típicas de la flora mediterránea (con más de 30 especies listadas por el momento), y en las que se han detectado las subsp. *multiplex* y *sandyi*. Además, *X. fastidiosa* también se ha localizado en la Francia continental, en el sur de la Costa Azul, habiéndose identificado las subsp. *multiplex* y *pauca*. En abril del año 2016 se reveló en Alemania la subsp. *fastidiosa* infectando plantas de adelfa en un centro de jardinería localizado en la región de Pausa (Sajonia), y posteriormente se detectó en romero, así como en híbridos de *Streptocarpus* y *Erysimum*. En España, *X. fastidiosa* se manifestó por vez primera a finales de octubre del año 2016 en la comunidad autónoma de las Islas Baleares[9] donde se ha determinado la presencia de las subsp. *fastidiosa*, *multiplex* y *pauca* con una distribución irregular en Mallorca, Menorca e Ibiza, infectando hasta 16 especies vegetales incluyendo acebuches, adelfas, almendros, cerezos, ciruelos, fresno, higuera, nogal, olivos, romeros y polígalas, entre otros [Figura 2]. Finalmente, en junio de 2016 aparecieron plantaciones de almendros infectadas por *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* en la provincia de Alicante. La diversidad genética de las diferentes detecciones de *X. fastidiosa* realizadas en Europa es prueba evidente de que corresponden a introducciones que han tenido lugar de forma independiente, ya que se trata de subespecies y estirpes pertenecientes a grupos genéticos diferentes.

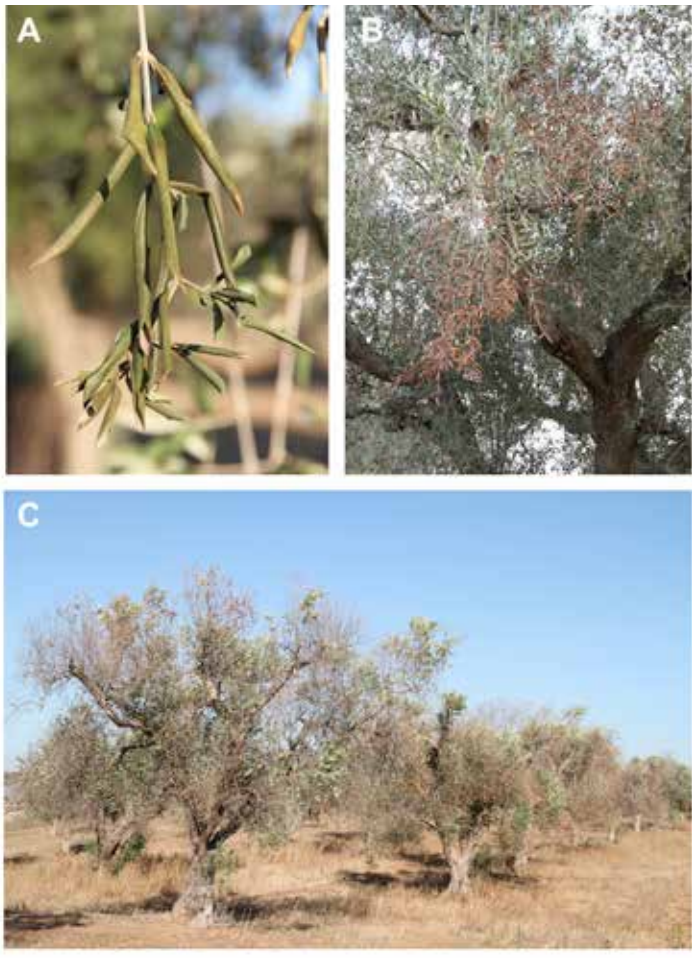


Figura 2. Síntomas del decaimiento rápido del olivo causados por *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* en la región de Apulia, sur de Italia. **A)** Síntomas iniciales: clorosis y abarquillado de hojas; **B)** Necrosis extensa de hojas con muerte de ramas; **C)** Olivar con árboles duramente afectados (*Fotos*: Juan A. Navas-Cortés y Blanca B. Landa; IAS-CSIC).

XYLELLA FASTIDIOSA EN OLIVO

Aunque *X. fastidiosa* puede originar enfermedad grave en gran cantidad de plantas, la alarma suscitada en Europa se debe fundamentalmente a ser el **agente causal de una epidemia devasta-**

En el 2013 se estimó que la enfermedad se encontraba extendida en cerca de 8000 ha y que, dos años más tarde, se había extendido a un área de más de 23000 ha de cultivo, en la que se han estimado alrededor de un millón de olivos enfermos

dora en olivares de la región de Apulia en el sur de Italia, lo que ha causado conmoción en el sector oleícola español y de otros países de la UE. La razón del impacto causado por esta primera detección de X. *fastidiosa* en olivo reside en la catastrófica situación fitosanitaria que se describía, así como en la rapidez con que la enfermedad se había extendido desde el área de primera detección y la forma "súbita" en la que se producía el desarrollo de la enfermedad en la planta, lo cual dio lugar a que se la denominara "decaimiento rápido del olivo" (OQDS, de *Olive Quick Decline Syndrome*) [Figura 3]. En el 2013 se estimó que la enfermedad se encontraba extendida en cerca de 8000 ha y que, dos años más tarde, se había extendido a un área de más de 23000 ha de cultivo, en la que se han estimado alrededor de un millón de olivos enfermos. La epidemia sigue su curso y avanza hacia el norte: ya se han confirmado recientemente nuevos focos en las provincias de Brindisi y Tarento, distantes unos 70 km de los focos más cercanos en la provincia de Lecce, en la que estaba confinada la enfermedad hasta hace unos meses. Actualmente, aunque no hay cifras oficiales de los miles de árboles infectados, toda la provincia de Lecce y parte de las de la Brindisi y Tarento se consideran ya "zonas infectadas", lo que da una idea de la magnitud y capacidad de extensión de la enfermedad.

Hasta el momento se han descrito dos subespecies de X. *fastidiosa*, la subsp. *multiplex* y la subsp. *pauca*, y varios ST dentro de cada una de ellas, que son capaces de originar diversidad de síntomas de distinta gravedad en olivo. Hasta que en el año 2013 se notificó la devastadora epidemia de decaimiento rápido en los olivares de la península de Salento, en el sur de Italia, la relación de X. *fastidiosa* con las afecciones en olivo se circunscribía a someras reseñas de ataques ocasionales y de escasa gravedad en California (EE. UU.), causados por estirpes de la subespecie *multiplex* ST7. Sin embargo, las investigaciones en Italia han concluido que los ataques devastadores en Salento son causados por una estirpe distintiva de la subsp. *pauca* denominada CoDiRO (por *Complesso del disseccamento rápido dell'olivo*; o decaimiento rápido del olivo, en castellano), cuyo tipo genético es único en toda la zona de la epidemia y se ha identificado como el ST53. Observaciones sistematizadas realizadas en la península de Salento dieron lugar a

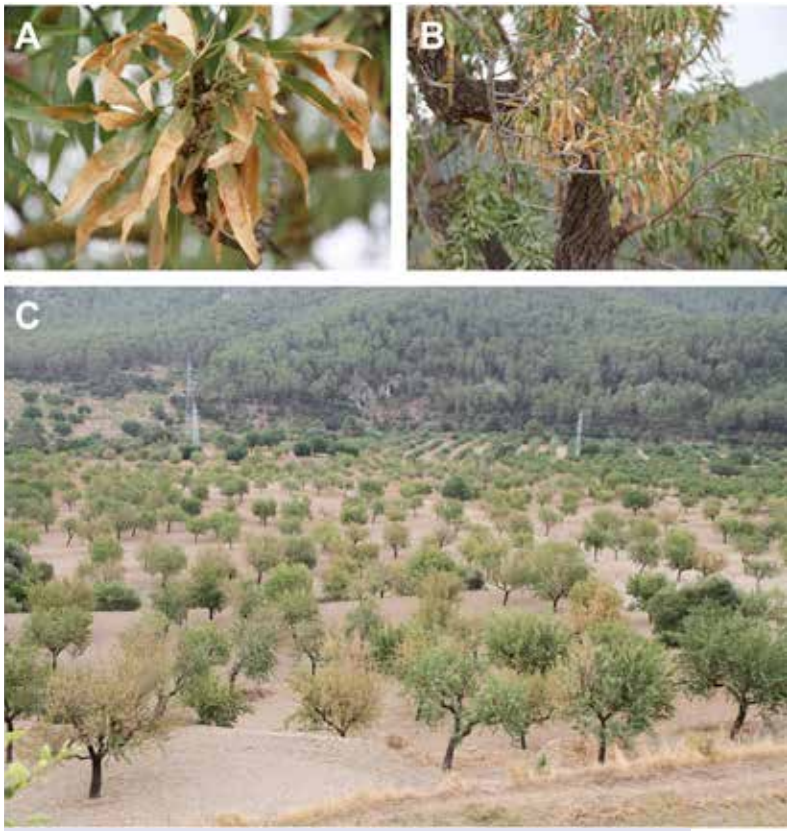


Figura 3. Síntomas de chamuscado foliar en almendro causados por *Xylella fastidiosa* subsp. *fastidiosa* en la isla de Mallorca, Islas Baleares. **A)** Síntomas de necrosis en hojas; **B)** Necrosis extensa de hojas y ramas; **C)** Parcelas afectada con árboles en distinto grado de desarrollo de síntomas (*Fotos*: Juan A. Navas-Cortés y Blanca B. Landa; IAS-CSIC).

Hay que indicar que son múltiples los casos de interceptaciones de plantas de café importadas desde Costa Rica y Honduras que se han demostrado estar infectadas por diversos grupos genéticos de *X. fastidiosa* incluyendo el ST53

En el año 2015, se describió la presencia de la subsp. *pauca* asociada con síntomas de decaimiento en olivos de la región de Argentina de La Rioja (perteneciente al ST69)

la detección de 31 especies vegetales que mostraban síntomas y estaban infectadas por X. *fastidiosa*, incluyendo acacia, adelfa, almendro, aladierno, arrayán, *Catharanthus*, cerezo, esparraguera, jara, retama, romero y vinca, entre otras. Estas detecciones de X. *fastidiosa* en plantas cultivadas y no cultivadas frecuentes en zonas agrícolas constituye una circunstancia alarmante, porque tienen el potencial de actuar como fuente de inóculo, de las cuales la bacteria pueda ser adquirida y diseminada por el insecto vector[6].

Investigaciones posteriores demostraron que **la estirpe CoDiRO es aparentemente idéntica a otra encontrada en plantas de adelfa, cafeto y mango en Costa Rica**, lo cual ha ayudado a interpretar que dicha estirpe pudo haber sido introducida en plantas de cafeto ornamental importadas desde dicho país hacia Italia, ya que la planta de cafeto es comúnmente utilizada como ornamental en este último país. Además, para respaldar esta hipótesis, hay que indicar que son múltiples los casos de interceptaciones de plantas de café importadas desde Costa Rica y Honduras que se han demostrado estar infectadas por diversos grupos genéticos de X. *fastidiosa* incluyendo el ST53. Recientemente, el análisis comparativo del genoma de la cepa CoDiRO con otros 27 genomas de X. *fastidiosa* disponibles señalan que esta cepa forma un clado compacto de escasa diversidad junto con otras tres cepas de la bacteria pertenecientes al ST53 y originarias de Costa Rica, que se separa claramente de otras cepas pertenecientes a la subespecie *pauca*, lo que sugiere un origen ancestral común reciente a partir de esta subespecie.

Con posterioridad, en el año 2015, se describió la presencia de la subsp. *pauca* asociada con síntomas de decaimiento en olivos de la región de Argentina de La Rioja (perteneciente al ST69); y en 2016 se describieron en Brasil síntomas de la enfermedad asociados con X. *fastidiosa* subsp. *pauca* ST16 en olivares en la región Sierra de la Mantiqueira, estado de Minas Gerais, y en el estado de São Paulo en el sureste del país.

En las Islas Baleares, España, se han encontrado varios casos de acebuches en zonas naturales presentando desecación profusa y muerte regresiva de ramas, y olivos en plantaciones comerciales que presentaban síntomas similares a los que se han descrito en olivo en Argentina, Brasil y California, o a los que se presentaron en Italia en los primeros momentos iniciales de desarrollo de la enfermedad. Sin embargo, se ha podido confirmar la presencia de dos nuevas estirpes diferentes de las identificadas en los países y regiones anteriores. En las islas de Mallorca y Menorca se ha confirmado la existencia de X. *fastidiosa* subsp. *multiplex* con un nuevo variante de ST cercano al ya descrito ST6 (que infecta fundamentalmente a almendro), mientras que en la isla de Ibiza se ha constatado la existencia de X. *fastidiosa* subsp. *pauca* y de un nuevo variante ST cercano al ST73 descrito en café al que se le ha denominado recientemente como ST80. Ambos variantes nuevos de la bacteria, presentes en las Islas Baleares, contribuyen a incrementar el número de ST ya descritos hasta la fecha, a nivel mundial (M. Montes-Borrego, D. Olmo, E. Marco y B. B. Landa, datos no publicados). Finalmente, X. *fastidiosa* ha sido detectada en la península ibérica en junio de 2017 en diversas zonas de la provincia de Alicante, en la Comunidad Valenciana, siendo el almendro la única especie vegetal afectada. En todos los casos analizados se ha identificado la subsp. *multiplex* ST6 (M. Montes-Borrego, E. Marco y B.B. Landa, datos no publicados).

TRANSMISIÓN DE *XYLELLA FASTIDIOSA*

El crecimiento sistémico de X. *fastidiosa* en los tejidos de plantas infectadas propicia que **la utilización de material de plantación o para injerto, tomado de plantas infectadas, sea una de las vías por las que la bacteria puede ser introducida en una**

El crecimiento sistémico de *X. fastidiosa* en los tejidos de plantas infectadas propicia que la utilización de material de plantación o para injerto, tomado de plantas infectadas, sea una de las vías por las que la bacteria puede ser introducida en una zona

Durante muchos años, *X. fastidiosa* estuvo restringida a las Américas, abarcando un amplio rango de latitudes, desde Canadá en el norte, hasta Argentina en el sur, pasando por los EE. UU., México, Costa Rica, Honduras, Venezuela, Brasil o Paraguay

zona. Sin embargo, la transmisión de *X. fastidiosa* de una planta infectada a otra sana (así como su diseminación entre parcelas a corta y larga distancia) tiene lugar por **insectos chupadores capaces de alcanzar el xilema** en los tejidos infectados y de succionar para su alimentación la savia bruta donde se encuentra la bacteria. Estas especies pertenecen al orden Hemiptera, suborden Auchenorryncha, y más concretamente a las familias Aphrophoridae (conocidos como "salivitas"), Cercopidea, Cicadidae (cicadas) y Cicadellidae (cicadélidos). Aunque todos los grupos de insectos indicados tienen el potencial de adquirir y transmitir la bacteria en razón de su forma de alimentación, los más relevantes para el desarrollo epidémico por su probada capacidad de transmisión, abundancia y hábitos alimenticios, son los de la familia Aphrophoridae y de la subfamilia Cicadellinae de los cicadélidos[1]. Las investigaciones realizadas en Italia sobre la entomofauna prevalente en la vegetación asociada con los olivares afectados de decaimiento rápido dieron lugar a la identificación de *Cercopis sanguinolenta*, *Cicada orni*, *Neophilaenus campestris* y *Philaenus spumarius* como potenciales insectos vectores de *X. fastidiosa* subsp. *pauca* ST53, pero esta capacidad solo se ha podido demostrar en *P. spumarius* hasta la fecha[6]. Este insecto tiene una generación por año. Los adultos se forman en primavera, alcanzan poblaciones muy elevadas en la flora natural coexistente con el olivar y colonizan extensamente los olivos cercanos a principios de verano.

En España, las investigaciones realizadas por Sabaté *et al.*[10] y Morente y col.[7] en algunas áreas olivareras y vitivinícolas de Andalucía, Aragón, Cataluña, Castilla-La Mancha, Murcia, Navarra y La Rioja, indican que existen en ellas cinco de los géneros de insectos incluidos en la lista de vectores potenciales de *X. fastidiosa* en Europa[1], incluyendo *Aphrophora*, *Cercopis*, *Cicadella*, *Neophilaenus* y *Philaenus*, siendo *P. spumarius* la especie más abundante en Cataluña y La Rioja. Por su parte, en zonas olivareras del centro y sur de España, las especies de vectores potenciales de *X. fastidiosa* más abundantes fueron *P. spumarius* y *Neophilaenus campestris*, y en menor medida se han encontrado *Cercopis intermedia* y *Lepyronia coleoptrata*. *P. spumarius* se encuentra asociado principalmente a olivares situados en zonas húmedas en cuya vegetación espontánea predominan especies de la familia Compositae (compuestas), mientras que *N. campestris* está ligado a olivares con menor humedad relativa donde la vegetación espontánea está formada por especies de gramíneas[7].

