

# FITOPATOLOGÍA

Publicación oficial de la Sociedad Española de Fitopatología



Año 2023

Número 9



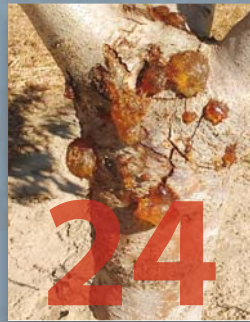
## HONGOS Y OOMICETOS FITOPATÓGENOS

Entrevistas a: Rafael M. Jiménez  
Díaz y Soledad Verdejo-Lucas

Enfermedades de frutales  
con fitoplasmas

*In memoriam:* Javier Romero  
Cano, María Arias Delgado,  
José Ramón Díaz-Ruiz Alba y  
Marisol Luis Arteaga

# Contenido



**PRESENTACIÓN** por la Presidenta de la SEF ----- **5**  
(Blanca B. LANDA)

**ARTÍCULOS DE REVISIÓN** ----- **8**

- Una visión general de los cambios y la situación actual de la taxonomía de hongos y oomicetos ----- **8**  
(Por JOSEP ARMENGOL y DAVID GRAMAJE)
- Nuevas herramientas biotecnológicas para el control de enfermedades: *Botrytis cinerea* como modelo ----- **16**  
(Por DOLORES FERNÁNDEZ-ORTUÑO, ALMUDENA ESCOBAR-NIÑO, FRANCISCO JAVIER FERNÁNDEZ-ACERO y JONATAN NIÑO-SÁNCHEZ.)
- Enfermedades fúngicas de la madera, una amenaza para cultivos de importancia económica ----- **24**  
(Por NIEVES CAPOTE, LAURA ROMERO-CUADRADO, ANA AGUADO y DAVID RUANO-ROSA)
- PIWI: una herramienta para mejorar la sostenibilidad del viñedo ----- **32**  
(Por CRISTINA MENÉNDEZ MENÉNDEZ, MARÍA DEL MAR HERNÁNDEZ ÁLAMOS y LEONOR RUIZ GARCÍA)

**HISTORIAS DE FITOPATOLOGÍA** ----- **40**

- Primeros trabajos españoles que asociaron enfermedades de frutales con fitoplasmas ----- **40**  
(Por GERARDO LLÁCER ILL )
- El Dr. Antonio Blanco Fernández, precursor de la patología vegetal ----- **45**  
(Por JERÓNIMO DEL MORAL MARTÍNEZ y JOSÉ DEL MORAL DE LA VEGA)

**ENTREVISTA... a un fitopatólogo** ----- **50**

- ... a Rafael M. Jiménez Díaz ----- **50**  
(Por BLANCA B. LANDA )
- ... a Soledad Verdejo-Lucas ----- **57**  
(Por CAROLINA ESCOBAR)

**COMENTARIOS DE ARTÍCULOS** ----- **61**

- Biocontrol de nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne* spp., en tomate, usando cepas de *Bacillus* ----- **61**  
(Por ANA CLÁUDIA PEREIRA DA SILVA)
- La endocitosis mediada por clatrina facilita la internalización de efectores de *Magnaporthe oryzae* en las células de arroz ----- **62**  
(Por PABLO GARCÍA RODRÍGUEZ y SERENELLA SUKNO)

- Futuro del manejo de enfermedades bacterianas en la producción de cultivos ----- 63  
(Por MARÍA LUISA DOMINGO CALAP)

- Virus del fruto rugoso marrón del tomate: Un virus de ARN de plantas emergente y de rápida propagación que amenaza la producción de tomate en todo el mundo. ----- 64  
(Por ADRIAN D. ZAMFIR y RAFAEL DE ANDRÉS-TORÁN)

## FUE NOTICIA EN 2023 ----- 66

(Por SOLEDAD SACRISTÁN y PEDRO GÓMEZ LÓPEZ)

- La nueva Junta Directiva de la SEF se pone en marcha ----- 66

- El gobierno actualiza la normativa contra el HLB y sus vectores ----- 66

- Europa reduce el uso de los fitosanitarios más peligrosos ----- 67

- 12 de mayo: DÍA INTERNACIONAL DE LA SANIDAD VEGETAL ----- 67

- La Sanidad Vegetal en la Agricultura y Silvicultura ----- 68

- Informe web de la 69ª reunión del Panel sobre Medidas Fitosanitarias ----- 68

- Nueva normativa sobre el control y certificación de material vegetal ----- 68

- LA EFSA lanza un Panel Interactivo para el seguimiento de plagas ----- 69

## TESIS DOCTORALES ----- 70

## RESEÑAS DE CONGRESOS Y REUNIONES CIENTÍFICAS ----- 73

- Congreso Hispano-Luso de Biología de Plantas 2023 ----- 73  
(Por VICENT ARBONA, ADELA SÁNCHEZ-MOREIRAS y CAROLINA ESCOBAR)

- 12º Congreso Internacional de Patología Vegetal 2023 ----- 76  
(Por BLANCA B. LANDA)

- IV Reunión del grupo especializado SEF-FITORES: "Control químico de enfermedades y desarrollo de resistencias a productos fitosanitarios" ----- 79  
(Por DOLORES FERNÁNDEZ ORTUÑO )



# Contenido



• Conference of the IOBC/WPRS Working Group “Integrated Protection in Viticulture”, 2023 ----- **80**  
(Por ELISA GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ)

• V Reunión del GEDDI-SEF ----- **81**  
(Por JOSÉ LUIS PALOMO)

• Anuncio próximo Congreso SEF 2024 en Córdoba ----- **83**  
(Por BLANCA B. LANDA)

**NUEVOS PATÓGENOS EN ESPAÑA**  
**noviembre 2022 – diciembre 2023** ----- **84**  
(Por JUAN A. NAVAS-CORTÉS)

**FITOPATOLOGÍA Y SOCIEDAD** ----- **86**

• Dos socios de la SEF, seleccionados por la Oficina C, para formar parte del programa emparejamiento ciencia-política ----- **86**  
(Por DOLORES FERNÁNDEZ ORTUÑO)

**IN MEMORIAM** ----- **87**

• Javier Romero Cano ----- **87**  
(Por JAIME CUBERO, CARMEN DE BLAS y GERARDO CARAZO)

• María Arias Delgado ----- **88**  
(Por MARÍA FE ANDRÉS YEVES y JOSÉ ANTONIO LÓPEZ)

• José Ramón Díaz-Ruiz Alba ----- **90**  
(Por FRANCISCO TENLLADO, TOMÁS CANTO y CÉSAR LLAVE)

• Marisol Luis Arteaga ----- **92**  
(Por FERNANDO ESCRIBU)

**SOCIOS PROTECTORES** ----- **95**

- Agromillora
- Socios Protectores de la SEF

**CRÉDITOS** ----- **98**



**Blanca B. Landa**  
(Presidenta de la SEF)

# Presentación



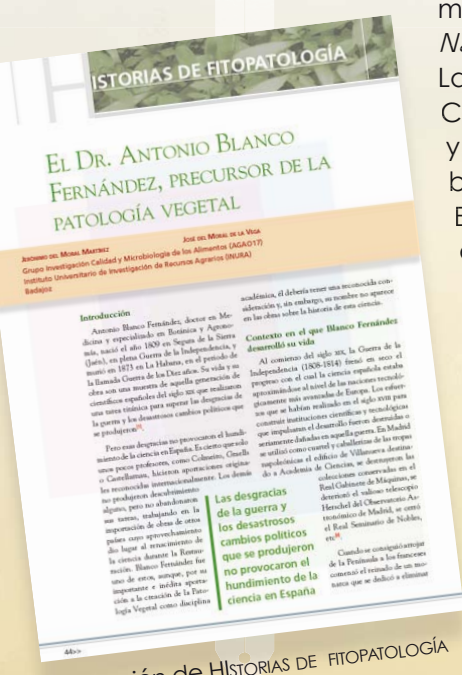
Queridos socios y amigos de la SEF,

Tengo el gusto de presentar, por primera vez, como presidenta de la SEF, un nuevo número de la revista *FITOPATOLOGÍA*, que espero podáis leer con lectura pausada estas próximas fiestas y disfrutar del contenido que, con tanta dedicación y esmero, han preparado nuestros compañeros Carmen Hernández Fort y Pedro Gómez López.

Vivimos en un mundo rápidamente cambiante en el que ciertos temas tienen una alta repercusión mediática momentánea, y otros cuya importancia ha llegado para perdurar y quedar retenidos en la conciencia de la sociedad. Cada vez somos más conscientes de la importancia de la sanidad vegetal en el día a día, y que esta no solo se limita al ámbito agrícola, donde la salud de los cultivos es fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y la producción sostenible. También tiene un impacto significativo en la salud global y el medio ambiente. No obstante, aún nos queda una gran labor por delante como profesionales de esta disciplina para garantizar que la importancia de la sanidad vegetal no solo radica en nuestra capacidad para prevenir y controlar las enfermedades de las plantas, sino que también tenemos un papel clave en dar respuesta a las emergencias fitosanitarias. Para ello, la colaboración y la investigación continua e interdisciplinar son fundamentales para garantizar la salud global y promover un futuro sostenible.

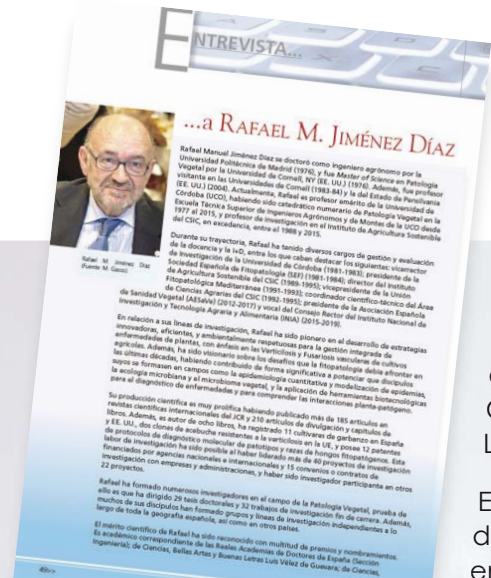


Sección de REVISIONES



Sección de HISTORIAS DE FITOPATOLOGÍA

En este número de la revista SEF contamos con cuatro REVISIONES excepcionales centradas en aspectos de gran actualidad en el campo de hongos y oomicetos. En la primera de ellas, preparada por nuestros compañeros J. Armengol (UPV, Valencia) y D. Gramaje (ICVV-CSIC, Logroño), podremos disfrutar de una cronología de eventos o hitos importantes en la taxonomía de hongos desde una perspectiva histórica muy amplia que comprende más de 250 años, y cómo se ha llegado al principio de *One Fungus –One Name* ("un hongo–un nombre") que es el estándar actual de nomenclatura. La segunda revisión ha sido preparada por D. Fernández-Ortuño (IHSM-UMA-CSIC, Málaga), A. Escobar Niño (IVAGRO, U. de Cádiz), F. J. Fernández-Acero y J. Niño-Sánchez (ETSIIAA, U. Valladolid), y nos presenta nuevas herramientas biotecnológicas de protección de cultivos para el control de *Botrytis cinerea*. Estas herramientas incluyen el silenciamiento génico por ARN interferente, el desarrollo de péptidos bioactivos y el uso de aptámeros, aproximaciones que pueden ser compatibles con un entorno agrícola cambiante y que demanda cada vez mayor sostenibilidad. La tercera revisión, preparada por N. Capote, L. Romero-Cuadrado, A. Aguado y D. Ruano-Rosa (IFAPA, Sevilla), está centrada en las enfermedades fúngicas de la madera abordando aspectos que van desde la biología, epidemiología y control, hasta una descripción de la variabilidad genética existente en las poblaciones de sus agentes causales, diversos hongos de la familia *Botryosphaeriaceae*. Finalmente, de la cuarta revisión nos presenta PIWI, una herramienta para mejorar la sostenibilidad del viñedo. A pesar de su nombre sencillo, no se trata de una aplicación informática, sino que se refiere a la abreviatura del término alemán *Pilzwiederstandsfähig*, que significa 'resistente a hongos' o forma con la que se conocen las variedades de vid resistentes



ENTREVISTAS A Rafael M. Jiménez Díaz y a Soledad Verdejo-Lucas



Sección COMENTARIOS DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS



Apartado FUE NOTICIA en 2023

a enfermedades fúngicas, obtenidas por el cruce con variedades americanas o asiáticas. Esta interesante revisión ha sido preparada por C. Menéndez-Menéndez y M. M. Hernández-Álamos García (ICVV-UR, Logroño) y L. Ruíz (IMIDA, Murcia).

En la sección HISTORIAS DE FITOPATOLOGÍA podremos disfrutar de la descripción de los primeros trabajos que asociaron el papel de los fitoplasmas con las enfermedades de especies frutales, y que nos ha preparado G. Lácer. Además, en otro artículo podremos llegar a conocer al Dr. Antonio Blanco, un desconocido para muchos, y en el que J. Del Moral Martínez y J. Del Moral de la Vega nos presentan su visión del papel que tuvo como precursor de la Patología vegetal, no solo en España, sino a nivel más global.

En este número tenemos dos ENTREVISTAS a compañeros SEF de relevancia. Uno de ellos, el Dr. Rafael M. Jiménez Díaz, fue socio fundador y primer presidente de nuestra Sociedad (1981-1984), y uno de los fitopatólogos más ilustres y reconocidos a nivel nacional e internacional de nuestro país que, además, ha sido mentor y referente para muchos de los compañeros de la SEF. Por otro lado, también hemos tenido el placer de entrevistar a la nematóloga Soledad Verdejo-Lucas, una especialista en nematodos fitoparásitos muy reconocida en España e internacionalmente, miembro de la SEF desde 1988. Ambos compañeros disfrutaron ya de su jubilación, pero nos contarán de forma cercana aspectos muy interesantes de la historia de la Fitopatología y de la que es nuestra Sociedad, y cómo desde formas distintas están abordando esta nueva etapa.

En la sección COMENTARIOS DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS, hemos tenido la suerte de contar con cuatro aportaciones proporcionadas por seis compañeros A. C. Pereira da Silva, P. García Rodríguez y S. Sukno, M. L. Domingo Calap, y A. D. Zamfir y R. de Andrés-Torán, y que abarcan aspectos tan diversos como son el biocontrol de nematodos fitoparásitos, efectores de *Magnaporthe oryzae*, el futuro del manejo de enfermedades de cultivos, y el virus del fruto rugoso marrón del tomate, respectivamente.

En el apartado FUE NOTICIA EN 2023, Pedro Gómez López y Soledad Sacristán hacen un repaso de las principales noticias fitopatológicas del año, que se iniciaron con la presentación de la nueva Junta Directiva de la SEF, muchas noticias relacionadas con actualizaciones y nuevas normativas y regulación de enfermedades y su control, y la presentación del panel interactivo de la EFSA para el seguimiento de plagas.

Tenemos, como siempre, el apartado TESIS DOCTORALES, donde se recogen algunas de las que se han defendido durante el año 2023 por algunos de los que, esperemos, serán el referente y futuro de la Fitopatología de nuestro país, pero seguro que faltan muchas más. ¡Por favor! No dejéis de enviarnos esta información, porque no nos queremos olvidar de nadie.

En la sección RESEÑAS SOBRE CONGRESOS Y REUNIONES CIENTÍFICAS podemos ver que este año ha habido algunos eventos muy relevantes, como el Congreso Internacional de Patología Vegetal que contó con gran representación de



Sección NUEVOS PATÓGENOS EN ESPAÑA

socios de la SEF, el Congreso Hispano-Luso de Biología de Plantas, las reuniones de los grupos especializados de la SEF, el GEDDI y FITORES, y un congreso de la IOBC.

Para la sección NUEVOS PATÓGENOS EN ESPAÑA 2022-2023, quiero agradecer la labor de recopilación y búsqueda de nuestro compañero J. A. Navas Cortés viene realizando desde el número 1 de la revista, y que nos pone al día sobre aquellos patógenos que han sido detectados en nuestro país, de los que se tiene constancia por haber sido publicada su detección en revistas de Fitopatología.



Sección de FITOPATOLOGÍA Y SOCIEDAD

En la sección FITOPATOLOGÍA Y SOCIEDAD, os presentamos a los socios de la SEF que han resultado seleccionados en el programa de emparejamiento científico-político y que esperamos puedan contribuir a difundir y concienciar sobre los logros y las necesidades de la ciencia, en general, y de la Fitopatología, en particular, en los foros donde se toman decisiones que nos afectan a todos como sociedad.

En la sección *IN MEMORIAM* queremos recordar a nuestros queridos compañeros (q. e. p. d.) Javier Romero Cano, María Arias Delgado, José Ramón Díaz Ruiz y Marisol Paz Luis Artega, a través de cuatro reseñas que han preparado, de forma tan emotiva, sus compañeros más cercanos.

Finalmente, quiero destacar que este año han sido siete los SOCIOS PROTECTORES que se han incorporado y que se suman a los catorce que ya venían apoyando a nuestra Sociedad. Os recordamos que tenéis un espacio en esta revista para exponer vuestra misión y servicios en el campo de la sanidad vegetal.

Finalmente, aunque nos quedan aún varios meses por delante, no quiero terminar la presentación de este número sin recordaros que nuestro Congreso de la SEF tendrá lugar el próximo año 2024 en Córdoba, en la sede del Palacio de Congresos, un entorno idílico frente a la Mezquita Catedral. Las fechas programadas son del 16 al 19 de septiembre de 2024. En las primeras semanas del 2024 estará activa [la página web del Congreso](#), donde os iremos dando información sobre las fechas de inscripción y envío de resúmenes. Además, os mantendremos puntualmente informados a través de la secretaria SEF, nuestro boletín de noticias, y las cuentas de la SEF en redes sociales. ¡Os esperamos en Córdoba en septiembre!

Blanca B. Landa  
Presidenta de la SEF



Sección IN MEMORIAM



## Una visión general de los cambios y la situación actual de la taxonomía de hongos y oomicetos\*

DAVID GRAMAJE es científico titular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) en el Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV; centro mixto del CSIC, la Universidad de La Rioja y el Gobierno de La Rioja). Es doctor por la Universitat Politècnica de València y realizó estancias posdoctorales en la Universidad de Cornell en EE. UU., el INRA en Burdeos y la Universidad de Mendel en la República Checa. En el ICVV dirige el grupo de investigación Interacciones de la Vid con el Medio Biológico (BIOVITIS), cuyo principal objetivo es evitar o reducir los perjuicios económicos y medioambientales que ocasionan las enfermedades causadas por hongos y oomicetos en la vid, mediante estrategias de manejo integrado innovadoras y respetuosas con el medio ambiente, que aseguren el rendimiento y la calidad del cultivo.

JOSEP ARMENGOL<sup>1</sup> y DAVID GRAMAJE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de València (UPV) Valencia

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV), (Universidad de La Rioja–CSIC–Gobierno de la Rioja) Logroño, La Rioja.

### Introducción

Cuando hablamos de hongos estamos utilizando un término que abarca varios grupos no relacionados tradicionalmente estudiados por los micólogos: el reino de los “hongos verdaderos”, los oomicetos, y varios otros organismos similares a hongos. Se han descrito más de 150 000 especies de hongos, pero el número total estimado puede ser de unos 2,2–3,8 millones, lo que plantea un reto de futuro para describir nuevas especies en términos de taxonomía y nomenclatura.

La Taxonomía genera y contrasta hipótesis sobre la circunscripción y la denominación de las entidades biológicas. En la actualidad, la sistemática de los hongos (entendiendo a partir de aquí este término en un sentido amplio, que incluye hongos verdaderos y oomicetos) se basa en el estudio de un conjunto de caracteres (morfológicos, biológicos y moleculares) y utiliza enfoques que van desde la genética de poblaciones hasta la filogenómica (estudio de miles de marcadores genéticos o genomas completos), para delimitar, caracterizar y nombrar especies, y construir una clasificación.

En cuanto a la nomenclatura, esta se ocupa de la aplicación de nombres a las unidades biológicas (taxones) cuando la investigación taxonómica (investigación en clasificación) está completa y en preparación para su publicación. Los nombres científicos de los hongos son un eslabón esencial que sirve para comunicar conocimientos sobre las especies y su biología, control y cuarentena, así como para fines comerciales y de investigación.

La circunscripción y la clasificación de las especies son refutables y, por tanto, pueden variar con el tiempo. Cuando los nuevos conocimientos rechazan las hipótesis existentes, los cambios de nomenclatura son necesarios. Por ejemplo, una especie clasificada en un género puede pasar a otro y, como consecuencia, cambiar de nombre.

En la [figura 1](#) se presenta una cronología de eventos o hitos importantes en la taxonomía de hongos desde una perspectiva histórica muy amplia que comprende más de 250 años desde 1753, año en el que se inicia la nomenclatura botánica y micológica (Linneo), hasta la actualidad. En las últimas décadas hemos asistido a cambios

\*Este artículo presenta una revisión y actualización de los contenidos de la charla titulada “EVOLUCIÓN DE LA MICOLOGÍA EN LOS ÚLTIMOS 40 AÑOS: Diagnóstico e identificación de hongos y oomicetos fitopatógenos”, impartida en el 40 aniversario de la SEF el 20 de octubre de 2021.



**JOSEP ARMENGOL** es catedrático de universidad adscrito al Departamento de Ecosistemas Agroforestales de la Universitat Politècnica de Valencia (UPV). Asimismo, es el responsable del Grupo de Investigación en Hongos Fitopatògens del Institut Agroforestal Mediterràneo de la UPV (IAM-UPV), que actúa como Laboratorio Nacional de Referencia para el Diagnóstico de Hongos y Oomicetos Fitopatògens para el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Experto en el diagnóstico de hongos fitopatògens, ha desarrollado trabajos de investigación sobre la biología, epidemiología y control de hongos que causan enfermedades en cultivos hortícolas y frutales, plantas ornamentales, y plantas de interés forestal. En los últimos años se ha centrado en las enfermedades de la madera de la vid, y las enfermedades fúngicas del níspero y del almendro. Es director del Máster Europeo Erasmus Mundus "Plant

muy importantes, entre los que podemos destacar cuatro que han influido de forma muy importante en la taxonomía y nomenclatura actual de los hongos. Estos son: el desarrollo y aplicación de las metodologías moleculares; la segregación de los oomicetos al nuevo reino Straminipila; la Declaración de Amsterdam "One fungus – One name" del año 2011; y la creación de numerosas bases de datos disponibles online.

metodologías basadas en el ADN pasaron a ser de uso común.

El descubrimiento de la PCR (reacción en cadena de la polimerasa) revolucionó el diagnóstico molecular, permitiendo la caracterización de patógenos fúngicos mediante la secuenciación directa de genes de ARN ribosomal. Posteriormente, el advenimiento de la inferencia filogenética basada en los análisis de datos de secuen-



Figura 1

## Técnicas moleculares y taxonomía fúngica

El estudio de los hongos, su identificación y clasificación fue abordada tradicionalmente mediante el uso de técnicas morfológicas, especialmente mediante la observación al microscopio del micelio, las esporas y otras estructuras fúngicas. Posteriormente, se fueron incorporando nuevas técnicas de estudio, como las microscopías electrónicas de transmisión y barrido, la cromatografía de capa fina, la caracterización isoenzimática, los grupos de compatibilidad vegetativa (VCG), etc., que permitieron muchos avances, aunque el examen morfológico al microscopio siguió siendo una herramienta fundamental. Sin embargo, esa situación iba a cambiar a medida que el siglo xx llegaba a su fin y las

ciencias de ADN fue el enfoque que cambió radicalmente la taxonomía fúngica. Inicialmente, esta metodología se basó en el gen 18S y la región ITS de los genes que codifican los ribosomas (ADNr). Esta última fue propuesta como el código de barras de ADN universalmente aceptado para la identificación de los hongos. Sin embargo, asumir que los ADNr evolucionan a una tasa uniforme, independientemente de la especie, a veces es incorrecto. Además, debido a las fuertes restricciones impuestas por la función del ribosoma en las mutaciones de la secuencia de los ADNr, especies microbianas cercanas pueden tener secuencias de ADNr idénticas, mientras que sus genomas son claramente diferentes. Hoy en día es común probar y utilizar filogenias basadas en conjuntos de genes, analizadas utilizando diferentes enfoques,

Health in Sustainable Cropping Systems”, coordinado por la UPV, y que cuenta con la participación de un consorcio de universidades de Alemania, Francia e Italia, y financiación de la European Education and Culture Executive Agency (EACEA).

Se denominan especies crípticas a especies indistinguibles morfológicamente que han sido reveladas por filogenia molecular y sólo pueden ser reconocidas por sus datos de secuencia de ADN

como máxima parsimonia, máxima verosimilitud, o inferencia bayesiana. Estas se consideran actualmente más potentes para resolver los límites de las especies fúngicas.

En la figura 2 se indican las diversas técnicas moleculares utilizadas en la identificación de hongos o para estudios taxonómicos. Actualmente, las metodologías de secuenciación de alto rendimiento (también llamada NGS, de sus siglas en inglés “Next Generation Sequencing”) permiten determinar la diversidad de patógenos fúngicos en sustratos vegetales, agua y suelo, pero también han evidenciado la existencia de una gran diversidad de hongos, cultivables o no, en todo tipo de nichos. Asimismo, las comparaciones de genomas completos o parciales son cada vez más factibles y, por lo general, respaldan las clasificaciones basadas en un número limitado de genes conservados seleccionados.

marcador molecular único para identificar un microorganismo diana podría ser inapropiado debido a la existencia de especies crípticas o la reasignación de especies a nuevos taxones. En este sentido, es importante mencionar aquí que se denominan especies crípticas a especies indistinguibles morfológicamente que han sido reveladas por filogenia molecular y sólo pueden ser reconocidas por sus datos de secuencia de ADN. El conocimiento de estas especies es importante para los fitopatólogos, ya que pueden mostrar una diferencia significativa en las asociaciones de hospedantes, su distribución geográfica, y la severidad de las enfermedades que causan. Actualmente, identificar y describir las especies crípticas se considera que es uno de los principales desafíos para micólogos y fitopatólogos.

Un claro ejemplo de esta complejidad en la identificación de especies se presenta en el género *Diaporthe* (syn. *Phomopsis*). La

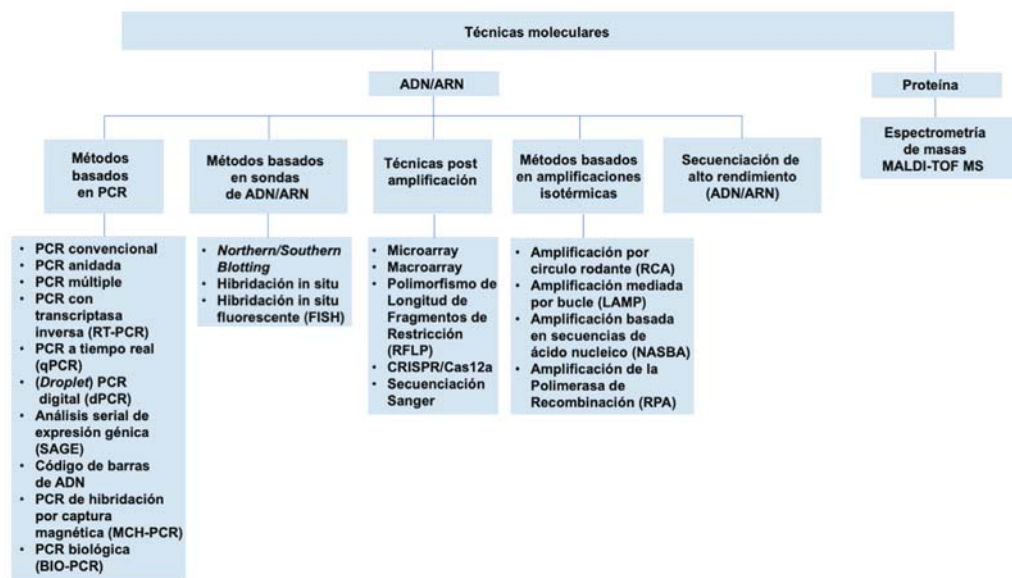


Figura 2. Técnicas moleculares utilizadas en la identificación de hongos o para estudios taxonómicos (adaptada de Aslam et al. 2017).

Con una amplia disponibilidad de técnicas moleculares se ha evidenciado que la taxonomía de hongos es más complicada de lo esperado y, a veces, presenta algunos conflictos en la definición de diferentes entidades taxonómicas. Como se ha mencionado anteriormente, el uso de un

distinción entre las especies de *Diaporthe* se ha basado históricamente en un enfoque que combina información morfológica, características culturales y afinidad con el hospedante. Este enfoque dificultaba la discriminación precisa entre las diversas especies del género, ya que muchos de

Los oomicetos comparten poca afinidad taxonómica con los hongos filamentosos, pero en cambio están más estrechamente relacionados con las algas pardas y las diatomeas, situándose en un reino denominado como Straminipila

Las técnicas moleculares se están utilizando también para una profunda revisión de la taxonomía de géneros y especies dentro de los oomicetos

estos hongos son asexuales y tienen baja especificidad con el hospedante. Como consecuencia, se produjo un aumento innecesario en el número de especies propuestas en este género. Actualmente, este número se sitúa en 1241 y 1314 para *Diaporthe*, y 985 y 1053 para *Phomopsis* en Index Fungorum y Mycobank, respectivamente (ambos consultados el 22 de agosto de 2023). La eliminación del sistema de nomenclatura dual para los hongos planteó la pregunta sobre qué nombre genérico utilizar, *Diaporthe* o el de su forma asexual, *Phomopsis*. Dado que ambos nombres son bien conocidos entre los fitopatólogos y se han utilizado por igual, se propuso que se mantuviera el nombre del género *Diaporthe* sobre *Phomopsis* porque fue introducido primero y, por lo tanto, tiene prioridad. La secuencia de la región ITS se ha utilizado con frecuencia para análisis de filogenia molecular de las especies de *Diaporthe*. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, los árboles filogenéticos basados en conjuntos de genes (ITS, TEF1, TUB, HIS y CAL) son actualmente más precisos para resolver los límites de las especies en el género *Diaporthe*.

### Los oomicetos situados en el reino Straminipila

Varios oomicetos han sido considerados como patógenos muy relevantes en la historia de la fitopatología. *Phytophthora infestans*, agente causal del mildiu de la patata, destruyó el cultivo en Irlanda en 1845 y 1846, provocando el hambre en la población, la muerte de cientos de miles de personas y la emigración de más de un millón y medio de irlandeses a los Estados Unidos. *Plasmopara viticola*, agente causal del mildiu de la vid, fue introducido en 1878 en Francia procedente de Estados Unidos, diseminándose de forma rápida y causando graves daños en la viticultura europea.

Tradicionalmente y, fundamentalmente por su hábito de crecimiento filamento-

so, los oomicetos fueron clasificados como hongos. Sin embargo, los análisis moleculares y bioquímicos modernos, así como sus características morfológicas, sugirieron que los oomicetos comparten poca afinidad taxonómica con los hongos filamentosos, pero en cambio están más estrechamente relacionados con las algas pardas y las diatomeas, situándose en un reino denominado como Straminipila. Esta posición está respaldada por filogenias moleculares basadas en secuencias de ADNr, datos de aminoácidos compilados para proteínas mitocondriales y genes cromosómicos que codifican proteínas. Los oomicetos también muestran una serie de características bioquímicas y morfológicas que los distinguen de los hongos y confirman su afinidad con las algas pardas y otros heterocontos. Las paredes celulares de los oomicetos están compuestas principalmente de glucanos y celulosa y, a diferencia de las paredes celulares de los hongos, contienen poca o ninguna quitina. Además, las zoosporas muestran dos flagelos con una ultraestructura similar a los flagelos de las esporas móviles de las algas heterocontes. Los oomicetos también contienen micolaminarina, una molécula que asimismo se encuentra en las algas marinas y las diatomeas.

