

## La amenaza de las bacteriosis

**ANA PALACIO-BIELSA<sup>1</sup>, SILVIA BARBÉ<sup>2</sup> y ESTER MARCO-NOALES<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón / Instituto Agroalimentario de Aragón, IA2 (CITA -Universidad de Zaragoza)

<sup>2</sup>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<sup>[2]</sup>, 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<sup>[1]</sup> 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<sup>[7]</sup>. 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<sup>[3]</sup>. Los certificados fitosanitarios no garantizan la sanidad del material vegetal porque, en la mayoría de los casos, se basan solo en observaciones visuales<sup>[3]</sup>. 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 endófitas, 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 vehicular 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

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

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)<sup>[1]</sup>, que fue transpuesta a la legislación española (Real Decreto 58/2005)<sup>[4]</sup>, 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<sup>[5]</sup>, y no



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

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

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)<sup>[6]</sup>.

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.

### 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.

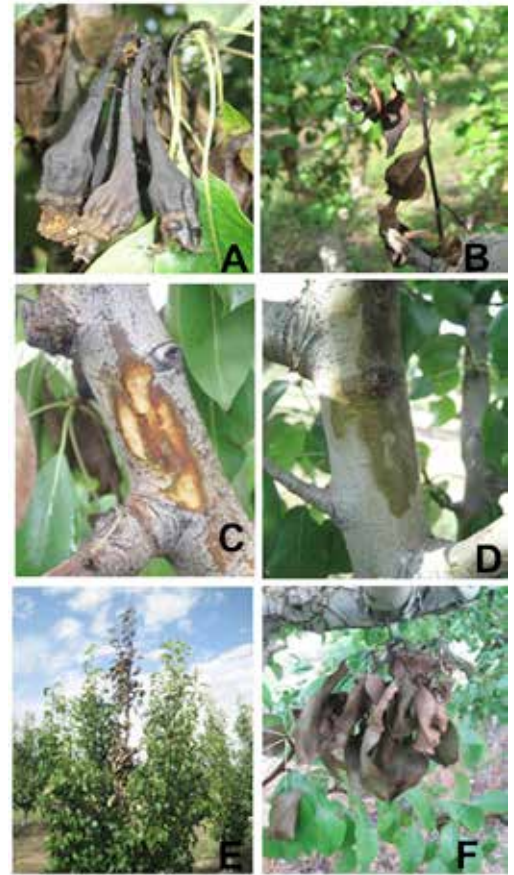


Figura 2. Distintos síntomas de fuego bacteriano en peral. A) Frutos inmaduros necrosados con microexudados en su superficie; B) Cayado de pastor; C) Chancro descortezado en tronco; D) Superficie de un chancro en tronco; E) Aspecto "quemado" en ramas de un árbol infectado; F) Hojas y corimbo floral necrosado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

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

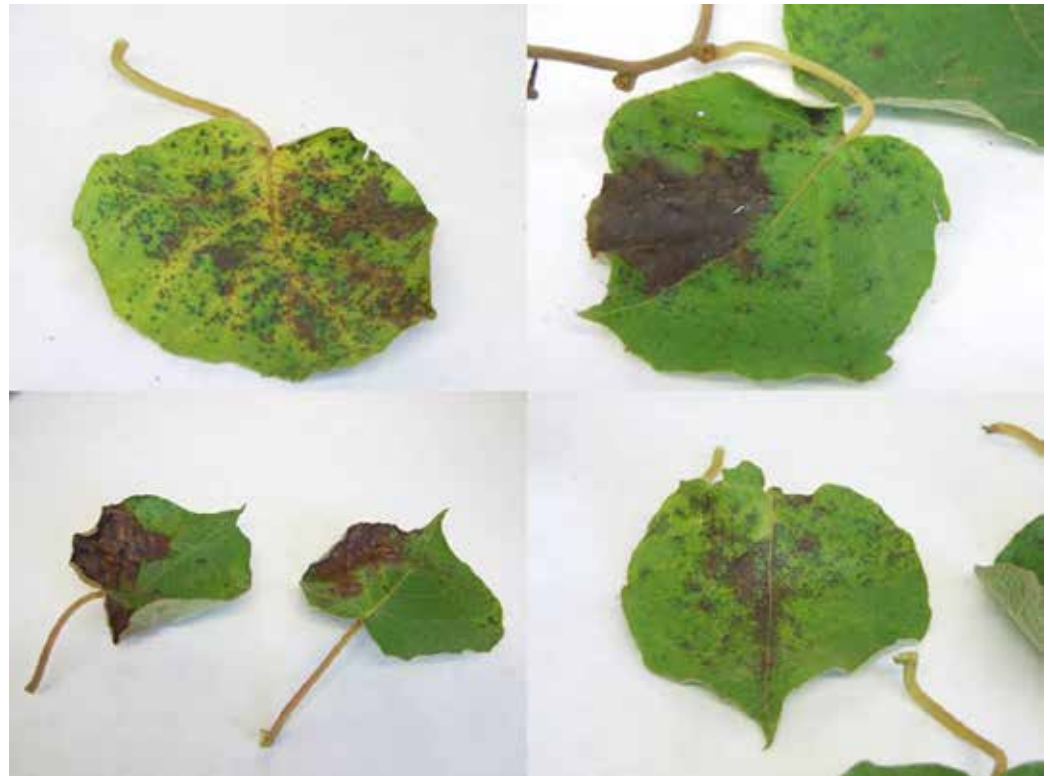


Figura 4. Sintomatología en hojas de kiwi causada por *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* (Fotografías: IVIA).

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 cítrica. 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 cancrrosis 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 análisis

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

<sup>[1]</sup>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.

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

<sup>[3]</sup>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.

<sup>[4]</sup>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.

<sup>[5]</sup>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) n° 228/2013, (UE) n° 652/2014 y (UE) n° 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.

<sup>[6]</sup>REGLAMENTO (UE) N° 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.

<sup>[2]</sup>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.