Recientemente, los análisis de detección de *X. fastidiosa* mediante qPCR[3] de aproximadamente un centenar de individuos de *P. spumarius* y *N. campestris* capturados en diversas localidades de la provincia de Alicante han **demostrado la presencia de *X. fastidiosa* en aproximadamente un 32% de individuos de *P. spumarius*, mientras que todos los *N. campestris* han resultado negativos por el momento** (M. Montes-Borrego, E. Marco y B. B. Landa, datos no publicados).

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Durante muchos años, *X. fastidiosa* estuvo restringida a las Américas, abarcando un amplio rango de latitudes, desde Canadá en el norte, hasta Argentina en el sur, pasando por los EE. UU., México, Costa Rica, Honduras, Venezuela, Brasil o Paraguay. No fue hasta 1994 cuando se identificó por vez primera en Asia, en Taiwán, causando el chamuscado del peral asiático (*Pyrus pyrifolia*). No obstante, esta estirpe ha sido recientemente clasificada como una nueva especie de *Xylella*, denominada *Xylella taiwanensis*. En los años 2000, *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* fue asimismo identificada en Taiwán causando la enfermedad de Pierce en vid, y más recientemente, **en octubre de 2013, se constató la presencia de *X. fastidiosa* infectando**

Xylella fastidiosa es una bacteria mesófila adaptada a zonas con inviernos suaves o moderados

olivo en el sur de Italia, lo cual constituye la primera cita confirmada de la bacteria en Europa[6]. Hasta el momento, además se ha constatado la presencia de X. *fastidiosa* en Alemania, España y Francia.

CONDICIONES CLIMÁTICAS QUE DETERMINAN EL DESARROLLO DE *XYLELLA FASTIDIOSA*

Xylella fastidiosa **está presente en una amplia diversidad de zonas climáticas** [Figura 4], aunque es particularmente prevalente en países de los trópicos y subtrópicos 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 California en EE. UU., o los **recientes focos en diversas regiones europeas como el sur de Italia, Córcega y 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 Nueva 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[1].

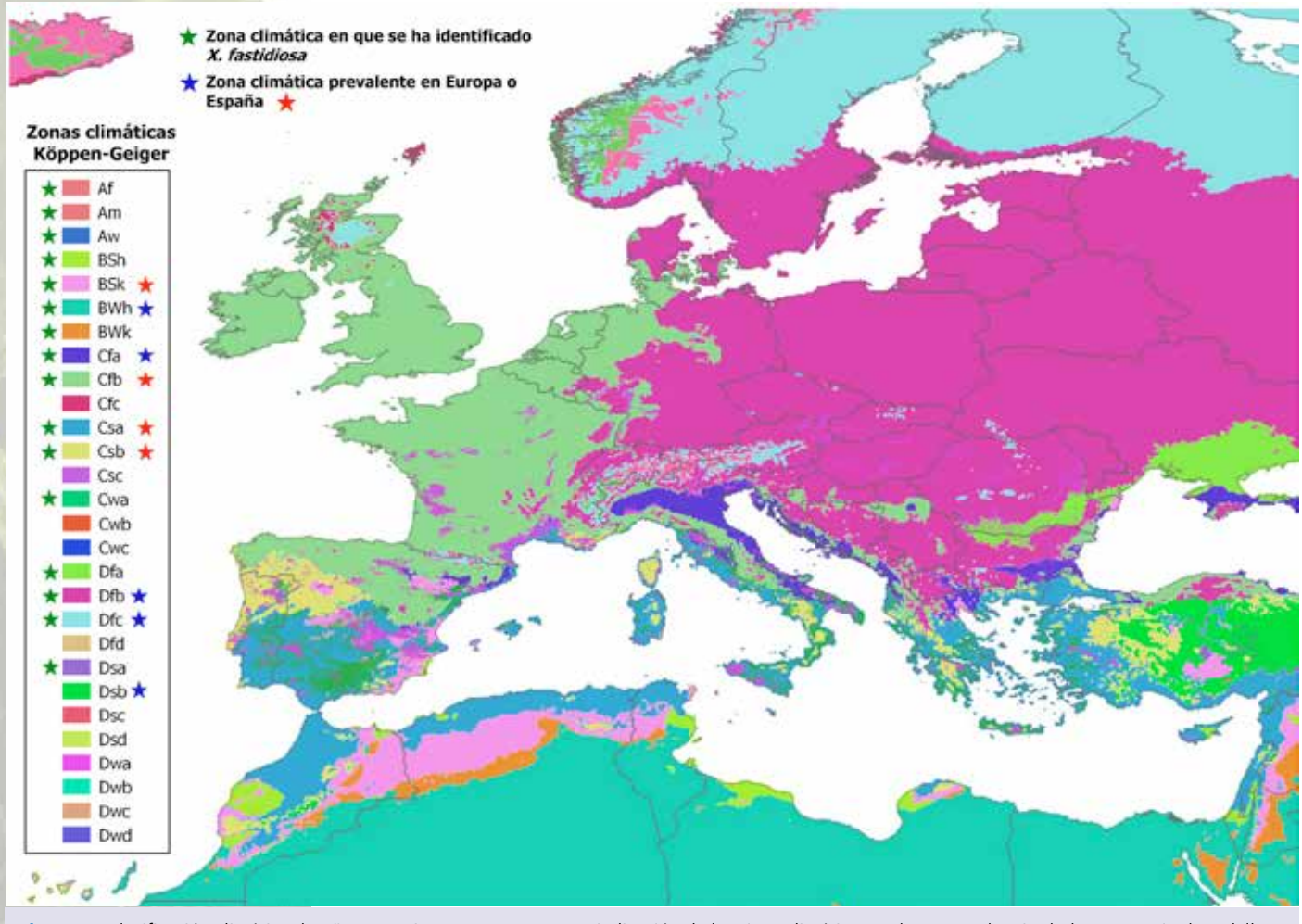


Figura 4. Clasificación climática de Köppen-Geiger para Europa, con indicación de los tipos climáticos en los que se ha citado la ocurrencia de *Xylella fastidiosa* en el mundo[2] así como los tipos de clima prevalentes en Europa y España. *Grupos climáticos: A: tropical; Af: ecuatorial; Am: monzónico; Aw: sabana; B: seco; BSh: estepario cálido; BSk: estepario frío; BWh: desértico cálido; BWk: desértico frío; C: latitudes medias; Cfa: subtropical húmedo; Cfb: oceánico; D: continental con inviernos muy fríos; Dfa: continental con verano cálido; Dfb: continental con verano fresco; Dfc: continental subártico o boreal; Dsa: continental con verano cálido. Datos climáticos: CliMond (*Fuente*: Navas-Cortés *et al.*[8] [2017]).

El crecimiento *in vitro* de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* es óptimo a 28 °C, y decrece a 32, 22 y 18 °C, respectivamente, no observándose crecimiento de *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* a 12 °C, mientras que, en plantas de vid infectadas, la mayor tasa de crecimiento se produce entre 17 y 25 °C

Una vez confirmada la presencia de *X. fastidiosa* en un territorio por vez primera, se debe proceder a la destrucción inmediata del material vegetal infectado

X. *fastidiosa* **es una bacteria mesófila adaptada a zonas con inviernos suaves o moderados**. El crecimiento *in vitro* de X. *fastidiosa* subsp. *fastidiosa* es óptimo a 28 °C, y decrece a 32, 22 y 18 °C, respectivamente, no observándose crecimiento de X. *fastidiosa* subsp. *fastidiosa* a 12 ºC, mientras que, en plantas de vid infectadas, la mayor tasa de crecimiento se produce entre 17 y 25 °C[1]. 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 de la vid debido a la elevada tasa de crecimiento de la bacteria a esas temperaturas, mientras que temperaturas entre 12 y 17 °C, o superiores a 34 °C, perjudican su supervivencia en planta[1]. Esto podría explicar, al menos en parte, las variaciones estacionales observadas en diferentes plantas huésped infectadas por X. *fastidiosa*.

CONTROL DE *XYLELLA FASTIDIOSA*

Exclusión

En todos los países en los que X. *fastidiosa* está presente se ha demostrado que **el control de la bacteria es extremadamente difícil una vez que se ha establecido en un área geográfica**. Por ello, **el principio fundamental para su control deberá ser la medida de exclusión: evitar su entrada** en un territorio donde no está presente. Para ello se deben extremar las precauciones en el comercio de material vegetal, especialmente aquel que proceda de países donde conste la presencia de X. *fastidiosa*. Además, la adquisición de plantas que sean huésped de esta bacteria debe realizarse únicamente en viveros autorizados, exigiendo el pasaporte fitosanitario para aquellas especies vegetales contempladas en la legislación (Directiva 2000/29/CE).

En caso de detectarse la presencia de X. *fastidiosa* en un territorio, al tratarse de un organismo nocivo de cuarentena según la Directiva 2000/29 e incluido en la lista A1 EPPO desde 1981, **la legislación obliga a comunicar al organismo responsable de Sanidad Vegetal** la presencia de síntomas sospechosos de la enfermedad. Una vez confirmada la presencia de la X. *fastidiosa* en la comunidad autónoma, por el Laboratorio de Diagnóstico, ha de ser confirmada por el Laboratorio Nacional de Referencia de Bacterias Fitopatógenas del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). Posteriormente, la detección de la bacteria se debe comunicar inmediatamente a la Subdirección General de Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal del MAPAMA. Los Organismos Oficiales de la comunidad autónoma en la que se detecte el brote deberán delimitar una "zona demarcada", con el fin de definir la "zona infectada" y establecer una "zona tampón", para adoptar las medidas de erradicación previstas en la Decisión 2015/789/UE y su última modificación en la Decisión 2017/2352, UE del 14 de diciembre de 2017. Sin embargo, la legislación establece la posibilidad de no establecer una zona demarcada, en casos de presencia aislada de X. *fastidiosa*, pero solo cuando la presencia de la bacteria se pueda eliminar con la destrucción de las especies vegetales en las que se haya detectado.

Erradicación

Una vez confirmada la presencia de *X. fastidiosa* en un territorio por vez primera, se debe proceder a la destrucción inmediata del material vegetal infectado. Las medidas de erradicación consisten en la destrucción o inactivación del patógeno en la fuente de inóculo (plantas y vectores) e incluyen: **(i)** Eliminar las plantas infectadas y las plantas huésped que pudieran haber estado expuestas a la infección por X. *fastidiosa*. En la *zona infectada* se aplicarán medidas de erradicación de forma inmediata en un radio de 100 m alrededor de las plantas infectadas, eliminando: (a) las plantas infectadas y sintomáticas; (b) las

La utilización de cultivares resistentes sería la medida más efectiva para el control eficiente de *X. fastidiosa*

El uso de terapia cultural o química iría dirigida a la reducción o eliminación de inóculo bacteriano o de las poblaciones de vectores

plantas huésped (es decir, aquellas especies vegetales susceptibles identificadas en la UE), independientemente de su estado fitosanitario; y se llevará a cabo el muestreo y análisis de plantas especificadas en el Anexo I de la Decisión 2015/789/UE que incluye las plantas cuya susceptibilidad a *X. fastidiosa* se ha confirmado tanto a cepas europeas como no europeas de la bacteria. En la *zona tampón*, en un radio de 5 km alrededor de la zona afectada: **(ii)** se intensificará la monitorización de plantas especificadas; y **(iii)** se realizará el muestreo y análisis de plantas con síntomas y asintomáticas en su proximidad. Finalmente, *en ambas zonas*: (a) se aplicarán medidas de contención y restricción de movimiento de vegetales fuera de la zona; (b) antes de la eliminación de las plantas infectadas se aplicarán los tratamientos fitosanitarios adecuados contra los vectores de *X. fastidiosa* y las plantas que puedan hospedarlos; y (c) se prohibirá realizar replantaciones con especies huésped de la bacteria. No obstante, es necesario tener en cuenta que las acciones mencionadas de erradicación solo son efectivas en el control de la bacteria si son aplicadas en los primeros momentos tras su detección y cuando sean pocas las plantas afectadas, y el número de focos escaso, actuando con rapidez, o si se detecta a nivel de frontera.

Escape

El escape **persigue evitar el contacto con el inóculo e infección** y se implementaría mediante: (i) producción de material propagativo analizado y certificado frente a este patógeno; (ii) producción a partir de plantas madre libres de *X. fastidiosa* y en zonas libres de la bacteria; (iii) producción de plantas bajo condiciones que aseguren la ausencia de infección por *X. fastidiosa*.

Resistencia del material vegetal

La utilización de cultivares resistentes sería la medida más efectiva para el control eficiente de *X. fastidiosa*. En la actualidad no se dispone de información sobre la reacción de cultivares de olivo a *X. fastidiosa*. La única información disponible proviene de observaciones e investigaciones llevadas a cabo en la zona afectada en el sur de Italia, que han permitido identificar cierto nivel de tolerancia a la enfermedad del OQDS causada por la estirpe CoDiRO de *X. fastidiosa* (subsp. *pauca* ST53) en el cv. Leccino comparada con la reacción susceptible de los cultivares utilizados comúnmente en la zona como Ogliarola salentina y Cellina di Nardò. A diferencia de estos últimos, el cv. Leccino presenta un menor desarrollo de síntomas, así como niveles poblacionales de la bacteria muy inferiores. Asimismo, resultados preliminares indican la existencia de niveles de tolerancia o resistencia en otros cultivares de olivo como el patrón de olivo FS-17® que, en condiciones de infección natural, presentó niveles de población de *X. fastidiosa* del 50 % inferior al observado en el cv. Leccino en las mismas condiciones. Por el momento no se dispone de información sobre la reacción de cultivares de olivo más importantes en España.

Terapia

El uso de **terapia cultural o química iría dirigida a la reducción o eliminación de inóculo bacteriano o de las poblaciones de vectores**. Entre las medidas culturales se incluirían: (i) la poda de ramas afectadas para reducir la fuente de inóculo; (ii) el tratamiento de termoterapia con agua caliente a 50 °C durante 45 min que se ha mostrado efectivo para eliminar *X. fastidiosa* de material de plantación de *Vitis* y esto va a permitir el movimiento de material de vid sometido a este tratamiento desde áreas demarcadas; (iii) la eliminación de la bacteria por temperaturas inferiores a 0 °C en vid y cerezo; (iv) el tratamiento terapéutico y profiláctico con un cóctel de fagos virulentos con actividad lítica frente a la enfermedad de Pierce; o (v) la protección cruzada con cepas no virulentas de *X. fastidiosa* evaluada en Florida frente a la enfermedad de Pierce con la cepa EB92-1.

REFERENCIAS

[1] EFSA Panel on Plant Health (PLH). (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.

[2] EFSA (2016). "Scientific report on the update of a database of host plants of *Xylella fastidiosa*". *EFSA Journal* **14**: 4378-4418.

[3] EPPO (2016). "PM 7/24 (2) *Xylella fastidiosa*". *EPPO Bulletin* **46**: 463-500.

[4] Janse, J. D. y Obradovic, A. (2010). "*Xylella fastidiosa*: Its biology, diagnosis, control and risks". *Journal of Plant Pathology* **92**: S1.35-S31.47.

[5] Landa, B. B., Navas Cortés, J. A. y Montes-Borrego, M. (2017). "*Xylella fastidiosa* y la enfermedad de Pierce de la vid, ¿una amenaza para la viticultura española?". *Phytoma-España* **288**: 34-37.

[6] Martelli, G. P. *et al.* (2016). "The olive quick decline syndrome in south-east Italy: a threatening phytosanitary emergency". *European Journal of Plant Pathology* **144**: 235–243.

[7] 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 (POnTE)". *Phytoma-España* **285**: 32-36.

[8] Navas Cortés, J. A., Montes Borrego, M. y Landa B. B. (2017). "*Xylella fastidiosa* en el sur de Europa: cuando el clima no es un problema para su establecimiento". *Phytoma-España* **289**: 30-35.

[9] Olmo, D. *et al.* (2017). "First detection of *Xylella fastidiosa* infecting cherry (*Prunus avium*) and *Polygala myrtifolia* plants, in Mallorca Island, Spain". *Plant Disease* **101**: 1820-1820.

[10] Sabaté, J., Laviña, A. y Batlle, A. (2017). "Identificación de vectores potenciales de *Xylella fastidiosa* y fitoplasmas en viñedos del norte de España". *Phytoma-España* **288**: 38-42.

Un fitopatólogo llamado Borlaug

Antonio Vicent
Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).
Moncada (Valencia)

Todos asociamos la figura de Norman Ernest Borlaug a la mejora genética de los cereales y a la llamada "revolución verde". Lo que es menos conocido por el público es que Borlaug era fitopatólogo de formación y realizó su tesis doctoral sobre el hongo *Fusarium* en 1942, hace ahora 75 años. Norman E. Borlaug nació en 1914 en un pequeño pueblo de Iowa (EE. UU.), nieto de inmigrantes noruegos que abandonaron su país por los efectos de la gran hambruna causada por el mildiu de la patata. Borlaug se educó en una pequeña escuela rural y posteriormente consiguió, con mucho esfuerzo, cursar estudios en la Universidad de Minnesota. Allí entró en contacto con Elvin C. Stakman, por aquel entonces Director del Departamento de Patología Vegetal y sin duda uno de los fitopatólogos más influyentes del s. XX. Stakman se convirtió en el mentor de Borlaug y lo reclutó para el programa agrícola que la Fundación Rockefeller desarrollaba en México. Esta organización jugó un papel estratégico tras la Segunda Guerra Mundial, desarrollando programas para aumentar la producción agrícola en determinados países con el fin de mantener el delicado equilibrio geopolítico durante la Guerra Fría. Otros renombrados fitopatólogos, como John Niederhauser y J. George Harrar, trabajaron también para la Fundación Rockefeller en diferentes proyectos.