Las técnicas moleculares se están utilizando también para una profunda revisión de la taxonomía de géneros y especies dentro de los oomicetos. Sirva como ejemplo la descripción del nuevo género *Phytopythium*, que se propuso para incluir a las especies del clado K del género *Pythium*, *sensu lato*, debido a la ubicación filogenética única de estas especies. El análisis filogenético del ADNr (LSU y SSU) y la subunidad 1 de la citocromo oxidasa (COI) del ADN mitocondrial, así como los análisis estadísticos entre parejas de secuencias, respaldaron firmemente la consideración de *Phytopythium* como una entidad filogenética separada. El género *Phytopythium* es morfológicamente intermedio entre los géneros *Phytophthora* y *Pythium*, caracte-

La Declaración de Ámsterdam reconoció la necesidad de una transición ordenada a un sistema de nomenclatura de un solo nombre para todos los hongos. A partir de ese momento, los micólogos adoptaron el principio de *One Fungus-One Name* (“un hongo-un nombre”) que es el estándar actual de nomenclatura para hongos

La recolección y estandarización de taxones fúngicos actuales y novedosos es de gran importancia

rizándose por tener esporangios papilados que proliferan internamente y anteridios cilíndricos o lobulados.

## Cambios en la nomenclatura a partir de la Declaración de Ámsterdam

Muchos hongos poseen sistemas de reproducción asexual y sexual que tradicionalmente se nombraban y clasificaban por separado dentro del concepto de “doble nomenclatura”. Un conocimiento más avanzado de los ciclos de los hongos y, sobre todo, el uso de las técnicas moleculares, mostró numerosos casos en los que hongos con nombres diferentes representaban diferentes morfos de una misma especie. La Declaración de Ámsterdam sobre la nomenclatura fúngica se acordó en un simposio internacional convocado en Ámsterdam los días 19 y 20 de abril de 2011 bajo los auspicios de la Comisión Internacional sobre la Taxonomía de los Hongos (ICTF). El propósito del simposio fue abordar la cuestión de si el sistema de nombres en hongos pleomórficos debía mantenerse o cambiarse. Esta declaración reconoció la necesidad de una transición ordenada a un sistema de nomenclatura de un solo nombre para todos los hongos. A partir de ese momento, los micólogos adoptaron el principio de *One Fungus – One Name* (“un hongo–un nombre”) que es el estándar actual de nomenclatura para hongos. Como consecuencia, los nombres de patógenos fúngicos de plantas bien conocidos pueden terminar como sinónimos de nombres más antiguos o menos conocidos, lo que puede generar una gran confusión. Sin embargo, estos cambios pueden reducirse al mínimo debido a las reglas del [Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas \(ICNafp\)](#), que es el que actualmente regula la nomenclatura fúngica. El código es flexible en la selección del nombre preferido para identificar a una especie fúngica y contiene disposiciones que permiten la retención de nombres de hongos de uso corriente, aun-

que no tengan prioridad. Por ejemplo, de acuerdo al artículo 59 de este código, el género *Togninia* (descrito en 1900; forma sexual) tiene prioridad respecto al género *Phaeoacremonium* (descrito en 1996; forma asexual). Sin embargo, a pesar de que *Togninia* fue introducido primero y, por lo tanto, tendría prioridad, varias son las razones por las que se decidió retener el nombre *Phaeoacremonium* sobre *Togninia*: i) la forma asexual presentaba mayor número de especies descritas que la forma sexual, todas ellas caracterizadas morfológicamente y mediante análisis de secuencias de ADN; ii) la elección de la forma asexual daba lugar a menos cambios taxonómicos; y iii) *Phaeoacremonium* se usaba en los trabajos de investigación con más frecuencia que el de *Togninia*. Esta elección fue respaldada por micólogos tanto en el ámbito de la agricultura como en la biomedicina.

El ICNafp se actualiza cada seis años y es modificado por la denominada “Comisión de Nomenclatura para Hongos” del Congreso Micológico Internacional (IMC) bajo los auspicios de la [International Mycological Association \(IMA\)](#), que tiene lugar cada cuatro años. Las versiones actualizadas del Código se mencionan en relación con la ubicación de los Congresos Botánicos Internacionales (IBC) que los ratifican; por ejemplo, el XVIII Congreso en Melbourne (2011) y el XIX Congreso en Shenzhen (2017). A pesar de las mejoras en el intercambio de información generadas por Internet, la literatura existente contiene una plétora de sinónimos, isónimos, homónimos, variantes ortográficas y nombres mal aplicados que no están de acuerdo con el sistema normalizado de nomenclatura. En consecuencia, la recolección y estandarización de taxones fúngicos actuales y novedosos es de gran importancia.

Desde la introducción del Código de Melbourne, los nuevos nombres de hongos publicados en o después del 1 de enero

Según el Código de Shenzhen, toda novedad nomenclatural de los hongos debe obtener un código identificativo de uno de los tres repositorios mundiales de registro de nombres de hongos, y citarlo en la publicación antes de que se considere válido

Las bases de datos de hongos bien seleccionadas tienen un papel fundamental para el diagnóstico en el campo de la micología y para investigaciones futuras

de 2013 deben, en su descripción formal, citar el código identificativo emitido para el nombre por un repositorio reconocido antes de la publicación. El Código de Shenzhen posterior estipuló que la designación de un lectotipo, neotipo o epitipo de un hongo también debe citar un identificador a partir del 1 de enero de 2019. Fungal Names (FN) fue establecido en septiembre de 2011 y luego reconocido como uno de los tres repositorios mundiales de registro de nombres de hongos en diciembre de 2012 por el Comité de Nomenclatura de Hongos (NCF) y también ratificado por la IMA; los otros dos repositorios son Index Fungorum (IF) y MycoBank (MB). Según el Código de Shenzhen, toda novedad nomenclatural de los hongos debe obtener un código identificativo de uno de estos tres repositorios y citarlo en la publicación antes de que se considere válido. Las novedades nomenclaturales y sus códigos son mutuamente aceptados y compartidos mutuamente entre estos tres repositorios. Para ello, sus sitios web se sincronizan con actualizaciones mensuales.

## Bases de datos online

En las últimas décadas ha habido un gran aumento de bases de datos disponibles online dedicadas a la identificación de hongos. Esto se debe a la necesidad que tienen los investigadores de tener un mejor acceso a datos moleculares para el estudio y caracterización de hongos, así como a una información cada vez más compleja sobre datos taxonómicos y reasignaciones de nomenclatura. Por lo tanto, las bases de datos de hongos bien seleccionadas, con información fiable y datos de secuencias precisos, tienen un papel fundamental para el diagnóstico en el campo de la micología y para investigaciones futuras. En general, una base de datos de hongos puede comprender información de secuencias de genes (principalmente del grupo de genes de ADNr y genes que codifican proteínas), caracteres polifásicos y otros metadatos asociados. Además, es importante que en una base de datos exista un esfuerzo de conservación constante y consistente por parte de un equipo dedicado de expertos.

Categoría	Usos y características
American Type Culture Collection	<a href="https://www.atcc.org/">https://www.atcc.org/</a>
BCCM/MUCL Agro-food & Environmental Fungal Collection	<a href="https://bccm.belspo.be/about-us/bccm-mucl">https://bccm.belspo.be/about-us/bccm-mucl</a>
Colección Española de Cultivos Tipo	<a href="https://www.uv.es/cect/">https://www.uv.es/cect/</a>
Dermatophytes species database	<a href="https://www.mycobank.org/dermatophytes-home">https://www.mycobank.org/dermatophytes-home</a>
EPPO-Q-Bank	<a href="https://qbank.eppo.int/">https://qbank.eppo.int/</a>
Fungal names	<a href="https://nmdc.cn/fungalnames/">https://nmdc.cn/fungalnames/</a>
Fungi-DB	<a href="https://fungidb.org/fungidb/app">https://fungidb.org/fungidb/app</a>
Fusarium MLST database	<a href="https://www.mycobank.org/fusarium-home">https://www.mycobank.org/fusarium-home</a>
Fusarioid-ID database	<a href="https://www.fusarium.org/">https://www.fusarium.org/</a>
Index Fungorum	<a href="https://www.indexfungorum.org/names/names.asp">https://www.indexfungorum.org/names/names.asp</a>
Morchella MLST database	<a href="https://www.mycobank.org/morchella-home">https://www.mycobank.org/morchella-home</a>
MycoBank	<a href="https://www.mycobank.org/">https://www.mycobank.org/</a>
NCBI GenBank	<a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/</a>
Phaeoacremonium database	<a href="https://www.mycobank.org/phaeoacremonium-home">https://www.mycobank.org/phaeoacremonium-home</a>
Phytophthora-ID	<a href="http://phytophthora-id.org/index.html">http://phytophthora-id.org/index.html</a>
Russula database	<a href="https://russula.mycobank.org">https://russula.mycobank.org</a>
Trunk Disease ID	<a href="http://www.grapeipm.org/d.live/?q=td-lab-dna">http://www.grapeipm.org/d.live/?q=td-lab-dna</a>
Westerdijk Fungal Biodiversity Institute (CBS-KNAW collection)	<a href="https://wi.knaw.nl/Collection">https://wi.knaw.nl/Collection</a>

Figura 3. Bases de datos de hongos, con acceso a sus respectivas páginas web. (Fuente: elaboración propia).

Para la identificación y descripción precisa de nuevas especies patógenas asociadas a enfermedades de las plantas, se necesita un enfoque polifásico

La taxonomía presenta, en el caso concreto de la micología, una erosión importante de conocimiento básico y competencia técnica en las metodologías de aislamiento fúngico e identificación morfológica

Se han establecido una gran cantidad de bases de datos de hongos que están disponibles para la comunidad de investigadores en micología y, actualmente, constituyen una herramienta fundamental para su trabajo. En la [figura 3](#) se indican, a modo de ejemplo, algunas de las más utilizadas, incluyendo también bases de datos de colecciones de hongos de referencia.

## Reflexión final

Con todo lo comentado hasta aquí, está claro que actualmente la sistemática fúngica es compleja y cambia muy rápidamente, lo que hace que el conocimiento sobre la clasificación y la denominación correcta de los hongos sea un desafío constante para los micólogos.

Un tema de debate frecuente en numerosas publicaciones y foros en micología es si se están describiendo demasiadas nuevas especies. En el caso de los hongos fitopatógenos, en las últimas décadas, las especies se han caracterizado principalmente sobre la base de un concepto de especie filogenética y, luego, se han descrito utilizando una combinación de rango de hospedantes conocidos, morfología, fisiología y filogenia. Sin embargo, los errores en los datos de secuencias pueden dar lugar a nuevas especies erróneas, que en realidad no existen en la naturaleza y, con frecuencia, se introducen nuevas especies y nombres de manera que no se adhieren a las reglas descritas en el ICNafp y, por lo tanto, no se consideran válidos. Asimismo, en muchos casos se describen especies en base a criterios de diferencias mínimas en las secuencias de determinadas regiones génicas. Esto nos lleva a plantear la cuestión sobre qué criterios deben prevalecer a la hora de diferenciar especies concretas. A falta de un consenso general sobre este tema,

muchos autores insisten en que, en el caso de los hongos fitopatógenos, para la identificación y descripción precisa de nuevas especies patógenas asociadas a enfermedades de las plantas, se necesita un enfoque polifásico. Sólo mediante una investigación cuidadosa y combinada de datos morfológicos, ecológicos, biológicos y filogenéticos se pueden establecer nombres estables de nuevas especies, que son esenciales para una comunicación clara sobre las enfermedades de las plantas. Esto es fundamental para la identificación precisa de patógenos fúngicos y su denominación, lo que conduce a avances en el manejo y control de enfermedades actualmente conocidas y emergentes.

Otro aspecto importante a mencionar es que la taxonomía, reconocida durante mucho tiempo como una disciplina fundamental de las ciencias naturales, presenta, en el caso concreto de la micología, una erosión importante de conocimiento básico y competencia técnica en las metodologías de aislamiento fúngico e identificación morfológica, ya que actualmente se está dando prioridad a las técnicas moleculares. Tenemos la responsabilidad de transmitir a los jóvenes investigadores en enfermedades fúngicas de las plantas nuestro conocimiento de: trabajo de campo, incluyendo reconocimiento de síntomas y toma de muestras; técnicas de aislamiento (que pueden ser muy diversas y tediosas); técnicas de tinción, montaje y preparación para la observación microscópica; técnicas para estimular la producción de esporas sexuales y asexuales; y las técnicas de preservación de cultivos; ya que todas en conjunto son una parte fundamental de una aproximación rigurosa al trabajo en micología y también para la descripción correcta de nuevas especies de hongos.

### REFERENCIAS

- Aime, M. C. *et al.* (2021). "How to publish a new fungal species, or name, version 3.0". *IMA Fungus* **12**: 11.
- Aragona, M. *et al.* (2022). "New-generation sequencing technology in diagnosis of fungal plant pathogens: A dream comes true?". *J. Fungi (Basel)* **8**: 737.
- Cai, L. *et al.* (2011). "The evolution of species concepts and species recognition criteria in plant pathogenic fungi". *Fungal Divers.* **50**: 121-133.
- Crous, P. W. *et al.* (2021). "Names of phytopathogenic fungi: a practical guide". *Phytopathology* **111**: 1500-1508.
- De Cock, A. W. A. M. *et al.* (2015). "*Phytophthium*: molecular phylogeny and systematics". *Persoonia* **34**: 25-39.
- Hawksworth, D. L. *et al.* (2011) "Fungal nomenclature. 2. The Amsterdam Declaration on fungal nomenclature". *Mycotaxon* **116**: 491-500.
- Jayawardena, R. S. *et al.* (2021). "What is a species in fungal plant pathogens?". *Fungal Divers.* **109**: 239-266.
- Lücking, R. *et al.* (2021). "Fungal taxonomy and sequence-based nomenclature". *Nat. Microbiol.* **6**: 540-548.
- Manawasinghe, I. S. *et al.* (2021). "Defining a species in fungal plant pathology: beyond the species level". *Fungal Divers.* **109**: 267-282.
- Stengel, A. *et al.* (2022). "Improving taxonomic delimitation of fungal species in the age of genomics and Phenomics". *Front. Microbiol.* **13**: 847067.



## Nuevas herramientas biotecnológicas para el control de enfermedades: *Botrytis cinerea* como modelo

**DOLORES FERNÁNDEZ ORTUÑO** es profesora e investigadora del Dpto. de Microbiología de la Universidad de Málaga (UMA) y del IHSM-UMA-CSIC “La Mayora”. Doctora por la UMA, realizó dos estancias posdoctorales, en Rothamsted Research (Reino Unido) y en la Universidad de Clemson (EE. UU.). En la UMA, codirige el grupo de investigación “Diseño racional de fitosanitarios”, cuyos principales objetivos son aportar soluciones para el control del oídio de las cucurbitáceas y la botritis, mediante la identificación de nuevas dianas, proteínas esenciales para el desarrollo o la patogenicidad de estos hongos, y el diseño de nuevas moléculas con acción fungicida como antifúngicos y polinucleótidos. Todo ello, para incrementar el número de herramientas disponibles para el control integrado de estas enfermedades,

**DOLORES FERNÁNDEZ-ORTUÑO<sup>1,2</sup>, ALMUDENA ESCOBAR-NIÑO<sup>3</sup>, FRANCISCO JAVIER FERNÁNDEZ-ACERO<sup>3</sup>, JONATAN NIÑO-SÁNCHEZ<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga (UMA)

<sup>2</sup>Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea “La Mayora”, Universidad de Málaga, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IHSM-UMA-CSIC), Málaga

<sup>3</sup>Laboratorio de Microbiología y Proteómica. Instituto de Investigaciones Vitivinícolas y Agroalimentarias (IVAGRO), Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz

<sup>4</sup>Departamento de Producción Vegetal y Recursos Forestales, ETSIIAA

<sup>5</sup>Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (iuFOR), ETSIIAA Universidad de Valladolid, Palencia

La producción agrícola sigue siendo atacada por una gran cantidad de plagas, enfermedades y malas hierbas que pueden reducir el rendimiento de los cultivos entre el 10 % y el 40 %, causando pérdidas anuales de 279 000 millones de euros a nivel mundial. Entre las enfermedades que atacan a los cultivos, los hongos son el principal grupo de patógenos por el número de especies y su importancia económica. Entre ellos destaca *Botrytis cinerea*, hongo causante de la enfermedad de la botritis, también conocida como moho gris o podredumbre gris, en más de 1000 especies de plantas, incluidas verduras y hortalizas, frutales y plantas ornamentales, causando pérdidas económicas anuales de más de 9000 millones de euros en todo el mundo. Debido a su amplia gama de hospedadores y su impacto económico, *B. cinerea* es considerado como el segundo hongo patógeno de plantas más importante desde el punto de vista agronómico<sup>[1]</sup>.

Las importantes pérdidas económicas que causa *B. cinerea*, tanto en cosecha como en postcosecha, hacen indispensable el desarrollo de distintas prácticas y estrategias

que eviten o, al menos, reduzcan los daños ocasionados por este patógeno. Sin embargo, este hongo es difícil de controlar debido a su amplia variedad de mecanismos de ataque, a sus múltiples hospedadores, y al hecho de sobrevivir, durante largos periodos, en forma de esclerocios, lo que hace complejo el desarrollo de estrategias para su control. Hoy en día, el método de control de la botritis más utilizado es el control químico, mediante la aplicación de fungicidas durante el desarrollo de los cultivos. Así, por ejemplo, en 2018, el 24 % de los tratamientos fungicidas llevados a cabo en cultivos hortícolas fueron antibotritis. No obstante, existen otras estrategias como son el control biológico, la mejora genética y las prácticas culturales. Actualmente, se intenta realizar una gestión integrada que combine todas las estrategias anteriormente mencionadas intentando posponer al máximo el uso de fungicidas.

Aunque el control químico es el método más usado para combatir la infección por *B. cinerea*, este hongo es capaz de desarrollar resistencia a estas sustancias químicas rápidamente, por lo que ha sido catalogado



contribuyendo así al desarrollo de una agricultura más sostenible y productiva.

**ALMUDENA ESCOBAR NIÑO** es licenciada en Bioquímica y doctora en Genética y Microbiología por la Universidad de Sevilla (US) sobre producción de biodiésel por bacterias. Desde 2020 es profesora ayudante de Microbiología en la Universidad de Cádiz (UCA). Está trabajando en la aplicación de enfoques proteómicos innovadores a organismos no modelo, como hongos fitopatógenos y microalgas, y su aplicación para el desarrollo de nuevos productos antifúngicos y biomédicos.

**FRANCISCO JAVIER FERNÁNDEZ-ACERO NIÑO** es licenciado en Ciencias Biológicas por la Universidad de Córdoba (UCO) y doctor en Microbiología por la Universidad de Cádiz; formación postdoctoral en el Instituto Max Planck for Plant Beading Research (Colonia, Alemania) y en el Plant Sciences Department en

por el Fungicide Resistance Action Committee (FRAC) como un patógeno de alto riesgo de desarrollo de resistencia a fungicidas. La presencia de aislados de *B. cinerea* multirresistentes es un hecho bien descrito en numerosos países del mundo, incluyendo el nuestro<sup>[2, 3]</sup>. El desarrollo de la resistencia a fungicidas es un proceso evolutivo. El fungicida está ejerciendo presión de selección en la población del patógeno mientras está atacando a la población inicial (o silvestre) pero no a la población alterada (o mutante). El uso excesivo o mal uso de un modo de acción fungicida puede acelerar significativamente estos cambios en la población. Aunque se han descrito distintos mecanismos involucrados en la resistencia a fungicidas (detoxificación del fungicida, sobreexpresión de la diana o expulsión desde el sitio de acción), el más comúnmente observado en los aislados de *B. cinerea* es la alteración del sitio de acción del fungicida, a través de un cambio en la secuencia genética codificante de la enzima o proteína diana del compuesto<sup>[2]</sup>.

A pesar de que el uso de fungicidas es el método de control más eficaz, el futuro del sector agrícola pasa por la construcción de una estrategia en la que la reducción del uso de estos compuestos en el control de enfermedades se ha convertido en un objetivo a cumplir en muchos países, con un especial énfasis en los últimos años. Para ello, la Comisión Europea, en el marco de las estrategias propuestas dentro del Pacto Verde Europeo, ha presentado la estrategia “De la granja a la mesa”, en favor de un sistema alimentario equitativo, saludable y respetuoso con el medio ambiente en el que se pretende reducir, entre otros, el uso de pesticidas en un 50 % para el año 2030. Las principales razones son las de conseguir una mayor calidad de los productos, promover un sistema de producción menos dañino con el medio ambiente y que no implique riesgos para la salud, además de para reducir los costes de producción. La reducción de los fungicidas pasa por un uso

más racional que maximice la efectividad de las aplicaciones y limite su número al mínimo. Sin embargo, nuevas plagas y enfermedades se desarrollarán y, de no contar con suficientes innovaciones y un marco regulatorio adecuado, podrán aumentar las resistencias presentes en los cultivos; disminuyendo claramente su producción. Por ello, actualmente existe una necesidad urgente de nuevas herramientas de protección de cultivos que puedan ser compatibles con un entorno agrícola cambiante y cada vez más sostenible. En esta línea, el silenciamiento génico por ARN interferente, el desarrollo de péptidos bioactivos y el uso de aptámeros, tienen mucho que aportar y pueden ser una oportunidad para la innovación en este sector.

### Control mediante silenciamiento génico inducido por pulverización. Avances en la administración de moléculas de ARN mediante nanoencapsulación

El silenciamiento génico inducido por pulverización (SIGS, del inglés *Spray-Induced Gene Silencing*) es una técnica que se basa en la aplicación externa de ARN de doble cadena (ARNdc) sobre un organismo con el fin de desencadenar una regulación específica en la expresión de uno o varios genes mediante el mecanismo biológico del ARN de interferencia. Este fenómeno fue descrito por primera vez en el nematodo *Caenorhabditis elegans*, y más tarde ha sido demostrado en animales, mamíferos, plantas y hongos. En cuanto a la protección de cultivos, el ARNdc se diseña específicamente para tener una secuencia complementaria a genes del patógeno que están implicados en el proceso de infección; así, el ARNdc, una vez dentro de las células del patógeno, reconocería los ARN mensajeros (ARNm) correspondientes a dichos genes y “silenciaría” su expresión mediante el mecanismo de ARN de interferencia, que está conservado en la mayoría de organismos eucariotas y que se

UCDavis (Davis, California, EE. UU). Desde 2012 es profesor titular de Microbiología en la Universidad de Cádiz. Durante este período, su campo de especialización se ha centrado en el desarrollo de enfoques proteómicos innovadores para organismos no modelo, como hongos fitopatógenos, levaduras enológicas y microalgas. Su interés se ha centrado en la aplicación de enfoques proteómicos para el desarrollo de nuevas herramientas biotecnológicas, como fungicidas respetuosos con el medio ambiente o nuevos péptidos antitumorales.

**JONATAN NIÑO SÁNCHEZ** es licenciado en Biología Fundamental y Biotecnología, licenciado en Bioquímica y doctor en Agrobiotecnología en la Universidad de Salamanca (USAL). Realizó estancias postdoctorales en las Universidades de California-Davis y California-Riverside (EE. UU) y en la Universidad de Valladolid (Uva),

encarga de degradar transcritos específicos con el fin de evitar su traducción.

La eficiencia y la seguridad de esta técnica se basa en la homología entre las secuencias del gen o genes diana que se pretenden silenciar y la molécula de ARNdc aplicada, lo que minimiza el riesgo de efectos no deseados en la planta y en su microbioma. Aunque se produjesen efectos no deseados, estos serían transitorios, pudiéndose reemplazar rápidamente la molécula de ARNdc con un coste muy reducido. Además, la estrategia SIGS no requiere una completa homología en toda la secuencia del ARNm para llevar a cabo su efecto, lo que evita que se establezcan mutaciones puntuales que generen estirpes resistentes, que es un efecto adverso en fungicidas y plaguicidas agroquímicos como se ha comentado anteriormente.

*B. cinerea* se ha establecido como una especie modelo para el estudio de la técnica SIGS por la comunidad científica debido a su gran impacto como patógeno de especies vegetales y productos de postcosecha, y por tratarse de una especie muy estudiada y de relativo fácil manejo en el laboratorio. De esta manera, en 2016, junto con una publicación que demostraba que la técnica SIGS es efectiva en el control de la fusariosis de la espiga del trigo, se demostró de igual manera que lo es en el control de la podredumbre gris producida por *B. cinerea* en diversos frutos (tomate, fresa, uva) y cultivos (lechuga, cebolla, rosa)<sup>[4]</sup>. En este primer trabajo, los genes diana de *B. cinerea* seleccionados para el diseño de las moléculas de ARNdc fueron los genes *dicer-like* (*BcDCL1* y *BcDCL2*), esenciales en el patógeno<sup>[4]</sup>. Posteriores estudios han dilucidado nuevas dianas génicas útiles en el control de *B. cinerea* mediante SIGS. Entre las más reseñables se encuentran los genes responsables de la síntesis del ergosterol, *BcERG11*, *BcERG1*, *BcERG13*, o los genes *BcTIM44*, *BcTRR1*, *BcPRD11*, *BcNOB1*, también útiles en el control

mediante SIGS de *Sclerotinia sclerotiorum*, así como diversos genes esenciales previamente descritos (*BcSAS1*, *Bcchs1*, *BcEF2*, *BcBMP3*).

En 2018, un estudio detalló por primera vez cómo en la comunicación planta-patógeno *Arabidopsis thaliana* es capaz de enviar ARN a través de vesículas extracelulares al patógeno *B. cinerea* durante el proceso de infección como mecanismo de defensa. Este fenómeno natural de comunicación es conocido como ARN de interferencia entre reinos, ya que algunos de estos ARN de doble cadena desencadenan silenciamiento génico con el fin de inhibir la virulencia del patógeno. Mediante la secuenciación de las moléculas de ARN contenidas en las vesículas de *A. thaliana* en la infección por *B. cinerea* y posterior identificación de ARNm de *B. cinerea* potencialmente regulados, se determinaron 33 potenciales dianas génicas. Tres de estos genes (*BcVPS51*, *BcDCTN1* y *BcSacI*), involucrados en el tráfico de vesículas del patógeno, fueron seleccionados para diseñar una molécula de ARNdc que se ha demostrado eficaz en el control del patógeno<sup>[5]</sup>. Por lo tanto, el estudio de los ARN implicados en la interacción planta-patógeno es de gran utilidad para dilucidar nuevas dianas génicas eficaces en la tecnología SIGS.

Sin embargo, existen diversos factores que limitan la tecnología SIGS en un uso generalizado en la agricultura a fecha de hoy. Algunas de estas limitaciones están ligadas a la naturaleza del patógeno: i) debe poseer una maquinaria completa de silenciamiento génico, requisito que cumple *B. cinerea* puesto que posee proteínas funcionales Dicer-like, un completo complejo proteico RISC y polimerasas dependientes de ARN para la amplificación de la señal de silenciamiento; y ii) debe ser capaz de internalizar el ARNdc aplicado de manera exógena, lo que, en el caso de *B. cinerea*, se ha demostrado que es capaz de realizar de manera muy eficiente.

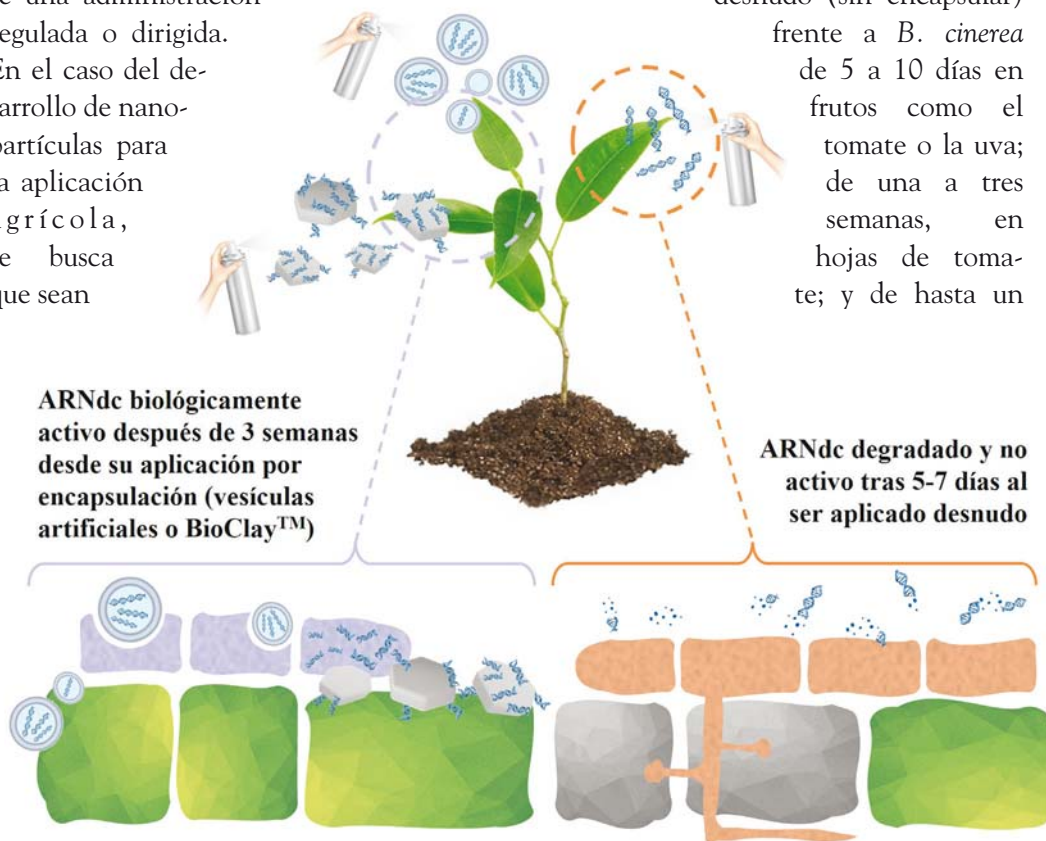
beneficiario Horizon Europe MSCA. Desde 2023 es profesor ayudante doctor en el área de Sanidad Vegetal en la UVA y pertenece al Instituto Universitario de Investigación Forestal Sostenible (iuFOR). Su línea de investigación es el desarrollo de nuevos biofungicidas basados en ARN y su aplicación mediante el uso de nanotecnología en sistemas agrícolas y forestales.