Borlaug era fitopatólogo de formación y realizó su tesis doctoral sobre el hongo *Fusarium* en 1942, hace ahora 75 años

Borlaug llegó a la estación de Chapingo en México en 1944, dejando en EE. UU. a su mujer embarazada con un hijo que moriría al poco de nacer. En Chapingo estableció la infraestructura básica para realizar experimentos de campo con el objetivo de obtener variedades de trigo resistentes a la roya del tallo (*Puccinia graminis*). Esta enfermedad había reducido la cosecha de trigo en México a la mitad durante los años 1939 a 1942 y representaba uno de los principales problemas fitosanitarios en aquella época. Borlaug identificó las especies y razas de roya presentes en el país y describió la epidemiología de las enfermedades causadas por estos hongos. Definió a la roya como el principal factor limitante para la producción de trigo en México debido a la "siempre cambiante" composición de sus razas.

Borlaug y su equipo se dedicaron a hacer miles de cruzamientos y pronto consiguieron una colección de más de 6000 variedades. Su ética y dedicación al trabajo eran excepcionales y así se lo exigía también a todos sus colaboradores. Ante la reticencia de algunos científicos a realizar trabajos de campo, les espetaba "¿Cómo os van a respetar si no

Norman E. Borlaug (en el centro) con un grupo de colaboradores en México (www.flickr.com CIMMYT con licencia CC BY-NC-SA 2.0).

sabéis hacer las cosas por vosotros mismos?". En 1948, Borlaug introdujo el *shuttle breeding*, que consistía en realizar dos ciclos de cultivo secuenciales cada año, uno en Toluca y otro en Obregón, con el objetivo de acelerar y reducir los plazos del programa de mejora. Además de esta indudable ventaja, el *shuttle breeding* supuso otro gran avance, en cierta forma insospechado. Las regiones de Toluca y Obregón presentaban condiciones totalmente diferentes de suelo, latitud, altitud, razas de roya, etc., por lo que los genotipos de trigo seleccionados estaban perfectamente adaptados a un amplio rango de condiciones agronómicas y fotoperiodo. Esta particularidad resultaría crucial años más tarde cuando estas variedades de trigo se introdujeron en países como Pakistán, India, Egipto o China.

Otro aspecto determinante en el programa de mejora de Borlaug fue el desarrollo de variedades de menor porte, que permitían la aplicación de altas dosis de fertilizantes sin inducir encamado. Para ello cruzó sus variedades seleccionadas en México con variedades japonesas enanas, cedidas por Orville Vogel del USDA, que las había conseguido a su vez del agregado agronómico de los EE. UU. en Japón. En 1963, el 95 % de la superficie de trigo de México estaba cultivada con estas nuevas variedades y el país pasó a ser autosuficiente, duplicando sus rendimientos por hectárea durante la década de los sesenta.

Durante los años 1950 y 1954 se produjeron graves epidemias de roya del tallo del trigo en EE. UU., causadas por la raza 15-B

Durante los años 1950 y 1954 se produjeron graves epidemias de roya del tallo del trigo en EE. UU. causadas por la raza 15-B, cuyas esporas se diseminaban en otoño desde Canadá y el norte de EE. UU. hacia el sur, llegando hasta México. Allí sobrevivían al invierno, y en primavera se diseminaban de nuevo hacia las zonas productoras de trigo del norte. Sólo en 1954 esta nueva raza de roya destruyó el 80 % de la cosecha de trigo duro en EE. UU. Esta debacle fue, sin embargo, el catalizador del programa de cooperación internacional para el desarrollo de variedades resistentes a esta raza de roya, que Borlaug cristalizó en el International Spring Wheat Yield Nursery. En 1960, Borlaug formó parte de una misión conjunta de la FAO y la Fundación Rockefeller enviada al norte de África y Asia para valorar las posibilidades de establecer programas de desarrollo agrícola similares al de México. Con el impulso de la Fundación Rockefeller y la Fundación Ford se crea el International Rice Research Institute (IRRI) en Filipinas, y el Centro Internacional de

Mejoramiento del Maíz y el Trigo (CIMMYT) en México. Posteriormente, en 1971, se integrarían dentro del Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR), un consorcio de 15 centros internacionales de investigación agrícola para el desarrollo.

A finales de la década de los sesenta, las previsiones de hambruna en países asiáticos como India y Pakistán eran del dominio público, como ejemplifican los libros superventas de la época *Famine 1975! America's Decision: Who Will Survive?*, de los hermanos Paddock, o *The Population Bomb*, de Paul R. Ehrlich. India y Pakistán tenían que importar anualmente ingentes cantidades de grano para poder alimentar a su población, lo que a medio plazo era a todas luces insostenible. Ante este escenario, en 1965 los gobiernos de India y Pakistán decidieron introducir semillas de trigo de las variedades mexicanas que había desarrollado Borlaug. Estas primeras importaciones de semillas sufrieron diversas vicisitudes debido al estallido de la guerra entre ambos países, pero ya entre 1969-1970 más de la mitad de la superficie de trigo en Pakistán y una tercera parte en la India estaba cultivada con las variedades mexicanas de Borlaug o sus derivadas. En 1974, la India ya era completamente autosuficiente en la producción de cereales.

La enorme trascendencia social del trabajo de Borlaug, que dio origen a la revolución verde y evitó graves hambrunas en muchos países, le valió el Premio Nobel de la Paz en 1970, un hito sin precedentes en el ámbito de las ciencias agrarias. También fue galardonado con la Medalla de Oro del Congreso de los EE. UU. y la Medalla Presidencial a la Ciencia, entre otros muchos reconocimientos. Al no existir un Premio Nobel específico de agricultura, Borlaug aprovechó su adquirida notoriedad mediática para catalizar la creación del World Food Prize; este premio se concede anualmente a personas particularmente relevantes en el ámbito de la producción, conservación o distribución de alimentos.

La enorme trascendencia social del trabajo de Borlaug, le valió el Premio Nobel de la Paz en 1970, un hito sin precedentes en el ámbito de las ciencias agrarias

La aproximación de Borlaug y la revolución verde en su conjunto no han estado exentas de polémica. Algunos sectores ambientalistas han asociado este tipo de agricultura intensiva con efectos negativos sobre el medioambiente y la biodiversidad, por el monocultivo y el mayor uso de agua y fertilizantes. También, desde el punto de vista social, por transferir sistemas de cultivo del primer al tercer mundo y retrasar el problema de la crisis del aumento de población. Borlaug siempre consideró todo esto como preocupaciones menores, comparadas con los efectos devastadores del hambre y la inestabilidad política. También reiteró en varias ocasiones que la intensificación de cultivos había salvado muchas hectáreas de la deforestación para su uso agrícola.

Trigo maduro listo para la cosecha, en Ciudad Obregón, México, 2017 (*Foto*: CIMMYT/ Peter Lowe; www.flickr.com con licencia CC BY-NC-SA 2.0).

Borlaug mantuvo siempre un espíritu crítico y publicó duros comentarios sobre el funcionamiento del CGIAR y los programas de investigación agrícola para el desarrollo que él mismo había auspiciado años atrás. No comulgaba con la excesiva burocratización de estas instituciones, ni tampoco con el cambio de los programas de investigación a largo plazo (*core-funding*) por otros más cortoplacistas (*project-driven*), muy influidos por los intereses cambiantes de las agencias financiadoras y las "modas" del mundo científico. Pese al excepcional impacto de su trabajo, su interés en el ámbito académico fue limitado y nunca mostró una especial propensión a publicar sus estudios en revistas científicas. En su última etapa, Borlaug participó activamente en la Global Rust Initiative, un consorcio internacional para hacer frente a una nueva raza de roya (Ug99) descubierta por primera vez en Uganda en 1998. Se erigió también en un firme defensor de la biotecnología y de los cultivos genéticamente modificados, a los que dedicó una notable actividad editorial y de comunicación. Borlaug falleció en Dallas en 2009, dejando un impresionante legado vital y profesional difícil de superar.

Se erigió también en un firme defensor de la biotecnología y de los cultivos genéticamente modificados

Norman Borlaug con los Dres. Swaminathan y Kohli, promotores clave de las variedades modernas de trigo, en una parcela de producción de semillas. India, 1964 (www.flickr.com con licencia CC BY-NC-SA 2.0).

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Borlaug, N. E. (1954). "Mexican wheat production and its role in the epidemiology of stem rust in North America". *Phytopathology* **44**: 398-404.
- Borlaug, N. E. (2000). "Ending world hunger. The promise of biotechnology and the threat of antiscience zealotry". *Plant Physiol.* **124**: 487-490.
- Hesser, L. H. (2009). *The Man Who Fed the World: Nobel Peace Prize Laureate Norman Borlaug and His Battle to End World Hunger.* Durban House Publishing, Dallas, Texas, EE. UU.
- Rajaram, S. (2011). "Norman Borlaug: The man I worked with and knew". *Annu. Rev. Phytopathol.* **49**: 17-30.
- Schneider, C. (2014). "Celebrating 100 Years of Dr. Norman Borlaug". *Crops, Soils, Agronomy News* **59**: 4-11.

60 AÑOS DEL DESCUBRIMIENTO DEL ARN COMO PORTADOR DE INFORMACIÓN HEREDITARIA

VICENTE PALLÁS
Instituto de Biología Celular y Molecular de Plantas (IBMCP), Universidad Politécnica de Valencia-Consejo Superior de Investigaciones Científicas (UPV-CSIC). Valencia

Francis Crick escribía a los lectores de la revista *Scientific American* en 1957:

> La evidencia más convincente de que el ARN es el responsable de la construcción específica de las proteínas proviene del reciente trabajo realizado en el virus del mosaico del tabaco por Fraenkel-Conrat y sus colegas en la Universidad de California y por Gerhard Schramm y colegas en la Universidad de Tubinga. Han separado el ARN de las proteínas y usado el ARN, separadamente y en combinación con diferentes proteínas, para generar una progenie viral. Han demostrado que el ARN solo, inoculado en plantas de tabaco, es capaz de reproducir el virus. La progenie resultante en la planta infectada tiene la proteína correspondiente a la cepa del virus de la cual se obtuvo el ARN, aunque la planta jamás había "visto"' esta proteína anteriormente.

Los grupos de Fraenkel-Conrat en California (EE. UU.) y el de Gerhard Schramm en Tubinga (Alemania Federal) mantuvieron durante muchos años una agria disputa sobre el papel del ARN como portador de la información hereditaria. Fraenkel-Conrat era un judío alemán que, como tantos otros, se instaló en los EE. UU. durante la II Guerra Mundial, mientras que Schramm era un exnazi que, en la década de los 50, estaba dedicado totalmente a la ciencia. Las críticas que habitualmente dedicaba Fraenkel-Conrat a Schramm eran más emocionales que científicas y en la mayoría de las ocasiones carecían de argumentación sólida.

Los experimentos de Avery y colaboradores en 1944 y los de Hershey y Chase en 1952 habían evidenciado que el ADN es la molécula portadora de la información genética. La determinación de la estructura de esta molécula por Watson y Crick en el año 1953 sugería de manera muy intuitiva cómo esta información podría pasar de una generación a la siguiente. La mayoría de los investigadores pensaba que el ARN sólo desempeñaba un papel estructural en el mantenimiento de la conformación de las proteínas, incluso a pesar de que ciertas observaciones le otorgaban un papel relevante en la síntesis de las mismas. Este era también, sin duda, el pensamiento que tenía Heinz Fraenkel-

Conrat cuando se incorporó en 1950 al Virus Laboratory que unos años antes había establecido Wendell M. Stanley en Berkeley. Nadie podría pensar que la relativamente pequeña proporción de ARN (5 %) que poseían la mayoría de los virus de plantas conocidos hasta la fecha pudiera tener algún significado biológico.

Fraenkel-Conrat había cristalizado y caracterizado la primera neurotoxina animal, la crotoxina de la serpiente de cascabel brasileña, así que no es sorprendente que iniciara sus estudios tratando de estudiar la proteína del virus del mosaico del tabaco (TMV). Tanto el equipo de Fraenkel-Conrat en Berkeley como el de Gerhard Schramm en la Universidad de Tubinga habían puesto a punto métodos para aislar en forma nativa o renaturalizable la proteína del TMV. Fraenkel-Conrat y Singer incubaron en 1956 una solución que contenía una mezcla de la proteína de TMV "desensamblada" y una preparación aparentemente no infecciosa del ARN. Cuando inocularon esta mezcla en plantas de tabaco, pudieron observar que provocaba lesiones locales de las mismas características que las que ocasionaba el virus nativo: habían reconstituido el virus a partir de sus componentes iniciales. Este resultado tuvo una gran repercusión en los medios de la época al presentarse como la obtención de una "molécula viviente" a partir de constituyentes "no-vivos":

> Aunque nosotros naturalmente consideramos estos resultados como un gran descubrimiento, no fuimos en absoluto responsables de las afirmaciones que se vertieron en la prensa que manifestaban que nuestros resultados representaban la "creación de vida en un tubo de ensayo" (Fraenkel-Conrat y Singer, 1999).

Los resultados de Fraenkel-Conrat y Singer fueron cualitativamente muy relevantes, pero el grado de infectividad que consiguieron con sus viriones reconstituidos era sensiblemente menor al que se podía obtener con el virus purificado. Se iniciaron una serie de experimentos control que consistieron esencialmente en obtener preparaciones más puras de los dos constituyentes para inocularlas por separado y tras la consiguiente reconstitución [*véase* figura]. Sin embargo, las preparaciones de ARN que por aquel entonces se podían conseguir eran bastante frágiles y las moléculas obtenidas demasiado pequeñas. Schramm aplicó un pequeño truco que le permitió obtener preparaciones de ARN más largas y más puras. Utilizó un procedimiento usado en bioquímica para preparar polisacáridos: la extracción con fenol saturado de agua, para separar el ARN de las proteínas, y a la fase acuosa resultante le eliminó el fenol restante con éter, y éste a su vez con un chorro de aire. Las preparaciones así obtenidas presentaban un ARN de alto peso molecular y, sobre todo, ¡eran muy infecciosas cuando se inoculaban en plantas de tabaco! El método de aislamiento utilizado eliminaba, además, la posibilidad de que una fracción contaminante de proteína pudiera ser la causa de la infectividad

Figura 1: Viriones reconstituidos del virus del mosaico del tabaco por Fraenkel-Conrat, que sirvieron para demostrar su infectividad. Su estructura es similar a las partículas nativas del virus excepto por la mayor proporción de partículas cortas (*Fotografía* reproducida de Fraenkel-Conrat y Williams, 1995; con permiso).

observada. A esta misma conclusión llegaría Beatrice B. Singer en el laboratorio de Fraenkel-Conrat casi simultáneamente. La actividad biológica observada en las preparaciones de ARN utilizadas era extremadamente sensible a la acción de la ribonucleasa, un enzima que degrada las moléculas de ARN, lo que constituía una evidencia más de la naturaleza infecciosa del ARN.

Por si quedaba alguna duda para los más escépticos, Fraenkel-Conrat diseñó un experimento conceptualmente tan sencillo como contundente que resaltaría la evidencia de la actividad genética y competencia del ARN (*véase* Okada, 1999, para una revisión). Trató de reconstituir virus híbridos combinando la proteína de la cepa salvaje o "de jardín" del TMV con el ARN de la cepa entonces denominada de Holmes (HR) y viceversa. Ambas cepas diferían en los síntomas que producían en plantas de tabaco, pero, lo más importante aquí, es que se diferenciaban en sus correspondientes proteínas de cubierta: la cepa HR tenía dos aminoácidos, histidina y metionina, que no estaban presentes en la cepa salvaje. Cuando el ARN de la cepa HR fue reconstituido con la proteína de la cepa salvaje y posteriormente inoculado en las plantas, se obtuvieron los síntomas característicos de la infección por HR. Cuando analizaron la progenie del virus en esas plantas, observaron que su proteína de cubierta tenía la composición de la cepa HR, es decir, presentaba los dos aminoácidos que no poseía la cepa utilizada en el inóculo. En el largo manuscrito que Fraenkel-Conrat y su colaborador escribieron, ya apuntaron la similitud entre el ARN del TMV y el ADN de los bacteriófagos:

> Estos descubrimientos claramente sugieren que el ácido nucleico es el determinante genético en el TMV y cepas relacionadas, desempeñando el mismo decisivo papel que el ADN parece desempeñar en los bacteriófagos.