La comunidad científica está desarrollando diferentes métodos de encapsulación en nanopartículas que proporcionan protección al ARNdc y una entrega eficaz al patógeno

Por otra parte, también hay limitaciones propias de la técnica. La primera es el coste de producción de ARNdc, que, afortunadamente, ha disminuido drásticamente desde 12 500 \$ por gramo de ARNdc en 2008, a 60 \$ en 2018, y hasta 0,50-4,00 \$ hoy en día. La segunda y más crucial es la inestabilidad que presentan las moléculas de ARNdc en el ambiente, debido a que son susceptibles a la radiación, a la lluvia y, en especial, a las nucleasas existentes en las superficies de tejidos vegetales. Para superar este hándicap, la comunidad científica está desarrollando diferentes métodos de encapsulación en nanopartículas que proporcionen protección al ARNdc y una entrega eficaz al patógeno. En este sentido, se están generando multitud de nanopartículas diferentes no sólo para la aplicación de ARNdc, sino para cualquier tipo de sustancia activa que sea fácilmente degradable, o que necesite una administración regulada o dirigida. En el caso del desarrollo de nanopartículas para la aplicación agrícola, se busca que sean

de fácil absorción y que promuevan una acción sistémica mediante su movimiento a través de la planta. En general, estas nanopartículas se dividen en tres grandes grupos: orgánicas (basadas en vesículas artificiales, en liposomas, en polímeros, en proteínas transportadoras); inorgánicas (nanopartículas sintéticas de arcilla aniónica, metal y sílice); y aquellas basadas en carbono (*carbon dots*, nanotubos, *nanohorns*, fullerenos, *nanobeads*, nanofibras, nanodiamantes, etc.). El uso de la nanotecnología en SIGS está testándose de manera muy positiva en el control *B. cinerea*. En primer lugar, utilizando una arcilla aniónica, en particular hidróxidos dobles laminares (LDH)<sup>[6]</sup> que, junto a la molécula de ARNdc específica, ha dado lugar al producto BioClay™. La administración tópica de

BioClay™ extiende la protección que ofrece la aplicación de ARNdc desnudo (sin encapsular) frente a *B. cinerea* de 5 a 10 días en frutos como el tomate o la uva; de una a tres semanas, en hojas de tomate; y de hasta un



La encapsulación de las moléculas de ARNdc mediante nanotecnología confiere una protección efectiva de su integridad que consigue extender la durabilidad antifúngica en la tecnología SIGS (Figura elaborada por Jonatan Niño Sánchez).

Para dilucidar los mecanismos implicados en el proceso infectivo, diversos estudios han utilizado la proteómica como herramienta fundamental de análisis

Los procesos de comunicación planta-patógeno se realizan a través de receptores de membrana y cascadas de transducción de señales, esenciales para desencadenar rutas específicas y el éxito final de la infección

mes, en plantas adultas de garbanzo. Seguidamente, se ha testado el uso de vesículas artificiales como transportadores, una aproximación que imita el fenómeno natural de comunicación entre la planta y el patógeno fúngico por medio de vesículas extracelulares. Las vesículas artificiales son compuestos no tóxicos constituidos principalmente por moléculas de fosfolípidos y esteroides, y, al igual que el LDH, protegen al ARNdc de su degradación por nucleasas, además de ofrecer una mayor estabilidad en la superficie de los tejidos vegetales debido a fuerzas de adhesión<sup>[5]</sup>. La mejora de la estabilidad mediante la encapsulación de ARNdc en vesículas conduce a una protección prolongada mediante SIGS, que se refleja en un aumento de la protección en el cultivo del tomate y de la vida de hasta tres semanas<sup>[5]</sup> [véase figura].

En conclusión, la aplicación externa de moléculas de ARNdc mediante la tecnología SIGS es una alternativa prometedora al uso de fungicidas químicos, especialmente desarrollada en el control de *B. cinerea*. A falta de un mayor desarrollo respecto a su aplicación que permita un uso global, los productos basados en ARN están entrando en el mercado, complementando a los productos de control tradicionales.

### La proteómica en el control de *B. cinerea*

Una de las principales características de *B. cinerea* es su alta capacidad para desarrollar distintas herramientas enfocadas a completar con éxito su ciclo de infección y propagación. Estas herramientas tienen orígenes variados y son conocidas como factores de patogenicidad o virulencia. La mayoría de estos factores tienen naturaleza proteica o son sintetizados por proteínas. Al conjunto de proteínas sintetizadas por un organismo, tejido, célula, cepa, etc. en un momento y condición determinadas se le denomina proteoma, y el área encargada de su estudio es la proteómica. Por tanto, la proteómica es un conjunto de técnicas

que nos permite el análisis y la identificación de todas las proteínas sintetizadas por un organismo en una determinada condición experimental.

De entre todas las -ómicas, la proteómica se ha constituido como la herramienta ideal para el análisis de los factores de patogenicidad/virulencia sintetizados por *B. cinerea*, debido a diversos motivos. A diferencia del genoma, el proteoma es un sistema altamente dinámico que varía en función de las condiciones ambientales, fisiológicas y patológicas del organismo, como resultado de mecanismos de regulación a nivel molecular. Estos mecanismos incluyen la expresión diferencial, modificaciones postranscripcionales y postraduccionales, capaces de redirigir la función biológica de cualquier péptido sintetizado. A su vez, está descrito en otros sistemas biológicos que la correlación transcrito-proteína no es buena, concluyendo que el proteoma es el producto final y, por tanto, es el nivel relevante de análisis. Por esta razón, los estudios de proteómica representan uno de los enfoques más apropiados para analizar procesos biológicos y comprender la compleja red de interacciones involucradas en las funciones celulares, como sería el proceso infectivo de *B. cinerea*.

Para dilucidar los mecanismos implicados en el proceso infectivo, diversos estudios han utilizado la proteómica como herramienta fundamental de análisis. Esta técnica ha evolucionado desde la proteómica de primera generación que, basada en el uso de geles bidimensionales como técnica de separación de proteínas, utilizaba los sistemas de ionización por láser y detectores de tiempo de vuelo (MALDI TOF/TOF) como técnica de identificación de proteínas. Estas aproximaciones adolecían de problemas de reproducibilidad que se mitigaban aumentando el número de réplicas, eran tremendamente arduos y difíciles, así como poco precisos. Aun así, el primer trabajo sobre proteómica en

En 2021 se describieron las proteínas de la superficie del hongo, lo que representó el primer surfactoma de la especie

Aproximadamente la mitad de las proteínas codificadas en el genoma de *B. cinerea* aún no han sido encontradas, detectadas o cuantificadas mediante proteómica en ninguna de las aproximaciones realizadas

*B. cinerea* permitió desentrañar sus primeros factores de patogenicidad, establecer los mejores protocolos y determinar la variabilidad fenotípica de este hongo<sup>[7]</sup>. En los últimos años, la mejora de las técnicas de análisis de proteínas junto con la publicación y constante actualización del genoma de *B. cinerea* han mejorado la calidad y precisión de estas aproximaciones. Los progresos han permitido un análisis más preciso de procesos biológicos esenciales en la infección, como serían los de comunicación planta-patógeno. Estos procesos se realizan a través de receptores de membrana y cascadas de transducción de señales, esenciales para desencadenar rutas específicas y el éxito final de la infección. En este contexto, en 2016 se realizó la primera descripción del membranoma de *B. cinerea*, siendo también una primera aproximación para el estudio de las cascadas de señalización del fitopatógeno. Avanzando en este sentido, en 2021 se describieron las proteínas de la superficie del hongo, lo que representó el primer surfactoma de la especie<sup>[8]</sup>. En ambos estudios se han realizado enfoques proteómicos para estudiar los cambios en las cascadas de transducción de señales de *B. cinerea* en respuesta a diferentes fuentes de carbono y elicitores de origen vegetal, glucosa (GLU) y paredes celulares de tomate desproteinizadas (TCW). Utilizando el mismo enfoque experimental se ha analizado el secretoma, el fosfoproteoma, el fosfomembranoma y el proteoma de las vesículas extracelulares<sup>[9, 10]</sup>. Además, se estudiaron los cambios fenotípicos en la biología de los hongos, específicamente la producción de toxinas. El análisis mediante ontología génica (*Gene Ontology*, GO) permite unificar y agrupar (según su proceso biológico, función molecular o componente celular) cada proteína identificada usando un vocabulario estructurado y común, especialmente útil en la anotación de genes, productos genéticos y secuencias. Según el análisis GO, hay más procesos biológicos y funciones moleculares descritas en GLU

en la mayoría de los subproteomas analizados, destacando el aumento en las categorías relacionadas con la señalización. Estos resultados concuerdan con el elevado número de proteínas totales identificadas en GLU, lo que probablemente indica un metabolismo más variado y activo del hongo. Sin embargo, el fosfomembranoma fue el único subproteoma que presentó un mayor número de categorías GO en TCW, lo que puede indicar un papel crucial como interruptor en el cambio entre estados patogénicos de aquellas proteínas de membrana reguladas por fosforilación. Al analizar solo las anotaciones GO relacionadas con la transducción de señales, se reveló que había proteínas relacionadas con la señalización TOR, el sistema de transducción de señales “fosforelay” y la señalización mediada por lípidos de inositol, solo en condiciones de GLU. Por el contrario, la anotación GO de señalización mediada por calcio solo está presente entre las proteínas identificadas en condiciones de TCW. La identificación de las proteínas incluidas en estas cascadas de transducción de señales proporcionará a la comunidad investigadora nueva información sobre el proceso de infección por *B. cinerea* y posibles candidatos de factores de patogenicidad/virulencia, superación de las defensas de las plantas y nuevas dianas terapéuticas.

A pesar de todos estos avances, cuando comparamos los datos obtenidos en todas las aproximaciones proteómicas realizadas hasta la fecha<sup>[8]</sup> con las últimas actualizaciones del genoma de *B. cinerea* (2012) e intentamos correlacionar ambas bases de datos, el resultado obtenido solamente alcanza el 54 %. Este dato sugiere que aproximadamente la mitad de las proteínas codificadas en el genoma de *B. cinerea* aún no han sido encontradas, detectadas o cuantificadas mediante proteómica en ninguna de las aproximaciones realizadas. Dicho de otra forma, la mitad del genoma del hongo parece ser críptico, expresándo-

Hasta la fecha, el uso de los aptámeros se ha centrado principalmente en fines clínicos con aplicaciones terapéuticas a través de su uso como fármacos, principalmente antivirales

Los aptámeros parecen ser buenos candidatos como agentes terapéuticos para proteger los cultivos a los que a los que ataca *B. cinerea*

se en condiciones aún por determinar. Estos datos confirman que este hongo dispone de un arsenal de herramientas todavía más diverso de lo que se pensaba.

No obstante, y a pesar de los avances en las aproximaciones realizadas hasta la fecha, la proteómica también ha permitido el estudio de nuevos factores implicados en la virulencia, como, por ejemplo, los péptidos bioactivos. Los péptidos bioactivos son secuencias de aminoácidos generadas como resultado de la degradación de una fuente proteica por una o varias proteasas; el resultado de esta hidrólisis produce péptidos con un papel importante, como agonista y antagonista de opioides, antioxidantes, anticoagulantes, reguladores de la concentración de colesterol, presión arterial o como antifúngicos y antibióticos. Estos péptidos también pueden ser sintetizados *de novo* mediante la actividad de las péptido sintasas no ribosomales (NRPS). La capacidad de *B. cinerea* para producir estos péptidos, y alguna actividad de estos, habían sido previamente descritas, pero su presencia y papel durante el ciclo infeccioso aún no están del todo claros. Los parámetros de análisis de estos péptidos han sido optimizados en el IVAGRO (Cádiz) mediante la hidrólisis de proteínas vegetales, así como los ensayos de su eficacia fitotóxica, propiedades antibióticas o antifúngicas. Los ensayos fitotóxicos de los péptidos bioactivos obtenidos mostraron que *B. cinerea* es capaz de producir péptidos bioactivos con actividades fitotóxicas y antibióticas, ya sea transformando proteínas vegetales (TCW) o mediante síntesis *de novo* (GLU). Estos péptidos están siendo analizados y secuenciados en el servicio de proteómica del IVAGRO para determinar, por primera vez, el papel de estos péptidos durante el ciclo de infección; y resaltar la posible aplicación biotecnológica de este proceso en la valorización de biomasa mediante la transformación de residuos vegetales industriales en compuestos bioactivos.

### Uso de aptámeros para el control de *B. cinerea*

Los aptámeros se definen como una secuencia sencilla de oligonucleótidos de ADN o ARN, de corta longitud, que reconocen moléculas diana de pequeño tamaño o complejos multiméricos. Desde que se descubrieron en 1990, se abrió un gran campo de posibilidades a su paso, cuyo mayor éxito se ha conseguido en los últimos 10 años. Los aptámeros han atraído la atención científica porque tienen propiedades únicas, como su sencilla y corta estructura y que puedan plegarse tridimensionalmente con facilidad, de forma que la unión a su molécula diana es adecuada, precisa y muy estable; además de tener una elevada afinidad y especificidad hacia ella. Estas moléculas se han utilizado con éxito en diferentes áreas de la biotecnología; sin embargo, y hasta la fecha, el uso de los aptámeros se ha centrado principalmente en fines clínicos con aplicaciones terapéuticas a través de su uso como fármacos, principalmente antivirales. Esta línea de progreso en terapia se ha visto recompensada recientemente, estando el primer fármaco basado en aptámeros aprobado por la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) para el tratamiento de la degeneración macular relacionada con la edad (DMAE). Por otro lado, las ventajas que presentan han creado cierta curiosidad por parte de la industria alimentaria, agroalimentaria o química. Hasta la fecha, estas moléculas se han desarrollado y utilizado con éxito en la detección de alérgenos, antibióticos, microorganismos y micotoxinas en alimentos, pesticidas y residuos fertilizantes.

Debido a la gran dificultad para controlar al hongo fitopatógeno *B. cinerea*, los aptámeros parecen ser buenos candidatos como agentes terapéuticos para proteger los cultivos a los que ataca. Esto se debe, principalmente, a que son capaces de unirse de forma específica y con gran afinidad

El uso de nuevos “biofungicidas” basados en el mecanismo biológico del ARN de interferencia, proteínas antimicrobianas y aptámeros son una opción prometedora y sostenible para el control de la podredumbre gris

a las moléculas diana, inhibiendo su función. Estudios recientes llevados a cabo por el grupo de investigación “Diseño racional y sostenible de fitosanitarios”, de la Universidad de Málaga, han mostrado resultados prometedores sobre el uso de dos aptámeros capaces de inhibir una proteína implicada en la detoxificación de especies reactivas de oxígeno, clave en la patogénesis de *B. cinerea*. Estudios realizados *in vitro* e *in vivo* han mostrado porcentajes de reducción de la enfermedad de la botritis en torno al 60 %, indicando el potencial de estos oligonucleótidos para su posible inclusión dentro de los diferentes programas de control de la enfermedad (López-Laguna *et al.*, en preparación).

### Conclusión final

El uso de nuevos “biofungicidas” basados en el mecanismo biológico del ARN de interferencia, proteínas antimicrobianas y aptámeros son una opción prometedora y sostenible para el control de la podredumbre gris causada en un amplio rango de especies vegetales por *B. cinerea*. Avanzar en el desarrollo de estos nuevos biofungicidas mejorando su aplicación (nanoencapsulación) y profundizando en el conocimiento de dianas más eficaces (estudio de proteómica en la comunicación planta-patógeno) tendrá como resultado un descenso del uso de agroquímicos en nuestros cultivos como exige el plan Europeo “De la granja a la mesa”.

## REFERENCIAS

- <sup>[1]</sup> Dean, R. *et al.* (2012) “The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology”. *Mol. Plant Pathol.* **13**: 414-430.
- <sup>[2]</sup> Fernández-Ortuño, D. *et al.* (2016) “Characterization of resistance to six chemical classes of site-specific fungicides registered for gray mold control on strawberry in Spain”. *Plant Dis.* **100**: 2234-2239.
- <sup>[3]</sup> Fernández-Ortuño, D. *et al.* (2017) “Resistance to the SDHI fungicides boscalid, fluopyram, fluxapyroxad, and penthiopyrad in *Botrytis cinerea* from commercial strawberry fields in Spain”. *Plant Dis.* **101**: 1306-1313.
- <sup>[4]</sup> Wang, M. *et al.* (2016). “Bidirectional cross-kingdom RNAi and fungal uptake of external RNAs confer plant protection”. *Nat. Plants* **2**: 1-10.
- <sup>[5]</sup> Qiao, L. *et al.* (2023). “Artificial nanovesicles for dsRNA delivery in spray-induced gene silencing for crop protection”. *Plant Biotechnol. J.* **21**: 854-865.
- <sup>[6]</sup> Niño-Sánchez, J. *et al.* (2022). “BioClay™ prolongs RNA interference-mediated crop protection against *Botrytis cinerea*”. *J. Integr. Plant Biol.* **64**: 2187-2198.
- <sup>[7]</sup> Liñeiro, E. *et al.* (2016). “Contribution of proteomics research to understanding *Botrytis* biology and pathogenicity”. Capítulo en *Botrytis—the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems*, pp 315-333. Springer Nature. Berlín, Alemania.
- <sup>[8]</sup> Escobar-Niño, A. *et al.* (2021). “Unravelling the initial triggers of *Botrytis cinerea* infection: First description of its surfactome”. *J. Fungi* **7**: 1021-1039.
- <sup>[9]</sup> Escobar-Niño, A. *et al.* (2023). “The adaptation of *Botrytis cinerea* extracellular vesicles proteome to surrounding conditions: Revealing new tools for its infection process”. *J. Fungi* **9**: 872-897..
- <sup>[10]</sup> Escobar-Niño, A. *et al.* (2021). “Deciphering the dynamics of signaling cascades and virulence factors of *B. cinerea* during tomato cell wall degradation”. *Microorganisms* **9**: 1837-1863.



## Enfermedades fúngicas de la madera,

## una amenaza para cultivos de importancia económica

**NIEVES CAPOTE MAÍNEZ** es doctora en Biotecnología por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En la actualidad, es investigadora principal del IFAPA, Centro las Torres, en Sevilla. Su investigación se centra en el diseño y aplicación de métodos moleculares de detección y caracterización de hongos fitopatógenos y el control sostenible de enfermedades de plantas causadas por hongos.

**LAURA ROMERO CUADRADO** es licenciada en Biología y tiene un máster en Microbiología aplicada a la industria Biotecnológica por la Universidad de Sevilla. Su carrera profesional se ha enmarcado en la Biología Molecular aplicada a la agricultura. Está especializada en la detección y cuantificación de fitopatógenos en cultivos de interés mediante PCR a tiempo real y en estudios de expresión

**NIEVES CAPOTE, LAURA ROMERO-CUADRADO, ANA AGUADO y DAVID RUANO-ROSA**

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

### Enfermedades de la madera de cultivos leñosos

Los cultivos leñosos como el olivo, la vid, los cítricos, los frutales de hueso (ciruelo, melocotón y albaricoque), los frutales de pepita (manzano y peral), los frutales tropicales (mango y aguacate), el arándano, el almendro y otros frutos secos como el nogal y el pistacho, son de gran importancia económica para España. Sin embargo, se enfrentan a una seria amenaza en forma de enfermedades fúngicas de la madera, causadas por hongos de diversas familias como *Botryosphaeriaceae*, *Calosphaeriaceae*, *Diaporthaceae*, *Diatrypidae*, *Nectriaceae*, *Phaeomoniellaceae*, *Pleosporaceae*, *Togniniaceae* y *Valsaceae*<sup>[8]</sup>. El aumento en la incidencia de estas enfermedades en las últimas décadas puede atribuirse a varios factores. En primer lugar, la intensificación de los cultivos, con el objetivo de aumentar su productividad, ha creado condiciones favorables para el desarrollo de estos hongos. El incremento en la densidad del cultivo, especialmente en los sistemas de producción intensivo o superintensivo, ha resultado en un mayor aporte de agua y fertilización, una limitación lumínica y aumento de la humedad en la copa de los árboles, así como una intensificación y mecanización de la poda y la recolección. Además, se han introducido nuevas variedades adaptadas a este tipo de explotación cuya susceptibilidad a las enfermedades no ha sido siempre explorada. Este nuevo es-

cenario, unido a la progresiva prohibición del uso de fungicidas químicos por normativa europea y a la situación actual de cambio climático, se consideran las principales causas del aumento de la incidencia de enfermedades fúngicas en los cultivos leñosos. En esta revisión nos centraremos en las enfermedades de la madera de cultivos leñosos ocasionadas por hongos de la familia *Botryosphaeriaceae*.

### La familia *Botryosphaeriaceae*

*Botryosphaeriaceae* (Ascomycota, Dothideomycetes, Botryosphaeriales) es una extensa familia de hongos ascomicetos filamentosos, ampliamente distribuida por todo el mundo. Estos hongos pueden actuar como saprófitos, endofíticos o patógenos de plantas<sup>[8]</sup>. Además de cultivos leñosos de interés agrícola como los mencionados anteriormente, también se ven afectadas especies forestales como el roble, el eucalipto, el alcornoque y el pino, ornamentales asociadas a ambientes urbanos como la hiedra, ficus, cedros y cipreses, especies no leñosas como el *Cannabis*, la fresa e incluso líquenes. A pesar de que los hongos de esta familia son mayormente aéreos, existen algunos hongos de suelo, como *Macrophomina phaseolina*. La principal vía de infección es a través de heridas de poda, las ocasionadas por herramientas de recolección o la maquinaria utilizada para la aplicación de productos fitosanitarios o el laboreo del te-



génica. Actualmente desarrolla su doctorado en el Área de Protección Vegetal Sostenible del IFAPA, Centro Las Torres.

**ANA AGUADO PUIG** es doctora en Mejora Genética Vegetal por la Universidad de Sevilla (US). Actualmente es Técnico Especialista principal del IFAPA, en Sevilla. Su línea de trabajo es la detección, epidemiología y control de los hongos fitopatógenos, con especial interés en los productores de micotoxinas.

**DAVID RUANO ROSA** es doctor en Biología por la Universidad de Córdoba (UCO). Actualmente es investigador titular del IFAPA, Centro de Las Torres (Sevilla). Su investigación se centra en la búsqueda de alternativas al control químico de enfermedades causadas por hongos, a través de la caracterización de agentes de control biológico y de sustancias procedentes de la valorización de subproductos y residuos agrícolas e industriales, enmarcados en el concepto bioeconomía circular.

rreno. Sin embargo, también pueden penetrar en la planta a través de aberturas naturales como estomas, lenticelas o yemas en desarrollo. Estos hongos producen infecciones latentes como endófitos, induciéndose la patogenicidad cuando la planta huésped se ve sometida a algún tipo de estrés a/biótico, como falta de agua, deficiencia nutricional o infección por otro patógeno. Los hongos secretan enzimas hidrolíticas que degradan la pared celular de las células vegetales y colonizan los vasos del xilema reduciendo el flujo de nutrientes. Además, estos hongos pueden producir metabolitos fitotóxicos que les ayudan a invadir y colonizar la planta huésped aumentando su virulencia<sup>[16]</sup>. Los síntomas de la enfermedad varían dependiendo del tipo de cultivo. Generalmente, la enfermedad se manifiesta como chancros, tanto en tronco como en ramas, donde además puede dar lugar a una muerte regresiva, abundante gomosis, necrosis de los tejidos internos en forma sectorizada, subcortical o en punteaduras, decaimiento de la planta y muerte ocasional de la misma [Figuras 1 y 2]. La muerte de la planta se produce generalmente en casos de infección severa o en nuevas plantaciones, ya que las plantas jóvenes son más susceptibles a la enfermedad. En plantas adultas, la infección conlleva la pérdida de ramas o brazos, no siendo frecuente la muerte de la planta. El follaje también puede verse afectado, produciéndose

se patrones foliares o una pérdida total o parcial del mismo. En algunos cultivos, el efecto sobre la floración puede provocar

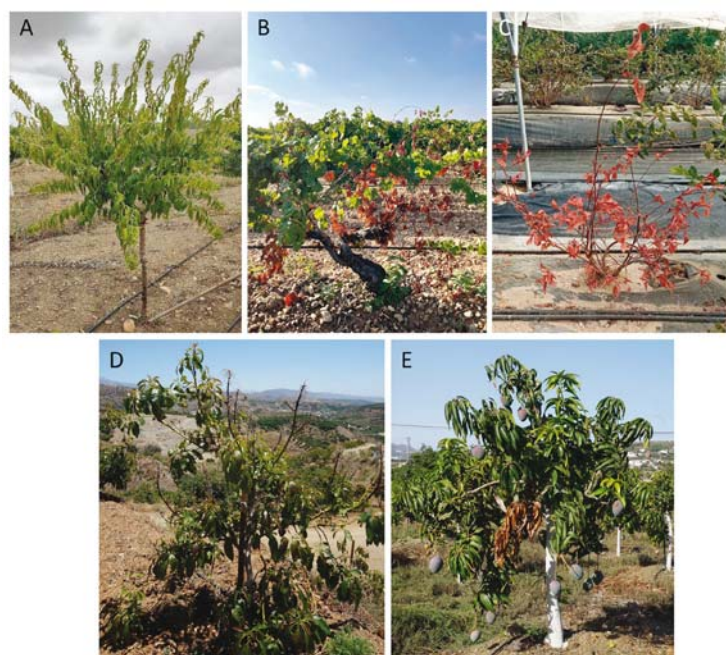


Figura 1. Síntomas de enfermedades de la madera ocasionadas por hongos de la familia *Botryosphaeriaceae* en cultivos leñosos: marchitamiento en almendro joven (A), enrojecimiento de hojas y seca de ramas en vid (B) y arándano (C), muerte regresiva de ramas en aguacate (D) y mango (E). (Fotos obtenidas por Nieves Capote, David Ruano, Ana Aguado y Carlos López Herrera).

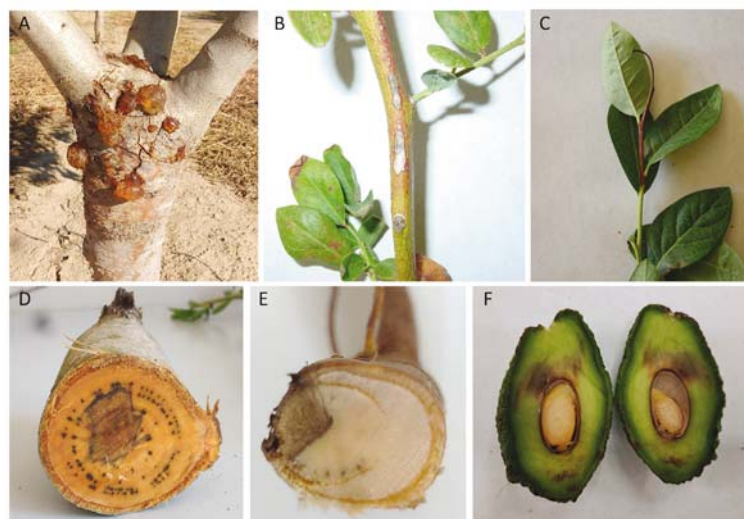


Figura 2. Chancro y abundante gomosis en tronco de almendro (A), chancro en rama (B) y seca de brotes (C) en arándano, necrosis sectorizada y punteaduras en tejidos internos de almendro (D y E) y podredumbre en fruto de aguacate (F) ocasionados por hongos de la familia *Botryosphaeriaceae* (Fotos obtenidas por Nieves Capote, Ana Aguado y Carlos López Herrera).

Las conidias o esporas asexuales (picnidiosporas) producidas en los picnidios en las plantas infectadas y liberadas por el agua de lluvia son la principal fuente de inóculo

La familia *Botryosphaeriaceae* es muy diversa filogenéticamente y su taxonomía ha ido variando a lo largo del tiempo a medida que han aumentado los datos de secuenciación y los subsecuentes análisis filogenéticos

importantes pérdidas económicas<sup>[1]</sup>. En el fruto, la enfermedad se manifiesta como manchas y necrosis internas [véase figura 2].

## Epidemiología

Las conidias o esporas asexuales (picnidiosporas) producidas en los picnidios en las plantas infectadas y liberadas por el agua de lluvia son la principal fuente de inóculo. Las ascosporas o esporas sexuales, liberadas por el viento, se consideran una fuente de inóculo menor. Estas estructuras se forman en el tejido vegetal infectado que suele quedar en la planta. Es por ello que la eliminación de dicho material y su gestión se incluyen entre las estrategias a seguir para el control de nuevas fuentes de inóculo en el terreno (véase apartado de Control). Pero existen otras fuentes de inóculo que podríamos considerar externas, determinadas por masas vegetales vecinas (terrenos agrícolas y forestales), que pueden actuar de huéspedes alternativos de las especies de *Botryosphaeriaceae*, pudiendo tener un importante papel epidemiológico. En general, las fincas de producción explotan distintos cultivos a la vez o están localizadas en las proximidades de otros cultivos leñosos susceptibles, lo que advierte de la importancia de elegir adecuadamente el área de establecimiento de una nueva plantación. Otra de las fuentes externas de inóculo lo constituye el material vegetal de propagación de vivero. Las plantas de vivero pueden albergar infecciones latentes asintomáticas que se transforman en enfermedad una vez que las plantas se establecen en el campo y se producen las condiciones favorables para su desarrollo. Una vez en el campo, los hongos de la familia *Botryosphaeriaceae* se dispersan a través del viento, el agua de riego o de lluvia, los insectos vectores y las herramientas de poda y recolección. El cambio climático se ha postulado como uno de los principales responsables del aumento de la incidencia de las enfermedades de la madera a nivel mundial. En con-

creto, se ha demostrado que el progreso de la enfermedad en almendro aumenta en condiciones de estrés hídrico<sup>[1]</sup>.

## Biología

La biología y ecología de los hongos de la familia *Botryosphaeriaceae* no está ampliamente estudiada. Existen numerosas lagunas de conocimiento sobre la interacción molecular entre *Botryosphaeriaceae* y su planta huésped, incluyendo cómo se establece la infección asintomática, cuáles son los mecanismos que inducen la patogenicidad de los endófitos, así como sobre el salto a nuevos hospedadores o la distribución mundial de las especies. *Neofusicoccum parvum* parece ser la especie mejor adaptada y la más ampliamente distribuida<sup>[2]</sup>. El genoma de *Botryosphaeriaceae* está más enriquecido que otros genomas de Dothideomycetes en enzimas activas en carbohidratos (CAZymes), proteasas y lipasas, enzimas involucradas en la degradación de los componentes de la pared celular de las plantas. *Neofusicoccum parvum* está entre las especies que tienen su genoma más enriquecido en estos genes. En contraste, las especies del género *Diplodia*, menos agresivas para diversos cultivos, poseen menor número de genes relacionados con la patogenicidad y la virulencia<sup>[3]</sup>.

## Variabilidad genética

La familia *Botryosphaeriaceae* es muy diversa filogenéticamente y su taxonomía ha ido variando a lo largo del tiempo a medida que han aumentado los datos de secuenciación y los subsecuentes análisis filogenéticos. Zhang y col. (2021)<sup>[22]</sup> realizaron un amplio estudio filogenético multiloci utilizando la secuenciación parcial de las regiones ITS1 e ITS2 y el gen 5,8S del ADN ribosomal nuclear, y de los genes del factor de elongación de la traducción 1-alfa (*tef1*), beta tubulina (*tub2*), la subunidad grande de ARN ribosómico nuclear (LSU) y la segunda subunidad mayor de la ARN polimerasa II (*rpb2*). Este

Las tecnologías de NGS han revolucionado la investigación en el campo de la biología, la evolución y la patología de las especies de *Botryosphaeriaceae*

Es importante elegir el terreno donde se va a establecer una nueva plantación, para evitar áreas con alta presión de inóculo procedente de otros cultivos aledaños susceptibles, o incluso masas forestales

análisis, apoyado con estudios morfológicos, permitió determinar sinónimos entre especies descritas como distintas anteriormente y describir nuevas especies dentro de los géneros *Botryosphaeria*, *Diplodia*, *Dothiorella*, *Lasiodyplodia*, *Neofusicoccum*, *Neoscytalidium*, *Phaeobotryon*, *Barriopsis*, *Sphaeropsis*, *Alanphillipsia*, *Oblongocollomyces*, *Pseudofusicoccum* y *Saccharata*. Hasta 2021 se habían descrito 20 géneros y 280 especies de *Botryosphaeriaceae*<sup>[2]</sup>, aunque la descripción de nuevas especies aumenta progresivamente y su clasificación está en continuo cambio<sup>[3]</sup>.

Las tecnologías de NGS (*Next Generation Sequencing*, por sus siglas en inglés) han revolucionado la investigación en el campo de la biología, la evolución y la patología de las especies de *Botryosphaeriaceae*. La secuenciación del ADN o ARN extraído de una planta infectada permite la identificación simultánea de varias especies, así como la detección de potenciales patógenos en material asintomático. Asimismo, la secuenciación de los genomas completos ha permitido demostrar que las especies de *Botryosphaeriaceae* son capaces de reproducirse sexualmente y que su estrategia de apareamiento evoluciona de forma muy dinámica. Después de la secuenciación del genoma completo de *M. phaseolina*, la secuenciación de especies de *Botryosphaeriaceae* ha aumentado exponencialmente hasta llegar en la actualidad a 248 genomas secuenciados<sup>[12]</sup>. Además, la genómica comparativa está permitiendo la identificación de genes relacionados con la patogenicidad o factores de virulencia, la detección de la presencia o no de cromosomas accesorios, además de la caracterización de la variabilidad de las poblaciones. Así mismo, estos estudios se están aplicando para comprender la habilidad de *Botryosphaeriaceae* de infectar a un amplio rango de hospedadores. Por su parte, los estudios de transcriptómica han revelado la expresión regulada y diferencial de genes durante la infección

temprana y tardía, y la inducción de genes específicos como consecuencia del estrés ambiental. Finalmente, aunque aún no se ha aplicado a la familia *Botryosphaeriaceae*, los avances en la extracción de ácidos nucleicos y la miniaturización de plataformas de secuenciación como el sistema de secuenciación por nanoporos (*Nanopore DNA sequencing*) contribuirán a un mayor conocimiento de esta familia de hongos y, por tanto, a un avance sobre las estrategias de control.

### Control

El control de las enfermedades de la madera ocasionadas por hongos de la familia *Botryosphaeriaceae* a menudo implica prácticas de manejo integrado, como la poda selectiva de los tejidos dañados, el arranque o eliminación de las plantas afectadas y la aplicación de fungicidas. Hoy en día, el uso de fungicidas químicos sigue siendo la medida de control más extendida. Sin embargo, las nuevas políticas europeas como la estrategia “De la Granja a la Mesa” está llevando a que, debido los efectos sobre la salud humana, animal y medioambiental que ocasionan, así como a los problemas asociados a la aparición de resistencias, el número de materias activas disponibles sea cada vez más reducido.

Como ocurre con otros hongos, como por ejemplo *Verticillium dahliae*, la inaccesibilidad del patógeno en la planta, ya sea durante las infecciones latentes en el material de vivero asintomático o en árboles en el campo, afecta a la viabilidad de las estrategias de control curativas. Por ello, actualmente se ha puesto el foco de atención en la implementación de medidas de control preventivas. En preplantación, dado el amplio rango de hospedadores que presenta la familia *Botryosphaeriaceae*, es importante elegir el terreno donde se va a establecer una nueva plantación, para evitar áreas con alta presión de inóculo procedente de otros cultivos aledaños susceptibles, o incluso masas forestales.

La eliminación del material infectado es muy importante para mantener un correcto estado fitosanitario del cultivo, ya que es ahí donde se van a formar las estructuras reproductivas que pueden dar lugar a nuevas infecciones

Cuando hablamos de control preventivo, el desarrollo de herramientas moleculares capaces de detectar estos patógenos de forma rápida, específica y altamente sensible es de gran importancia

En la mayoría de los casos, la ausencia de métodos efectivos para el control de patógenos hace que el uso de material tolerante o resistente esté considerado una de las estrategias de control más interesantes, principalmente por su sostenibilidad. Sin embargo, los trabajos enfocados a identificar cultivares resistentes o tolerantes a estos patógenos son escasos. Así, no se han descrito variedades resistentes a la infección por *Botryosphaeriaceae* en ninguno de los cultivos leñosos ensayados, aunque se han descrito variedades con distinto grado de susceptibilidad en cultivos de vid, olivo, almendro, aguacate y arándano, entre otros. Los estudios concluyen que el grado de susceptibilidad depende en gran medida de la genética de la planta, es decir, del diámetro de su sistema vascular, de los niveles de compuestos fenólicos o lignina que tenga su corteza o de lo rápida que sea la inducción de los genes de defensa. Además, la susceptibilidad a la enfermedad viene también determinada por la especie de *Botryosphaeriaceae*, la agresividad del aislado dentro de cada especie, las condiciones ambientales, la naturaleza del tejido vegetal afectado (tejido joven o lignificado) e incluso del tipo de material sobre el que se realiza la prueba de susceptibilidad (ramas escindidas, plantas en maceta o plantas en campo). Las complicaciones que conllevan los programas de selección o evaluación de plantas leñosas, hace que este tipo de trabajos suelen realizarse bajo condiciones controladas con un tiempo de desarrollo muy corto. No obstante, en los últimos años, se están desarrollando trabajos en condiciones de campo para identificar el grado de susceptibilidad de diferentes cultivares de vid a estos patógenos<sup>[5, 19]</sup>.

Como se ha comentado anteriormente, la eliminación del material infectado es muy importante para mantener un correcto estado fitosanitario del cultivo, ya que es ahí donde se van a formar las estructuras reproductivas que pueden dar lugar a nuevas infecciones. Tradicionalmente, las es-

trategias más utilizadas para la gestión de estos restos de poda (o incluso de plantas muertas) han sido la quema y la acumulación de dichos restos en las cercanías del cultivo o su picado e incorporación al terreno (con enterrado o no). Sin embargo, la quema actualmente no puede realizarse y, desde un punto de vista fitopatológico, las otras estrategias pueden ser perjudiciales, ya que pueden constituir una fuente de inóculo viable durante varios años. Por ello, la gestión de los restos de poda mediante compostaje puede ser una buena alternativa, ya que las altas temperaturas alcanzadas durante el proceso y la presencia de microorganismos llevan a una higienización de amplio espectro del material vegetal. Además, está dentro de la tan demandada bioeconomía circular, pues permite valorizar dicho material vegetal y utilizarlo para mejorar las condiciones del cultivo<sup>[15]</sup>.

Cuando hablamos de control preventivo, el desarrollo de herramientas moleculares capaces de detectar estos patógenos de forma rápida, específica y altamente sensible es de gran importancia, más teniendo en cuenta el papel que el material infectado asintomático puede tener como fuente de dispersión. En este sentido, se han desarrollado protocolos basados en PCR en tiempo real (qPCR) para la detección simultánea de las especies fúngicas más prevalentes y agresivas en el cultivo del almendro (*Botryosphaeria dothidea* y *Neofusicoccum parvum*), el género *Neofusicoccum* y la familia *Botryosphaeriaceae*<sup>[14]</sup>. Estas herramientas moleculares no solo son útiles para un diagnóstico preciso de la enfermedad, sino también para la detección preventiva de los patógenos en material de vivero o plantaciones jóvenes incluso antes de la aparición de los síntomas. Asimismo, se pueden aplicar para cuantificar la densidad de inóculo presente en muestras ambientales y determinar las fuentes de inóculo, en el marco de estudios epidemiológicos.

El control biológico se ha convertido en una alternativa realista y sostenible para reemplazar a los pesticidas químicos o reducir sus dosis de aplicación, dentro de una estrategia de manejo integrado

Entre las bacterias, *Bacillus* sp. y *Pseudomonas* sp. son los géneros más utilizados con éxito como agentes de control biológico (ACB)

El control biológico se ha convertido en una alternativa realista y sostenible para reemplazar a los pesticidas químicos o reducir sus dosis de aplicación, dentro de una estrategia de manejo integrado. La mayoría de los estudios utilizan cepas fúngicas y bacterianas como agentes de control biológico (ACB), aunque también se han probado actinobacterias y oomicetos (por ej., *Pythium oligandrum*). Los ACB inhiben o destruyen a los hongos patógenos a través de mecanismos de acción directa o indirecta. Los mecanismos directos de acción incluyen: i) la competencia por el espacio y los nutrientes; ii) la producción de sideróforos que reducen la población de los patógenos mediante la competencia por el hierro; iii) la producción de enzimas hidrolíticas que permeabilizan o degradan la pared celular del patógeno (por ej. quitinasas, glucanasas, proteasas); iv) la producción de antibióticos o productos tóxicos que afectan al metabolismo del patógeno; y v) el micoparasitismo. Por otro lado, entre los mecanismos de acción indirecta se encuentran: i) la inducción de genes de defensa de la planta, como la resistencia sistémica inducida (ISR), previniendo así a la planta de un futuro ataque de los patógenos; y ii) la promoción del crecimiento de la planta.

Existen numerosas especies de hongos antagonistas que han demostrado su potencial como ACB de especies de *Botryosphaeriaceae*: *Trichoderma* sp., *Chaetomium* sp., *Cladosporium* sp., *Epicoccum* spp., *Epicoccum nigrum*, *Clonostachys rosea*, *Fusarium proliferatum* y *Purpureocillium lilacinum*. Entre ellos, destacan especies del género *Trichoderma* [Figura 3], que exhiben la mayor eficiencia en protección de heridas de poda y tratamiento de material de propagación de viveros contra patógenos de *Botryosphaeriaceae* en diferentes cultivos<sup>[4, 13]</sup>. Actualmente, los productos basados en



Figura 3. Antagonismo *in vitro* entre *Trichoderma* (derecha) y hongos de la familia *Botryosphaeriaceae* (izquierda) (Foto obtenida por David Ruano).

algún aislado de este género ya superan el 60% de los biopesticidas registrados<sup>[13]</sup>, existiendo algunos destinados a su uso contra *Botryosphaeriaceae* comercializados en nuestro país, como Vintec® (*T. atroviride* SC1), Esquive® (*T. atroviride* I-1237) y Remedier® (*T. asperellum* ICC012 y *T. gamsii* ICC080)<sup>[10]</sup>.

Entre las bacterias, *Bacillus* sp. y *Pseudomonas* sp. son los géneros más utilizados con éxito como ACB [Figura 4]. Ambos géneros producen antibióticos, inducen la promoción del crecimiento y la resistencia sistémica en las plantas hospedantes. Asimismo, crecen en alta densidad en medios

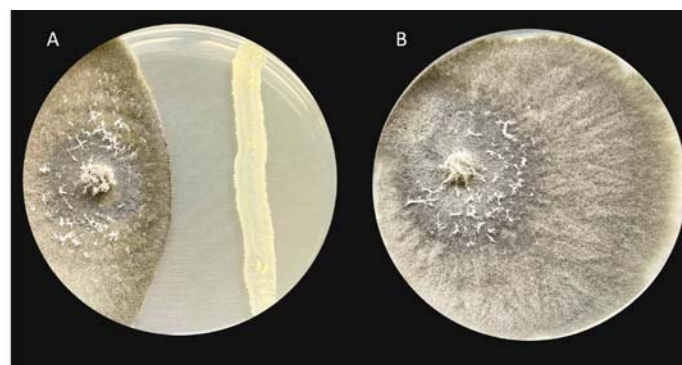


Figura 4. Antagonismo *in vitro* entre una cepa bacteriana (derecha, placa A) y *Neofusicoccum parvum* (izquierda, placa A). La placa B muestra el crecimiento del hongo sin la presencia de la bacteria (Foto obtenida por David Ruano).

Las especies de *Bacillus* producen estructuras de resistencia, llamadas endosporas, capaces de sobrevivir durante largos períodos en condiciones desfavorables, lo que les confiere ventaja de supervivencia en condiciones naturales

La termoterapia se ha postulado como un método alternativo, beneficioso y de gran potencial para el control de enfermedades fúngicas de la madera de distintos cultivos

de cultivo y son fáciles de manejar, características deseables para una fácil formulación como ACB. Además, las especies de *Bacillus* producen estructuras de resistencia, llamadas endosporas, capaces de sobrevivir durante largos períodos en condiciones desfavorables, lo que les confiere ventaja de supervivencia en condiciones naturales. En este contexto, especies de *Bacillus* (*B. amyloliquefaciens*, *B. halotolerans*, *B. subtilis*, *B. velezensis*) y de *Pseudomonas* (*P. aeruginosa*, *P. protegens*, *P. syringae*) han sido utilizados contra patógenos de la madera en diversos cultivos leñosos<sup>[20]</sup>.

Otra de las alternativas sostenibles para el control de enfermedades de la madera se basa en el uso de cepas de hongos fitopatógenos portadoras de micovirus. Los micovirus, también conocidos como virus de hongos, son un tipo de virus que pueden tener un impacto significativo en la biología y ecología de los hongos a los que infectan. Están ampliamente extendidos por la mayoría de los grupos de hongos patógenos de plantas. La mayoría de los micovirus son de ARN de doble cadena o cadena simple (dsARN, ssARN) aunque existen micovirus de ADN, pero son menos abundantes. Los micovirus se replican dentro de la célula del hongo hospedador, aunque normalmente no entran en el núcleo de ésta, se adaptan a su ciclo de vida sin producirle lisis celular y se transmiten intracelularmente. El mecanismo de transmisión puede ser horizontal (en el 47 % de los casos) mediante la anastomosis de las hifas, o vertical (en el 52,3 %) por la producción de esporas asexuales, o pasando de células madre a células hija. Estas infecciones virales pueden tener un efecto negativo para los hongos, reduciendo su virulencia en el caso de los hongos patógenos, así como cambios en el crecimiento y en la producción de esporas. Este efecto negativo sobre los hongos patógenos se contempla como una alternativa sostenible de control de enfermedades de plantas, con muy poco o ningún impacto ambiental.

En este sentido, se ha descrito la hipovirulencia de *Botryosphaeria dothidea* del peral asociada a la infección de un chrysovirus y un partitivirus (BdCV1 y BdPv1)<sup>[21]</sup>. Para la detección, aislamiento y caracterización de micovirus se usan tradicionalmente técnicas de microscopía, ultracentrifugación y secuenciación. La tendencia actual es la caracterización del micoviroma de un hongo patógeno mediante técnicas de secuenciación masiva o *High throughput sequencing* (HTS). En este sentido, se ha caracterizado el micoviroma de un aislado del hongo patógeno *Neofusicoccum parvum*, patógeno de la vid, demostrándose la diversidad de micovirus existente entre distintos aislados de la misma especie fúngica<sup>[9]</sup>.

Entre las medidas físicas de control destaca la termoterapia, por su eficacia y fácil aplicación para el control de enfermedades de la madera en vid (yesca, pie negro, enfermedad de Petri y eutipiosis, entre otras)<sup>[7]</sup>. Consiste en la aplicación de un tratamiento calorífico al material vegetal (semillas o material vegetal de propagación de vivero) de modo que sea letal para el patógeno y no dañino o con daños mínimos para el huésped. Se ha postulado como un método alternativo, beneficioso y de gran potencial para el control de enfermedades fúngicas de la madera de distintos cultivos, aunque puede no resultar completamente efectivo para el control de algunos hongos que resisten altas temperatura. Si bien se ha desarrollado en profundidad para la vid, no es una estrategia que haya sido abordada de forma generalizada para otros cultivos leñosos. Sin embargo, son numerosos los ejemplos de su eficacia en el control de hongos patógenos de la familia *Botryosphaeriaceae* en postcosecha en cultivos como la banana, el mango o la pera<sup>[6]</sup>.

Por último, la nueva tendencia de búsqueda de productos alternativos a los fitosanitarios de síntesis ha puesto en el punto de mira el estudio de sustancias de origen natural. Así, se ha evaluado la efectividad de multitud de sustancias frente a estos pa-

Otra de las alternativas sostenibles para el control de enfermedades de la madera se basa en el uso de cepas de hongos fitopatógenos portadoras de micovirus. Los micovirus pueden tener un impacto significativo en la biología y ecología de los hongos a los que infectan

tógenos, mostrando en algunos casos una reducción del crecimiento *in vitro* de especies de *Botryosphaeriaceae*, como protectoras de heridas de poda e incluso en ensayos de campo. Entre las sustancias evaluadas

se han descrito oligosacáridos de quitosano, extractos de plantas como el ajo, *Rubia tinctorum*, *Urtica dioica*, *Equisetum arvense*, sustancias puras como la vainillina, y un largo etcétera<sup>[17]</sup>.

## REFERENCIAS

- [1] Agustí-Brisach, C. *et al.* (2020). "Water stress enhances the progression of branch dieback and almond decline under field conditions". *Plants (Basel)* **9**: 1213.
- [2] Batista, E., Lopes, A. y Alves, A. (2021). "What do we know about *Botryosphaeriaceae*? An overview of a worldwide cured dataset". *Forests* **12**: 313.
- [3] Belair, M. *et al.* (2023). "*Botryosphaeriaceae* gene machinery: Correlation between diversity and virulence". *Fungal Biol.* **127**: 1010-1031.
- [4] Berbegal, M. *et al.* (2020). "Evaluation of long-term protection from nursery to vineyard provided by *Trichoderma atroviride* SC1 against fungal grapevine trunk pathogens". *Pest. Manag. Sci.* **76**: 967-977.
- [5] Chacón-Vozmediano, J. L. *et al.* (2021). "Cultivar susceptibility to natural infections caused by fungal grapevine trunk pathogens in La Mancha designation of origin (Spain)". *Plants* **10**: 1171.
- [6] Galsurker, O. *et al.* (2018). "Fruit stem-end rot". *Horticulturae* **4**: 50.
- [7] Gramaje, D. Úrbez-Torres, J. R. y Sosnowski, M. R. (2018). "Managing grapevine trunk diseases with respect to etiology and epidemiology: Current strategies and future prospects". *Plant Dis.* **102**: 12-39.
- [8] Guarnaccia, V. *et al.* (2022). "Fungal trunk diseases of fruit trees in Europe: pathogens, spread and future directions". *Phytopathol. Mediterr.* **61**: 563-599.
- [9] Marais, A. *et al.* (2021). "Characterization of the mycovirome of the phytopathogenic fungus, *Neofusicoccum parvum*". *Viruses* **13**: 375.
- [10] Mesguida, O. *et al.* (2023). "Microbial biological control of fungi associated with grapevine trunk diseases: A review of strain diversity, modes of action, and advantages and limits of current strategies". *J. Fungi (Basel)* **9**: 638.
- [11] Michailides, T. J. (1991). "Pathogenicity, distribution, sources of inoculum, and infection courts of *Botryosphaeria dothidea* on pistachio". *Phytopathology* **81**: 566-573.
- [12] Nagel, J. H., Wingfield, M. J. y Slippers, B. (2021). "Next-generation sequencing provides important insights into the biology and evolution of the *Botryosphaeriaceae*". *Fungal Biol. Rev.* **38**: 25-43.
- [13] Pollard-Flamand, J. *et al.* (2022). "Biocontrol activity of *Trichoderma* species isolated from grapevines in British Columbia against *Botryosphaeria* dieback fungal pathogens". *J. Fungi (Basel)* **8**: 409.
- [14] Romero-Cuadrado, L. *et al.* (2023). "Duplex real-time PCR assays for the simultaneous detection and quantification of *Botryosphaeriaceae* species causing canker diseases in woody crops". *Plants (Basel)* **12**: 2205.
- [15] Ruano-Rosa, D. y Gil-Pérez, B. (2022). "La Bioeconomía circular y el reto del control de patógenos en la agricultura". *Agricultura* **1062**: 76-79.
- [16] Reveglia, P., Billones-Baaijens, R. y Savocchia, S. (2022). "Phytotoxic metabolites produced by fungi involved in grapevine trunk diseases: Progress, challenges, and opportunities". *Plants (Basel)* **11**: 3382.
- [17] Sánchez-Hernández, E. *et al.* (2022). "Lignin-chitosan nanocarriers for the delivery of bioactive natural products against wood-decay phytopathogens". *Agronomy* **12**: 461.
- [18] Slippers, B. y Wingfield, M. (2007). "*Botryosphaeriaceae* as endophytes and latent pathogens of woody plants: Diversity, ecology and impact". *Fungal Biol. Rev.* **21**: 90-106.
- [19] Sosnowski, M. R. *et al.* (2022). "Winegrape cultivars *Vitis vinifera* vary in susceptibility to the grapevine trunk pathogens *Eutypa lata* and *Diplodia seriata*". *Aust. J. Grape Wine Res.* **28**: 166-174.
- [20] Travadon, R., Lawrence, D. P., Li, S. y Trouillas, F. P. (2023). "Field evaluation of biological wound treatments for the management of almond, cherry, and grapevine fungal canker diseases". *Biological Control* **185**: 105292.
- [21] Wang, L. P. *et al.* (2014). "Hypovirulence of the phytopathogenic fungus *Botryosphaeria dothidea*: Association with a coinfecting chrysovirus and a partitivirus". *J. Virol.* **88**: 7517-7527.
- [22] Zhang, W. *et al.* (2021). "Evaluating species in *Botryosphaeriales*". *Persoonia* **46**: 63-115.



## PIWI: una herramienta para mejorar la sostenibilidad del viñedo

**CRISTINA MENÉNDEZ MENÉNDEZ** es doctora ingeniera agrónoma por la Universidad de California, Riverside. Es profesora titular de la Universidad de La Rioja e investigadora del Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino, y responsable del grupo Breedvitis. Su investigación está centrada en la selección de nuevos genotipos para adaptación al cambio climático en uva de vinificación con especial interés en la interacción vid-oídio y el estudio del comportamiento de variedades resistentes a enfermedades fúngicas.

**MARÍA DEL MAR HERNÁNDEZ ÁLAMOS** es doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad Politécnica de Valencia. Actualmente es profesora titular de la Universidad de La Rioja, e investigadora del Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino en el grupo Breedvitis. Su investigación se centra

**CRISTINA MENÉNDEZ MENÉNDEZ<sup>1</sup>, MARÍA DEL MAR HERNÁNDEZ ÁLAMOS<sup>1</sup> y LEONOR RUIZ-GARCÍA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias de la Vid y el Vino (ICVV) (Universidad de la Rioja, CSIC, Gobierno de La Rioja) Departamento de Viticultura. La Grajera, Logroño, La Rioja

<sup>2</sup>Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental (IMIDA) Departamento de Biotecnología, Genómica y Mejora Vegetal. La Alberca, Murcia

### Introducción

El control de las enfermedades criptogámicas es uno de los retos más importantes en agricultura y especialmente en viticultura, por el elevado número de tratamientos fitosanitarios que los viticultores se ven obligados a aplicar. La viticultura en Europa es un sector líder de la economía agroindustrial: La Unión Europea (UE) representa el 50 % de la superficie mundial de viña, con 3,3 millones de ha, de las que el 96 % están dedicadas a uva de vino. España sigue siendo el país con mayor **superficie vitícola del mundo** (13,1%), con casi 1 millón de ha (961 000 ha). La importancia económica de la especie, unida a que la vid es el cultivo de la UE que mayor número de tratamientos fitosanitarios recibe, hacen que la mejora de la sostenibilidad de la viticultura sea una necesidad urgente.

El oídio, causado por el ascomiceto *Erysiphe necator*, y el mildiu, causado por el oomiceto *Plasmopara viticola*, son las enfermedades que acaparan el mayor porcentaje de aplicaciones anuales de fitosanitarios en los viñedos. Ambos son patógenos obligados, biotrófos y policíclicos, infectando todos los tejidos verdes de la vid. *Plasmopara viticola* crece óptimamente tras abundantes lluvias y una temperatura suave entre 18-22 °C, mientras que *Erysiphe necator*

desarrolla un crecimiento óptimo con una humedad relativa próxima al 85 % y una temperatura entre 25-28 °C. Estas enfermedades se introducen en el siglo XIX en Europa provenientes del continente americano, y afectan a la cantidad y calidad de la cosecha, causando graves pérdidas económicas en el viñedo, de hasta el 90 % si no se controlan.

El ascomiceto *Erysiphe necator* es un hongo con un ciclo alternante de reproducción asexual y sexual. La fase asexual produce en las hojas un micelio superficial de color gris que se reproduce creando hifas verticales que se transforman en cadenas de conidias. La forma sexual del hongo, la cleistoteca, se produce cuando las condiciones externas no son favorables. Así el hongo pasa el invierno en forma de micelio dentro de las yemas de los brotes infectados el año anterior, o bien como cleistotecios en órganos que se han visto afectados, principalmente hojas en el suelo o corteza. En primavera, las infecciones primarias se producen por el micelio que está en las yemas, o por la germinación de las ascosporas de las cleistotecas, que tienen capacidad infectiva. El ciclo de *Erysiphe necator* dura entre 10 y 14 días si se dan las condiciones óptimas de temperatura y humedad. El viento es el principal



en la búsqueda de variedades resistentes/tolerantes al oídio, para el estudio de los metabolitos que intervienen en las relaciones entre vid-oídio, y en la evaluación agronómica y enológica de variedades resistentes a enfermedades fúngicas.

**LEONOR RUIZ-GARCÍA** es doctora ingeniera agrónoma por la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente es investigadora titular adscrita al Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental (IMIDA), y responsable del equipo de Mejora Genética Molecular. Su investigación se centra en la mejora genética de uva de vinificación mediante cruzamientos dirigidos y una selección asistida por marcadores moleculares, con dos objetivos principales: la obtención de variedades resistentes a factores abióticos, como la sequía y las altas temperaturas, y a factores bióticos, como el oídio y mildiu.



Figura 1. Síntomas causados por el oídio en hoja y racimo de vid (Foto tomada por Sara I. Blanco González, Breedvitis-ICVV).

agente de dispersión de las conidias generando las infecciones secundarias. La sintomatología incluye manchas cloróticas en el haz de las hojas [Figura 1], que se convierten en lesiones blancas y que, en casos de infección severa, causan un abarquillamiento característico. Las bayas infectadas aparecen cubiertas por un polvillo gris-blanquecino, que adquiere un tono marrón oscuro posteriormente, facilitando la penetración de las podredumbres por el agrietamiento de las bayas [véase figura 1].

El oomiceto *Plasmopara viticola* también es dimórfico en sus formas reproductivas, con esporas tanto sexuales como asexuales. Este rasgo influye fuertemente en el comportamiento epidemiológico de *P. viticola*, que se caracteriza por ciclos de infección primaria (sexual) y secundaria (asexual) que se superponen durante una parte de la temporada. Pasa el invierno en forma de oosporas en la hojarasca de suelos de viñedos, germinando en primavera y produciendo un

macrosporangio que libera zoosporas. Los macrosporangios o zoosporas, por separado o en combinación, llegan por la lluvia al dosel de la vid, infectando a través de los estomas. Las hojas infectadas presentan las típicas manchas de aceite en el haz [Figura 2] que se corresponden en el envés con una pelusilla blanquecina. Las bayas pueden ser afectadas de forma temprana, cubriéndose de pelusilla blanquecina, o de forma tardía, adquiriendo en este caso un color pardo [véase figura 2].

La mayoría de las variedades de *Vitis vinifera* son altamente susceptibles a la infección



Figura 2. Síntomas causados por el mildiu en hoja y racimo de vid (Foto tomada por José Luis Ramos Sáez de Ojer, Consejería de Agricultura, Gobierno de La Rioja).

El oídio, causado por el ascomiceto *Erysiphe necator*, y el mildiu, causado por el oomiceto *Plasmopara viticola*, son las enfermedades que acaparan el mayor porcentaje de aplicaciones anuales de fitosanitarios en los viñedos

El desarrollo de variedades de vid resistentes a enfermedades, obtenidas a través de cruces o hibridaciones de *Vitis vinifera* con otras especies resistentes del género *Vitis*, es una alternativa para avanzar en la sostenibilidad de la viticultura

de estos patógenos, mientras que las especies de vid americanas o asiáticas son más resistentes. El control del oídio y el mildiu se realiza actualmente mediante la aplicación sistemática de fungicidas, que tienen un impacto negativo en el medio ambiente, reducen la biodiversidad del ecosistema vitícola, además de incrementar los costes de producción de la uva. El Pacto Verde Europeo prioriza la protección y preservación del medio ambiente, e impone restricciones cada vez mayores para el uso de productos fitosanitarios. A esta situación se une una fuerte demanda social por la obtención y consumo de productos sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. En este contexto, el desarrollo de variedades de vid resistentes a enfermedades, obtenidas a través de cruces o hibridaciones de *Vitis vinifera* con otras especies resistentes del género *Vitis*, es una alternativa para avanzar en la sostenibilidad de la viticultura. La introducción de estas variedades permitiría no sólo una reducción drástica de tratamientos fitosanitarios, sino también del combustible necesario para su aplicación, reduciendo la huella de carbono y el impacto de la maquinaria sobre el suelo. En ningún caso se pretende llegar a “cero tratamientos”, debido, por una parte, a la propia evolución de los patógenos para superar los distintos mecanismos de resistencia que se puedan introducir con las nuevas variedades resistentes; y, por otro lado, a la recomendación de mantener un número reducido de tratamientos que permitan controlar otras enfermedades menores que se controlan con los mismos productos fitosanitarios.

Con el fin de garantizar una resistencia efectiva y duradera en el tiempo, es necesaria la incorporación en la misma planta de múltiples genes de resistencia, de manera que puedan aportar distintos mecanismos de defensa frente al patógeno (resistencia piramidal). En vid se han identificado hasta 35 *loci* responsables de la resistencia a mildiu (*Rpv*) y 15 *loci* responsables de la

resistencia a oídio (*Ren/Run*), según consta en la página web del [Vitis International Variety Catalogue VIVC](#). Sólo algunos de estos *loci* confieren resistencia total o parcial-alta, que implica una limitación en el desarrollo del patógeno y la incapacidad para desarrollar su ciclo completo. En la mayoría de los casos los *loci* descritos aportan una resistencia sólo parcial, parcial-baja o limitada, según afecte a varios estadios del ciclo vital del patógeno, incluyendo la frecuencia de la infección, proporción del tejido colonizado, duración del periodo de latencia y la capacidad de producción de esporas<sup>[6]</sup>. El tipo de resistencia depende de la interacción planta-huésped, que presenta distintos modelos que incluyen la inmunidad desencadenada por la presencia del patógeno o por la presencia de elicitores de la respuesta en la planta.

## Interacción planta-huésped

Para que se produzca la enfermedad, el patógeno tiene que superar las barreras innatas, que pueden ser de tipo físico, como las paredes celulares, y/o de tipo bioquímico, como son la producción de ceras, de sustancias repelentes, etc. Esta inmunidad innata hace que la mayoría de los hongos no puedan acceder a la planta. Los patógenos que superan estas barreras producen señales químicas, denominadas efectores. Son moléculas virulentas cuya función es suprimir la activación de respuestas de la defensa inmune<sup>[3]</sup>. Sin embargo, la célula huésped puede reconocer a los efectores por medio de la producción de proteínas resistentes (PR) asociadas a la resistencia gen-gen, que activan una cascada de genes relacionados con la defensa. Los mecanismos incluyen depósitos de callosa en los puntos infectados, síntesis de compuestos fenólicos que conducen al fortalecimiento de la pared celular, la producción de metabolitos secundarios con función fungitóxica, como las fitoalexinas, y el aumento de la actividad peroxidasa, que lleva a una reacción hipersensible que induce la muerte

Las variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas se conocen con el nombre de PIWI, abreviatura del término alemán *Pilzwiederstandsfähig*, que significa 'resistente a hongos'

En España, el desarrollo de variedades de vid resistentes a enfermedades se inició más recientemente, en 2012, y sigue desde entonces en progreso

programada de las células infectadas y de las que le rodean. Es una historia de coevolución entre la planta y el patógeno; la existencia de genes resistentes en *Vitis* europeas, Kishmish Vatkana y Kara Djandjal, sin aparente historia coevolutiva, sugieren otros mecanismos para la activación de estos genes<sup>[4]</sup>.