Crick, además, tomó el experimento de reconstitución como una buena ilustración de su recientemente establecido dogma central de la biología molecular que postulaba que "una vez la información (entendida aquí como una secuencia de unidades) ha pasado a la proteína, no puede volver atrás para formar una copia de la molécula o afectar a la identidad del ácido nucleico". Pero el TMV no sólo le ayudaría a Crick en este aspecto: contribuyó de manera importante a resolver el código genético, el código del lenguaje de la vida que en ese momento Crick y otros muchos se habían empeñado en descifrar.

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

Creager, A. N. H. *et al*. (1999). "Tobacco Mosaic Virus: Pioneering Research for a Century". *The Plant Cell* **11**: 301-308.

Fraenkel-Conrat, H. (1956). "The role of the nucleic acid in the reconstitution of active tobacco mosaic virus". *J. Am. Chem. Soc.* **78**: 882-883.

Fraenkel-Conrat, H. y Singer, B. (1957). "Virus reconstitution. II. Combination of protein and nucleic acid from different strains". *Biochim. Biophys. Acta* **24**: 540-548.

Fraenkel-Conrat, H. y Williams, R. C. (1955). "Reconstitution of active tobacco mosaic virus from its inactive protein and nucleic acid components". *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **41**: 690-698.

Gierer, A. y Mundry, K. W. (1958). "Production of mutants of tobacco mosaic virus by chemical alteration of its ribonucleic acid in vitro". *Nature* **182**: 1457-1458.

Gierer, A. y Schramm, G. (1956). "Infectivity of ribonucleic acid from tobacco mosaic virus". *Nature* **177**: 702-703.

Fraenkel-Conrat, H. y Singer, B. (1999). "Virus reconstitution and the proof of the existence of genomic RNA". *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **354**: 583-586.

Okada, Y. (1999). "Historical overview of research on the tobacco mosaic virus genome: genome organization, infectivity and gene manipulation". *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* **354**: 569-582.

...A LA DRA. MARÍA MILAGROS LÓPEZ

La Dra. Mª Milagros López, socia fundadora, expresidente y socia de Honor de la SEF, y Profesora de Investigación del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), se ha jubilado recientemente. En esta entrevista nos explicará su trayectoria profesional, los logros obtenidos en su línea de investigación, su visión del futuro sobre la Fitopatología y sus proyectos para esta nueva etapa.

... por Nieves Capote

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA Centro las Torres-Tomejil). Alcalá del Río, Sevilla

¿Nos puedes hacer un breve resumen de tu trayectoria profesional?

Mi carrera profesional estuvo orientada desde sus inicios a la investigación. Soy hija, nuera, mujer, y madre de investigadores y no fui nada original en mi elección. Terminé ingeniero agrónomo, especialidad de Fitotecnia en Valencia en 1975 y conseguí una beca INIA-Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) en la última convocatoria de becas del Banco Mundial. Gracias a ella, estuve casi dos años en Francia, en el INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), Station de Phytobactériologie de Angers y en la de Arboriculture Fruitière de Burdeos. Allí descubrí, de la mano del padre de la Fitobacteriología francesa, Michel Ridé, y de los demás *chercheurs* de la Station, todo un mundo de posibilidades de trabajar en bacterias y tuve muy claro lo que tenía que hacer en España. Al volver de Francia me ofrecieron un contrato en el Centro de Investigación y Desarrollo Agrario del INIA en Moncada, Valencia (CRIDA 07), y me pareció que era una ocasión excepcional para poder comenzar a desarrollar mi trabajo en bacterias. Lo malo es que tuve que comenzar desde cero, en un laboratorio totalmente vacío, sin personal y sin equipamiento; y, poco a poco y con la ayuda del entonces director del centro, José Santos Caffarena, y de mis compañeros de Departamento, fui montando el laboratorio de Bacterias Fitopatógenas.

Síntomas de *Agrobacterium tumefaciens* en rosal

Tuve que trabajar mucho, pero conseguí dedicarme a aquello en lo que me había especializado y aplicar todos los conocimientos aprendidos durante mi estancia francesa. Entonces realicé mi tesis doctoral sobre *Agrobacterium tumefaciens* y su control biológico, escogiendo trabajar en una bacteria que siempre me pareció apasionante y de la cual ya me había enamorado en Francia.

Escogí trabajar en una bacteria que siempre me pareció apasionante y de la cual ya me había enamorado en Francia

Luego, el centro de investigación de Moncada fue transferido y pasó a depender del gobierno autonómico de la Comunidad Valenciana y en ese nuevo Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) he continuado trabajando hasta mi jubilación, en esa y en otras muchas bacterias que han ido apareciendo en España o cuya prevención era clave. He realizado estancias en el USDA de Orlando (Florida, EE. UU.) para trabajar en bacteriosis de los cítricos, en el Scottish Crop Research Institute de Dundee (Reino Unido) para aprender sobre bacteriosis de la patata, y en otros centros internacionales. En 1993 nuestro Laboratorio fue designado Laboratorio Nacional de Referencia de Bacterias Fitopatógenas por el Ministerio de Agricultura y continúa siéndolo en la actualidad. Trabajar como Laboratorio de Referencia me ha permitido estar al día de todos los problemas bacterianos que han ido apareciendo en las distintas comunidades autónomas (CC. AA.) y en otros países europeos y hacer compatible la investigación con el diagnóstico que es, además de ciencia, todo un arte.

¿Por qué te dedicaste a la Fitopatología y elegiste investigar sobre enfermedades bacterianas?

Podría contar una historia de vocación fitopatológica temprana, pero no sería cierta. La verdad es que quería investigar y la primera opción que me surgió fue la de una beca INIA-BIRF en el tema de bacterias fitopatógenas, recomendada por mi querido amigo y fitopatólogo Ignacio Palazón, para que formara parte de su equipo en Zaragoza. Por eso, realmente yo no escogí la Fitopatología: fue una oportunidad que aproveché porque estaba en el momento oportuno y en el sitio adecuado. No obstante, las bacterias me engancharon enseguida y me lancé a aprender todo lo posible sobre ellas, porque me dí cuenta de que no había apenas información en nuestro país y que cincuenta años después de que el pionero de los estudios en estos patógenos, Erwin Smith, dijera que "*Spain is a terra incognita*", me pareció que seguía siéndolo.

Cuando en 1977 volví de Francia, el panorama del conocimiento sobre las bacterias fitopatógenas en España era bastante desolador. Había un número muy limitado de bacterias descritas, se conocían muy pocas enfermedades importantes y prácticamente solo se trabajaba en este tema en Madrid, en el Centro de Investigaciones Biológicas del CSIC, donde Monchi Beltrá y otras investigadoras pioneras realizaban interesantísimos trabajos en varios modelos bacterianos.

En mi caso, no pude volver a Zaragoza, sino a Valencia, y aquí tuve que convencer a mis superiores de la importancia de ese tipo de estudios, ya que al principio no se consideró de interés mi especialidad, pero ahora con muchos años detrás, creo que fue una buena decisión y lo volvería a intentar.

¿Cuál consideras que ha sido tu mayor logro a lo largo de tu carrera investigadora, o aquel que te ha producido mayor satisfacción?

Los resultados que se han obtenido en el Laboratorio de Bacteriología del IVIA han sido el fruto de un trabajo en equipo. He tenido la suerte de contar con dos personas que han sido básicas para nuestro trabajo durante muchos años, como Carmina Salcedo y Clara Morente, y luego con muchos contratados y becarios doctorales que han dado lo mejor de sí mismos, en los distintos proyectos que hemos conseguido, nacionales y europeos, ya desde 1994. También ha sido fundamental la realización de veinticinco tesis en temas muy variados: cada nueva tesis ha sido un gran desafío y ha sido muy interesante aprender mucho con todos los estudiantes, así como también tener la oportunidad de formar a muchos investigadores de otros centros y países y a personal de los Laboratorios de Diagnóstico que han realizado estancias con nosotros a lo largo de todos

estos años. Además tengo la satisfacción de que una gran mayoría haya encontrado un camino profesional, que en muchos casos sigue ligado a las bacterias.

Cada nueva enfermedad en la que hemos investigado nos ha hecho desarrollar nuevas técnicas para avanzar en su conocimiento, pero unas bacterias me han dado personalmente más satisfacciones profesionales que otras. Como he trabajado con especies de casi todos los géneros de bacterias fitopatógenas, desde *Agrobacterium* hasta *Xylella*, tengo muy buenos recuerdos de mi etapa inicial con la primera de ellas, porque luego, cuando comencé a trabajar con las que están consideradas como organismos de cuarentena, como responsable del Laboratorio de Referencia me llevé más de un disgusto debido a injerencias políticas. Pero entre las que me han dado también satisfacciones destacaría a *Erwinia amylovora* y nuestra contribución, junto con los grupos de la Universidad de Girona, del Centro de Protección Vegetal de Zaragoza y del Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), a retrasar quince años su presencia endémica en nuestro país y a llevar acabo un programa de erradicación con éxito basado en lo que habíamos aprendido sobre la enfermedad… hasta que la crisis acabó con las indemnizaciones y con la erradicación en muchas CC. AA.

Primer Curso de diagnóstico de bacterias fitopatógenas para Laboratorios Oficiales de Diagnóstico de las CC. AA. en 1989

Me gusta también recordar las siete nuevas especies que hemos descrito en el Laboratorio junto con otros grupos, porque me ha parecido muy interesante aprender algo de taxonomía y aportar novedades también en ese campo. Y otro de los aspectos que me gustaría resaltar es el mantenimiento, sin financiación específica, de la Colección de Bacterias Fitopatógenas del IVIA, que reúne cepas de la mayoría de las especies bacterianas aisladas en España desde 1978, que espero que se pueda seguir manteniendo y que están a disposición de todos los que las necesiten.

Pero realmente nuestro logro es colectivo y creo que hemos conseguido hacer avanzar el conocimiento de muchas bacteriosis de nuestro país, trabajar activamente en la prevención de otras, contribuir a conocer la diversidad de varias especies bacterianas, su ciclo biológico en nuestras condiciones, su control o erradicación, y aportar nuestro granito de arena a nivel internacional, demostrando que las bacterias fitopatógenas también existían en España y que había investigación relevante sobre ellas.

¿Cómo ha evolucionado el estado del conocimiento sobre las bacterias fitopatógenas desde que te iniciaste como fitopatóloga?

Considero que ha sido una gran suerte poder tener la oportunidad de contemplar en primera fila la evolución de las investigaciones sobre bacterias, desde los estudios puramente descriptivos cuando empezaba a trabajar, pasando por los primeros tiempos de aplicación de la biología molecular, hasta la genómica, transcriptómica y demás ciencias *-ómicas* actuales.

Comencé mi carrera profesional cuando tan solo el aislamiento y el cultivo, los tests bioquímicos de identificación, la serología con anticuerpos policlonales (fundamentalmente la inmunofluorescencia y la aglutinación) y las pruebas de patogenicidad (hipersensibilidad en tabaco e inoculación *in planta*)

eran las técnicas disponibles. He conocido y participado de cerca en el desarrollo de anticuerpos monoclonales específicos, en el comienzo de aplicación de las técnicas moleculares de hibridación y de amplificación (desde PCR convencional a las técnicas de amplificación en tiempo real) y en el desarrollo de proyectos de genómica y transcriptómica. Hoy en día, con las posibilidades de estudio de las bacterias y el conocimiento actual de las interacciones bacteria-planta, creo que se debería aprovechar mejor para desarrollar nuevas estrategias de control integrado y sostenible; pero en esa línea los avances van mucho más lentos que en otros aspectos, como en el diagnóstico, en el que ya se ha aprovechado la información obtenida de los avances genómicos.

¿Qué relación has tenido con la SEF y qué te ha aportado?

Mi relación con la SEF ha sido paralela a mi carrera, porque desde que comencé a trabajar en el CRIDA 07 del INIA, ya en 1978, participé en las reuniones del Grupo especializado en Fitopatología Microbiana de la Sociedad Española de Microbiología (SEM), que fue el germen de la SEF. Fui socia fundadora de la SEF, vocal de la Junta Directiva y me hizo mucha ilusión ser presidenta de 2009 a 2012. Fue un gran honor pero también una gran responsabilidad, e intenté, junto con los otros miembros de la Junta, además de colaborar en los congresos de Vitoria y Málaga, modernizar algunos, el Boletín y la página web, celebrar los 30 años de la SEF, impulsar la edición de dos libros, y favorecer la creación del Grupo Especializado en Diagnóstico, Detección e Identificación (GEDDI), entre otros aspectos. Pero los cuatro años pasaron demasiado rápido y todavía estamos terminando el libro de bacterias de la SEF, que esperamos mandar a la editorial a final de este año y se quedaron en el camino otros muchos proyectos.

Me considero muy ligada a la SEF y por eso no entiendo que se pueda trabajar en Fitopatología en España sin pertenecer a esta Sociedad, porque la considero el núcleo de debate de todos los fitopatólogos y a mí me ha permitido contactar con casi todos los bacteriólogos de este país, hacer muchos buenos amigos y aprender mucha Fitopatología en cada congreso.

¿Cómo ves el futuro de la Fitopatología? ¿Cuáles serán los aspectos clave que deberían ser abordados en el futuro?

A nivel internacional, creo que los fitopatólogos somos conscientes de la importancia de nuestro papel en la sociedad, pero actualmente es muy necesario que se reivindique a todos los niveles la necesidad de fortalecer la Sanidad Vegetal en España, como hacemos desde la Asociación Española de Sanidad Vegetal (AESaVe). Considero que es una asignatura pendiente en este país, en el que no se reconoce lo fundamental de nuestro trabajo. Pero la Fitopatología actual debería combinar, en mi humilde opinión, el estudio de los aspectos básicos de los patógenos con otros más aplicados, como todos los relativos al control en todos sus aspectos, como resistencia o control biológico, porque la sociedad demanda respuestas a muchos retos planteados y no siempre dedicamos esfuerzo a intentar proporcionarlas de forma integrada.

En bacterias, el modelo *Xylella fastidiosa* creo que será el que más demanda de investigación va a tener en los próximos años, y realmente me gustaría haber podido

Fuego bacteriano en peral

trabajar antes con ella, porque me parece una bacteria imprevisible e impredecible, y de la que se sabe muy poco, que creo que ha llegado a nuestro país para quedarse y para dar mucho trabajo a los bacteriólogos, entomólogos y, en general, a todos los profesionales relacionados con la Sanidad Vegetal. En este momento hace falta unir fuerzas, para prevenir su diseminación y para hacer frente a los problemas que potencialmente podría causar en cultivos estratégicos, sin olvidar que hay otras graves amenazas bacterianas que también planean sobre nuestro país.

Como he trabajado en un centro de investigación transferido al gobierno de una CC. AA., tengo la sensación de que la investigación en general y la Fitopatología en particular no son valoradas ni comprendidas en España, más que en período electoral. Es una pena, porque la investigación había experimentado un crecimiento exponencial en personal, financiación y obtención de resultados de investigación, que desgraciadamente se truncó. Ahora me parece que en la actualidad la Fitopatología no atraviesa por su mejor momento, por falta de recursos para los proyectos, estabilidad y escasez de personal investigador en la mayoría de los centros. Lo mismo ocurre en los Servicios de Sanidad Vegetal y los Laboratorios de Diagnóstico de las CC. AA. Pero quiero ser optimista y pensar que el empuje de las nuevas generaciones y la inevitable globalización de las enfermedades, demostrará a la sociedad que los fitopatólogos y, sobre todo, los fitobacteriólogos, son imprescindibles para lograr una mejor agricultura.

Como responsable del Laboratorio de Referencia de Bacterias Fitopatógenas, ¿cómo ves la situación actual del diagnóstico de estos organismos?

Comencé a trabajar con métodos muy sencillos, que he mencionado brevemente con anterioridad, para continuar luego con las técnicas serológicas y moleculares y ahora con las genómicas y transcriptómicas. El laboratorio ha intentado estar abierto, progresar y adoptar todas las novedades técnicas, pero he preferido emplearlas como un medio, no como un fin. Tengo una visión holística del diagnóstico, al que llegué sin buscarlo, porque me pareció una necesidad acuciante para mejorar el conocimiento de las bacterias en España, y al que nuestro Laboratorio ha dedicado muchas horas y esfuerzos y ha estado directamente involucrado en el desarrollo de numerosos protocolos oficiales de la EPPO (European and

De izda. a derecha: Drs. Rafael M. Jiménez-Díaz, María Milagros López, José Luis Alonso-Prados, Fernando Rubio Navarro y Ferrán García Marí. Coloquio AESaVe sobre "La Sanidad Vegetal en España a debate", UPV - Valencia, jueves 24 de noviembre de 2016

Mediterranean Plant Protection Organization) e IPPC-FAO (The International Plant Protection Convention, adoptada por la FAO), de aplicación internacional. Ha sido una satisfacción desarrollar reactivos, técnicas y protocolos que luego han sido y son utilizadas en muchos países como estándar de referencia, pero hay que ser conscientes de que todavía no existe la técnica perfecta con la que se consiga una elevada sensibilidad y especificidad. Por eso, la combinación de varias minimiza el riesgo de falsos positivos y negativos e incrementa sustancialmente el valor predictivo de resultados positivos y negativos y la precisión de las detecciones de agentes patógenos. El cambio técnico ha sido radical, pero la experiencia de unos métodos sirve para desarrollar otros, y al final se concluye que todos pueden ser útiles y complementarios, dependiendo de las circunstancias.

Creo que las técnicas de detección de bacterias del futuro inmediato serán algo distintas de las actuales, porque me parece que se basarán casi exclusivamente en secuenciación masiva (*Next Generation Sequencing*, NGS). Eso sí apoyados por técnicas serológicas y de amplificación molecular avanzadas y en aproximaciones metagenómicas similares. Los resultados de los laboratorios dependerán en gran medida de los proporcionados por la secuenciación y los análisis bioinformáticos realizados por compañías especializadas. Confieso que esa dependencia de los resultados obtenidos en muchos casos por otros, me produce un cierto vértigo, la verdad, pero siempre me ha hecho ilusión aprender las novedades científicas.

Los resultados de los laboratorios dependerán en gran medida de los proporcionados por la secuenciación y los análisis bioinformáticos

A lo largo de tu carrera profesional has dirigido la formación de numerosos doctores. ¿Consideras que su formación durante la carrera es adecuada para abordar investigación en Fitopatología? ¿Qué mejorarías o eliminarías?

La situación actual de los planes de estudios se caracteriza por las grandes diferencias entre unas y otras Escuelas de Agrónomos y también entre Facultades de Biología, pero desgraciadamente todos coinciden en reducir cada vez más los créditos de la asignatura de Protección Vegetal y de Fitobacteriología, cuando la hay o se imparte, y por proporcionar nula o muy escasa experiencia práctica en ese campo.

Pero todo eso no me parece lo más grave, porque la formación se puede adquirir si hay interés, y como no estoy en la Universidad, no me considero la persona idónea para criticar los planes de estudio; sin embargo, tengo claro que en el oficio de investigador lo más importante es la vocación: entiendo que hacer una tesis no es únicamente tener un contrato para trabajar de una manera regular una serie de horas, siguiendo lo que decide el director de tesis, sino aportar ideas y trabajo que culmine en novedades científicas.

La investigación en bacterias la he vivido como una pasión que exige mucho y da satisfacciones muy especiales, pero para avanzar en esa carrera de obstáculos, hay que tener ilusión, interés y espíritu de sacrificio, cosas que no todos los estudiantes actuales tienen. Es cierto que las circunstancias de la investigación en España son actualmente mucho más difíciles que cuando yo empecé, pero si se desea investigar hay que saber que el camino nunca ha sido fácil y tener fortaleza de carácter para poder conseguir las metas a pesar de las opiniones de otros, las dificultades del tema, la burocracia, la inestabilidad laboral y la incomprensión social y, a veces, incluso familiar (que afortunadamente no ha sido mi caso).

¿Qué consejos darías a las nuevas generaciones de fitopatólogos?

Se me ocurren muchos consejos, porque ya se sabe que los abuelos somos muy dados a ello, pero hay algunos cosas que me parecen importantes para los que quieran investigar en bacterias fitopatógenas. Es obvio que resulta fundamental investigar, publicar, intentar avanzar en el conocimiento de los patógenos, aportar nuevas ideas y desarrollar nuevas estrategias preventivas y de control, pero también transferir esa información a los interesados y al público en general. Y por experiencia sé que no es fácil esa dualidad, porque hay que presentar

los mejores trabajos posibles en foros internacionales, publicarlos y, a la vez, ser capaz de conectar con los agricultores y el sector y transmitirles los resultados de nuestro trabajo, utilizando un lenguaje adecuado y que ellos entiendan.

La investigación en bacterias la he vivido como una pasión que exige mucho y da satisfacciones muy especiales

Pero además creo que es clave ser conscientes de los intereses y retos actuales de la agricultura española y no perder el contacto con el campo. En el caso de los bacteriólogos, tenemos tendencia a interesarnos más por las bacterias que por las plantas que sufren las enfermedades, pero la realidad es que, como fitopatólogos, creo que nuestro objetivo siempre debe ser mejorar la salud de las plantas cultivadas y esa prioridad no se suele tener en cuenta en muchos proyectos.

Y como consejo muy práctico para el día a día de la investigación en la que competimos a diario con otros investigadores, la experiencia me ha demostrado que es más importante colaborar que competir, y que en este negocio, en el que es fácil enemistarse con los colegas, el tiempo pone a cada uno en su sitio y hay que tener muchos amigos y colaboradores en España y en el extranjero, porque aunque nuestro universo es muy pequeño, hay espacio para todos los bacteriólogos, puesto que siempre se aportan visiones complementarias.

¿Cómo fue tu jubilación? ¿Qué recuerdos tienes de ese día?

El día de mi jubilación fue inolvidable porque todos los miembros del Laboratorio junto con Mariano Cambra, mi marido, me habían preparado la sorpresa de invitar al seminario de mi despedida a todos mis becarios y a los contratados del Laboratorio desde su creación, además de a los amigos con los que había compartido proyectos y diversas aventuras científicas. Entre ellos, el primero al que me encontré fue a mi gran amigo Emilio Montesinos, con el que he participado en muchos proyectos, congresos y viajes de trabajo y que hizo una exageradísima versión de las excelencias del trabajo del Laboratorio, que me ruborizó bastante. La emoción de verlos a todos reunidos fue increíble e imposible de resumir con palabras. Tenerlos tan cerca ese día, y recibir un montón de cartas de colegas de muchos sitios, me hizo ver como en un sueño toda la película de mi vida profesional a lo largo de los últimos cuarenta años y compartirlo con ellos fue para mí el mejor regalo. Sé que todos hicieron un gran esfuerzo por venir y que otros muchos estaban lejos, pero cerca, en un día de climatología y nevadas no habituales, algunos llegaron desde otros países e incluso continentes y nunca se lo podré agradecer lo suficiente. Realmente fue un día que siempre lo recordaré como el mejor de mi carrera, porque había muchos amigos, mucho cariño y muchos recuerdos bacterianos en el ambiente.

La pena es que, como la felicidad nunca es completa, sentí mucho que Mariano estuviera ingresado ese día por un ictus (al que siguió un segundo pero de los que actualmente se encuentra afortunadamente muy recuperado), porque me hubiera gustado tener cerca al compañero de muchas aventuras científicas y personales y que había sido uno de los ideólogos de la sorpresa.

¿Cuáles son en tu nueva etapa tus principales actividades? ¿Mantienes alguna relación con el mundo de la Fitopatología?

Sinceramente, después de cuarenta años dedicados muy intensamente a las bacterias fitopatógenas, me apetecía mucho dedicar mis energías a mi familia y especialmente a mis tres nietos y a otras actividades, y me había propuesto hacerlo, aunque era consciente de que me dejaba demasiadas cosas pendientes. No tenía grandes planes previstos, pero la realidad es que la salud de Mariano ha sido mi mayor preocupación y me ha tenido muy ocupada en estos primeros meses de jubilada.

Por otra parte, tengo la suerte de tener muchos amigos en esta profesión y mantengo todavía relación con los bacteriólogos de distintos centros de investigación y de Laboratorios de Diagnóstico, que me tienen bastante al día. Estamos en un momento de máximo interés mediático hacia las bacterias, con motivo de la detección de *X. fastidiosa* y eso tiene sus riesgos por la discusión que

se genera a nivel político y a nivel público y porque todo el mundo se cree con derecho a opinar.

¿Qué aspectos añoras más de tu actividad profesional anterior?

La verdad es que mi abandono de la actividad profesional en estos primeros ocho meses de jubilada, ha sido más que relativo porque se han presentado las cuatro tesis que tenía pendientes y he seguido colaborando en varias publicaciones de los proyectos en marcha. Y me queda todavía finalizar la edición de tres libros que editarán la SEF, AESaVe y Cajamar. Por eso, realmente solo soy una jubilada a tiempo parcial y estoy deseando serlo a jornada completa.

Así que de momento no puedo añorar nada, porque lo de estar en primera línea nunca me ha hecho ilusión y porque además sigo en contacto con el Laboratorio del IVIA que ahora dirige Ester Marco. Le deseo toda la suerte que se merece por su gran esfuerzo en mantener la actividad del Laboratorio en unas circunstancias muy complicadas, por los problemas creados por X. *fastidiosa*, y por temas administrativos y de falta de personal. Pero espero poder dedicar más tiempo el año próximo a disfrutar de mi nuevo estado; no viajando –que ha sido una constante en mi vida profesional–, pero si leyendo, paseando, navegando, buceando y haciendo cosas tan normales como ir al cine, al teatro o a conferencias y, sobre todo, pasar muchos buenos ratos con mis tres nietos, mi familia y los amigos. Y recibiendo en Valencia a todos los queridos colegas de la SEF que vengan por aquí….

Muchas gracias, Chiqui, por atender nuestra invitación. Te deseamos todo lo mejor en esta nueva etapa de tu vida profesional y personal.

Reunión de amigos el día de la jubilación de María Milagros López (Todas las fotos provienen de la Dra. López, con permiso de uso para la revista SEF).

COMENTARIOS DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Uso de metaanálisis para definir estrategias de control; ejemplo de un estudio con alto rigor científico, transparencia en el análisis y resultados prácticos para el manejo de la enfermedad

Elisa González-Domínguez

Department of Sustainable Crop Production. Facoltà di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali Università Cattolica del Sacro Cuore. Piacenza (Italia)

Quantitative review of the effects of triazole and benzimidazole fungicides on fusarium head blight and wheat yield in Brazil

Machado, F. J., Santana, F. M., Lau, D. y Del Ponte, E. M.
Plant Disease **101**: 1633–1641
Septiembre 2017

Este trabajo, recientemente publicado en *Plant Disease*, ha sido elaborado por el grupo de Emerson del Ponte, de la Universidad Federal de Viçosa en Brasil. Los autores realizan un metaanálisis de 76 pruebas desarrolladas en Brasil durante los años 2000 a 2016, relativas al control de la fusariosis de la espiga (causado por el complejo de especies de *Fusarium graminearum*). En él analizan de forma conjunta la eficacia de distintos fungicidas y distintos momentos de aplicación, utilizando como herramienta de análisis un metaanálisis multitratamiento. La ventaja de utilizar un análisis multitratamiento es que consiguen analizar conjuntamente las diversas estrategias (aunque no todas las estrategias hayan sido estudiadas en todas las pruebas), aumentando, por tanto, la precisión a la hora de valorar los efectos de cada estrategia en el control de la enfermedad. Además, en este trabajo analizan el efecto del tratamiento sobre varios aspectos: la reducción de la severidad de la enfermedad, de la producción de micotoxinas DON (deoxinivalenol), y la relación coste/beneficio de las distintas estrategias. El artículo combina un alto rigor en el tratamiento de los datos con una alta aplicabilidad de los resultados. Aunque esta herramienta estadística (el metaanálisis multitratamiento) ha sido previamente utilizada en fitopatología con un enfoque similar por el grupo de Laurence Madden (Ohio State University), he elegido este trabajo por una razón principal: el artículo incluye un enlace a un repositorio web donde están depositados tanto los datos utilizados para realizar el análisis, como los códigos que se han empleado para realizarlo con el programa estadístico R. De esta forma, todo el proceso de análisis descrito en "Materiales y Métodos" puede ser reproducido. Aunque esta práctica está siendo cada vez más habitual en otras áreas de investigación, es relativamente nueva en fitopatología. Desde mi punto de vista, representa un gran avance, sobre todo por la transparencia que ofrece, pero también porque fomenta una investigación más abierta, colaborativa, y por qué no, generosa.

Nanopartículas de arcilla para administrar RNA antivirales en plantas

José Antonio Darós
Laboratorio de Biotecnología de virus de plantas. Instituto de Biología Molecular y Celular de Plantas, IBMCP (CSIC-Universitat Politècnica de Valencia)

Clay nanosheets for topical delivery of RNAi for sustained protection against plant viruses

Mitter, N., Worrall, E. A., Robinson, K. E., Li, P., Jain, R. G., Taochy, C., Fletcher, S. J., Carroll, B. J., Lu, G. Q. (Max) y Xu, Z. P.
Nature Plants **3**: artículo nº 16207
Publicado en línea el 9 de enero de 2017

Las plantas poseen una potente maquinaria de interferencia por RNA (RNAi) o silenciamiento por RNA, que actúa en funciones vitales que van desde el control del desarrollo y la respuesta a estreses ambientales hasta la lucha contra las infecciones virales. Sabemos que las rutas de RNAi son una de las principales respuestas defensivas de las plantas contra los virus porque la práctica totalidad de virus de plantas requieren uno o más supresores del silenciamiento para poder completar su ciclo infeccioso. De hecho, multitud de investigaciones han probado que la expresión por parte de la planta de RNA bicatenario (dsRNA) o RNA pequeño (sRNA) homólogo al genoma viral la protege de la infección. Sin embargo, la administración tópica de dsRNA o sRNA capaz de inducir una respuesta antiviral ha sido mucho menos estudiada hasta la fecha, probablemente por las limitaciones que impone la presencia de la pared celular que protege a las células vegetales. En un reciente artículo publicado en *Nature Plants*, Mitter y sus colaboradores muestran cómo los avances en química de nanomateriales pueden ayudar a vencer estas limitaciones. Los autores de este trabajo han utilizado unas nanopartículas de diseño, no tóxicas y degradables, nanohojas de arcilla o hidróxido doble estratificado (LDH), para administrar dsRNA antiviral a plantas de manera eficiente y sostenida. En el trabajo se muestra cómo estas nanopartículas, que están constituidas por pilas de nanocapas cargadas positivamente, son capaces de adsorber cuantitativamente moléculas de RNA, incluidos dsRNA potencialmente antivirales. Por otro lado, estas nanopartículas cargadas, lo que los autores denominan BioClay, una vez administradas sobre la planta se degradan de manera lenta y sostenida por acción del CO_2 y la humedad ambiente liberando su carga. Como se demuestra en el estudio utilizando dsRNA marcado con el fluoróforo Cy3, las plantas son capaces de absorber el RNA liberado y transportarlo sistémicamente por el xilema. Además, un análisis de estabilidad indicó que, sobre la superficie de las hojas, las nanopartículas de LDH protegen al dsRNA cargado de la acción de RNasas y evitan su lavado por la lluvia. Finalmente, los autores demuestran un efecto protector superior, sistémico y mantenido en el tiempo de las nanopartículas LDH cargadas con dsRNA contra el virus del mosaico del pepino y el virus del moteado suave del pimiento en plantas de chícharo y tabaco.

La infección viral en plantas altera la preferencia de los polinizadores: ¿una contrapartida para hospedadores susceptibles?

Francisco Tenllado
Grupo Interacciones moleculares planta/virus/vector
Centro de Investigaciones Biológicas (CIB)
Madrid

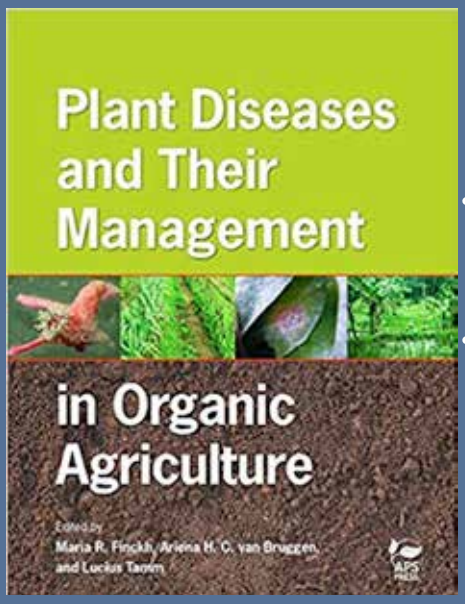
Virus Infection of Plants Alters Pollinator Preference: A Payback for Susceptible Hosts?

Groen, S. C., Jiang, S., Murphy, A. M., Cunniffe, N. J., Westwood, J. H., Davey, M. P., Bruce, T. J. A., Caulfield, J. C., Furzer, O. J., Reed, A., Robinson, S. I., Miller, E., Davis, C. N., Pickett, J. A., Whitney, H. M., Glover, B. J. y Carr, J. P.
PLoS Pathog **12**: e1005790. Publicado el 11 de agosto de 2016

Las infecciones virales provocan cambios en el perfil de emisión de compuestos volátiles por la planta, lo que hace al huésped infectado más atrayente a insectos vectores de virus. Se desconoce, sin embargo, si esta alteración en la producción de volátiles provocada por la infección viral afecta a la interacción de la planta con sus insectos polinizadores. En este estudio se ha determinado que la infección por el virus del mosaico del pepino (CMV) induce cambios en los volátiles emitidos por plantas de tomate y *Arabidopsis thaliana*, de manera que, al ser percibidos por el abejorro polinizador *Bombus terrestris*, alteran su comportamiento alimenticio y, por tanto, la polinización. Esta emisión diferencial de volátiles en plantas infectadas resulta regulada, al menos parcialmente, por mecanismos que implican microRNA. Sin la polinización asistida por *B. terrestris*, la infección de plantas de tomate por CMV provoca un decrecimiento en la producción de semillas; sin embargo, el rendimiento en producción de semillas de plantas infectadas se equipara al de plantas sanas cuando se permite la polinización por el abejorro. Los resultados indican una mayor proporción de insectos que visitan, así como una mayor duración de esas visitas, en plantas infectadas con CMV respecto a plantas sanas. Mediante diversos modelos matemáticos que reproducen un amplio rango de condiciones naturales, se sugiere que el incremento en descendencia de las plantas susceptibles e infectadas por el virus, a resultas de la preferencia del insecto polinizador, podría superar las presiones de selección que favorecen el predominio de genes de resistencia al patógeno, permitiendo que genes de susceptibilidad persistieran en poblaciones vegetales. Finalmente, los autores sugieren que la infección viral actúa recompensando a la planta susceptible al potenciar una mayor atracción hacia los insectos polinizadores, lo que incrementa su tasa de fertilización y su diseminación, que, en última instancia, compensa la merma en la producción de semillas por efecto de la infección viral.