### PIWI

Las variedades de vid resistentes a enfermedades fúngicas, obtenidas por el cruce de variedades europeas (sensibles en su mayoría a enfermedades como el oídio y/o mildiu) con variedades americanas o asiáticas (con diferente grado de resistencia a oídio y/o mildiu), se conocen con el nombre de PIWI, abreviatura del término alemán *Pilzwiederstandsfähig*, que significa 'resistente a hongos'. La [asociación PIWI International](#) apoya el intercambio de información entre institutos de investigación, viticultores, productores y consumidores, facilitando la propagación de estas variedades de vid. Esta asociación, presente en toda Europa, promueve la acogida de estos vinos especialmente entre los consumidores para los que es importante la sostenibilidad y la protección del medio ambiente y la salud.

Los programas de mejora de vid mediante cruzamientos o hibridaciones entre viníferas y especies americanas tiene su auge en los años 80 del siglo xx, gracias a la iniciativa de distintos centros de investigación de Alemania, Francia, Austria, Checoslovaquia, Suiza, Hungría e Italia, que desarrollan nuevos híbridos resistentes a oídio y/o mildiu, y que además son portadores de buenas características agronómicas y enológicas<sup>[7]</sup>. Algunos ejemplos son las variedades resistentes Felicia, Phoenix, Regent y Villaris, obtenidas en Alemania; Roesler, obtenida en Austria; Villard blanc y Seyval blanc, obtenidas en Francia; Cerasón, obtenida en Checoslovaquia; Cabernet Eidos, Fleurtaí, Merlot Khantus y Valnosia, obtenidas en Italia; o Sauvignac y Caber-

net Blanc, obtenidas en Suiza. Entre 2007 y 2010 se autoriza el cultivo en Alemania, Austria y Suiza de nuevas variedades resistentes: Regent, Prior, Johanniter, Solaris y Cabernet Cortis. En 2013 se autoriza la inscripción en Italia de las variedades resistentes Cabernet Cortis, Cabernet Carbon, Helios, Johanniter, Prior y Solaris, y en 2014 se admiten, para su cultivo en la D.O.C. Trentino-Alto Adigio, las variedades resistentes Regent, Bronner, Solaris y Cabernet Cortis. En Alemania hay ya 38 variedades resistentes disponibles para los viticultores<sup>[8]</sup>. En Francia, cuatro variedades, Artaban, Floreal, Vidoc y Voltis, han sido incluidas en el catálogo nacional en 2018 y clasificadas como *V. vinifera* en 2021, allanando el camino para su inclusión en vinos con Apelación de Origen Controlada (AOC).

### PIWI en España

En España, el desarrollo de variedades de vid resistentes a enfermedades se inició más recientemente, en 2012<sup>[10]</sup>, y sigue desde entonces en progreso. A nivel privado, se inició en Cataluña con el programa de mejora VRIAACC (de las siglas en catalán para Variedades Resistentes y Autóctonas Adaptadas al Cambio Climático), impulsado y financiado por tres bodegas (Albet i Noya, Celler Josep Piñol y Alta Alella). En este proyecto, participa el genetista suizo Valentin Blattner, que diseñó cruzamientos entre variedades resistentes a oídio y mildiu y las variedades locales más extendidas en Cataluña, como Macabeu, Xarel·lo, Montonec, Ull de Llebre o Garnacha. En la actualidad cuentan con más de 1000 plantas seleccionadas que están en proceso de evaluación.

A nivel público, el IMIDA (Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Medioambiental) inició en el mismo año un programa de mejora partiendo de Monastrell, variedad de referencia de la zona, y de las variedades resistentes a oídio y/o mildiu Regent, Kishmish Vatkana

Aparte de estos programas de mejora, varios grupos de investigación en Castilla y León, Cataluña, Navarra, País Vasco y la Rioja estudian las posibilidades de utilización de variedades resistentes al oídio y al mildiu para reducir, entre un 50 % y un 75 %, el uso de productos fitosanitarios

Las variedades resistentes que están siendo objeto de estudio son cinco de uva blanca y cuatro de uva tinta

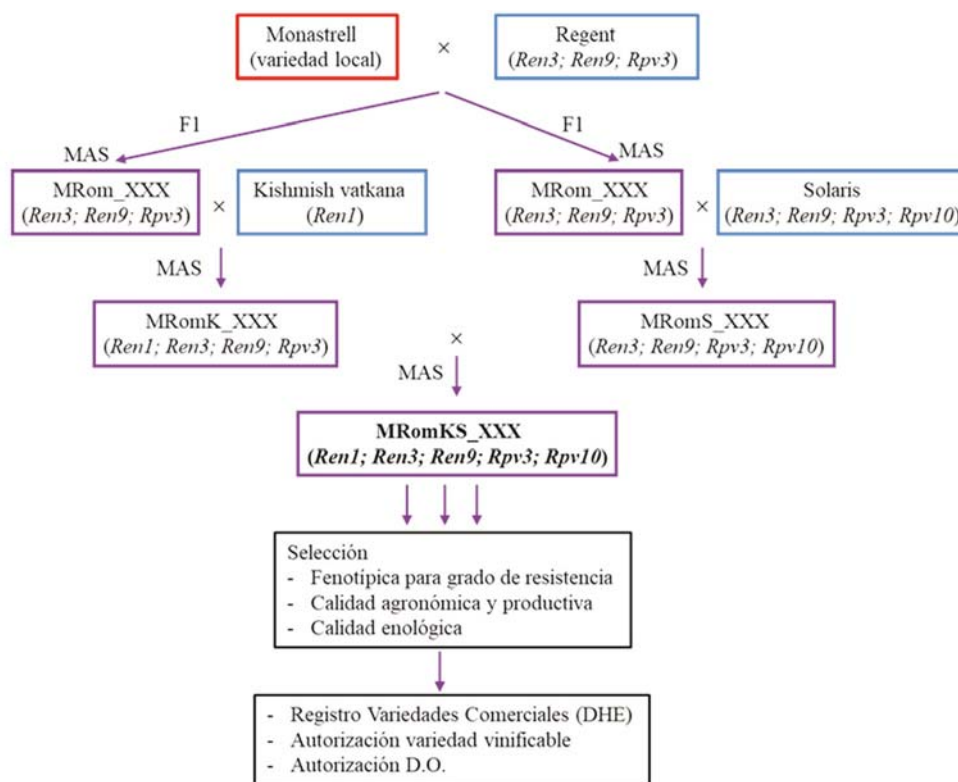


Figura 3. Diseño de los cruzamientos realizados en el programa de mejora de uva de vinificación del IMIDA, para la obtención de variedades resistentes. En la nomenclatura de las plantas seleccionadas: XXX indica un número variable de plantas en cada proceso; MAS, selección asistida por marcadores moleculares, por sus siglas en inglés *Marker Assisted Selection*; DHE, test para comprobar que son Distintas-Homogéneas-Estables; D.O., Denominación de Origen (Figura elaborada por Leonor Ruiz García, IMIDA).

y Solaris. Inicialmente se realizaron cruzamientos de Monastrell  $\times$  Regent, y se seleccionaron con marcadores moleculares, mediante PCR, los descendientes que habían heredado los *loci* o genes de resistencia a oídio *Ren3* y *Ren9*, y el *locus* o gen de resistencia a mildiu *Rpv3*, procedentes de Regent [Figura 3]. Las plantas seleccionadas se denominaron MRom, y una vez entraron en producción, se cruzaron por Kishmish Vatkana, portadora del *locus* de resistencia a oídio *Ren1*, seleccionándose las plantas portadoras de los *loci* de resistencia *Ren3*, *Ren9*, *Ren1* y *Rpv3* (MRomK); por otro lado, también se realizaron cruzamientos entre las plantas MRom y Solaris, portadora de los *loci* de resistencia *Ren3*, *Ren9*, *Rpv3* y *Rpv10*, seleccionándose las plantas portadoras de los genes de resistencia *Ren3*, *Ren9*, *Rpv3* y *Rpv10* (MRomS). Actualmente se dispone de 33 plantas MRomK y 30 plantas MRomS, que ya han

entrado en producción y que se cruzarán entre ellas para seleccionar los genotipos o plantas MRomKS que reúnan todos los *loci* de resistencia *Ren3*, *Ren9*, *Ren1*, *Rpv3* y *Rpv10*, continuando con el programa de mejora hasta que se identifiquen plantas MRomKS que, además de la resistencia, tengan buenas cualidades agronómicas y enológicas [véase figura 3].

Aparte de estos programas de mejora, varios grupos de investigación en Castilla y León (ITACyL), Cataluña (INCAVI), Navarra (INTIA), País Vasco (NEIKER) y la Rioja (ICVV) estudian las posibilidades de utilización de variedades resistentes al oídio y al mildiu para reducir, entre un 50 % y un 75 %, el uso de productos fitosanitarios. Este estudio lo realizan en colaboración con el vivero Agromillora. Las variedades resistentes que están siendo objeto de estudio son cinco de uva blanca

Además del grado de resistencia en distintos ambientes, se estudia la adaptación agronómica y la calidad enológica de los vinos elaborados con las variedades resistentes mediante análisis sensorial

La mayor parte de los estudios constatan que el comportamiento agronómico de las PIWI está marcado por la reducción en el número de tratamientos, de 10-15 a 2

(Fleurtaí, Sauvignon Kretos, Sauvignon Nepis, Sauvignon Rytos y Soreli), y cuatro de uva tinta (Cabernet Eidos, Cabernet Volos, Merlot Kanthus y Merlot Khorus). También se están realizando ensayos con la variedad resistente Sauvignon Kretos en campos experimentales en Somontano (Viñas del Vero). Además del grado de resistencia en distintos ambientes, se estudia la adaptación agronómica y la calidad enológica de los vinos elaborados con las variedades resistentes mediante análisis sensorial (ICVV).

En España, desde 2011, las variedades resistentes híbridas no tendrían problema para su registro como variedades comerciales, una vez superados los ensayos DHE realizados durante cuatro años para determinar que son Distintas-Homogéneas-Estables, siguiendo los protocolos de la Oficina Comunitaria de Variedades Vegetales (CPVO). Una vez autorizadas como variedades comerciales, se tiene que demostrar que son aptas para vinificación en cada comunidad autónoma donde se solicite plantar, siguiendo el Real Decreto vigente por el que se regula el potencial de producción vitícola.

### Aceptación de estas variedades

#### Comportamiento agronómico y aptitud enológica

Aunque el número de variedades resistentes disponibles para los viticultores no para de aumentar, son todavía escasas las referencias sobre su comportamiento agronómico y enológico. Desde el punto de vista agronómico, la irrupción de estas variedades ha venido acompañada por los importantes efectos que el cambio climático tiene en viticultura. La floración y la maduración se adelantan, y las plantas sufren heladas primave-

rales tardías, estrés hídrico, y quemaduras por el sol y por otras condiciones. A nivel enológico, el estilo de los vinos cambia drásticamente, tendiendo a presentar un elevado grado alcohólico y una expresión aromática y organoléptica atípica<sup>[1,8]</sup>. Se han realizado estudios de comportamiento agronómico en Brasil, Estados Unidos, y varios países europeos (Italia, Alemania, Francia, Austria, España, etc.), que investigan aspectos diversos –desde la fenología, la producción, la eficiencia en el uso del agua, o el grado de resistencia a las enfermedades– con resultados diferentes, dada la diversidad de fondos genéticos utilizados [Figura 4]. La mayor parte de los estudios constatan que el comportamiento agronómico de las PIWI está marcado por la reducción en el número de tratamientos, de 10-15 a 2, que implica facilidades para el viticultor, menor coste de mano de obra y rendimientos más estables. En algunos casos se observa una resistencia variable a las enfermedades, dependiendo de las zonas y añadas, y probablemente asociada a la diversidad genética de las poblaciones de los hongos presentes<sup>[1]</sup>. La reducción de tratamientos fitosanitarios ha favorecido en algunos casos la prevalencia de otras enfermedades como la podredumbre negra causada por *Guignardia bidwellii*. Pero no siempre es así, dado que algunas de las variedades resistentes exhiben, además, otros caracteres positivos, como resistencia a la podredumbre negra, resiliencia a *Botrytis* o tolerancia a la quemadura del sol<sup>[8]</sup>.



Figura 4. Parcela de ensayo de PIWI en La Rioja (Foto tomada por Sara I. Blanco González, Breedvitis-ICVV).

Son varios los elementos que condicionan la compra de un vino, siendo los de mayor peso el país y la zona de origen, la variedad (familiaridad de las características organolépticas), la etiqueta y el precio

Los mejoradores de PIWI han tenido que redefinir sus objetivos para incluir otros retos y seleccionar plantas resistentes que, además, estén mejor adaptadas al cambio climático

En cuanto a la aptitud enológica, las PIWI actuales no presentan los perfiles “foxados” de los primeros híbridos productores directos resistentes a filoxera y a hongos. Actualmente, el porcentaje de *V. vinifera* en el fondo genético de los híbridos resistentes, mayor del 95 %, permite evitar muchos de los aromas y sabores desagradables provenientes de las *Vitis* no viníferas<sup>[8]</sup>. Además, los mejoradores se han esforzado en mantener la tipicidad de sus correspondientes viníferas en las nuevas variedades. Los perfiles enológicos pueden ser mejorados también durante la vinificación, y por ello es necesario estudiar el proceso de producción más adecuado para cada variedad. Aunque en un principio las PIWI se destinaban a vinos a granel o a mezclas, hoy en día se comercializan vinos 100 % PIWI como vinos de calidad en segmentos de precio más altos, en varios países.

### Aceptación por los consumidores

El conocimiento sobre las preferencias de los consumidores es crucial para buscar nichos de mercado. Un aspecto importante a tener en cuenta es el carácter de tradición que se crea en el imaginario del consumidor, que es clave a la hora de elegir un vino. Son varios los elementos que condicionan la compra de un vino, siendo los de mayor peso el país y la zona de origen, la variedad (familiaridad de las características organolépticas), la etiqueta y el precio.

Algunos consumidores perciben que, a largo plazo, estas variedades resistentes podrían llegar a sustituir a las tradicionales llevando a un empobrecimiento de la diversidad local y a la pérdida de tipicidad de los caldos<sup>[2]</sup>. No obstante, hay consumidores que son proclives a cambiar algunas de sus preferencias a favor de la sostenibilidad, apostando por variedades más respetuosas con el medio ambiente que impliquen una menor producción de residuos y reduzcan la huella de carbono<sup>[9]</sup>. Es por ello que algunas de las estrategias que se han propuesto para la comercialización de

los vinos elaborados con variedades resistentes, pasan por proporcionar una información clara y comprensiva del proceso de obtención de la variedad y de cómo ha sido elaborado el vino<sup>[2,9]</sup>.

La calidad sensorial de los vinos elaborados con variedades resistentes ha llegado a puntuar en la misma escala que su contraparte vinífera, e incluso en escalas superiores, en análisis de cata realizados tanto con jueces expertos como con consumidores<sup>[2]</sup>.

### Limitaciones de las PIWI

A pesar del potencial que presentan las PIWI en el ámbito de la sostenibilidad medioambiental, son varias las limitaciones que presenta su introducción en el mercado vitivinícola. Algunas son comunes a la introducción de cualquier otra nueva variedad, dado el carácter conservador de la viticultura en los países productores tradicionales, y otras son específicas.

Los mejoradores de PIWI han tenido que redefinir sus objetivos para incluir otros retos y seleccionar plantas resistentes que, además, estén mejor adaptadas al cambio climático. Desde el punto de vista agronómico, debe generarse un conocimiento sobre cuáles son las condiciones óptimas para su cultivo, con el fin de adaptar su ciclo a las condiciones específicas de la zona. También sería importante estudiar el efecto de plantaciones de PIWI en los viñedos de variedades tradicionales circundantes. Además, se debe optimizar el número y tipo de tratamientos a aplicar según la incidencia de las enfermedades y la presencia de otros patógenos o plagas. Por otra parte, las PIWI están sometidas a los mismos riesgos en cuanto a la durabilidad de las resistencias introducidas. El patógeno puede sobreponerse a los mecanismos de resistencia de la planta, como ya ha sucedido con *Rpv3*<sup>[5]</sup>, y frente a determinados fungicidas. Es esencial también el papel de los enólogos, y de las posibles modificaciones en el proceso de elaboración de los vinos que permitan elaborar vinos de calidad.

Es esencial también el papel de los enólogos, y de las posibles modificaciones en el proceso de elaboración de los vinos que permitan elaborar vinos de calidad

Un factor muy importante es la aceptación por parte de los consumidores. En este sentido, PIWI International está realizando esfuerzos para generar una marca distinta y apelar a un sector del mercado que está más concienciado con el respeto al medio ambiente y que puede percibir estos vinos como una alternativa, y no como una sustitución de los vinos *premium* tradicionales.

Son necesarios más estudios con viticultores, enólogos y consumidores, y una trayectoria más larga en la obtención de PIWI de nueva generación, con más genes de resistencia incorporados y, sobre todo, con un perfil enológico indistinguible de las viníferas tradicionales a nivel de calidad.

## Perspectivas futuras

El futuro de las PIWI pasa por la obtención de variedades resistentes más adaptadas a las condiciones de cambio climático, desarrolladas con la aplicación de nuevas técnicas de mejora (NBT, por sus siglas en inglés *New Breeding Techniques*), y por estrategias de *marketing* que pongan en valor el ahorro en insumos y la calidad. Estas NBT permitirán reducir el tiempo de obtención, y la introducción de cambios genómicos en las variedades tradicionales sólo en sitios de interés, mientras el resto del genoma permanece sin cambios.

## REFERENCIAS

- [1] Blanco-González, S. I., Hernández, M. M. y Menéndez, C. M. (2022). "Comportamiento agronómico de variedades resistentes en La Rioja". *Actas Hortíc.* **91**: 70-74.
- [2] Kiefer, C. y Szolnoki, G. (2023). "Consumer acceptance of fungus-resistant grape varieties– An exploratory study using sensory evaluation test among consumers in Germany". *Sustainability* **15**: 10664.
- [3] Morales Santos, T. M. y Sánchez Hernández, H. (2022). "Mecanismos inmunológicos en las plantas". *Ciencia* **4**: 73-79.
- [4] Pap, D. et al. (2016). "Identification of two novel powdery mildew resistance loci, *Ren6* and *Ren7*, from the wild Chinese grape species *Vitis piasezkii*". *BMC Plant Biol.* **16**: 170.
- [5] Peressoti, E. et al. (2010). "Breakdown of resistance to grapevine downy mildew upon limited deployment of a resistant variety". *BMC Plant Biol.* **10**: 147.
- [6] Possamai, T. y Wiedemann-Merdinoglu, S. (2022). "Phenotyping for QTL identification: A case study of resistance to *Plasmopara viticola* and *Erysiphe necator* in grapevine". *Front. Plant Sci.* **13**: 930954.
- [7] Reynolds, A. G. (Ed.) (2015). *Grapevine Breeding Programs for the Wine Industry: Traditional and Molecular Techniques*, 1ª edición. Ed. Woodhead Publishing: Oxford, Reino Unido.
- [8] Töpfer, R. y Trapp, O. (2022). "A cool climate perspective on grapevine breeding: climate change and sustainability are driving forces for changing varieties in a traditional market". *Theor. Appl. Genet.* **135**: 3947-3960.
- [9] Vecchio, R. et al. (2022). "Consumer acceptance of fungus-resistant grape wines: Evidence from Italy, the UK, and the USA". *PLoS ONE* **17**: e0267198.
- [10] Viovert (2018). *Libro blanco sobre variedades resistentes. Estado de situación en Francia, España y Portugal*. Proyecto europeo Interreg SudOe Viovert 2016-219.



## PRIMEROS TRABAJOS ESPAÑOLES QUE ASOCIARON ENFERMEDADES DE FRUTALES CON FITOPLASMAS

GERARDO LLÁCER ILL  
(jubilado)

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA)  
Moncada (Valencia)

En 2020, y en esta misma revista, se publicó un artículo<sup>(4)</sup> sobre “Identificación y epidemiología de fitoplasmas en frutales y vid en España”. Dado que esa revisión es de fácil acceso para todos los fitopatólogos españoles, me permitiré de momento prescindir de la definición de fitoplasmas y me dedicaré a relatar lo que anuncia el título que encabeza este artículo. Se trata en realidad de una *precuela*, ‘obra literaria o cinematográfica que cuenta hechos que preceden a los de otra obra ya existente’, según el Diccionario de la Real Academia Española. Todo empezó en 1968, año de mi estancia como postgraduado en Francia para mi formación en selección sanitaria de árboles frutales. En aquella época, todas las enfermedades transmisibles por injerto en frutales se atribuían a virus, a falta de una mejor explicación. La enfermedad de frutales que entonces más preocupaba a los investigadores franceses era la que ellos llamaban el *dépérissement* del albaricoquero. Ese término francés (equivalente al *decaimiento* en español y al *decline* en inglés) se usaba en fruticultura siempre que se producía la muerte de un árbol y ésta no era imputable a la vejez sino a otras cau-

**La enfermedad de frutales que entonces más preocupaba a los investigadores franceses era la que ellos llamaban el *dépérissement* del albaricoquero**

sas desconocidas o mal conocidas. Una forma especial del *dépérissement* del albaricoquero se caracterizaba por los siguientes síntomas: enrollamiento clorótico de hojas en verano, desarreglos vegetativos que incluían la brotación anticipada de hojas en pleno invierno y una floración posterior escasa e irregular, pudiéndose encontrar frutos recién cuajados al lado de botones florales iniciando su apertura. Los frutos,

cuando llegaban a desarrollarse, eran de reducido tamaño y presentaban un pardeamiento de la carne en contacto con el hueso. La brotación anticipada de hojas era el síntoma más notorio, por lo que tenía de insólito ver árboles con hojas en pleno invierno. Era también el síntoma más peligroso, ya que indicaba una perturbación del reposo invernal. Cuando las temperaturas descendían unos pocos grados bajo cero, las hojas se helaban, y si el descenso era mayor, aparecía la necrosis del líber. La evolución posterior de los síntomas dependía del grado de adelanto de la vegetación y de las temperaturas invernales. Así, algunos árboles podían repetir el ciclo descrito durante unos pocos años, decaían lentamente y al final morían. En otros, si la necrosis del líber



era extensa y profunda, la vegetación se iniciaba débilmente y morían durante el verano siguiente a la aparición de los primeros síntomas.

Los ensayos de transmisión por injerto realizados durante la década de 1960 en la Station de Pathologie Végétale de Montfavet (Aviñón), permitieron reproducir conjuntamente varios de los síntomas descritos, cuya asociación regular parecía caracterizar a una enfermedad ya bien definida que recibió el nombre de “enrollamiento clorótico de hojas del albaricoquero” (*Apricot Chlorotic Leaf Roll*, ACLR).

En 1969 me incorporé al Departamento de Pomología de la Estación Experimental de Aula Dei del CSIC en Zaragoza. Al comentar las experiencias de mi estancia francesa con los miembros más veteranos del Departamento, me señalaron que la brotación anticipada de hojas en pleno invierno, seguida por el

**Los ensayos de transmisión por injerto permitieron reproducir conjuntamente varios de los síntomas descritos, cuya asociación regular parecía caracterizar a la enfermedad “enrollamiento clorótico de hojas del albaricoquero”**

decaimiento y muerte de los árboles, había sido ya observada desde el año 1960 en una colección de 81 variedades de albaricoquero, situada en la misma Estación de Aula Dei. También tuve noticias (Herrero,

comunicación personal) de que en la zona de Valmuel, cerca de Alcañiz (Teruel), se había observado la misma sintomatología desde 1962. Como yo tenía pendiente la realización de mi tesis doctoral, el jefe del Departamento me propuso que la preparara estudiando dicha enfermedad en la región del Ebro, lo cual tuve que hacer simultaneando ese trabajo con el objetivo que me había llevado a Francia el año anterior: poner las bases para establecer en España un programa de certificación de plantas de vivero libres de virus en frutales.

Las observaciones sistemáticas realizadas durante tres años (1969-1971), tanto en la colección de Aula Dei como en la zona de Valmuel, confirmaron que aparecían todos los síntomas que hemos descrito antes como típicos del ACLR: enrollamiento clorótico de hojas en verano; brotación anticipada de hojas, a veces desde la segunda quincena de noviembre, con cuatro meses de adelanto respecto de la fecha normal de floración; necrosis del líber cuando las heladas eran suficientemente fuertes [Figura 1]; floración escasa e irregular y frutos de pequeño tamaño con pardeamiento de la carne en contacto con el hueso [Figura 2]. La necrosis del líber se extendía siempre en sentido longitudinal sin alcanzar nunca al portainjerto (Mirabolán B en la colección de Aula Dei; albaricoquero franco, en Valmuel). La correspondencia entre el adelanto en la vegetación y la necrosis del líber fue siempre absoluta. En los árboles que no morían el primer año, el líber necrótico no podía seguir el empuje del nuevo líber formado durante la primavera y el vera-



Figura 1. Necrosis del líber en un albaricoquero que previamente había mostrado brotación anticipada de hojas (Foto del autor).

no, y hacía estallar literalmente a la corteza, apareciendo grietas que podían originar también gomosis. En la colección de Aula Dei, después de heladas del orden de  $-8^{\circ}\text{C}$ , todas las muertes de árboles se produjeron 2 o 3 años después de aparecer los primeros síntomas, aunque en todos los casos hubo abundantes rebrotes del patrón que siguieron creciendo vigorosamente. Las diferencias de síntomas observados entre la colección de Aula Dei y la zona de Valmuel fueron solamente de matiz. En ambas zonas, los árboles enfermos se agrupaban de forma apreciable en rodales que crecían lentamente, lo que hacía pensar en un vector de naturaleza desconocida. En Valmuel fue bastante difícil apreciar la intensidad y rapidez del decaimiento, debido a que, al tratarse de plantaciones comerciales, los propietarios habían aprendido que cuando un albaricoquero empezaba a brotar en invierno dejaba de ser productivo y, en consecuencia, arrancaban y sustituían los árboles afectados. También

**Cuando estaba terminando la redacción de mi tesis, llegaba esta noticia desde Francia: se acababan de descubrir organismos del tipo micoplasma (*Mycoplasma-like organism, MLO*) en los tejidos de albaricoqueros afectados por ACLR**

habían constatado que el sobreinjerto de los árboles con síntomas no solucionaba el problema, ya que éstos volvían a aparecer en el nuevo árbol así formado.

Los ensayos de transmisión por injerto que emprendimos en mayo de 1970 consistieron en inocular

albaricoqueros de semilla de 3 años plantados a distancia de vivero (25 repeticiones por cada origen de inóculos, más 5 testigos sin inocular). El origen de los inóculos fueron 3 albaricoqueros de la colección de Aula Dei con claros síntomas de ACLR. Sólo 2 de estos 3 orígenes dieron resultados positivos de transmisión por injerto, además en porcentajes bajos o muy bajos: 6 de los 25 albaricoqueros inoculados (24%) con uno de los orígenes, más 1 de 25 (4%) con el otro, presentaron en agosto el típico enrollamiento clorótico de hojas. Estos albaricoqueros empezaron a brotar ya en diciembre de 1970 y, tras las bajas temperaturas de enero de 1971, apareció la necrosis del líber. Todos ellos vegetaron débilmente hasta el mes de mayo en que, con pocos días de diferencia, murieron un año después de haber sido inoculados.

No me quiero alargar exponiendo los trabajos complementarios que se realizaron para analizar la posible intervención de distintos factores en el decaimiento y muerte de los albaricoqueros con ACLR: otros virus entonces conocidos, hongos y bacterias causantes de chancros o gomosis y estado del sistema radicular y de la unión patrón/injerto que pudieron ser examinados al arrancar la colección de Aula Dei en 1971. Se puso así de manifiesto la falta de relación directa de todos estos factores con la enfermedad que estábamos estudiando. En cambio, la noticia que me llegó desde Francia cuando estaba terminando la redacción de mi tesis abrió un nuevo campo de estudio: se acababan de descubrir organismos del tipo micoplasma (*Mycoplasma-like organism*,



Figura 2. (Izquierda) Frutos de pequeño tamaño y con pardeamiento de la carne en contacto con el hueso. (Derecha) Frutos normales (Foto del autor)..

MLO) en los tejidos de albaricoqueros afectados por ACLR (Morvan, 1971, comunicación personal). Aún me dio tiempo de incluir ese dato en la tesis doctoral que presenté en la Universidad Politécnica de Valencia en mayo de 1972.

Los micoplasmas son organismos procariotas de la clase *Mollicutes* que agrupan a bacterias que carecen de pared celular (por lo que son pleomórficos) y se distinguen de otras bacterias por ser resistentes a la penicilina y sensibles a la tetraciclina. Conocidos por causar enfermedades en humanos y animales, a partir de 1967 se demostró que un número creciente de enfermedades de plantas estaba asociado a la presencia de MLO<sup>[4]</sup>. Algunas de estas enfermedades, como el *Apple proliferation* y el *Pear decline*, se habían atribuido a virus porque, al igual que el ACLR, se transmitían por injerto, pero en porcentajes bastante bajos. La asociación con MLO abría nuevas vías de investigación para el estudio de estas enfermedades de frutales.

En 1974 me trasladé al Centro de Levante del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, situado en Burjasot (Valencia), antecedente del IVIA de Moncada, y pronto supe que, en algunas comarcas del interior de la provincia, como el Campo del Turia y Los Serranos, los albaricoqueros también presentaban los síntomas típicos del ACLR. Lejos todavía de los métodos serológicos y moleculares de detección, tuvimos que idear alguna forma de confirmar el papel de los MLO en la enfermedad. La primera idea fue utilizar la sensibilidad de estos organismos a la tetraciclina. Pusimos a punto un

## A partir de 1967 se demostró que un número creciente de enfermedades de plantas estaba asociado a la presencia de MLO

método artesanal para infiltrar una solución de tetraciclina en albaricoqueros con síntomas y conseguimos una clara remisión temporal de los mismos<sup>[5]</sup>. El mismo resultado se obtuvo en manzanos afectados por *Apple proliferation* en las mismas comarcas<sup>[10]</sup>. Hay que aclarar que estos tratamientos tenían como único objetivo el diagnóstico y no la curación y que ahora sería imposible realizarlos porque ya está prohibido el uso agrícola de antibióticos por la legislación comunitaria. Otra técnica que utilizamos fue la transmisión en invernadero, mediante la planta parásita *Cuscuta subinclusa*, desde albaricoqueros con ACLR a plantas de *Vinca rosea*, donde aparecieron los síntomas de filodias y virescen-

## En 1994, la International Organization of Mycoplasmaology estableció el nombre actual de fitoplasmas para los MLO asociados a enfermedades de las plantas

cias característicos de los MLO en esa planta indicadora<sup>[9]</sup>.

El conocimiento de que los MLO sólo colonizan el floema de las plantas infectadas –lo que explicaba los bajos porcentajes de transmisión por injerto– y que se difunden en el campo por insectos vectores que se alimentan del floema, del tipo de los cicadélidos, nos llevó a estudiar la presencia de dichos insectos en las provincias de Valencia y Murcia<sup>[8]</sup> y su potencial como vectores del ACLR<sup>[6]</sup>.