RECOMENDACIONES DE LIBROS

Plant Diseases and Their Management in Organic Agriculture



Publicado por la American Phytopathological Society (APS)

Editores: Maria R. Finckh, Ariena H. C. van Bruggen y Lucius Tamm
Nº de páginas: 414 - **Nº de imágenes:** 249 - **ISBN:** 978-0890544761
Año de publicación: 2015

Plant Diseases and Their Management in Organic Agriculture es un libro de lectura obligada para todo el que esté interesado en investigación, producción o regulación de la agricultura ecológica. Es un libro muy práctico, de 414 páginas y con cerca de un centenar de fotografías, que ofrece información detallada sobre los sistemas de producción ecológica y su influencia sobre enfermedades de plantas, además de analizar el manejo de los nutrientes y la fertilidad del suelo, el manejo del hábitat y la biodiversidad.

El libro se divide en cinco partes: La *primera* incluye definiciones de términos de agricultura ecológica, así como los principios y la normativa de producción ecológica; en la *segunda* parte se ofrece una visión general de los métodos y sistemas de producción ecológica y sus efectos sobre las comunidades microbianas, el comportamiento de los patógenos y la resistencia de las plantas. La *tercera* parte presenta una revisión de las principales enfermedades que se producen en agricultura ecológica con descripciones detalladas de enfermedades causadas por hongos, bacterias, nematodos y aquellas transmitidas por vectores. La *cuarta* parte trata sobre las estrategias de manejo y control de enfermedades de plantas en un sistema de producción ecológico. El libro termina con ejemplos específicos de aplicaciones de manejo de enfermedades de cultivos de clima templado y tropical en manejo ecológico. Recomiendo este libro a investigadores, técnicos, estudiantes y productores de agricultura ecológica.

Comentario realizado por Nieves Capote.
Investigadora titular del Centro IFAPA Las Torres-Tomejil. Alcalá del Río, Sevilla

Todos somos científicos

Libro de divulgación científica de Voluntarios de Telefónica y APADRINA LA CIENCIA

Editoras: Inés María Antón, María José Rodríguez y Carmen Simón

Científicos responsables de los capítulos: Karel Van Wely, Carmen Peláez, Margarita del Val, Pere Planeses, José Cervera, Mónica Chagoyen, Susanna Manrubia, José María Valpuesta, Clara Grima, José María Delgado y Javier San Martín.

Redactores de los capítulos: Chus Torrijos, Belén Cuenca, Borja Iribarne, Carolina Daneyko, Nuria González, Arantza de Basagoiti, Liliana Martínez, Álvaro Fernández, Diego José Castro y Javier Falcón.

Texto narrativo: María José Rodríguez

Nº de páginas: 78, y **muchas ilustraciones**

ISBN: 978- 84-697-6085-7

Año de publicación: 2017

Aunque el conocimiento es uno de los pilares sobre los que se ha construido el mundo en que vivimos, resulta sorprendente que la mayoría de los ciudadanos no sean conscientes de que los avances científicos y tecnológicos están en la base del bienestar y de la economía de nuestra sociedad. Una de las causas de esta desinformación es la falta de educación científica.

Quienes nos dedicamos a tareas de investigación tenemos la obligación de explicar en un lenguaje claro y accesible al público no especializado la trascendencia de los avances científicos para la sociedad. Los científicos tenemos el conocimiento y las capacidades para explicar qué, por qué y para qué sirve lo que investigamos. Que los ciudadanos entiendan las repercusiones de la investigación en su día a día, tendrá sin duda alguna un impacto positivo en el apoyo a la investigación dentro de los Presupuestos Generales del Estado. Otro aspecto positivo de la divulgación es el fomento de vocaciones científicas. En Europa son cada vez menos los estudiantes que deciden elegir carreras científicas y esta escasez de vocaciones compromete el bienestar de nuestra sociedad en el futuro.

Entre los objetivos de la asociación APADRINA LA CIENCIA está potenciar la divulgación científica y fomentar las vocaciones científicas. En esta ocasión hemos unido nuestros esfuerzos con voluntarios de la Dirección de Facturación de Telefónica para participar en el "reto solidario" propuesto por la Fundación Telefónica para escribir un libro de divulgación titulado ***Todos somos científicos***. Se trata de un libro con once capítulos en los que se proponen experimentos para realizar en familia y donde se explica la ciencia que está detrás de cada uno de ellos. APADRINA LA CIENCIA ha propuesto los experimentos, seleccionado los científicos encargados y liderado el proyecto. Cada capítulo ha sido escrito por voluntarios de Telefónica y ha estado supervisado y dirigido por científicos de distintas áreas del conocimiento e instituciones de investigación. Una gran contadora de historias, que además es científica, ha creado el texto narrativo que a través del relato de las pequeñas aventuras de los hermanos Alicia y Bastian, nos guía por los diferentes experimentos.

Esperamos que los lectores de este libro aprendan mientras se divierten y tenemos la seguridad de que algunos de los niños y jóvenes que se acerquen a hacer los experimentos que proponemos acabarán por encontrar su vocación científica. Además, se trata de un libro solidario porque todos los beneficios de su venta y la aportación adicional de la Fundación Telefónica irán destinados a través de la ASOCIACIÓN PABLO UGARTE (APU) a proyectos de investigación de cáncer infantil, con lo que se cumple también el segundo objetivo de APADRINA LA CIENCIA: captar recursos para apoyar la ciencia en todas las áreas del conocimiento en nuestro país.

Estamos en época de regalos, este libro puede ser una buena ocasión para…. regalar Ciencia.

Presentación del libro solidario ***Todos Somos Científicos*** elaborado desde el área de FACTURACIÓN DE TELEFÓNICA, con la ayuda de la asociación APADRINA LA CIENCIA, que tiene como objetivo ayudar a la asociación PABLO UGARTE de lucha contra el cáncer infantil (Video: Voluntarios FACTURACIÓN DE TELEFÓNICA, 3 de octubre de 2017).

Comentario realizado por CARMEN SIMÓN
Científica titular del Centro Nacional de Biotecnología (CNB-CSIC), Madrid
y presidenta de APADRINA LA CIENCIA

Enfermedades causadas por la bacteria Xylella fastidiosa

Publicado por Cajamar Caja Rural

Coordinadoras: Blanca B. Landa, Ester Marco-Noales y María Milagros López
Nº de páginas: 319 / **Nº de figuras:** 92
ISBN: 978-84-95531-86-5
Año de publicación: 2017

El libro, publicado en noviembre de 2017 por Cajamar Caja Rural, está coordinado por Blanca B. Landa, investigadora en el Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) del CSIC en Córdoba, y Ester Marco-Noales y María Milagros López, investigadoras del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

La obra trata de responder al interés científico, fitopatológico, técnico y mediático suscitado en España por la bacteria *Xylella fastidiosa* que no es comparable al despertado por ningún otro tema relacionado con la sanidad vegetal en las últimas décadas.

Este libro proporciona una visión de conjunto de la bacteria y de las distintas enfermedades que causa. Incluye un total de 15 capítulos que ofrecen una revisión actualizada de los conocimientos sobre *X. fastidiosa*, con nueve capítulos de carácter general que abarcan el complejo sistema *X. fastidiosa*, sus plantas huéspedes, sus vectores y las condiciones medioambientales con capítulos específicos sobre Biología y Ecología; Epidemiología; insectos vectores; métodos de inspección, diagnóstico y detección; análisis de riesgo y métodos de control. Además, incluye nueve capítulos específicos sobre la situación y la problemática de las enfermedades producidas por *X. fastidiosa* en América, incluyendo EE. UU., Costa Rica y Brasil, así como en aquellos países europeos donde hasta el momento *X. fastidiosa* ha sido detectada, como Italia, Francia y las Islas Baleares y la Comunidad Valenciana en España. Asimismo, hay un capítulo dedicado a aspectos legislativos y planes de contingencia y acción frente a *X. fastidiosa* en Europa, y finaliza con un capítulo elaborado por las coordinadoras del libro en que, a modo de conclusiones, se abordan una serie de consideraciones sobre la situación actual de *X. fastidiosa* en la Unión Europea y España.

Los diferentes capítulos han sido elaborados por un total de 58 autores de España (40), Uruguay (1), Brasil (4), Costa Rica (1), Italia (3) y Francia (9). La publicación cuenta, además de con una gran cantidad de figuras y tablas, con una extensa galería de fotografías que ilustran los síntomas de *X. fastidiosa* en diferentes plantas huésped.

La obra completa puede descargarse de forma gratuita

Comentario realizado por JUAN A. NAVAS-CORTÉS
Investigador científico del Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC. Córdoba.

I Reunión del Grupo SEF especializado en Control químico de enfermedades y desarrollo de resistencias a productos fitosanitarios.

Dolores Fernández -Ortuño
Biología y Control de Enfermedades de Plantas
IHSM-UMA-CSIC La Mayora
Algarrobo-Costa (Málaga)

El pasado día 2 octubre tuvo lugar la primera reunión del grupo de la Sociedad Española de Fitopatología (SEF) denominado "Control químico de enfermedades y desarrollo de resistencias a productos fitosanitarios", en el hotel AC Málaga Palacio (Málaga).

Organizada por los miembros del IHSM-UMA-CSIC "La Mayora", Dolores Fernández-Ortuño, Antonio de Vicente, Alejandro Pérez y Juan Antonio Torés, acudieron una veintena de expertos en el tema desde distintas instituciones públicas y privadas, entre ellos José Ramón Pan (Agrobase-Logigram), Ángel Rodríguez (ART Life Science), Leire Molinero (IAS-CSIC), Miguel Talavera (IFAPA), Antonieta de Cal (INIA), Jordi Luque (IRTA), Celia Murciano (Productos Citrosol), Luis Roca y Joaquín Romero (UCO), Juan Antonio Martínez (UPCT), y Mónica Berbegal y Josep Armengol (UPV); además de personal de empresas de fitosanitarios, como BASF, BAYER CropScience, Belchim Crop Protection, Dow Agrosciences y UPL Iberia.

Durante las 14 presentaciones orales llevadas a cabo se trataron temas relacionados con la detección, diagnóstico y monitorización de la resistencias a fitosanitarios en enfermedades causadas principalmente por hongos, en cultivos de brócoli, caqui, cítricos, cucurbitáceas, fresas, girasol, melocotonero y olivo.

En septiembre de 2016, la SEF aprobó en Junta Directiva la creación de este grupo especializado, formado por científicos de universidades y organismos públicos de investigación, empresas del sector y otros expertos, procedentes de diferentes instituciones públicas y privadas de prestigio nacional e internacional.

Hoy en día, el control químico es la herramienta más utilizada en la protección de los cultivos frente a los diferentes organismos fitopatógenos y, a través de este grupo especializado, se pretenden establecer canales de comunicación con instituciones o sociedades (públicas y privadas) que tengan relación con el control químico de enfermedades; asesorarles como comités de expertos; generar foros específicos de discusión e intercambio de información científica; organizar reuniones-jornadas-simposios para estar al día sobre problemas de resistencia a los diferentes mecanismos de acción, registro de nuevos productos fitosanitarios, normativas y protocolos al respecto. Todo ello con la finalidad última de mejorar, en la práctica, la utilización sostenible de los fitosanitarios y la inclusión de estos compuestos químicos en los programas de lucha integrada contra plagas y enfermedades.

Primera reunión del grupo en Málaga, octubre 2017 (*Foto* de Dolores Fernández-Ortuño).

D. Nicholas José Talbot, **nombrado Doctor *honoris causa* por la Universidad de Alicante**

Luis Vicente López-Llorca

Instituto Multidisciplinar para el Estudio del Medio "Ramón Margalef" (IMEM)

Universidad de Alicante (UA)

El consejo de Gobierno de la Universidad de Alicante, reunido en sesión ordinaria el día 25 de enero de 2017, aprobó por unanimidad el nombramiento como Doctor *honoris causa* a D. Nicholas José Talbot a propuesta de la Facultad de Ciencias.

Nicholas José Talbot es catedrático (*Professor*) de Genética Molecular y vicerrector de Investigación e Impacto de la Universidad de Exeter (Reino Unido). Su investigación se centra en las enfermedades de plantas. En concreto, ha contribuido de forma significativa al conocimiento de la enfermedad más importante del cultivo del arroz, el "quemado" del arroz (*rice blast disease*), causada por el hongo *Magnaporthe oryzae*. La investigación del *Prof.* Talbot se caracteriza por combinar aspectos moleculares, genéticos, genómicos y de biología celular. A lo largo de su carrera ha publicado más de 150 artículos científicos e impartido por invitación más de 250 conferencias en 28 países. Es Investigador Avanzado del European Research Council (ERC) y gestiona proyectos de la Fundación Bill y Melinda Gates y del Halpin Trust. Fue elegido miembro (*Fellow*) de la Royal Society of Biology (FRSB) en 2010, miembro de la European Molecular Biology Organization (EMBO) en 2013, miembro de la Academia Europaea en 2014, y también miembro (*Fellow*) de la Royal Society (FRS) en 2014. Es presidente del Sainsbury Laboratory Council y lo fue también del Rothamsted Research de 2009 a 2014. El *Prof. Talbot* ha sido galardonado por dilucidar los procesos moleculares de diferenciación celular y muerte celular por autofagia en hongos, y su papel en enfermedades como el quemado del arroz. Ha demostrado que dichos procesos están estrechamente implicados en la virulencia y la patogenicidad y se organizan para permitir los complejos procesos celulares que permiten a un hongo filamentoso invadir plantas sanas.

Professor Nicholas Talbot, *Fellow* de la Royal Society desde 2014 (*Imagen*: The Royal Society, julio 2014; CC BY-SA 3.0)

Además de sus contribuciones en investigación, Nick Talbot ha ocupado cargos relevantes de Política Universitaria en la University of Exeter desde 2005. Como Decano de la School of Biosciences, facilitó el crecimiento de la investigación y docencia en las Ciencias Biológicas en Exeter. Como vicerrector de Investigación e Impacto, el *Prof*. Talbot se encarga de la gestión de los fondos de investigación y es responsable de la presentación del Marco de Excelencia Universitaria en Investigación y Desarrollo y de la implementación de la Estrategia de Investigación de la Universidad. Durante su mandato se ha creado el Instituto del Medio y la Sostenibilidad y ha contribuido a la creación del Living Systems Institute. Lideró la Estrategia de Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad y el REF2014 exercise en el que Exeter consiguió estar entre los tres mejores grupos a escala nacional en el incremento de la investigación de calidad y en los ingresos derivados a la misma. Actualmente, preside el Comité Universitario de Ética e Investigación y la dirección del Grupo responsable de la Estrategia de Impacto. También preside el GW4 Board, la alianza regional de las Universidades de Bristol, Bath, Cardiff y Exeter.

El *Professor* Talbot es miembro del Grupo Consultivo de la Unión Europea del Russell Group de Universidades. Dicho grupo es un foro clave para negociar colaboraciones y financiación de la investigación en Europa. En 2018, Talbot ocupará el puesto de Director Ejecutivo del citado Sainsbury Laboratory, centro puntero a nivel mundial de investigación en enfermedades de plantas.

TESIS DOCTORALES

Etiología, epidemiología y estrategias de control de la podredumbre del diente de ajo (*Allium sativum* L.)

- Doctorando: Laura **Gálvez Patón**
- Director: Dr. Daniel **Palmero Llamas**
- Institución: Laboratorio de Protección Vegetal de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB), Universidad Politécnica de Madrid (UPM)
- Fecha: 22 de marzo de 2017
- Calificación: Sobresaliente *cum laude* con Mención Internacional

Análisis funcional de genes cruciales para el desarrollo de sitios de alimentación inducidos por nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp.) en *Arabidopsis*

- Doctorando: Fernando **Evaristo Díaz Manzano**
- Directoras: Dra. Carolina **Escobar Lucas** y Dra. Carmen **Fenoll Comes**
- Institución: Departamento de Ciencias Ambientales de la Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica de Toledo, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)
- Fecha: 13 de junio de 2017
- Calificación: Sobresaliente *cum laude* con Mención Internacional

Identificación de factores de virulencia determinantes de necrosis en infecciones compatibles planta-virus y su papel en la respuesta a estreses abióticos asociados al cambio climático

- Doctorando: Emmanuel **Aguilar Parras**
- Director: Dr. Francisco **Tenllado Peralo**
- Institución: Departamento de Biología Medioambiental del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB-CSIC), Madrid
- Fecha: 21 de junio de 2017
- Calificación: Sobresaliente *cum laude*

Epidemiología de la podredumbre parda en fruta de hueso durante los principales procesos de postcosecha en centrales frutícolas

- Doctorando: María **Bernat Martínez**
- Directores: Dr. Josep **Usall i Rodié** y Dr. Joan **Segarra Bofarull**
- Institución: Departament de Tecnologia d'Aliments,Universitat de Lleida (UdL)
- Fecha: 5 de julio de 2017
- Calificación: Sobresaliente *cum laude*

New advances in the control of brown rot in stone fruit using the biocontrol agent* Bacillus amyloliquefaciens *CPA-8

- Doctorando: Amparo M. **Gotor Vila**
- Directores: Dra. Neus **Teixidó i Espasa** y Dr. Josep **Usall i Rodié**
- Institución: Departament de Tecnologia d'Aliments, **UdL**
- Fecha: 12 de julio de 2017
- Calificación: Sobresaliente *cum laude* con Mención Internacional

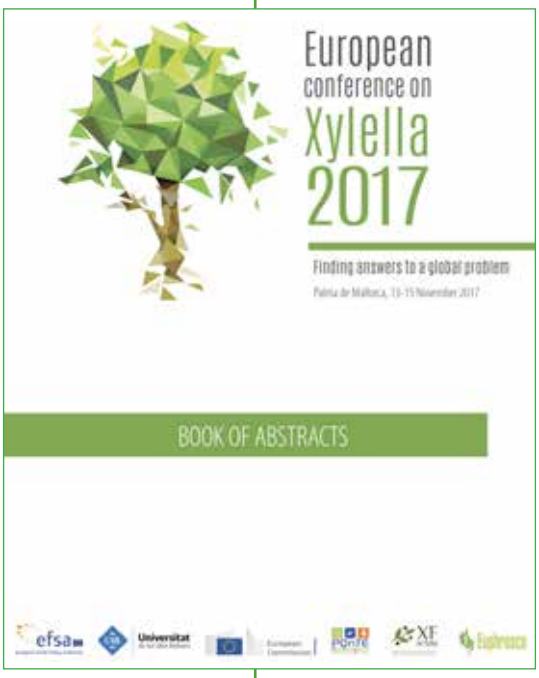
El riego en relación a la verticilosis del olivo: manejo del agua de riego para reducir de manera integrada la enfermedad

- Doctorando: Antonio **Santos Rufo**
- Directora: Dra. Dolores **Rodríguez Jurado**
- Institución: Área de Protección Vegetal Sostenible del Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA) Centro "Alameda del Obispo", Córdoba
- Fecha: 21 de septiembre de 2017
- Calificación: Sobresaliente *cum laude*

European conference on *Xylella fastidiosa*: finding answers to a global problem

Del 13 al 15 de noviembre de 2017
Palma de Mallorca

Blanca B. Landa
Instituto de Agricultura Sostenible, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Córdoba



Durante estos tres días de noviembre de 2017 se celebró en Palma de Mallorca (España) una importante conferencia científica sobre la investigación europea que se está desarrollando sobre la bacteria *Xylella fastidiosa*, titulada "*European conference on* Xylella fastidiosa: *finding answers to a global problem*". La conferencia fue organizada conjuntamente por la EFSA, la Universidad de las Islas Baleares, la red Euphresco de coordinación y financiación de investigaciones fitosanitarias, los proyectos Horizonte 2020 de la UE POnTE y XF-ACTORS, y la Dirección General de Investigación e Innovación de la Comisión Europea (DG RTD).

Esta conferencia sigue al *workshop* "Xylella fastidiosa: *knowledge gaps and research priorities for the EU*" que fue organizado en 2015 por la EFSA y las Direcciones Generales de Investigación e Innovación, Agricultura y Desarrollo Rural, y Salud y Seguridad Alimentaria de la Comisión Europea. Se prevé la organización de conferencias de carácter anual para ayudar a satisfacer la solicitud de la Comisión Europea de obtener actualizaciones científicas periódicas sobre la investigación de *X. fastidiosa* a nivel mundial.

El evento, en el que participaron 240 investigadores de 24 países, proporcionó una plataforma para el debate en profundidad sobre los resultados de la investigación sobre *X. fastidiosa* y sus vectores, en apoyo de los esfuerzos que se están desarrollando en la actualidad para controlar los brotes europeos. Además de contar con la participación de investigadores de Europa, a la conferencia también acudieron expertos científicos de primer nivel de otras partes del mundo donde *X. fastidiosa* ha estado presente durante muchos años.

El libro de resúmenes del congreso, así como muchas de las presentaciones de los conferenciantes están disponibles en la página web de la EFSA.

Más de 250 expertos en sanidad vegetal de todo el mundo, reunidos en Palma de Mallorca para compartir y debatir los últimos avances científicos sobre los esfuerzos para abordar la propagación de *Xylella fastidiosa* (*Foto*: EFSA).

III Reunión del Grupo Especializado de la SEF en Detección, Diagnóstico e Identificación (GEDDI-SEF)

Del 28 al 30 de noviembre de 2017
Valencia

José Luis Palomo
Presidente del GEDDI-SEF
Centro Regional de Diagnóstico. Junta de Castilla y León
Aldearrubia (Salamanca)

Durante los días 28, 29 y 30 de noviembre de 2017 se ha celebrado en Valencia la III Reunión del Grupo Especializado en Detección, Diagnóstico e Identificación de la Sociedad Española de Fitopatología (GEDDI-SEF).

La Reunión ha sido organizada por Josep Armengol Fortí, Mª Isabel Font San Ambrosio y Paloma Abad Campos, del Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM) de la Universidad Politécnica de Valencia. Las sesiones, que se han desarrollado en el Salón de Actos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural (ETSIAMN), han contado con 55 socios inscritos, pertenecientes a Laboratorios Oficiales de Sanidad Vegetal de diferentes comunidades autónomas, laboratorios nacionales de referencia, centros de investigación, y empresas privadas relacionadas con el diagnóstico fitopatológico. Agrupadas en 6 sesiones, se presentaron 36 comunicaciones orales: 6 de virus y viroides; 7 de hongos y oomicetos; 13 de bacterias y fitoplasmas; 4 de nematodos; y 6 de aspectos generales relacionados con el diagnóstico.

Asimismo, contamos con una ponencia invitada titulada "*Xylella fastidiosa* en España: detección y caracterización", impartida por Diego Olmo García y Montserrat Roselló Pérez.

Se expusieron además los resultados y los trabajos de las siguientes comisiones:

- Comisión de estandarización de medios de cultivo para *Phytophtora*;
- Comisión de estandarización de trampas vegetales para captura de *Phytophtora*;
- Comisión de Criterios para acreditación de laboratorios de Sanidad Vegetal según la ISO 17025;
- Comisión de Léxico para elaborar un glosario de términos fitopatológicos.

Al finalizar la Reunión tuvo lugar una Asamblea General Extraordinaria del GEDDI-SEF donde se aprobó la implantación de una cuota adicional para los socios del grupo.

III Reunión del Grupo Especializado en Detección, Diagnóstico e Identificación de la SEF (GEDDI-SEF) en Valencia, del 28 al 30 de noviembre de 2017 (*Fotografía* tomada por José Luis Ortega Jara).

1ª Conferencia anual de la acción COST: Integrating science on *Xanthomonadaceae* for integrated plant disease management in Europe

Del 13-15 de diciembre de 2017
Coimbra, Portugal

Jaime Cubero
Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)
Madrid

La acción COST CA16107 EuroXanth "*Integrating science on Xanthomonadaceae for integrated plant disease management in Europe*" está dirigida a la realización de diferentes actividades que tienen como finalidad fortalecer la investigación científica y técnica en relación a bacterias de la familia *Xanthomonadaceae*. Forman parte de la red los investigadores europeos más importantes que trabajan con esta familia de bacterias. La red incluye cuatro paquetes de trabajo, cada uno de los cuales abarca un aspecto diferente de las investigaciones que se realizan en este campo:

- El paquete uno incluye el diagnóstico de las enfermedades que provocan estas bacterias, así como los estudios de las poblaciones bacterianas.
- El paquete dos comprende todo lo relacionado con la biología del patógeno, haciendo especial incidencia en los mecanismos que rigen la interacción con la planta.
- El paquete tres contiene los trabajos relacionados con la resistencia genética y los mecanismos de defensa de las plantas a las bacterias de la familia *Xanthomonadacea*.
- Finalmente, el cuarto paquete de trabajo contiene el manejo y control de las enfermedades, donde se incluye la estrategia de control de los vectores que participan en la diseminación de estas bacterias.

Fotos oficiales de la reunión

En diciembre de 2017 tuvo lugar la 1ª conferencia anual de esta acción COST en Coimbra (Portugal) donde se presentaron comunicaciones orales y paneles, la mayor parte de ellas incidiendo en investigaciones sobre bacterias del género *Xanthomonas*, y algunas en relación a *Xylella*. Durante el congreso han destacado los trabajos que inciden en aspectos relacionados con los mecanismos de infección de las bacterias, en especial la descripción de efectores de virulencia y su efecto en la supresión de la respuesta inmune de las plantas o la entrada de las *Xanthomonas* en las plantas a través de hidátodos. También hay que señalar que se presentaron comunicaciones sobre la utilización de nuevos sistemas de control de bacteriosis como, por ejemplo, el empleo de péptidos antimicrobianos.

En relación a *Xylella* el número de comunicaciones fue bastante menor pero también se presentaron trabajos muy interesantes sobre la situación de la enfermedad en Europa o algunos aspectos relacionados con la biología de la bacteria.

Nuevas descripciones de Patógenos en España 2017

Juan A. Navas-Cortés

NOTA INFORMATIVA:

Os recordamos la obligación de comunicar a la administración pública competente "...la aparición de organismos nocivos de los vegetales o de síntomas de enfermedad para los vegetales y sus productos, cuando no sean conocidos en la zona...", tal y como establece la Ley de Sanidad Vegetal (Ley 43/2002).

En consecuencia, y con anterioridad a la publicación de los resultados, los investigadores tienen la obligación de ponerse en contacto con el Servicio de Sanidad Vegetal de la comunidad autónoma correspondiente para informar de la detección de nuevos patógenos, si se trata de primeras citas en España.

Igualmente, se debe contactar con dichos servicios ante cualquier nueva detección de un organismo de cuarentena (aunque no sea primera cita en España); ante la duda, se recomienda consultar con estos servicios el posible estatus de organismo de cuarentena para el patógeno identificado.

HONGOS Y OOMICETOS

First Report of *Phytophthora* × *multiformis* on *Alnus glutinosa* in Spain
C. Pintos-Varela, C. Rial-Martínez, O. Aguín-Casal y J. P. Mansilla-Vázquez.
Plant Disease **101** (1): 261.

First report of wilting, root rot, and stunting caused by *Pythium aphanidermatum* on sweet pepper (*Capsicum annuum*) in southeastern Spain
M. de Cara, A. Pérez-Hernández, A. Aguilera-Lirola y J. Gómez-Vázquez.
Plant Disease **101** (6): 1059.

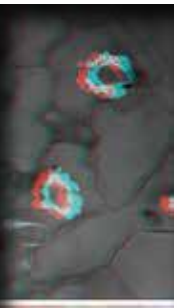
Characterization of *Botryosphaeriaceae* species associated with diseased loquat (*Eriobotrya japonica*) in Spain
E. González-Domínguez, A. Alves, M. León y J. Armengol.
Plant Pathology **66** (1): 77-89.

Further support of conspecificity of oak and mango powdery mildew and first report of *Erysiphe quercicola* and *Erysiphe alphitoides* on mango in mainland Europe
M-L. Desprez-Loustau, M. Massot, N. Feau, T. Fort, A. de Vicente, J. A. Torés y D. Fernández Ortuño.
Plant Disease **101** (7): 1086-1093.

First report of root rot on *Rosmarinus officinalis* caused by *Ceratorhiza fragariae* (binucleate *Rhizoctonia*) in Spain
V. González, A. Garcés-Claver y N. Ibarra.
Plant Disease **101** (8): 1542.

First report of the highly virulent race 705 of *Plasmopara halstedii* (Downy mildew of sunflower) in Portugal and in Spain
A. B. García-Carneros y L. Molinero-Ruiz.
Plant Disease **101** (8): 1555.

***Diplodia scrobiculata*: a latent pathogen of *Pinus radiata* reported in northern Spain**
T. Manzanos, A. Aragonés y E. Iturritxa.
Phytopathologia Mediterranea **56** (2): 274-277.



First report of *Streptomyces turgidiscabies* causing potato common scab in Spain
A. Sarwar, Z. Latif y C. Cabaleiro.
Plant Disease **101** (9): 1671.

Occurrence of angular leaf spot caused by *Pseudocercospora griseola* in *Phaseolus vulgaris* in Asturias, Spain
E. Landeras, E. Trapiello, M. Braña y A. J. González.
Spanish Journal of Agricultural Research **15** (3): e10SC03.

BACTERIAS

Iberian wild pear (*Pyrus bourgaeana*) is a new host of *Erwinia amylovora*, the causal agent of Fire blight
E. Marco-Noales, J. Peñalver, I. Navarro, M. T. Gorris, M. C. Morente, C. Balguerías, J. A. Ramírez, C. Recio, T. Ruiz de la Hermosa, R. Sancho, C. Aedo y M. M. López.
Plant Disease **101** (3): 502.

***Pectobacterium parmentieri* causing soft rot on potato tubers in southern Europe**
M. B. Suárez, F. J. Feria, M. J. Martín-Robles, F. J. del Rey y J. L. Palomo.
Plant Disease **101** (6): 1029.

First detection of *Xylella fastidiosa* infecting cherry (*Prunus avium*) and *Polygala myrtifolia plants*, in Mallorca island, Spain
D. Olmo, A. Nieto, F. Adrover, A. Urbano, O. Beidas, A. Juan, E. Marco-Noales, M. M. López, I. Navarro, A. Monterde, M. Montes-Borrego, J. A. Navas-Cortés y B. B. Landa.
Plant Disease **101**(10): 1820.

VIRUS Y VIROIDES

First Report of *Grapevine Red Globe virus* in grapevine in Spain
E. Cretazzo, C.V. Padilla y L. Velasco.
Plant Disease **101** (1): 264.

First report of *Persimmon cryptic virus* in Spain
A. B. Ruiz-García, N. Chamberland, C. Martínez, S. Massart y A. Olmos.
Journal of Plant Pathology **99** (1): 287.

First Report of *Maize chlorotic mottle virus* on a perennial host, *Sorghum halepense*, and maize in Spain
M. A. Achon, L. Serrano, G. Clemente-Orta y S. Sossai.
Plant Disease **101** (2): 393.

First Report of *Grapevine Pinot gris virus* in grapevine in Spain
A. B. Ruiz-García y A. Olmos.
Plant Disease **101** (6): 1070.

First report of *Grapevine Syrah virus-1* in grapevine in Spain
A. B. Ruiz-García, J. Sabaté, O. Lloria, A. Laviña, A. Batlle y A. Olmos.
Plant Disease **101** (10): 1830.