Por fin, en 1994, el Comité de Taxonomía de los *Mollicutes* de la IOM (International Organization of Mycoplasmaology) estableció el nombre actual de fitoplasmas para los MLO asociados a enfermedades de las plantas. Al no haberse logrado su cultivo en medios sintéticos *in vitro*, había que utilizar la denominación *Candidatus Phytoplasma* para los distintos grupos de fitoplasmas que se iban describiendo. Ese mismo año participé en una publicación internacional<sup>[7]</sup> que proponía que todas las enfermedades asociadas a fitoplasmas en las especies de *Prunus*, entre ellas el ACLR, eran causadas por organismos genéticamente similares. Por esas mismas fechas, la aplicación de la PCR para la detección de fitoplasmas, fue un gran avance para poder identificarlos y caracterizarlos<sup>[1]</sup>. Nuestras últimas contribuciones al estudio de los fitoplasmas fueron la participación en un libro de Patología Vegetal editado por la Sociedad Española de Fitopatología<sup>[2]</sup> y la confirmación de que el *Pear decline* detectado en el valle del Ebro estaba causado por el *Candidatus Phytoplasma pyr*<sup>[3]</sup>.

Otras enfermedades y otra forma de abordarlas me llevaron a dejar de trabajar en fitoplasmas, por lo que vuelvo a remitir al lector a la cita que encabeza esta historia<sup>[4]</sup>.

## La aplicación de la PCR para la detección de fitoplasmas, fue un gran avance para poder identificarlos y caracterizarlos

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <sup>1</sup> Avinent, L. y Llácer, G. (1994). "Detección de fitoplasmas en frutales mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR)". *Invest. Agrar. Prod. Prot. Veg.* **2**: 201-205.
- <sup>2</sup> Avinent, L. y Llácer, G. (1996). "Fitoplasmas y espiroplasmas fitopatógenos". pág. 443-488 en *Patología Vegetal* tomo I; Llácer, G., López, M. M., Trapero, A. y Bello, A. (eds.). Sociedad Española de Fitopatología. Madrid. 695 pág.
- <sup>3</sup> Avinent, L. et al. (1997). "Pear decline in Spain". *Plant Pathology* **46**: 694-698.
- <sup>4</sup> Batlle, A. y Laviña, A. (2020). "Identificación y epidemiología de fitoplasmas en frutales y vid en España". *Fitopatología* **5**: 39-46.
- <sup>5</sup> Llácer, G. et al. (1976). "Tetracycline treatment of stone fruit trees affected by apricot chlorotic leaf roll". *Acta Horticulturae* **67**: 141-148.
- <sup>6</sup> Llácer, G. y Medina, V. (1988). "A survey of potencial vectors of apricot chlorotic leaf roll". *Agronomie* **8**: 79-83.
- <sup>7</sup> Lorenz, K. H. et al. (1994). "Phytoplasma diseases of *Prunus* species in Europe are caused by genetically similar organisms". *J. Plant Dis. Prot.* **101**: 567-575.
- <sup>8</sup> Medina, V. et al. (1981). "Contribución al estudio de los cicadélidos (*Homoptera, Cicadellidae*) en las provincias de Valencia y Murcia". *An. INIA, Ser. Agric.* **15**: 157-179.
- <sup>9</sup> Moreno, P., Llácer, G. y Medina, V. (1985). "Descripción y comparación de varias micoplasmosis en *Vinca rosea* L.". *An. INIA, Ser. Agric.* **28**: 287-309.
- <sup>10</sup> Sánchez-Capuchino, J. A., Casanova, R. y Llácer, G. (1979). "Remisión de síntomas de 'Apple proliferation' tras la inyección de soluciones concentradas de tetraciclina". *An. INIA, Ser. Prot. Veg.* **12**: 83-93.



## EL DR. ANTONIO BLANCO FERNÁNDEZ, PRECURSOR DE LA PATOLOGÍA VEGETAL

JERÓNIMO DEL MORAL MARTÍNEZ

JOSÉ DEL MORAL DE LA VEGA

Grupo Investigación Calidad y Microbiología de los Alimentos (AGAO17)  
Instituto Universitario de Investigación de Recursos Agrarios (INURA)  
Badajoz

### Introducción

Antonio Blanco Fernández, doctor en Medicina y especializado en Botánica y Agronomía, nació el año 1809 en Segura de la Sierra (Jaén), en plena Guerra de la Independencia, y murió en 1873 en La Habana, en el periodo de la llamada Guerra de los Diez años. Su vida y su obra son una muestra de aquella generación de científicos españoles del siglo XIX que realizaron una tarea titánica para superar las desgracias de la guerra y los desastrosos cambios políticos que se produjeron<sup>[5]</sup>.

Pero esas desgracias no provocaron el hundimiento de la ciencia en España. Es cierto que solo unos pocos profesores, como Colmeiro, Graells o Castellarnau, hicieron aportaciones originales reconocidas internacionalmente. Los demás no produjeron descubrimiento alguno, pero no abandonaron sus tareas, trabajando en la importación de obras de otros países cuyo aprovechamiento dio lugar al renacimiento de la ciencia durante la Restauración. Blanco Fernández fue uno de estos, aunque, por su importante e inédita aportación a la creación de la Patología Vegetal como disciplina

académica, él debería tener una reconocida consideración y, sin embargo, su nombre no aparece en las obras sobre la historia de esta ciencia.

### Contexto en el que Blanco Fernández desarrolló su vida

Al comienzo del siglo XIX, la Guerra de la Independencia (1808-1814) frenó en seco el progreso con el cual la ciencia española estaba aproximándose al nivel de las naciones tecnológicamente más avanzadas de Europa. Los esfuerzos que se habían realizado en el siglo XVIII para construir instituciones científicas y tecnológicas que impulsaran el desarrollo fueron destruidas o seriamente dañadas en aquella guerra. En Madrid se utilizó como cuartel y caballerizas de las tropas napoleónicas el edificio de Villanueva destinado a Academia de Ciencias, se destruyeron las colecciones conservadas en el Real Gabinete de Máquinas, se deterioró el valioso telescopio Herschel del Observatorio Astronómico de Madrid, se cerró el Real Seminario de Nobles, etc.<sup>[8]</sup>.

Cuando se consiguió arrojar de la Península a los franceses comenzó el reinado de un monarca que se dedicó a eliminar

**Las desgracias de la guerra y los desastrosos cambios políticos que se produjeron no provocaron el hundimiento de la ciencia en España**

cualquier persona o propuesta regeneradora y, para aumentar la desgracia, se independizaron los territorios más grandes de ultramar, con lo cual la Hacienda pública quedó arruinada. En unos cuantos años, España pasó de ser un imperio de más de 20 millones de km<sup>2</sup>, a un país de segunda fila en el panorama internacional.

### Itinerario profesional y compromiso social

En una tesis sobre la Sanidad vegetal española presentada en 1985 en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (ETSIAAB) de Madrid, se describen diversos

## Durante 1836 y 1837 estuvo pensionado en diversos países de Europa para conocer las investigaciones que se realizaban sobre Agricultura

aspectos de la vida de Blanco Fernández<sup>[10]</sup>. Este realizó sus estudios de Medicina en la Universidad de Valencia, doctorándose en Cirugía en la de Madrid. Su primera publicación, *Tratado Elemental de Botánica Teórico-Práctico*, tuvo lugar en 1834 y 1835. En 1835 consiguió por oposición la Cátedra de Agricultura y la dirección del Jardín Botánico de Santiago de Compostela. Durante 1836 y 1837 estuvo pensionado en diversos países de Europa para conocer las investigaciones que se realizaban sobre Agricultura, visitando los centros que existían en: Amberes, Aviñón, Brujas, Dijon, Ginebra, Lieja, Lovaina, Lyon, Marsella, Metz, Montpellier, Namur, Nancy, París y Roville, aunque lo que más influyó en su formación fue haber conocido en Ginebra al botánico Augusto Pyramo de Candolle.

Durante la dirección de Arias y Costa en la Real Sociedad Económica Matritense se creó la “cátedra de Fisiología y Patología de los vegetales con aplicación a la medicina y a la agricultura” [Figura 1], cátedra que fue ocupada por Blanco Fernández, aunque a los pocos meses de iniciar su actividad tuvo que aban-

donarla al ser nombrado catedrático de Física Vegetal de la Universidad de Valencia y director del Jardín Botánico de ella. En 1852 fue designado, como naturalista, miembro de la Comisión de Ingenieros para la Cartografía Forestal de España, y en 1859 era profesor de la Escuela Central de Agricultura, futura Escuela de Ingenieros Agrónomos. En 1866 se reorganizó dicho centro y entre su profesorado figura Blanco Fernández con el carácter de decano. El 1 de octubre de 1868 aparece como director de las Escuelas Profesionales y Preparatoria para Carreras Superiores en La Habana y catedrático de Historia Natural; y, en 1872, un año antes de su fallecimiento, ostentaba los cargos de profesor de Botánica y decano de la Facultad de Ciencias de La Habana.

Además de sus cargos académicos, Blanco Fernández participó activamente en las clases públicas y gratuitas organizadas por el Ateneo de Madrid para la divulgación de conocimientos de Botánica y Agricultura.

En aquellos años tan convulsos políticamente, Blanco Fernández manifestó sus ideas liberales. En 1837, él visitó la casa de Voltaire en Ferney (Suiza), mostrando su admiración por las ideas del filósofo; y hay indicios de que ese espíritu le llevó a tomar partido por dicha ideología, como se deduce de diversas noticias de 1841 aparecidas en la prensa de la ciudad de Valencia sobre sus relaciones sociales, siendo cesado en 1845 como catedrático y desterrado de Valencia. El periódico donde se publicaba esa penalización afirmaba: «sujeto desafecto al actual orden de cosas».

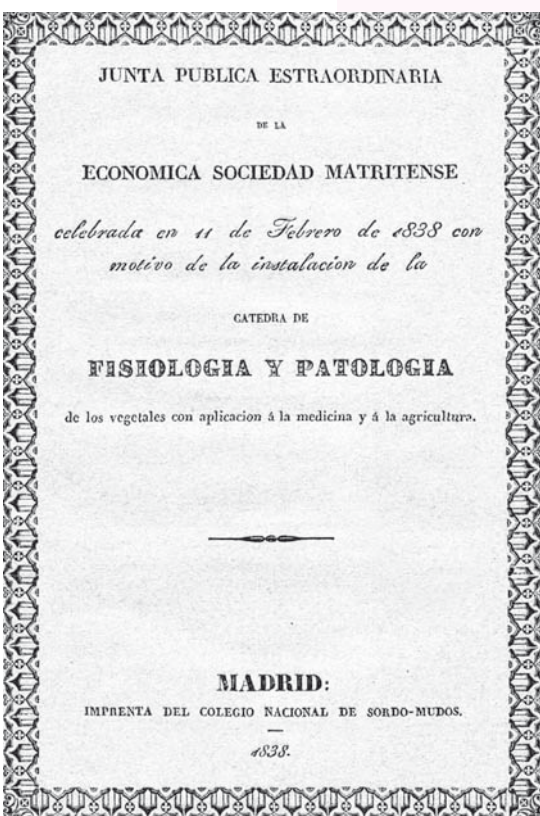


Figura 1. Publicación de la Sociedad Económica Matritense que recoge la creación, en 1838, de la “Cátedra de Fisiología y Patología de los Vegetales con Aplicación a la Agricultura y a la Medicina” (Imagen de dominio público suministrada por los autores).

Sobre la consideración que Blanco tenía de sí mismo, él coincidía con lo que afirmaba Newton: «Me senté en hombros de gigantes», y en varias de sus publicaciones podemos leer: “No nos cansaremos de repetir: Que el entendimiento humano no sobresale tanto en la razón que forma como en lo que reconoce”. En algunos de sus discursos encontramos párrafos que nos pueden servir para aproximarnos a su personalidad: “[...] no por ello dejéis de cultivar las dos azucenas del cielo que florecen sobre la tierra: la de la ciencia, escritura positiva é infalible y la azucena de la virtud, cuyos suaves y delicados perfumes son el aliento mismo de Dios”.

### Obras publicadas

Los libros de Blanco Fernández sobre botánica, agricultura y medicina ocupan más de 6000 páginas y en ellos predominan los temas referidos a la salud de los vegetales.

Casi la mitad del *Ensayo de Zoología Agrícola y Forestal*, una obra de

## Esta integración de procedimientos contra plagas fue propuesta por la FAO, más de cien años después, con el nombre de “Manejo Integrado de Plagas”.

571 páginas, está dedicada al estudio de los insectos como parásitos de vegetales, así como a los productos eficaces contra los mismos, recomendando la utilidad de diversas especies de insectos depredadores.

En la publicación *Tratado sobre el cultivo de la vid y elaboración de vinos*, al referirse a los procedimientos contra las plagas de piral (*Sparganothis pilleriana*), él recomienda: preparaciones químicas, descortezado de las cepas, colocación de trampas alrededor del tronco, escaldado para destruir las pue-

tas, utilización de trampas luminosas para la captura de adultos, así como el respeto de los parasitoides y depredadores [Figura 2]. Esta integración de procedimientos contra plagas fue propuesta por la FAO, más de cien años después, con el nombre de “Manejo Integrado de Plagas”.

En 1861, el oídio estaba destruyendo los viñedos europeos. Para resolver el problema en Galicia, el Gobierno envió en comisión al profesor Blanco Fernández, quien al año siguiente publicó *Del Oidium tuckeri y del Azufrado de las Vides* [Figura 3]. Esta obra puede considerarse un prototipo de programa terapéutico recomendable actualmente contra numerosas enfermedades: describe el patógeno y su desarrollo, los síntomas que se observan, la influencia de la fitotecnia del cultivo en el oídio y su relación con el ambiente; como programa terapéutico recomienda diversas variedades, el específico a utilizar, el aparato y modo de aplicación, los momentos fenológicos de intervención, las precauciones de los operarios, el costo de los tratamientos y las consecuencias en el vino elaborado con uvas tratadas.

Pero las obras verdaderamente valiosas de Blanco Fernández por su significativa aportación a la creación de la Patología Vegetal universal son la *Botánica* (1845-1846)<sup>[1]</sup> y *Curso completo de botánica* (1851)<sup>[2]</sup>. Ellas están basadas en los estudios realizados por De Candolle<sup>[4]</sup>, científico con el que Blanco coincidió en Ginebra y al que consideraba su maestro y amigo, como se comprueba en la correspondencia entre los mismos que se ha conservado. De Candolle determinó, por primera

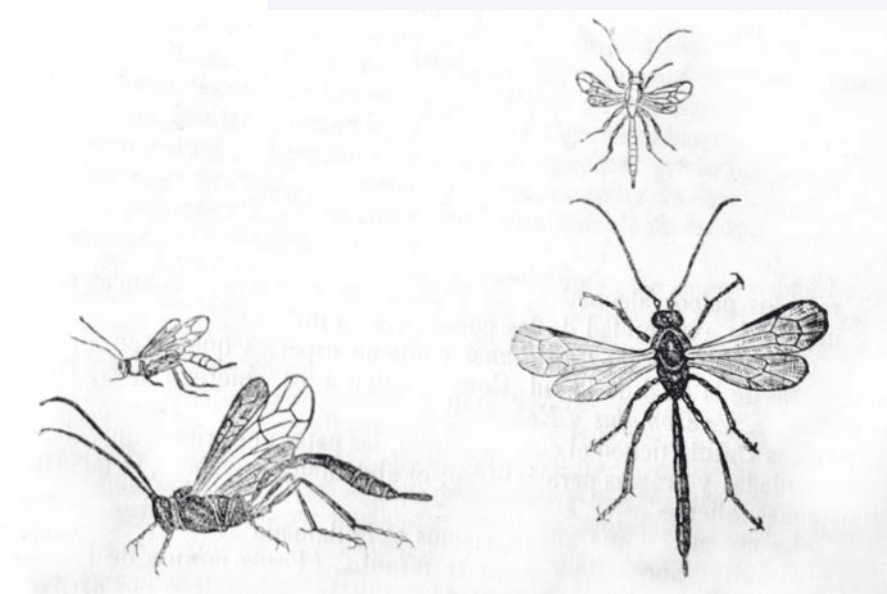


Figura 2. Dibujos de especies de parasitoides cuyo interés es remarcado por Blanco Fernández en sus obras para el control de plagas de insectos (Imagen de dominio público suministrada por los autores).

vez, que la clasificación de las enfermedades de las plantas debía estar basada en las causas que las producen –razón etiológica–, a diferencia de lo que se había considerado hasta entonces –por sus síntomas–, campo de conocimientos que sistematizó y al que denominó Nosología.

Blanco continuó el itinerario argumental de De Candolle, pero mejorando la sistematización, matizando diversas categorías de etiologías y enriqueciéndolo con otras innovaciones, a cuyo cuerpo de conocimientos le dio el nombre de Patología vegetal, estudios que enseñó en una cátedra creada a tal fin en Madrid, en 1838.

### A modo de conclusión

La publicación de un campo de conocimientos sistematizado y su enseñanza en un centro específico determinan la consideración de estos como disciplina académica. Esa es la aportación verdaderamente significativa de Blanco Fernández respecto a la Patología vegetal. Años después, De Bary (1853)<sup>[3]</sup> y Kühn (1858)<sup>[9]</sup> hicieron públicos sus estudios experimentales, demostrando convincentemente que los hongos que aparecían en coincidencia con los síntomas de las plantas enfer-

## Blanco continuó el itinerario argumental de De Candolle a cuyo cuerpo de conocimientos le dio el nombre de Patología vegetal

mas eran la causa y no el resultado de la enfermedad, etapa definitiva que determinó el nacimiento de la Patología vegetal como disciplina científica.

## Con la Patología vegetal que propuso Blanco Fernández, él se adelantó más de 150 años a la iniciativa del profesor Agrios para el desarrollo de un programa de postgrado de Doctor en Medicina Vegetal

En 1845, Blanco Fernández, y en 1858, Kühn, consideraron que el estudio de las enfermedades de las plantas debía estar referido a cualquier causa que las produzca, campo de conocimientos al que titularon Patología vegetal, y que Blanco, además, enseñó en una cátedra específica.

Por diversas razones, ese criterio no se implantó. Los estudios de las enfermedades que sufren las plantas se encuadraron en tres áreas de conocimiento: Patología vegetal, Entomología agrícola y Malherbología. Esa dispersión ha producido una pérdida de eficacia en la conservación de la salud de las plantas que, en los años setenta, se intentó paliar en España con la propuesta de una especialidad de Sanidad Vegetal en los estudios de ingeniero agrónomo, propuesta que no cristalizó<sup>[7]</sup>.

Con la Patología vegetal que propuso Blanco Fernández, él se adelantó más de ciento cincuenta años a la iniciativa del profesor Agrios en la Universidad de Florida (EE. UU.) para el desarrollo de un programa de postgrado de Doctor en Medicina Vegetal, estudios similares que, con la consideración académica de grado y máster, se están implantando actualmente en otras universidades de los distintos continentes<sup>[6]</sup>.



Figura 3. Conidias de *Oidium tuckeri*, tal y como aparecen en una obra de Blanco Fernández (Imagen de dominio público suministrada por los autores).



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- <sup>1</sup> Blanco Fernández, A. (1845). *Introducción al estudio de las plantas*. 2 volúmenes. Madrid. Imprenta de D. Ignacio BOIX, Editor.
- <sup>2</sup> Blanco Fernández, A. (1851). *Curso completo de botánica*. 2 volúmenes. Barcelona. D. Juan Oliveres, Impresor de S. M.
- <sup>3</sup> De Bary, A. (1969). "Investigations of the brand fungi and the diseases of plants caused by them with reference to grain and other useful plants" (Trabajo original publicado en alemán en 1853, Berlín, G. W. F. Muller; traducción, Heffner, R. M. S, Arny, D. C. y Duan, Moore, J.) The American Phytopathological Society. *Phytopathological Classics*, 11.
- <sup>4</sup> De Candolle, A. P. (1832). *Cours de Botanique. Seconde Partie. Physiologie Végétale, ou Exposition des Forces et des Fonctions Vitales des Végétaux*. Paris. Béchét Jeune, Libraire de la Faculté de Médecine.
- <sup>5</sup> Del Moral De la Vega, J. y Del Moral Martínez, J. (2021) "El Dr. Antonio Blanco Fernández, natural de Segura de La Sierra (Jaén)." *Boletín del Inst. de Estudios Giennenses*. **223**: 201-240.
- <sup>6</sup> Del Moral de la Vega, J. y Del Moral Martínez, J. (2023) "Review of the genesis of plant pathology and its relation to the phytiatry as a necessary element in the sustainable development of Agronomy." *Agronomy* **13**: 1285.
- <sup>7</sup> Del Moral Martínez, J. (2015). *La sanidad vegetal en España y el papel de la fisiología en su planteamiento futuro*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UEX, Badajoz.
- <sup>8</sup> García Camarero, E. (2012). *La ciencia española entre la polémica y el exilio*. Editorial Caligrama. Madrid.
- <sup>9</sup> Kühn, J. G. (1858). *Die Krankheiten der Kulturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung*. Berlín. Guftav BojjeImann.
- <sup>10</sup> Merck, J. G. (1982). *Aportaciones a la Historia de la Sanidad Vegetal en España. Una epifitía y un fitomédico del s. XIX: El oídio y Antonio Blanco Fernández*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Madrid.



## ...a RAFAEL M. JIMÉNEZ DÍAZ



Rafael M. Jiménez Díaz  
(Fuente: M. Gasco).

Rafael Manuel Jiménez Díaz se doctoró como ingeniero agrónomo por la Universidad Politécnica de Madrid (1976), y fue *Master of Science* en Patología Vegetal por la Universidad de Cornell, NY (EE. UU.) (1976). Además, fue profesor visitante en las Universidades de Cornell (1983-84) y la del Estado de Pensilvania (EE. UU.) (2004). Actualmente, Rafael es profesor emérito de la Universidad de Córdoba (UCO), habiendo sido catedrático numerario de Patología Vegetal en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de la UCO desde 1977 al 2015, y profesor de investigación en el Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC, en excedencia, entre el 1988 y 2015.

Durante su trayectoria, Rafael ha tenido diversos cargos de gestión y evaluación de la docencia y la I+D, entre los que caben destacar los siguientes: vicerrector de Investigación de la Universidad de Córdoba (1981-1983); presidente de la Sociedad Española de Fitopatología (SEF) (1981-1984); director del Instituto de Agricultura Sostenible del CSIC (1989-1995); vicepresidente de la Unión Fitopatológica Mediterránea (1991-1993); coordinador científico-técnico del Área de Ciencias Agrarias del CSIC (1992-1995); presidente de la Asociación Española de Sanidad Vegetal (AESaVe) (2012-2017) y vocal del Consejo Rector del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) (2015-2019).

En relación a sus líneas de investigación, Rafael ha sido pionero en el desarrollo de estrategias innovadoras, eficientes, y ambientalmente respetuosas para la gestión integrada de enfermedades de plantas, con énfasis en las Verticilosis y Fusariosis vasculares de cultivos agrícolas. Además, ha sido visionario sobre los desafíos que la fitopatología debía afrontar en las últimas décadas, habiendo contribuido de forma significativa a potenciar que discípulos suyos se formasen en campos como la epidemiología cuantitativa y modelización de epidemias, la ecología microbiana y el microbioma vegetal, y la aplicación de herramientas biotecnológicas para el diagnóstico de enfermedades y para comprender las interacciones planta-patógeno.

Su producción científica es muy prolífica habiendo publicado más de 185 artículos en revistas científicas internacionales del JCR y 210 artículos de divulgación y capítulos de libros. Además, es autor de ocho libros, ha registrado 11 cultivares de garbanzo en España y EE. UU., dos clones de acebuches resistentes a la verticilosis en la UE, y posee 12 patentes de protocolos de diagnóstico molecular de patotipos y razas de hongos fitopatógenos. Esta labor de investigación ha sido posible al haber liderado más de 40 proyectos de investigación financiados por agencias nacionales e internacionales y 15 convenios o contratos de investigación con empresas y administraciones, y haber sido investigador participante en otros 22 proyectos.

Rafael ha formado numerosos investigadores en el campo de la Patología Vegetal, prueba de ello es que ha dirigido 29 tesis doctorales y 32 trabajos de investigación fin de carrera. Además, muchos de sus discípulos han formado grupos y líneas de investigación independientes a lo largo de toda la geografía española, así como en otros países.

El mérito científico de Rafael ha sido reconocido con multitud de premios y nombramientos. Es académico correspondiente de las Reales Academias de Doctores de España (Sección Ingeniería); de Ciencias, Bellas Artes y Buenas Letras Luis Vélez de Guevara; de Ciencias,

Bellas Letras y Nobles Artes, de Córdoba; y miembro del Alto Consejo Consultivo en I+D de la Presidencia de la Generalitat Valenciana. Ha recibido el Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente, y el Premio de Investigación XXV Aniversario de la Universidad de Córdoba (Modalidad Agro-ganadera y Alimentación). Ha sido elegido *Fellow* (miembro distinguido) de la Sociedad Americana de Fitopatología (APS) y nombrado Socio de Honor de la Sociedad Española de Fitopatología.

... por Blanca B. Landa

Departamento de Protección de Cultivos  
Fitopatología de Sistemas Agrícolas Sostenibles  
Instituto de Agricultura Sostenible IAS-CSIC  
Córdoba

**◆ Nos puedes hacer un recorrido por tu trayectoria profesional abarcando desde dónde comenzaste tu carrera como fitopatólogo y qué te motivó a dedicarte a la Fitopatología?**

Con mucho gusto, aunque resumir 50 años de vivencias no deja de tener su enjundia. Mi trayectoria profesional ha estado vinculada exclusivamente a la investigación y la docencia de la Fitopatología. La inicié en 1970 como entomólogo *junior* en la Estación Central de Fitopatología del INIA, animado por el Prof. Manuel Arroyo, catedrático de Entomología Agrícola en la ETSIA de Madrid. Tras un año en el Centro del INIA en Valle Guerra, Tenerife, fui trasladado a la estación de los Grandes Regadíos en Córdoba, para colaborar con el Prof. Paul deBach (Universidad de California) en la introducción en Málaga de parasitoides de la mosca algodonosa de los cítricos (*Aleurotrixus floccosus*), una plaga exótica, colaboración que culminó con éxito con la adaptación de *Cales noacki*, gracias al meritorio trabajo de Antonio Garrido, mi primer becario (q. e. p. d.). El traslado a Córdoba propició mi reencuentro con la Fitopatología, y el comienzo de una serie de hechos que han impulsado mi carrera como fitopatólogo: la colaboración con el Prof. Agustín Alfaro García (q. e. p. d.), mi mentor y guía a distancia; y la incorporación al proyecto del Banco Mundial tutorado por el Prof. Waldemar (Wally) Sackston, fitopatólogo y coordinador del programa de semillas oleaginosas en Córdoba. Nunca

podré agradecer a ambos lo suficiente por el generoso apoyo que me prestaron para que iniciara y culminara mi formación como fitopatólogo.

Wally Sackston fue promotor y persona decisoria de mi estancia de postgrado en el Departamento de Patología Vegetal de la Universidad de Cornell, en Ithaca, Nueva York (1973-197), uno de los hechos clave en mi trayectoria. La estancia en Cornell acentuó el cambio de percepción que se había iniciado en Córdoba gracias a los Profs. Alfaro y Sackston: lo que había percibido como una información para la práctica diagnóstica y control de las enfermedades en la ETSIA de Madrid, resultaba ser una ciencia compleja, rica en matices, y nutrida por ciencias básicas y agronómicas de variada naturaleza, que además absorbía estimulado por el contacto cercano con líderes que en aquellos años aupaban la ciencia que aprendía: D. F. Bateman, W. F. Fry, W. F. Mai, R. L. Millar, H. D. Thurston, M. Zaitlin y R. P. Korf, entre otros.

La finalización de mis estudios en Cornell coincidió con la convocatoria de la cátedra de Patología Vegetal de la ETSIAM de la Universidad de Córdoba (UCO). Una circunstancia que supe gracias al Prof. Alfaro, otra muestra de la fortuna que me ha acompañado con el apoyo de mis mentores. Concurrir a una oposición de cátedra era algo muy alejado de mis planes, pero la perseverancia del Prof. Alfaro con repetidas llamadas telefónicas y labor de *coaching*, acabó por convencerme.

Con la obtención de la primera cátedra de Patología Vegetal de la UCO en 1977, retomé la actividad docente que había iniciado años antes como profesor interino, e inicié una dedicación exclusiva a la docencia y la investigación fitopatológica, solo interrumpida por tres años como vicerrector de investigación y por estancias sabáticas en Cornell y la Universidad del Estado de Pensilvania, y compartida con la presidencia de la SEF (1981-1984) y de la Asociación Española de Sanidad Vegetal (AESaVe) (2012-2017).

La frustración en las expectativas de consolidar un equipo de investigación fitopatológica en la UCO me llevó en 1988 a opositar a una plaza de profesor de investigación en el CSIC que, aun en condición de excedencia voluntaria y tras previo acuerdo con la UCO, me concedió la confianza de gestionar su Área de Ciencias Agrarias como coordinador científico-técnico. Además, durante esta época pude colaborar con el Prof. Elías Fereres en la creación del Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) en Córdoba, así como la oportunidad de crear un equipo de investigación fitopatológica que hoy lidera aspectos importantes de la Fitopatología española. UCO e IAS han propiciado generosamente que armonizara mi actividad docente en una, y la de investigación en la otra, hasta que, como catedrático emérito de la UCO, me vi obligado a dejar el IAS en enero de 2021.

### **Mirando en retrospectiva, ¿qué te ha aportado a nivel personal tu actividad profesional?**

No me resulta fácil recordar porque los recuerdos son muchos y variados. No obstante, creo que destacaría tres aspectos positivos en la secuencia de hechos que he descrito anteriormente. El primero, el aprecio por el contacto directo con la realidad del problema fitopatológico que me incumbía en determinado momento, en el campo y con el agricultor. Es algo que me inculcó Wally Sackston y que me he esforzado en transmitir a mis primeros doctorandos y colaboradores. La observación en campo y el contacto con el agricultor enseñan mucho. De hecho, los primeros proyectos de investigación y tesis doctorales que dirigí comenzaron con la evaluación de la prevalencia e incidencia de las enfermedades de estudio mediante prospecciones fitopatológicas en cultivos de Andalucía

(mildiu y podredumbre carbonosa del girasol, “Seca” del garbanzo, verticilosis del algodonero y olivo, etc.), y la estructura de tesis doctoral incluyó experimentos en campo, siempre que fue posible.

En segundo lugar, he de destacar el impacto que tuvo sobre mi educación como científico y educador mi estancia de postgrado –y la posterior estancia sabática– en el Departamento de Patología Vegetal de la Universidad de Cornell y, en particular, el compromiso que observé entre sus miembros –profesores y estudiantes– con el liderazgo conceptual de la disciplina que subyace en su historia, que inició H. H. Whetzel a principios del siglo XX y fue continuado y ampliado por dos de los más significados directores del Departamento, G. C. Kent y D. F. Bateman. Sackston había percibido ese ambiente intelectual cuando formó parte del panel internacional de expertos que diseñó la Sociedad Norteamericana de Fitopatología (APS) para evaluar académicamente el Departamento y, según me confesó, fue lo que le llevó a dirigirme hacia Cornell en lugar de a universidades californianas a las que fueron la mayoría de mis compañeros para sus estancias de postgrado al amparo del Programa del Banco Mundial. He de confesar que, desde mi posición como primer catedrático de Fitopatología en la UCO, me propuse promover ese aprecio por la solidez conceptual en la disciplina más allá de las peculiaridades del sistema universitario español; pero, visto retrospectivamente, tengo dudas de haberlo conseguido.