UNA HISTORIA ALUCINANTE

ALFONSO NAVAS
Departamento de Biodiversidad y Biología Evolutiva
Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC
Madrid

Hablando con Carolina Escobar a finales de agosto de lo divino y lo humano, comentamos el tema de la alergia de los panaderos y su posible relación con *Anguina triticii* (primer nematodo fitopatógeno descrito y parásito del grano de cereales como trigo y cebada) dado la asombrosa capacidad alergénica que tienen algunos nematodos. Surgió por paralelismo el tema del ergotismo y su trascendencia en las sociedades humanas del pasado. Comentamos la posibilidad de escribir una nota sobre Historia y Fitopatología y, una vez decidido que sería ese el tema, llega a nuestras manos el comentario histórico de Harveson publicado en el último número de *Phytopathology news*. Dicho comentario tiene algunas imprecisiones. En la nota de Harveson se sigue incidiendo en el "lugar común" de que el ergotismo pudiera ser responsable de que Rusia no tuviera hoy día una salida al mar en aguas templadas. Cita dicho autor el intento de capturar varios puertos del mar Negro a Turquía en el año 1772 por parte de Pedro el Grande (que había muerto en 1725). Según la nota, los soldados rusos fueron detenidos en Astracán, destruyendo su capacidad de dar la batalla a los turcos y obligados a retirarse, no habiéndose completado el deseo de expansión de los rusos hasta hoy. El autor se refiere al libro de Carefoot y Sprott (1967) en el que los autores sí ponen la fecha exacta (1722) y además dicen que el primer caso de ergotismo se produjo una noche de agosto de ese año en el campamento donde estaban concentradas las tropas rusas. Carefoot y Sprott no hablan de asedio de Astracán aunque sitúan la acción en un intento de abrir para Rusia los puertos del mar Negro, Bósforo y mar de Mármara, cuando la acción que narran era para dominar todo el mar Caspio. El episodio es recogido por Horsfall y Cowling (1978), que son quienes "ponen" erróneamente el año de 1772, dentro de una campaña para alcanzar el mar Negro y los Dardanelos. El término "asedio de Astracán" es usado, supuestamente para simplificar, por Campbell y Madden (1990), que a su vez es recogido por Carroll y Tudzynski (2012 y anteriores). Hubo doce guerras ruso-turcas entre 1568 y 1878, pero, curiosamente, el episodio en cuestión no sucedió en ninguna de ellas. Antes bien, parece que, si no aliados, Turquía y Rusia se comportaron como tales en dicho episodio de Astracán al invadir ambos al Imperio persa. La campaña se desarrolló por parte rusa entre 1722 y 1723 (conocida como Campaña Pérsica de Pedro el Grande) y entre 1722 a 1727 por parte turca. El zar intentó expandir la influencia rusa en las regiones del Caspio y Cáucaso meridio-

El primer caso de ergotismo se produjo, según Carefoot y Sprott (1967), una noche de agosto de 1722 en un campamento ruso

nal, con el objetivo de evitar que el Imperio otomano, ganara territorios en la región a expensas de Persia. En el portentoso libro de Tucker (2009) que recoge todos los enfrentamientos armados de la humanidad por pequeños que hayan sido, no existe ninguna referencia al ergotismo y epidemias en tropas rusas durante esta campaña, pero sí hace referencia a que estos toman Derbent (las legendarias "puertas de Alejandro"), Resht y Bakú (el mar Caspio fue prácticamente de dominio ruso desde entonces). Como consecuencia, los persas también cedieron Astrabad, Daghestán, Gilán, Mazandarán y Shiván en 1723. Posteriormente, en 1735, dada la debilidad militar rusa en la zona, quizá por la falta de aquellos refuerzos perdidos de Astracán y para congraciarse con los persas en vísperas de la sexta guerra ruso turca (1735-1739), la emperatriz Ana de Rusia devolvió esas provincias a Persia como señal de alianza contra los turcos. Saincher (2012) resume perfectamente estos sucesos citando además como testigo al embajador de Francia. En los planes del zar Pedro estaba previsto que partieran dos ejércitos: uno de 22 000 soldados embarcado el 22 de julio de 1722 en la flota del Caspio con base en Astracán, y otro de un tamaño parecido que marcharía por tierra. Este debió ser el ejército víctima de la epidemia y que, según el libro de Carefoot y Sprott, causó 20 000 muertes desde finales de agosto hasta el otoño de 1722. Al final tuvieron que recurrir a un ejército formado por caballería cosaca que marchó por tierra desde Volgograd (antiguamente Tsaritsin y posteriormente Stalingrado) hasta el Cáucaso. El zar Pedro el Grande fue un hombre muy preocupado por el problema del ergotismo. Ya antes de estos sucesos, en 1710, después de una epidemia en Rusia ordenó hacer un estudio sobre el tema. Entre 1746 y 1747 hubo unas graves epidemias que afectaron a Suecia, Rusia, Francia y Flandes; en 1762 a Inglaterra. Hasta la publicación del libro de Wellcome (1908), y salvo un caso puntual que se dio en Francia en 1951, el ergotismo quedó confinado al Imperio ruso (en muchas partes endémico). Kiev fue

En los planes del zar Pedro I el Grande estaba previsto que partiera por tierra un ejército de 22 000 soldados, que debió ser el ejército víctima de la epidemia

Pedro I el Grande (1672-1725). Óleo sobre lienzo pintado por Paul Delaroche (1838) y expuesto en el Kunsthalle de Hamburgo (*Foto* de dominio público).

devastada en 1785 y desde entonces hasta 1845 hubo nueve epidemias. Posteriormente (1881-1888), brotes limitados en Ekaterinoslav, Tomsk y Poltava. La desaparición se atribuye fundamentalmente a la higienización de la población y a la producción de harina, y sobre todo al cultivo de centeno y otros cereales en suelos más secos con otras condiciones climáticas.

El ergotismo ha tenido gran importancia en Europa a lo largo de la Historia. En julio de 1374 después de la peste negra, en Aquisgrán y posteriormente en Colonia y Francia según testimonio del monje Peter de Herenthal, se produce uno de los episodios más curiosos de la historia medieval de Europa, que supone un gran ejemplo de psicosis colectiva y que se llamó "epidemia de danzantes". Este episodio, que se repitió al menos en 1518 y 1568, lo refleja Pieter Brueghel en su pintura *Los danzantes* (Infantes, 1997). En realidad era una enfermedad conocida como "corea de Sidenham" o "baile de San Vito" que algunos también han atribuido a un ergotismo convulsivo de menor grado que provoca alteraciones neuropsíquicas. En la Edad Media el trigo era un bien escaso por lo que el pan blanco estaba al alcance de unos pocos. Las plagas de insectos y nematodos, las enfermedades de las plantas, con clima mucho más duro y junto con las numerosas guerras, hacía bastante dura la vida a los europeos. El problema no era qué pan comer, sino si se comía. El pan más común era de cebada y centeno; y ocurría que el centeno estaba frecuentemente infectado por *Claviceps purpurea* (cornezuelo del centeno) provocando los dos tipos de ergotismo: el gangrenoso y el convulsivo. El de tipo gangrenoso originó que se llamara el "fuego de San Antonio", debido a la sensación de quemazón que se originaba por falta de riego sanguíneo en las extremidades y que hacía que estas se desprendieran. De esta época y por esta plaga son los exvotos que, aquellos que tenemos cierta edad, recordamos hasta tiempos muy recientes en ermitas y capillas (figurillas de cera de manos, pies, brazos, piernas, etc.). Los desórdenes mentales que acompañaban al ergotismo convulsivo se hipotetizan también como explicación para he-

Las plagas de insectos y nematodos, las enfermedades de las plantas, con clima mucho más duro y junto con las numerosas guerras, hacía bastante dura la vida a los europeos

Los danzantes de San Juan en Molenbeeck, pintura el óleo de Pieter Brueghel, el Joven (1564), a partir de un dibujo de su padre. La epidemia de danzantes fue retratada genialmente por Pieter Brueghel, el Viejo (Breda, 1525 -Bruselas, 1569), quien, con toda probabilidad, presenció los macabros bailes (*Foto* de dominio público).

chos que sucedieron en la Edad Media, como fueron la cruzada popular de Pedro el Ermitaño en 1095, o las llamadas "Cruzadas de los niños" entre 1200 y 1212. En la misma hipótesis algunos autores incluyen los estados demoníacos, aquelarres brujeriles (brujas de Zugarramurdi en 1610, Brujas de Salem en 1692-1693, los casos de Daimiel durante los siglos XVI y XVII, las mujeres "voladoras" de Sicilia desde el siglo XXVII hasta 1950, etc.) o incluso los éxtasis místicos. Probablemente, como apunta Harveson en su nota, en una epidemia de ergotismo en 1789 está el origen de la Revolución francesa. Albert Hoffman sintetizó el LSD del cornezuelo en 1943. Hoffman (químico), Wasson (micólogo) y Ruck (historiador) presentaron tres comunicaciones independientes a la Segunda Conferencia Internacional sobre hongos alucinógenos (Estado de Washington, 28 de octubre de 1977) que trataban sobre Eleusis, santuario griego dedicado a Deméter (la Ceres romana) diosa de los cereales. Las tres comunicaciones, con otros capítulos añadidos, fueron recogidas posteriormente en el libro *The road to Eleusis: Unveiling the Secret of the Mysteries* (publicado originalmente en 1978). Aportan interesantes sugerencias y explicaciones razonables al porqué los asistentes a las ceremonias del santuario podían ver a Deméter tras ingerir un producto preparado con harina de centeno. Las conclusiones pudieran ser extensibles a otros episodios de la Historia.

El cornezuelo del centeno o ergot (*Claviceps purpurea*), hongo parásito de gran variedad de cereales, especialmente del centeno (*Foto*: Rasbak, CC BY-SA 3.0)

BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

- Campbell, C. Lee y Madden, Laurence V. (1990). *Introduction to plant disease epidemiology*. John Wiley & Sons Inc. Nueva York, EE.UU.
- Carefoot, G. L. y Sprott, E. R. (1967). *Famine on the wind: Man´s Battle Against Plant Disease.* Rand McNally College Publishing Co. Chicago, EE. UU.
- Carroll G. C. y Tudzynski P., ed. vol. 5B. (2012). *Plant Relationships*. Part B. En la serie: *The Mycota: A Compressive Treatise on Fungi as Experimental Systems for Basic and Applied Research* (Esser, K. y Lemke, P. A., ed.). Springer International Publishing.
- Harveson, R. M. (2017). "Ergot and World Historical Events". *Phytopathology News* **51**: 122-123.
- Horsfall, J. G. y Cowling, E. B., ed. (1978). *Plant Disease: An Advanced Treatise. Vol. II: How Disease Develops in Populations*. Academic Press, Inc.
- Infantes, V. (1997). *Las danzas de la muerte. Génesis y desarrollo de un género medieval [siglos XIII-XVII]*. Acta Salmanticesia. Estudios filológicos número 267. Ediciones Universidad de Salamanca.
- Saincher, M. (2012). "From deadly plague to life-altering prescriptions: the story of ergot as a case in favor of complementary and alternative medicine". En L. Peterman, K. Sun y F. W. Stahnisch, edit.: *The Proceedings of the 18th Annual History of Medicine Days Conference 2009*. Cambridge Scholars Publishing. Newcastle, Reino Unido.
- Tucker, S. C. (2009). *A Global Chronology of Conflict: From the Ancient World to the Modern Middle East*, vol. 2. ABC-CLIO. Sta. Barbara, California, EE. UU.
- Wellcome, H. S. (1908). *From Ergot to "Ernutin": an historical Sketch*. Lecture Memoranda. American Medical Association. Chicago, EE.UU.
- Wasson, R. G., Hofmann, A. y Ruck, C. A. P. (1978). *The road to Eleusis: Unveiling the Secret of the Mysteries*. Pp. 126. Harcourt Brace Jovanovich International Publishing. Nueva York y Londres.

IN MEMORIAM

José Serra Aracil

Por Montserrat Roselló
Laboratorio de Diagnóstico del
Área de Protección Agroalimentaria
Valencia

José Serra Aracil, nacido en Alcoi (Alicante). Comenzó su trayectoria en el IVIA, para pasar posteriormente a abrir la línea de Virología en el Laboratorio de Diagnóstico Fitopatológico de la Comunitat Valenciana, y esa experiencia la compartió con otras personas que pasaban por su misma situación de principiantes en otros laboratorios. Tuvo que enfrentarse a miles de muestras en las campañas de cítricos, con el virus de la tristeza (CTV) como protagonista, y las de frutales de hueso, con la sharka (PPV) como enfermedad a combatir. En una comunidad como la valenciana, tuvo también que dedicar su esfuerzo y energía a las enfermedades de hortícolas, tan numerosas y diversas, y vivió la llegada de nuevas enfermedades, como la provocada por el virus de la cuchara en el tomate (TYLCV), entre otras. Y no olvidemos la viña, con sus cinco virus, para lo cual participó, en su compromiso con la calidad y la excelencia, en los ensayos interlaboratorio promovidos por el Laboratorio de La Rioja, los primeros en nuestra disciplina. Mucho trabajo, mucho esfuerzo, que llevó impecablemente y con solvencia. Siempre entusiasta. En sus últimos años volvió al principio, a trabajar en el IVIA. Pero sus años entre nosotros, los compañeros de los Laboratorios de Diagnóstico, y todo lo que nos aportó, no los olvidaremos.

Reunión del Grupo de Trabajo de Laboratorios de Diagnóstico (GTLD) en Mallorca 2005 (*Fotografía* publicada con permiso de Montserrat Roselló).

A Pepe, uno de los nuestros, se le ha acabado el tiempo, pero no exactamente.

Porque el tiempo no sólo tiene una naturaleza precisa y métrica. Es relativo y ambiguo.

Y el tiempo que Pepe ha compartido con nosotros ha trascendido y mutado a su forma atemporal, convirtiéndose en recuerdo, un recuerdo cariñoso, que conservamos en la memoria.

Y este recuerdo lleva su vitalidad, su entusiasmo, su alegría, su voluntad e iniciativa, su capacidad de colaboración, su dedicación a nuestra profesión y su amabilidad y generosidad con las personas que coincidimos en su trayecto.

Y este recuerdo permanecerá con nosotros, hasta que nuestro propio tiempo tome su naturaleza métrica.

Agradecemos a la naturaleza métrica del tiempo, la coincidencia con nuestro compañero y las experiencias vividas con él.

Agradecemos a la naturaleza atemporal del tiempo, poder llevarlo con nosotros en nuestra memoria, con todo nuestro cariño.

Tus compañeros de los Laboratorios de Diagnóstico Fitopatológico

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FITOPATOLOGÍA (SEF)

Dpto. de Protección Vegetal, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA).
Ctra. de La Coruña Km 7,5, Madrid-28040.

Teléfono: 913 364 532 / 918 373 112
sef@sef.es // www.sef.es

Socios protectores de la SEF:

Coordinadores de la revista:

JUAN A. NAVAS-CORTÉS / NIEVES CAPOTE MAÍNEZ

Colaboradores de este número:

SILVIA BARBÉ
NIEVES CAPOTE
JAIME CUBERO
JOSÉ ANTONIO DARÓS
DOLORES FERNÁNDEZ-ORTUÑO
ELISA GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ
BLANCA B. LANDA
LUIS VICENTE LÓPEZ-LLORCA
ESTER MARCO-NOALES
MIGUEL MONTES-BORREGO
ALFONSO NAVAS
JUAN ANTONIO NAVAS-CORTÉS
ANA PALACIO-BIELSA
VICENTE PALLÁS
JOSÉ LUIS PALOMO
MONTSERRAT ROSELLÓ
CARMEN SIMÓN
FELIPE SIVERIO
FRANCISCO TENLLADO
ANTONIO VICENT

Miembros de la Junta directiva de la SEF:

Presidente: VICENTE PALLÁS
Vicepresidente: JAIME CUBERO
Secretaria: CAROLINA ESCOBAR
Tesorero: FRANCISCO CAZORLA

Vocales: JESÚS ÁNGEL SÁNCHEZ-NAVARRO
JUAN ANTONIO NAVAS-CORTÉS
INMACULADA VIÑAS
NIEVES CAPOTE
ANTONIO VICENT

Edición y coordinación:
ALICIA IRURZUN
(Editorial Hélice)
Tlf: 91 548 11 90

Diseño y maquetación:
ANTONIO V. ROBLES
Tlf: 675 651 107

Página web:
ANTONIO VICENT Y
JESÚS ÁNGEL SÁNCHEZ
NAVARRO

La responsabilidad del contenido de las colaboraciones aquí publicadas corresponderá a sus autores, quienes autorizan la reproducción de sus artículos e imágenes a la SEF exclusivamente para esta revista. La SEF no hace necesariamente suyas las opiniones o los criterios expresados por sus colaboradores.

***© Sociedad Española de Fitopatología, 2017**. Reservados todos los derechos. El contenido de la presente publicación no puede ser reproducido, en ninguna forma, ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de explotación de la misma.*

FOTOGRAFÍA DE PORTADA: Olivo severamente afectado por *Xylella fastidiosa* en la región de Apulia, sur de Italia (Cortesía de J. Antonio Navas-Cortés). TIRAS DE FOTOS en páginas 61 y 62, procedentes de la galería multimedia SEF:

- Pimiento infectado por el virus del moteado suave del pimiento (PMMoV) [C. Muñoz, 3/10/2012]
- Sección de pseudoteca de *Didymella rabiei* [J. Navas, 4/10/2012]
- Fuego bacteriano (*Erwinia amylovora*) en *Pyracantha coccinea* [Jesús Murillo, 12/9/2012]
- Esporangios de *Phytophthora palmivora* [Cristina R. Padrón, 22/1/2013]
- Como hormigas al hormiguero. SEF-Phytoma 2012 [Marta Sena, 22/1/2013]
- *Aspergillus* en naranja [Paloma Sánchez Torres, 28/9/2012]
- Interacción patógeno-planta en 3D. SEF-Phytoma 2012 [Jesús Martínez, 22/1/2013]
- *Polymyxa betae* en remolacha [P. García-Benavides e I. Ortega, 11/9/2012]
- Mildiu del girasol causada por el oomiceto *Plasmopara halstedii* [M. Leire Molinero, 22/1/2013]
- *Phytophthora capsici* [Juana Páez, 11/9/2012]
- Moteado en hoja de níspero (*Fusicladium eriobotryae*) [SEF, 3/10/2012]

Los créditos de las imágenes del índice pueden verse en sus respectivos apartados.