Reconocimiento de su trayectoria investigadora, en el acto de celebración del 25 aniversario del Instituto de Agricultura Sostenible (IAS) del CSIC (Fuente: Blanca B. Landa).

Finalmente, creo que mi actividad docente e investigadora en la UCO y el IAS me han gratificado con la actitud positiva, *sapere aude* y entrega al trabajo, de los doctorandos a los que introduje en la investigación fitopatológica durante sus tesis doctorales. Varios de ellos han alcanzado puestos relevantes en dicha tarea y lideran su campo de especialidad en España o en otros países.

**Si te hubieras tenido que dedicar a otra cosa, ¿qué habrías escogido? Por cierto, tienes que elegir otra profesión distinta a fitopatólogo...**

No me es fácil considerar esta opción porque mi apreciación por los fenómenos parasitarios en plantas se inició durante los estudios de bachillerato laboral (modalidad agrícola-ganadera) en Écija y Archidona, de manera que cultivos, plagas y enfermedades fueron términos comunes prontamente en mi educación. No obstante, puesto a especular, tal vez hubiera elegido Medicina.

**De todos los patosistemas en los que has trabajado, ¿cuál ha sido el que te ha dado más satisfacciones o cuál es especial para ti? ¿Por qué?**

Creo que las investigaciones sobre la Fusariosis vascular (FV) del garbanzo, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, compendian un conjunto de características y satisfacciones que hacen a este patosistema especial para mí. Fue el primero que abordé tras incorporarme a la cátedra en la UCO y, lo que se inició con un proyecto, derivó en un verdadero programa de investigación en el que abordamos prácticamente todos los aspectos de la patogénesis en una enfermedad, con el desarrollo de 10 proyectos de investigación de financiación competitiva nacional e internacional y 11 tesis doctorales, y la publicación de 38 artículos en revistas del JCR, incluyendo: i) la naturaleza etiológica, al identificar a la FV como uno de los componentes del complejo “Seca”; ii) la variación patogénica en las poblaciones del agente causal –estructurada en patotipos y razas patogénicas diferenciables genéticamente– y su evolución mediante cambios discretos de virulencia; iii) el desarrollo de marcadores de ADN para la detección del patógeno y sus razas *in planta* y en el suelo; iv) la identificación de resistencia raza-específica y

cuantificación de sus efectos sobre el patógeno *in planta*; v) los mecanismos de patogénesis y de defensa inducida en la planta –v. gr., el papel de enzimas pectolíticas y de sistemas enzimáticos antioxidantes–; vi) la interacción entre *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* y nematodos fitoparásitos, y la supresión específica de la resistencia a determinadas razas patogénicas; vii) la modelización de los efectos de la temperatura y la densidad de inóculo de las razas del patógeno sobre el desarrollo de la enfermedad; viii) el desarrollo y registro en España y EE. UU. de cultivares de garbanzo con resistencia completa o parcial; ix) la utilización de bacterias autóctonas antagonistas del patógeno para el control biológico de la enfermedad y evaluación de los factores que median su eficiencia; y x) el control integrado de la FV en campo mediante la utilización combinada de cultivares con resistencia parcial, con el adelanto de la fecha de siembra y el tratamiento con bacterias antagonistas autóctonas.



Síntomas de Fusariosis vascular del garbanzo, en campo  
(Fuente: R. M. Jiménez Díaz).

Uno de los aspectos más gratificantes de dicho programa, además de la satisfacción por los resultados, fue la riqueza de interacciones que propició con otros grupos de investigación nacionales e internacionales –v. gr., Genética y Mejora, y Bioquímica en la UCO, la Universidad de Hannover, ICARDA, ICRISAT, INRA-Dijon, King’s College-Universidad de Londres, The Volcani Center, Universidad de Cornell, Universidad del Estado de Pensilvania, y USDA-ARS/Universidad del Estado de Washington–, que permitió a varios de mis doctorandos realizar estancias pre o postdoctorales para la mejora de su formación científica y fitopatológica.

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

La elección como *Fellow* de la American Phytopathological Society (APS) en 1999, y la concesión del Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana en 2002. Han sido, sin duda, las mayores satisfacciones que he recibido en mi trayectoria investigadora, en tanto que fui ajeno a la presentación de mi candidatura a ellos –que fue una iniciativa independiente de investigadores que apreciaron méritos en mi–, y ambos expresan reconocimiento internacional al conjunto de la actividad investigadora que he realizado. No puedo ocultar que el reconocimiento implícito a la Fitopatología que conlleva la concesión del Premio Rey Jaime I me produce especial satisfacción, como lo es ser “portavoz” de la disciplina en España en un club tan selecto como los *Fellows* APS.

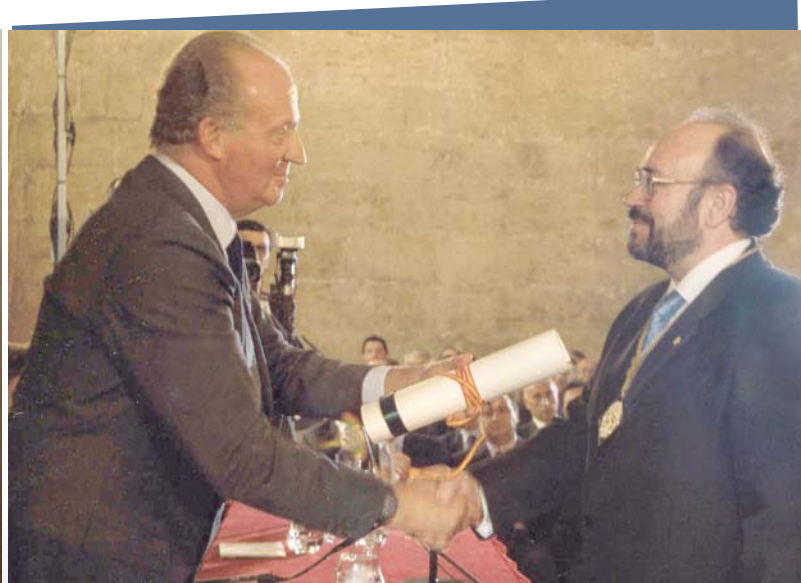
causaron impresión la visión de Claude Alabouvette en desentrañar el fenómeno de la supresión específica a las fusariosis vasculares y la concepción holística del biocontrol de enfermedades de James Cook continuada por David Weller. Y me admira, en Michael Milgroom, la proyección que realiza de la biología de poblaciones de los patógenos sobre la epidemiología de las enfermedades.

**¿Qué relación has tenido con la SEF y cómo la valoras?**

Mi relación con la SEF se inició cuando la Fitopatología española constituía un Grupo Especializado de la Sociedad Española de Microbiología presidido por el Prof. Eloy Mateo-Sagasta (q. e. p. d.). En el curso del tiempo, contribuí a la creación de la SEF como miembro de la Comisión Promotora de su fundación y fui elegido presidente de la Primera Junta Directiva durante el periodo 1981-1984. La creación de la nueva



Entrega del premio como *Fellow* de la APS, por Neil Van Alfen (*Fuente*: R. M. Jiménez Díaz).



Entrega del Premio Rey Jaime I por el rey Juan Carlos I (*Fuente*: R. M. Jiménez Díaz).

**¿Ha habido alguna figura del mundo de la fitopatología que te haya impresionado o marcado especialmente?**

Han sido varios, en distintos momentos y por diferentes motivos. Durante mi estancia de postgrado en Cornell, me impresionó la elegancia de Milton Zaitlin en la investigación sobre los mecanismos de replicación del virus del mosaico del tabaco (TMV). Más tarde, me

sociedad científica fue un reto pleno de satisfacciones, y guardo un especial recuerdo de haber sido portador de la felicitación de la SEF a la APS por la celebración de su *Diamond Jubilee* en Ames (Iowa) en 1983 –cuya placa conmemorativa se expone en la sede de la APS en St. Paul (Minnesota)– a iniciativa de Javier Romero, secretario de la SEF (q. e. p. d.). También recuerdo con agrado haber sido partícipe de la inquietud de la SEF por

la adopción de determinadas medidas de control que quedaban recogidas en la Directiva de Uso Sostenible de Productos Fitosanitarios de la Unión Europea, y la participación, junto con la profesora Milagros López –entonces presidenta–, en la creación de la AESaVe en 2012, como vía para promover la atención en el sector profesional de la Sanidad Vegetal –oficial y social– ante el cambio que percibíamos. Mi actividad en nuestra Sociedad ha sido reconocida generosamente con la concesión de la Distinción SEF y el nombramiento de Socio de Honor.

**¿Cómo ves el futuro de la Fitopatología? ¿Cuáles consideras que son los grandes desafíos que deberían ser abordados en el futuro por nuestra disciplina?**

Creo que la Fitopatología afronta un futuro pleno de nuevos retos: más introducciones de patógenos exóticos de biología desconocida; nuevas enfermedades de epidemiología por desvelar; incertidumbres derivadas de los cambios medioambientales y tecnológicos; más dificultades para el control, derivadas de planteamientos legislativos de escasa base fitopatológica –v. gr., la prevalencia de la certificación fitosanitaria CAC del material vegetal en detrimento de la certificación basada en evaluación analítica e inspección periódica por servicios acreditados fitopatológicamente, que devalúa un principio fundamental del control de las enfermedades establecido desde la creación de la Fitopatología–; o nuevas formas de agricultura, promovidas por la emotividad social, para las que la Sanidad Vegetal es insuficientemente estudiada, etc.

A estos retos se suman la conveniencia de reconsiderar los sistemas actuales de formación universitaria e I+D fitopatológicas. Me cuesta trabajo comprender, por incoherente, que el incremento sostenido de retos y dificultades que he señalado anteriormente pueda ser afrontado eficientemente en la práctica profesional con una formación fitopatológica universitaria excesivamente limitada y fragmentada en los currículos agronómicos. Cuando cesé en mi actividad docente en 2015, la carga docente en materia fitopatológica era menos de la mitad de la que enseñaba hace 25 años a los docentes e investigadores que hoy son líderes en su campo.

En la misma línea, creo que sería conveniente una reflexión en torno a la razón de ser de la Fitopatología, como ciencia de aplicación que tiene como meta el control de las enfermedades, y a la necesidad de reforzar la faceta social a fin de aumentar su visibilidad. La investigación con fases experimentales en campo, de abordaje multidisciplinar y con los sistemas como escenarios de abordaje, junto con la transferencia sistematizada de resultados al sector usuario –v. gr., configurando una actividad como la que desarrollaba Extensión Agraria en los años 70–, son acciones merecedoras de consideración para mitigar la tendencia actual de investigaciones fraccionarias auspiciadas por la disponibilidad de tecnologías y la necesidad de construir currículos basados en listados de publicaciones y su evaluación mediante métricas de índices y factores.

**Sé que sigues fuertemente ligado a la Fitopatología y muy activo. Acabas de publicar un libro con dos colegas que han sido también figura clave en la protección de cultivos en nuestro país (M. M. López y R. Albajes). Cuéntame algo de este libro y cómo se fraguó.**

En efecto, el libro se denomina *La Sanidad Vegetal en la Agricultura y la Silvicultura: Retos y Perspectivas para la Próxima Década*, y ha sido promovido y publicado por la Real Academia de Ingeniería de España (RAING) con la colaboración de Agrotecnio-CERCA, Universidad de Lleida, que han decidido hacerlo [disponible gratuitamente a través de la web de la RAING](#).

Este libro es fruto de la iniciativa de la Real Academia de Ingeniería, mediada por uno de sus académicos, el Prof. Ignacio Romagosa, que nos propuso escribir unas reflexiones sobre la Sanidad Vegetal con motivo de la celebración de 2020 como Año Internacional de la Sanidad Vegetal. Era un reto de consideración, teniendo en cuenta que la Prof.<sup>a</sup> Milagros López y yo acabábamos de finalizar el año anterior el *Libro Blanco de la Sanidad Vegetal en España*, auspiciado por AESaVe y la UCO. Lo que se planteó inicialmente como un informe, se convirtió en un libro de 320 páginas del que los autores estamos muy satisfechos. Nuestro propósito en su elaboración ha sido resaltar el papel que la Sanidad Vegetal desempeña en la agricultura y la silvicultura, y vislumbrar el que pueda tener en el futuro próximo,

y para el que se anuncian cambios sustanciales en el sistema agroalimentario mundial. Hemos pretendido que el destinatario del libro sea un público con un nivel alto de formación, no necesariamente familiarizado con la Sanidad Vegetal, pero al mismo tiempo deseamos promover la visibilidad y el conocimiento de la razón de ser de la Sanidad Vegetal entre personas que, eventualmente, tengan oportunidad de tomar decisiones respecto de ella.

**Sé que llevas muchos años dedicado a escribir una obra que, probablemente, será única para la Fitopatología. Cuéntanos algo sobre ella sin hacer mucho spoiler y dinos cuándo crees que podemos disfrutar de ella.**

Así es, hace varios años, demasiados ya, que me planteé escribir un libro con finalidad docente en el que plasmar mi concepto de la Fitopatología y mis experiencias en su docencia. Ha sido una tarea de recorrido temporal más largo que el deseado, porque en su desarrollo se cruzaron la preparación de los dos libros antedichos y un número de compromisos de los que resultó difícil sustraerme. Afortunadamente, ya está concluido y confío en que su publicación tenga lugar en breve.

El libro se titula *Fundamentos de Fitopatología: el Estudio de las Enfermedades de las Plantas*, y se estructura en seis partes y 22 capítulos en los que realizo un estudio pormenorizado de las fases de la patogénesis en el desarrollo de la enfermedad en plantas, que es precedido por un análisis de la Fitopatología como ciencia y profesión, y de la naturaleza de la enfermedad en plantas, y finaliza

con un epílogo sobre los retos de la Fitopatología en la agricultura del siglo XXI. Mi propósito en su preparación ha sido diseñar su estructura y contenido como libro de estudio, no de manual, en el que he tratado de armonizar los principios ya establecidos con la información más reciente. Confío en que sea de utilidad a los estudiosos de la Fitopatología.

**¡Seguro que sí, Rafael! Ya deseando el ver el libro impreso y poder asistir contigo a su presentación y a disfrutar y aprender con su lectura. Como mentor que has sido mío, no me canso nunca de aprender de ti, y he sido afortunada por haberte tenido como referente de la misma forma que tú tuviste a Wally Sackston. ¡Eso sí, yo tengo la gran suerte de tenerte cerca y poder seguir disfrutando de tus conocimientos!**



Presentación del libro *La Sanidad Vegetal en la Agricultura y la Silvicultura: Retos y Perspectivas para la Próxima Década*, en la Real Academia de Ingeniería; Madrid, 20 de junio de 2023 (Fuente: Blanca B. Landa).



Presentación del *Libro Blanco de la Sanidad Vegetal*, en el Rectorado de la Universidad de Córdoba (Fuente: Blanca B. Landa).







## ...a SOLEDAD VERDEJO-LUCAS

Soledad Verdejo-Lucas es una especialista en nematodos fitoparásitos muy reconocida en España e internacionalmente. Estudió e hizo el doctorado en la Universidad de Granada, y varias estancias postdoctorales en el Reino Unido y EE. UU. Ha trabajado como investigadora en el IRTA y en el IFAPA, liderando numerosos proyectos de investigación competitivos y contratos con empresas, acumulando más de 160 publicaciones entre artículos científicos, técnico-divulgativos y capítulos de libros, dirigiendo numerosas tesis doctorales y actuando como profesora invitada en cursos de máster y de formación de técnicos. Además de haber desempeñado varios puestos de gestión relevantes, ha sido presidenta de la Organización de Nematólogos de los Trópicos Americanos y miembro del Comité Ejecutivo de la Sociedad Europea de Nematólogos. Su relación con la SEF data de 1988, siendo editora de un libro sobre enfermedades de nematodos fitoparásitos en España, de gran impacto.

... por Carolina Escobar

Área de Fisiología Vegetal  
Departamento de Ciencias Ambientales  
Facultad CC. Ambientales y Bioquímica  
Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM)  
Toledo

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

Estudié Farmacia en la Universidad de Granada e hice el doctorado en el Instituto López Neyra de Parasitología del CSIC. Hice varios postdoctorados: primero, en el Rothamsted Research, Reino Unido; y después, en la Universidad de California, inicialmente en el campus de Riverside y luego en el campus de Davis. Regresé a España en 1988 para incorporarme como investigadora al Centro de Cabrils del IRTA donde trabajé durante 25 años. En 2013, me incorporé al Centro de la Mojonera del IFAPA, en Almería, como investigadora titular y funcionaria de la Junta de Andalucía donde estuve trabajando hasta mi jubilación en abril de 2018. Durante unos 10 años, compatibilicé la investigación con responsabilidades de gestión encomendadas por la Dirección General del IRTA desempeñando

los cargos de jefa del Departamento de Patología Vegetal, directora del Subprograma de Patología Vegetal, directora del Centro de Cabrils y directora del Programa de Protección Vegetal Sostenible del IRTA.

### ¿Por qué te dedicaste a la Fitopatología y elegiste investigar sobre nematodos fitoparásitos?

Yo llegué a la Fitopatología a través de la Parasitología, una de las asignaturas de Farmacia. Cuando terminé la carrera quería hacer el doctorado y la opción que tuve fue realizarlo sobre nematodos fitoparásitos. A partir de la tesis doctoral continué aprendiendo y especializándome y el estudio de estos patógenos ha sido el objetivo de toda mi trayectoria profesional. He trabajado fundamentalmente con los nematodos formadores de agallas y el nematodo de los cítricos, y los principales temas

abordados han sido la epidemiología, la resistencia vegetal y el control biológico.

**¿Si te hubieras tenido que dedicar a otra cosa, ¿qué habrías escogido?**

Hice una especialidad en Análisis Clínicos de Laboratorio y, probablemente, esa hubiera sido mi actividad profesional de no haber podido seguir en investigación.

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

El mayor logro probablemente haya sido el haber mantenido activa una línea de investigación en Nematología aplicada en España durante 30 años, la cual, ha sido reconocida tanto a nivel nacional como internacional. He logrado colaborar con la mayoría de los nematólogos españoles bien en proyectos de investigación, docencia, intercambio de experiencias, y he conseguido el respeto de mis colegas fitopatólogos. Las satisfacciones que he tenido a lo largo de mi carrera han sido muchas, en especial en cuanto a la formación de personal pues muchas de las personas que han pasado por mi laboratorio continúan vinculadas a la Fitopatología en su actividad profesional. También han sido muy satisfactorios los “*cum laudes*” de las tesis doctorales, las conferencias invitadas, ver el auditorio lleno de técnicos y agricultores en las jornadas técnicas, y cómo no, las amistades trabadas con colegas nacionales y extranjeros. Podría seguir contando satisfacciones, pero también

quiero decir que no todo ha sido un camino de rosas y ha habido contrariedades, pequeños y grandes disgustos a los cuales conseguí sobreponerme porque tenía claro cuál era el camino que quería seguir y dónde tenía que concentrar mis esfuerzos para seguir en mi línea de investigación.

**¿Ha habido alguna figura del mundo de la investigación que te haya impresionado o marcado especialmente?**

En primer lugar, tengo que mencionar a mi padre, investigador del CSIC, que con su ejemplo me infundió la inquietud y curiosidad por la investigación y me apoyó moral y económicamente para que pudiera realizar la tesis doctoral, y posteriormente, sintiéndose orgulloso de mis éxitos profesionales. Además, ha habido una serie de personas que han marcado mi trayectoria profesional por su apoyo y generosidad en momentos claves ya fuera en el plano personal o profesional. Especialmente, quiero señalar al Dr. Miguel Monteoliva, del López-Neyra; a la Dra. Isabel Álvarez, del IRTA; al Dr. Brian Kerry, del Rothamsted Research; y al Dr. Larry Duncan, de la Universidad de Florida.

**¿Qué relación has tenido con la SEF y cómo la valoras?**

Soy miembro de la SEF desde 1988. He participado habitualmente en los congresos de la Sociedad que siempre consideré como actividad prioritaria para estar al día de las investigaciones en Fitopatología en España. Mi aportación a la SEF ha sido a través de sus



Taller sobre nematodos. IFAPA enero 2018  
(Fotos: M. Fernández).

publicaciones. He sido coeditora, junto con María Fe Andrés, del libro *Enfermedades causadas por nematodos fitoparásitos en España*, que ha tenido una gran acogida ya que la segunda edición está prácticamente agotada. También soy coautora del capítulo “Nematodos” en las publicaciones monográficas de la SEF sobre Cítricos y sobre Cucurbitáceas, y he contribuido al Boletín Informativo de la SEF en varias ocasiones.

A lo largo de los años, he visto cómo la SEF se ha profesionalizado y cómo

expertos fitopatólogos capaces de asumir esos retos y dar respuestas a la sociedad. En mi opinión, hay dos aspectos claves de la investigación que continúan sin resolver y son el refuerzo de los equipos de investigación con nuevas incorporaciones y la financiación de la propia investigación. Estas debilidades de la ciencia española van en detrimento de la competitividad e implican un gran consumo de tiempo y, por ende, distracción del foco de la investigación.

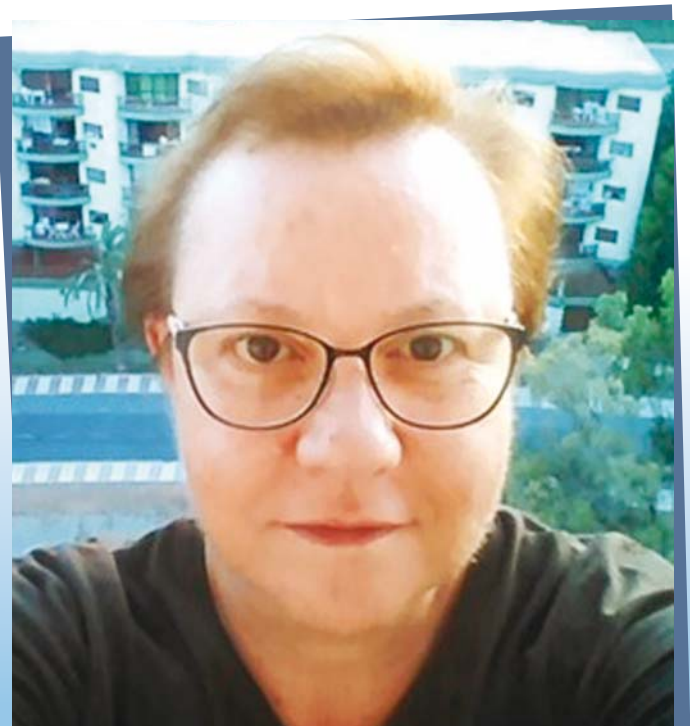
**¿Cuáles crees que son los factores que determinan el éxito de una carrera investigadora? ¿Qué consejos darías a los que empiezan o aspiran a empezar ahora?**

Una carrera investigadora pasa por una serie de etapas y el éxito depende de cómo uno asume su papel y responsabilidades en cada etapa. La receta no la tengo, aunque los ingredientes básicos son mucho entusiasmo, curiosidad, paciencia y generosidad. Acompaña bien la dedicación, tenacidad, intuición y las dotes de observación. Una buena organización y el pragmatismo son condiciones clave para el éxito profesional, aunque no se disponga de todos los ingredientes. A las personas que empiezan o quieren iniciar una carrera investigadora les aconsejaría positividad y paciencia, que todo llega.

la investigación orientada a resolver problemas muy concretos ha evolucionado hacia una investigación más fundamental, influenciada por el desarrollo de las herramientas moleculares. También he visto cómo los nematólogos hemos logrado ocupar un espacio dentro de la SEF con nuestras aportaciones a nivel científico y nuestros puntos de vista en los órganos de gobierno de la Sociedad.

**¿Cómo ves el futuro de la Fitopatología? ¿Cuáles serán los aspectos clave que deberían ser abordados en el futuro, en general, y en tu área, en particular?**

La Fitopatología tiene un futuro prometedor, no me cabe duda. Siempre hay retos que afrontar, enfermedades emergentes, desarrollo de nuevas herramientas, nuevas disposiciones legales, y otros aspectos, que ahora mismo, no somos capaces ni de vislumbrar. Con frecuencia, cuando resolvemos un problema, surge otro imprevisto o que estaba oculto por el problema principal. La buena noticia es que la SEF dispone de un nutrido grupo de



(Foto: A Verdejo).



Recogida del Premio al mejor libro agrario. Fira Agrària de Sant Miquel-Eurofruit de Sant Miquel, Lleida 2011 (Foto: J. M. Verdejo).



(Foto: A Verdejo).

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

Una parte de mi tiempo sigue dedicado a la Fitopatología y digamos que me mantengo activa, aunque con un perfil bajo. Dedico tiempo al asesoramiento de técnicos, imparto seminarios, atiendo consultas de profesionales, aconsejo a jóvenes

investigadores, asisto a reuniones, y continúo publicando mis propias investigaciones. Una de las ventajas de esta etapa es que uno dispone de la totalidad de su tiempo, por lo cual el mundo de la Fitopatología se ha vuelto, si cabe, aún más atractivo.

**¿Qué aspectos añoras más de tu actividad profesional anterior?**

En realidad, no añoro la actividad profesional; es una etapa que he completado y ya pertenece al pasado. Como mencionaba antes, sigo conectada con la Fitopatología, pero en esta etapa, yo tomo las decisiones y marco los

tiempos. Estoy en otro momento vital y procuro disfrutar de lo que la vida me ofrece, y a veces, me brinda cuestiones fitopatológicas.

**¿Mirando en retrospectiva, ¿qué te ha aportado a nivel personal tu actividad profesional?**

Pues me ha permitido conocer a personas de otros lugares y culturas y con otros valores, lo cual, me ha abierto la mente y aumentado mi capacidad de escuchar, empatizar y relativizar las cosas, en definitiva, me ha hecho más tolerante. Gracias a mi actividad profesional he viajado por los cinco continentes y conocido personas extraordinarias y lugares de ensueño.



Placa recibida como regalo de despedida por jubilación (Foto: C. García).



1ª Reunión de nematólogos españoles, diciembre 2022.



Congreso en Shanghai, 2016 (Foto: A. Verdejo).





## ➔ Biocontrol de nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne* spp., en tomate, usando cepas de *Bacillus*

ANA CLÁUDIA PEREIRA DA SILVA

Centro Tecnológico Nacional Agroalimentario “Extremadura”

Badajoz

### ***Biocontrol of Meloidogyne spp. in Solanum lycopersicum using a dual combination of Bacillus strains***

Díaz-Manzano, F. E., Amora, D. X., Martínez-Gómez, A., Moelbak, L. & Escobar, C.

*Frontiers in Plant Science* 13: 1077062

Publicado el 4 de enero de 2023

Los nematodos del género *Meloidogyne* spp. son parásitos obligados de las plantas capaces de producir una diferenciación del tejido vascular de la raíz que conduce a la formación de una agalla, donde hay células especializadas, a partir de las cuales se alimentan: células gigantes (CG). Parasitan a una gran cantidad de cultivos, siendo una gran amenaza para la producción agrícola, y generando anualmente enormes pérdidas económicas.

La dificultad para decodificar la interacción nematodo-planta hospedadora, así como el uso de variedades susceptibles o la prohibición del uso de productos químicos para controlar sus poblaciones por la alta toxicidad, son algunos de los motivos que han llevado, en los últimos años, a agravar el problema en la agricultura. Actualmente, entre las metodologías existentes frente a estos parásitos, destaca el control integrado, donde es posible incluir agentes de control biológico como algunas bacterias rizosféricas del género *Bacillus*.

En el artículo se evalúa la combinación de dos cepas de *Bacillus* (*B. paralicheniformi* FMCH001 y *B. subtilis* FMCH002) en el control de *Meloidogyne* spp. en tomate, mostrando gran eficiencia como agente de control biológico en diferentes fases del ciclo de vida del nematodo. Se observó un efecto directo en el estadio preinfectivo de *M. javanica* con altos ratios de mortalidad y una reducción en la eclosión de los huevos tras ser incubados con diferentes concentraciones de la combinación de ambas cepas frente al control. Además, se ha observado el mismo efecto en la mortalidad de *M. incognita*, al aplicar el sobrenadante de las bacterias, obtenido por centrifugación y filtración de los medios donde han crecido estas, sugiriendo la posible implicación de metabolitos secundarios producidos por las bacterias en el efecto nematicida observado.

Por otro lado, los autores demostraron una reducción en la atracción y penetración de los nematodos en raíces tratadas con las rizobacterias. La combinación de las cepas conllevó una reducción del número de agallas *in vitro* y a una disminución de su reproducción

en plantas de tomate cultivadas en suelo. Un último dato muy interesante en este estudio fue el efecto sobre el tamaño de las CG, que se redujo en más del 50 % en plantas tratadas con las bacterias. De esta forma, los resultados sugieren un efecto directo sobre los juveniles en el segundo estadio (J2), pero también un efecto en el desarrollo y reproducción de los nematodos, lo que podría indicar también una interferencia directa o indirecta de las cepas de

bacterias en los mecanismos morfogenéticos inducidos por el huésped durante la interacción en la planta.

El estudio identifica, así, el potencial de la combinación de ambas cepas como nematocida y la viabilidad de su uso en una estrategia integrada de control de estos fitoparásitos desde una perspectiva respetuosa con el medio ambiente.

## → La endocitosis mediada por clatrina facilita la internalización de efectores de *Magnaporthe oryzae* en las células de arroz

PABLO GARCÍA RODRÍGUEZ y SERENELLA ANA SUKNO  
Instituto de Investigación en Agrobiotecnología (CIALE)  
y Departamento de Microbiología y Genética  
Universidad de Salamanca

### ***Clathrin-mediated endocytosis facilitates the internalization of Magnaporthe oryzae effectors into rice cells***

Oliveira-Garcia, E. Tamang, T. M., Park, J., Dalby, M., Martin-Urdiroz, M., Rodríguez Herrero, C., Vu, A. H., Park, S., Talbot, N. J. & Valent, B.

*The Plant Cell* 35: 2527-2551

Publicado el 26 de junio de 2023

Al igual que otros fitopatógenos, los hongos secretan una gran diversidad de proteínas efectoras que modulan la inmunidad innata de las plantas, permitiendo a los patógenos infectar y colonizar la planta hospedadora. En general, los mecanismos que utilizan los hongos para introducir efectores a través de la membrana plasmática de la planta son poco conocidos y es un tema de investigación de mucho interés actual. *Magnaporthe oryzae* es un hongo ascomiceto filamentoso causante de la piriculariosis del arroz (*Oryza sativa*) y supone una amenaza

para la seguridad alimentaria mundial. Este hongo que presenta un estilo de vida hemibiotrófico, en su fase biotrófica invade las células vegetales manteniéndolas vivas, formando hifas invasivas que crecen rodeadas de una extensión de la membrana plasmática de la planta. Durante este proceso, se forman estructuras membranosas entre las hifas invasivas y las células huésped conocidas como complejos interfaciales biotróficos (BIC). Los efectores de *M. oryzae* se acumulan en estos complejos y desempeñan un papel crucial en la promoción de la infección.

La endocitosis mediada por clatrina (CME) es el mecanismo principal utilizado por las células eucariotas para internalizar cargas extracelulares y, en las interacciones planta-patógeno, desempeña un papel clave en la inmunidad. En este trabajo, mediante imágenes de fluorescencia de célula viva, los autores descubrieron unas estructuras membranosas denominadas MEC (compartimentos membranosos de efectores) que se forman dentro y alrededor de los BIC. Los MEC se encontraron asociados a la membrana plasmática de la planta y colocalizaron con componentes de la maquinaria de la CME como la cadena ligera de clatrina. Además, mediante silenciamiento génico y el uso de inhibidores químicos, se demostró que la CME es esencial para la formación de los MEC y la translocación de efectores al citoplasma del

huésped. La inhibición de la CME del arroz como resultado fenotipos anómalos en la membrana del hongo y una acumulación anormal de efectores bajo los apresorios que dificultaban la infección. En resumen, los datos obtenidos indican que los efectores se internalizan a través de la maquinaria de la CME del huésped en compartimentos membranosos que se acumulan en el complejo interfacial biotrófico para, posteriormente, introducirse en el citoplasma de la célula vegetal. Este estudio proporciona una evidencia importante sobre la dinámica de los efectores citoplasmáticos durante la infección de *M. oryzae*-arroz. A largo plazo, estos hallazgos pueden tener implicaciones para el desarrollo de estrategias de control de enfermedades en cultivos agrícolas.

## ➔ **Futuro del manejo de enfermedades bacterianas en la producción de cultivos**

MARÍA LUISA DOMINGO CALAP  
Evolving Therapeutics S. L.  
Paterna, Valencia

### ***Future of bacterial disease management in crop production***

Sharma, A., Abrahamian, P., Carvalho, R., Choudhary, M., Paret, M. L., Vallad, G.E. & Jones, J. B.

*Annual Review Phytopathology* 60: 259-282

5 de julio de 2022

Debido a diferentes factores, tanto bióticos como abióticos, los cultivos se ven expuestos a grandes pérdidas de producción. Algunas estimaciones señalan que las enfermedades de las plantas representan aproximadamente el 10-13 % de

estas pérdidas. Más de 25 géneros y más de 200 especies de bacterias son patógenas en diferentes especies de plantas. Actualmente, la gestión de enfermedades se basa en un enfoque integrado que incluye el uso de múltiples medidas para evitar o minimizar el

impacto de los patógenos sobre los cultivos. Entre ellas destaca la evasión del patógeno mediante cuarentenas e inspecciones, el uso y certificación de material de propagación libre de patógenos, las prácticas de manejo de cultivo o el control químico basado principalmente en el uso de antibióticos y compuestos de cobre.

A causa de las resistencias antimicrobianas producidas por el abuso de productos químicos, el interés por el control biológico de las enfermedades bacterianas en plantas es creciente. Sin embargo, el uso de agentes de control biológico microbiano se ve limitado en la aplicación en campo debido a que estos pueden deteriorarse con el almacenamiento o al estar sometidos a diferentes factores bióticos como temperatura o luz UV. También se está trabajando en la obtención de plantas resistentes, para reducir la gravedad de la enfermedad en virtud de la genética de la planta. La tecnología para desarrollar variedades resistentes a las enfermedades está evolucionando rápidamente con los avances en genómica, que han mejorado

drásticamente el genotipado y la selección asistida por marcadores moleculares, así como la modificación genética mediante CRISPR-Cas9. Otro ejemplo de alternativas en las cuales se está trabajando es el uso de aceites esenciales; sin embargo, la mayoría de ellos son volátiles, poco solubles en agua y termolábiles, lo que puede dificultar su aplicación en el campo. Estos problemas podrían solventarse empleando la nanoemulsificación, es decir, la suspensión de gotitas de aceite mediante su encapsulación en tensioactivos, lo que también mejoraría su difusión a través de la membrana plasmática.

En comparación con el control químico, se trata de alternativas respetuosas con el medio ambiente. Hay que tener en cuenta que, en muchos casos, la dependencia excesiva de un único método de control ha llevado a la pérdida de su eficacia con el tiempo, por lo que se sigue recomendando la combinación de varios métodos, desde un enfoque seguro, económico, eficaz, accesible y respetuoso con el medio ambiente.

## ➔ **Virus del fruto rugoso marrón del tomate: Un virus de ARN de plantas emergente y de rápida propagación que amenaza la producción de tomate en todo el mundo**

ADRIAN D. ZAMFIR y RAFAEL DE ANDRÉS-TORÁN

Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas (CBGP)

Universidad Politécnica de Madrid (UPM) e Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), y E.T.S.I. Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas

Pozuelo de Alarcón, Madrid



**Tomato brown rugose fruit virus: An emerging and rapidly spreading plant RNA virus that threatens tomato production worldwide**

Zhang, S., Griffiths, J. S., Marchand, G., Bernards, M. A. & Wang, A.

*Molecular Plant Pathology* 23: 1262–1277.

22 de mayo de 2022

El año 2015, en Jordania, se produjo un brote de una enfermedad desconocida en el que casi el 100 % de las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) de invernadero mostraron síntomas típicos de infección viral. Poco después, un laboratorio de Israel caracterizó el virus causante del brote. Se trataba de un nuevo tobamovirus: el virus del fruto rugoso marrón del tomate (ToBRFV). El género *Tobamovirus* tiene una gran importancia histórica, ya que incluye varios patógenos virales devastadores, como el virus del mosaico del tabaco (TMV) o el virus del mosaico del tomate (ToMV), entre otros.

Desde su descubrimiento, el ToBRFV se ha transmitido rápidamente, afectando a 35 países en cuatro continentes distintos. Este es un ejemplo más de un patógeno emergente, que aumenta su incidencia tras su aparición en una nueva población de huéspedes, causando graves pérdidas en el cultivo de tomate y su producción a nivel mundial.

El ToBRFV posee una amplia gama de huéspedes, infectando a más de 40 especies pertenecientes a las familias Amaranthaceae, Apocynaceae, Asteraceae y Solanaceae, aunque el tomate y el pimiento (*Capsicum annuum*) son sus huéspedes naturales. La infección y los síntomas ocurren de manera muy similar a la de otros tobamovirus como

el ToMV. Las estrategias de control actuales se basan en medidas de prevención como restricciones en la importación o períodos de cuarentena. Además, los autores proponen una serie de recomendaciones para combatir el ToBRFV: (i) el desarrollo de una variante atenuada para obtener protección cruzada; (ii) identificación de genes de resistencia en bancos de germoplasma de tomate; (iii) el uso de nuevas técnicas de diagnóstico basadas en la ultrasecuenciación; (iv) obtención de mutantes de tomate resistentes mediante técnicas de mejora de cultivos; y (v) llevar a cabo estudios sobre la infección del ToBRFV y su interacción molecular con el huésped.

En este comentario queremos llamar la atención sobre la importancia de la investigación básica en la lucha contra las enfermedades emergentes. Los virus son el principal grupo de patógenos emergentes en plantas, y el estudio de su epidemiología en huéspedes silvestres nos ayudará a comprender su mantenimiento en estos reservorios y combatir su transmisión en los cultivos. Además, el uso de nuevas técnicas como la ultrasecuenciación, permitirá detectar estos patógenos de manera más precisa. Por último, una mayor libertad en el uso de técnicas de transformación genética permitiría controlar enfermedades víricas de forma más eficaz y sostenible.



# FUE NOTICIA en 2023

POR SOLEDAD SACRISTÁN y PEDRO GÓMEZ



## La nueva Junta Directiva de la SEF se pone en marcha

Con el comienzo del 2023 echó también a andar la **nueva Junta Directiva de la SEF**, encabezada por Blanca Landa como nueva presidenta y con Carolina Escobar como vicepresidenta, Arantxa Moreno como secretaria, David Gramaje como tesorero y Soledad Sacristán, Carmen Hernández, Pedro Gómez, Dolores Fernández-Ortuño y Diego Olmo como vocales.



Nueva Junta Directiva de la SEF (de izquierda a derecha, y de arriba a abajo): Soledad Sacristán (vocal), Blanca Landa (presidenta entrante), Arantxa Moreno (secretaria), Carmen Hernández (vocal), Pedro Gómez (vocal entrante), Carolina Escobar (vicepresidenta), David Gramaje (tesorero entrante), Dolores Fernández-Ortuño (vocal entrante) y Diego Olmo (vocal).

Puede leerse la carta de bienvenida de la nueva presidenta de la SEF en nuestra [newsletter](#).



## El gobierno actualiza la normativa contra el HLB y sus vectores

El Consejo de Ministros ha aprobado el **Real Decreto 115/2023** que actualiza el programa nacional de control y erradicación de *Trioza erytraeae*, vector del HLB, así como los programas nacionales de prevención del otro psílido transmisor, *Diaphorina citri*, y de la bacteria causante de esta enfermedad de los cítricos, *Candidatus liberibacter* spp.



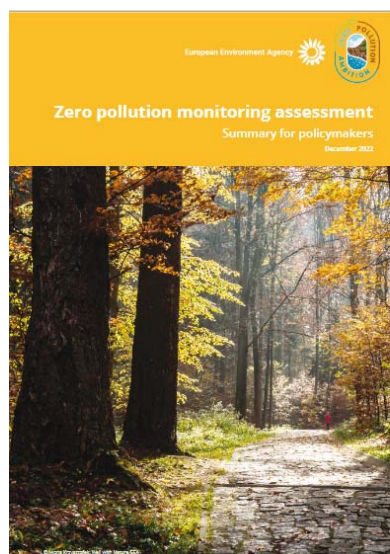
**+Info en *Phytoma***

Huanglongbing en mandarinas (T.R. Gottwald y S.M. Garnsey; 2009; Imagen de dominio público).



## Europa reduce el uso de los fitosanitarios más peligrosos

El uso y el riesgo de los fitosanitarios en la Unión Europea disminuyó un 14 % entre 2015 y 2017, mientras que el uso de los más peligrosos se redujo un 26 % en el mismo periodo, según el [Primer Informe sobre el Seguimiento y las Perspectivas en relación con la Contaminación Cero](#) de la Agencia Europea de Medio Ambiente.



The European Commission's analysis of the combined use and risk of chemical pesticides indicates a 14% drop between 2015-2017 and 2020.

Based on this recent trend, the EU is on track to cut the use and risk of chemical pesticides by the target of 50%.

**More information:**  
EEA zero pollution assessment – pesticides  
European Commission trend assessment



The European Commission's analysis on the use of more hazardous pesticides indicates a 26% drop between 2015 and 2020.

Based on this recent trend, the EU is on track to cut the use of more hazardous pesticides by the target of 50%.

**More information:**  
EEA zero pollution assessment – pesticides  
European Commission trend assessment

+Info en *Phytoma*



## 12 de mayo: DÍA INTERNACIONAL DE LA SANIDAD VEGETAL

12 May  
International Day of  
Plant Health

El pasado 12 de mayo se celebró el [Día Internacional de la Sanidad Vegetal](#). La designación de este Día Internacional por Naciones Unidas es legado del [Año Internacional de la Sanidad Vegetal 2020](#), y pretende aumentar la conciencia mundial sobre cómo la protección de la sanidad de las plantas puede ayudar a acabar con el hambre, reducir la pobreza, proteger la biodiversidad y el medio ambiente e impulsar el desarrollo económico. Con este motivo, la FAO organizó un evento *online* cuyo programa y retransmisión grabada se pueden consultar pinchando en la [imagen You Tube](#).

International Day of Plant Health  
Sheikh Zayed Centre (FAO Headquarters) 12.05.2023 Rome time

Outcome of COP27: Sharm el-Sheikh joint work

- Adoption of decision 3/CP.27 on the "Sharm el-Sheikh joint work on implementation of climate action on agriculture and food security"
- Captures conclusions on the different KJWA workshops reports, signaling highest level of political agreement on those
- Invites Parties to consider Policies and Measures to implement those conclusions, and future COP Presidencies and other actors to take them into account
- Agrees on a four-year joint work including implementation of the outcomes of the Koronivia joint work on agriculture and previous activities addressing issues related to agriculture... with a range of objectives
- Establishes the Sharm el-Sheikh online portal under the joint work

English <http://www.fao.org/webcast/home/en/item/5139/ico>

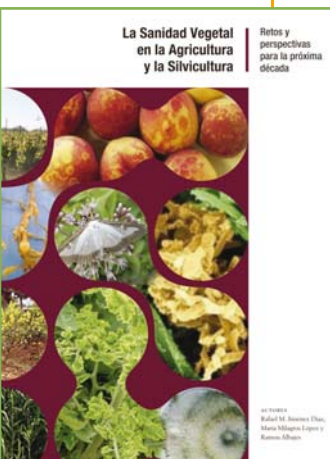
- The International Day of Plant Health is celebrated to raise global awareness on the importance of plant health to ensuring food security, protecting the environment and biodiversity and facilitating safe trade. Adopted at the UN General Assembly in March 2022, the Day is marked in various countries around the world through national campaigns.





## La Sanidad Vegetal en la Agricultura y Silvicultura

El pasado 20 de junio, la Real Academia de Ingeniería de España realizó la presentación pública del libro *La Sanidad Vegetal en la Agricultura y Silvicultura: retos y perspectivas para la próxima década*, por parte de Rafael M. Jiménez Díaz, María Milagros López y Ramón Albajes. Los autores, ingenieros agrónomos españoles, son expertos en distintos campos de la Sanidad Vegetal y nos presentan los retos que esta disciplina ya está afrontando y anuncian otros a los que con alta probabilidad nos tendremos que enfrentar. Este evento fue grabado y la presentación puede ser visualizada en su canal de [YouTube RAI](#).



## Informe web de la 69ª reunión del Panel sobre Medidas Fitosanitarias

El [Panel sobre Medidas Fitosanitarias](#) se reunió en París en la sede de la EPPO del 14 al 16 de marzo de 2023. La tarea principal de este Panel es evaluar los riesgos presentados por plagas específicas y diseñar medidas fitosanitarias para evitar su introducción y propagación. La siguiente reunión está prevista para octubre de 2023.



## Nueva normativa sobre el control y certificación de material vegetal

Aprobado un nuevo Real Decreto por el que se modifican los reglamentos técnicos de control y comercialización de los materiales de reproducción de las plantas ornamentales y de multiplicación de frutales y de plántones de frutal destinado a la producción frutícola. Esta nueva normativa queda recogida en la [Directiva de Ejecución \(UE\) 2022/2438](#) de la Comisión, de 12 de diciembre de 2022.

**+Info en *Phytoma***



(Diego Delso; CC BY-SA 4.0 DEED)



## LA EFSA lanza un Panel Interactivo para el seguimiento de plagas



La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ha lanzado un [panel interactivo](#) que permite el acceso digital a los resultados obtenidos en el seguimiento de plagas y enfermedades relevantes para la Unión Europea (UE). El panel se divide en tres secciones:

- **Plagas emergentes:** Ofrece una visualización en mapa mundial de plagas no reguladas que representan nuevas amenazas, como su detección en nuevas áreas geográficas o en diferentes huéspedes.
- **Plagas prioritarias:** Muestra la cantidad de información recopilada sobre las veinte plagas y enfermedades que son consideradas como prioritarias en la UE. Esto incluye campañas informativas, encuestas, planes de contingencia y acciones para su erradicación.
- **Buscador de boletines:** Permite buscar artículos incluidos en boletines anteriores según el nombre de la plaga, la familia, el nivel de reglamentación y la puntuación de seguimiento.



Esta herramienta se irá actualizando regularmente con el contenido del último [boletín mensual](#) publicado por EFSA.

**+Info en EFSA**





## **Estudio y desarrollo de técnicas moleculares para la detección de resistencia a fungicidas en *Podosphaera xanthii***

- **Doctoranda:** Alejandra Vielba Fernández.
- **Institución:** Departamento de Microbiología. Universidad de Málaga (UMA).
- **Directores:** Alejandro Pérez García y Dolores Fernández Ortuño (UMA).
- **Defensa:** 4 de julio de 2022. UMA.



## **El microbioma del olivo y su papel en la respuesta de la planta a la Verticilosis causada por *Verticillium dahliae*: factores determinantes y modificadores**

- **Doctorando:** Manuel Anguita Maeso.
- **Institución:** Departamento de Protección de Cultivos, Instituto de Agricultura Sostenible (IAS-CSIC), Córdoba.
- **Directores:** Blanca B. Landa del Castillo y Juan A. Navas Cortés (IAS-CSIC).
- **Defensa:** 17 de febrero de 2023. IAS-CSIC, Córdoba.



## ***Sustainable management of grapevine trunk diseases in vineyard: deliver biocontrol agents and associated molecules***

- **Doctoranda:** Catarina da Cunha Maia Leal.
- **Institución:** Universitat Politècnica de València (UPV) e Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV). Universidad de Reims Champagne-Ardenne (URCA, Francia).
- **Directores:** Josep Armengol (UPV), David Gramaje (ICVV), Florence Fontaine y Patricia Trotel-Aziz (URCA).
- **Defensa:** 8 de diciembre de 2022. Universidad de Reims Champagne-Ardenne, Francia.



**Resiliencia de *Castanea sativa* Mill. ante factores de estrés relacionados con el cambio global**

- **Doctorando:** Francisco Javier Dorado Reyes.
- **Institución:** Dpto. de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal, Ingeniería Forestal y del Medio Natural, Universidad de Extremadura (UEX).
- **Directores:** Alejandro Solla Hach (UEX) y M.<sup>a</sup> Ángela Martín Cuevas (Universidad de Córdoba, UCO).
- **Defensa:** 10 de marzo de 2023. UEX.



**Producción y caracterización de biochar de residuos vitivinícolas: análisis del potencial para el control de nematodos fitopatógenos**

- **Doctoranda:** Ángela Martínez Gómez.
- **Institución:** Departamento de Ciencias Ambientales, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM).
- **Directora:** Carolina Escobar Lucas (UCLM).
- **Defensa:** 4 de mayo de 2023. UCLM, Toledo.



***Determinants of virus seed transmission in Arabidopsis thaliana***

- **Doctorando:** Alberto Cobos Piñuela.
- **Institución:** Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas (CBGP, UPM-INIA/CSIC).
- **Director:** Jesús Israel Pagán Muñoz (CBGP, UPM-INIA/CSIC).
- **Defensa:** 8 de mayo de 2023. CBGP, Madrid.



***Exploring approaches and biotechnological tools to better characterize sweet potato viruses***

- Doctoranda: Ornela Chase.
- Institución: Centro de Investigación en Agrigenómica (CRAG, CSIC-IRTA-UAB-UB).
- Director: Juan José López-Moya Gómez (CRAG, CSIC-IRTA-UAB-UB).
- Defensa: 5 de septiembre de 2023. CRAG, Barcelona.



***Molecular and biological characterization of the mycovirome of Botrytis cinerea and development of mycoviral reverse genetic systems***

- Doctoranda: Ana Ruiz Padilla.
- Institución: Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas (CBGP) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Directora: María Ángeles Ayllón Talavera (UPM).
- Defensa: 27 de noviembre de 2023. ETSIAAB, UPM.



***Epidemiología y ecología de los virus transmitidos por pulgones en cultivos de cucurbitáceas en España***

- Doctoranda: Pilar Rabadán Manzanera.
- Institución: Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS)-CSIC. Murcia.
- Directores: Pedro Gómez y Miguel Juárez.
- Defensa: 1 de diciembre de 2023. CEBAS-CSIC.





## → Congreso Hispano-Luso de Biología de Plantas 2023 *Iberian Plant Biology Congress 2023*

Del 9 al 12 de julio de 2023  
Braga, Portugal

VICENT ARBONA<sup>1</sup>, ADELA SÁNCHEZ-MOREIRAS<sup>2</sup> y CAROLINA ESCOBAR<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept. Biologia, Bioquímica i Ciències Naturals. Universitat Jaume I. Castelló de la Plana

<sup>2</sup>Dept. Bioloxía Vexetal e Ciencia do Solo. Universidade de Vigo. Vigo, Pontevedra

<sup>3</sup>Dept. de Ciencias Ambientales. Universidad de Castilla-La Mancha. Toledo

El miércoles 12 de julio de 2023 finalizó el Congreso Hispano-Luso de Biología de Plantas que tuvo lugar en Braga (Portugal) con un número total de 500 asistentes, lo que constituyó una extensa participación. El congreso se celebró en las instalaciones de la Universidad do Minho y el comité organizador fue presidido por la Dra. Teresa Lino-Neto.

El congreso comenzó el domingo 9 de julio con la reunión satélite 3<sup>rd</sup> PhD Meeting (@3PMS), organizada por estudiantes de ambas sociedades portuguesa y española. En esta



breve reunión pudimos comprobar el elevado nivel de los jóvenes investigadores que se inician en este mundo y en su capacidad para comunicar y discutir ciencia. Los estudiantes de doctorado expusieron sus pósters en el exterior del edificio,

donde se iniciaron interesantes discusiones y se fomentaron futuras colaboraciones. Con un total de 12 sesiones, de las cuales dos fueron dedicadas, bien total o parcialmente, a interacciones bióticas (*Abiotic and Biotic Stresses*, sesión 3 y *Plant Biotic Interactions*, sesión 1), se dio por iniciado el congreso el lunes 10 de julio con la bienvenida de la presidenta,



Congresistas en la Universidade do Minho, Braga (Imagen de dominio público).

Dra. Teresa Lino-Neto. La primera conferencia plenaria la impartió el Dr. Marc-André Selosse, quien trató sobre la evolución de las simbiosis micorrícicas y desarrolló la hipótesis “The waiting room”, tal que algunos saprófitos podrían haber adquirido la posibilidad de convertirse en endófitos a lo largo de la evolución. A continuación, tuvieron lugar las dos primeras sesiones paralelas: S1–Interacciones bióticas en plantas, con dos invitadas, la Dra. María José Pozo, que habló sobre resistencia inducida por micorrizas frente a plagas, y la Dra. Sofia Costa, sobre mutualismo *versus* parasitismo de nematodos en leguminosas; así como la S2–Metabolismo y Bioquímica, con la participación de los Dres. Luis Villedor y Herlânder Azevedo como invitados. Tras la comida, asistimos a la conferencia plenaria del Dr. Michael Purugganan, que habló de “Systems Genomics” en arroz y de la estructura 3D de la cromatina integrando datos evolutivos y funcionales. A continuación, disfrutamos de las sesiones paralelas S3–Estrés biótico y abiótico, y S4–Desarrollo vegetal: la primera, con la participación de las Dras. Andreia Figueiredo y Rosa Rivero que disertaron, respectivamente, sobre la variación del perfil de lípidos tras la interacción con *Plasmopara viticola* en la vid, y las respuestas de las plantas ante combinaciones de estreses abióticos; y en la sesión de Desarrollo, tuvimos la oportunidad de escuchar a la Dra. Soraya Pelaz hablar del papel de los genes RAV en desarrollo y crecimiento adaptativo, y al Dr. Rómulo Sobral sobre los mecanismos genéticos que controlan el desarrollo de flores unisexuales en árboles monoicos.

Aunque la calidad de las charlas seleccionadas en todas las sesiones orales fue excepcional, destacaremos aquellas más relacionadas con la fitopatología y las plagas de las sesiones 1 y 3, tales como: el estudio de las bases de la resistencia del pino al nematodo *Bursaphelenchus*

*xylophilus*, por Cândida Sofia Trindade; el equilibrio entre la defensa y el crecimiento inducido por la infestación con araña roja en *Arabidopsis*, por Estrella Santamaria; el papel de las poliaminas en la defensa de *Pseudomonas syringae* en *Arabidopsis*, por Chi Zhang; y el reconocimiento a nivel molecular de *Plasmopara viticola* en la vid, por Catarina Silva. También se discutió del papel de la metilación del DNA en la interacción de la vid con *P. viticola*, por João Pereira, o sobre la inducción de resistencia contra *Frankliniella occidentalis* en *Arabidopsis*, por Jordi Gamir.

El segundo día comenzó con una interesante conferencia plenaria a cargo del Dr. Ulrich Schurr (Institute of Bio- and Geosciences, Alemania) sobre el uso del fenotipado vegetal en investigación fundamental y aplicada en biología vegetal. En este día se simultanearon tres sesiones paralelas: S5–Las plantas frente al cambio climático, S6–Biotecnología y granjas moleculares, y S7–Biología postcosecha. Charlas a las que fueron invitados el Dr. Helder Fraga y la Dra. Cristina Branquinho, que trataron sobre el impacto del cambio climático en ecosistemas mediterráneos; del Dr. Manuel Rey y la Dra. Rita Abranches, que hablaron, respectivamente, sobre embriogénesis somática en la vid, y de cultivos celulares de plantas para producir proteínas recombinantes; así como las Dras. María Teresa Lafuente y Ana M. Cavaco, que se centraron en la fisiología postcosecha de frutos.



Foto tomada por Vicente Arbona.

Finalmente, esa tarde tuvimos la conferencia del Premio Sabater que, en esta edición, recayó sobre la Dra. Nazareth Torres, quien expuso la interacción de la vid con el microbioma circundante y su papel en la mitigación de los efectos del cambio climático.

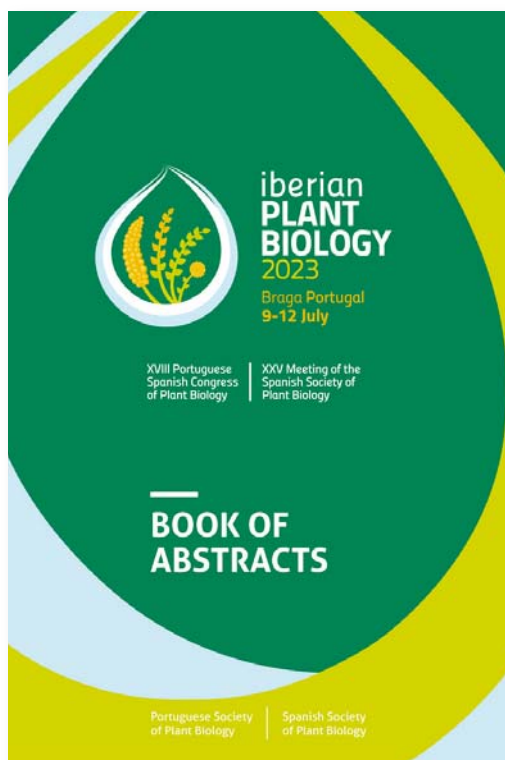
Hubo un momento emotivo, tras el reconocimiento a la Dra. Lola Rodríguez y al Dr. Juan Carbonell como miembros de honor, por su trayectoria al frente de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal y por sus esfuerzos en hacer de esta una sociedad científica moderna y preocupada por ofrecer oportunidades a los jóvenes investigadores. Se mencionó también, en un especial recuerdo, a Ricardo Flores, que nos dejó el año pasado.

El miércoles 12, ya en la recta final del congreso, tuvo lugar la conferencia plenaria a cargo del Dr. Eugenio Butelli, que presentó estrategias biotecnológicas para producir productos naturales en tomate. A continuación, se celebraron tres sesiones paralelas: S8–Agroecosistemas y producción sostenible, S9–Fisiología Vegetal Ambiental y S10–*Seeds of Knowledge*, sobre la difusión de la biología vegetal en la sociedad. En la S8, disfrutamos de dos ponencias invitadas: una, a cargo de la Dra. Cristina Azevedo, sobre soluciones bioinspiradas para combatir el tizón del arroz; y otra del Dr. Andrés Teira Brión, que habló del mijo en la península ibérica y sus usos a lo largo de la historia. Durante la S9, dos interesantes charlas a cargo de los invitados Dra. Elena Monte y Dr. Gustavo Slafer, que presentaron la señalización lumínica en la adaptación a los cambios de luminosidad, y la

selección de rasgos importantes en la productividad del trigo, respectivamente. En la S10, dedicada a la difusión de la Biología de plantas a la sociedad, disfrutamos de más charlas invitadas por parte: del Dr. Miguel Porto, sobre el aprovechamiento de los datos de biodiversidad; de la Dra. Elizabete Marchante, sobre ciencia ciudadana y su implicación en la ampliación de los conocimientos botánicos; y de la Dra. Matilde Barón, sobre los problemas asociados a la difusión de la biología vegetal y la competencia con otras disciplinas, mucho más vistosas.

Se organizó también una mesa redonda sobre el papel de la mujer en ciencia en la que participaron Paloma Sánchez Bel e Irene García. Por la tarde, y ya concluyendo el congreso, se celebraron las sesiones paralelas S11 sobre Biología de Sistemas, y S12 sobre Nutrición mineral y relaciones hídricas. En la primera, los ponentes invitados fueron el Dr. Pedro Barros, quien nos introdujo al análisis mediante redes de coexpresión de los mecanismos que regulan la producción de corcho, y la Dra. Paula Duque, que explicó el control postranscripcional de las respuestas de desarrollo y frente al estrés mediadas por ABA. En la sesión S12, las Dras. Cristina Cruz y Maria C. Caldeira describieron, respectivamente, la fisiología de la nutrición en plantas simbióticas y las estrategias adaptativas de dos especies leñosas mediterráneas coexistentes en el mismo ecosistema.

En la sesión de clausura, María Carmen Ruiz Sánchez anunció el próximo congreso de la SEBP, que se celebrará en Murcia en septiembre de 2025.



## ➔ 12º Congreso Internacional de Patología Vegetal 2023

Del 20 al 25 de agosto de 2023  
Lyon, Francia

BLANCA B. LANDA

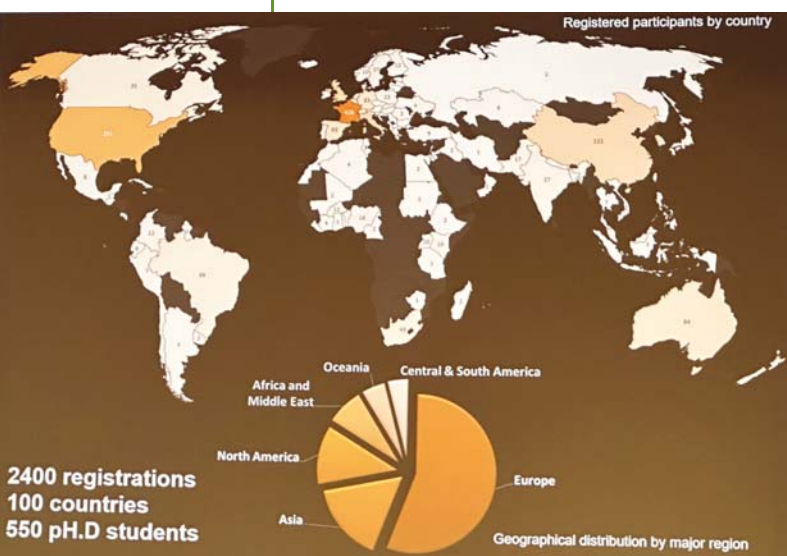
Instituto de Agricultura Sostenible IAS-CSIC  
Córdoba



Durante los días 20 al 25 de agosto de 2023 tuvo lugar el Congreso Internacional de Fitopatología (ICPP) en Lyon, Francia, organizado por la Sociedad Internacional de Patología Vegetal (International Society of Plant Pathology, ISPP), que agrupa a 63 sociedades y más de 26 000 especialistas en la “salud de las plantas” de todo el mundo. Durante estos cinco días, fitopatólogos e investigadores que trabajan en la “salud de las plantas” se reunieron para compartir y discutir sus investigaciones más recientes, así como los problemas actuales y futuros a los que nos enfrentamos los expertos en sanidad vegetal. En total asistieron

2400 personas procedentes de 100 países, de los cuales 550 eran estudiantes de doctorado. El anfitrión en este caso fue la Sociedad Francesa de Fitopatología, que estableció como tema para el congreso un aspecto de plena actualidad muy atractivo y al mismo tiempo desafiante: “Una salud global para todas las plantas, cultivos y árboles”. Este tema proporcionó una plataforma temática muy amplia para conferencias, presentaciones de paneles y discusiones que consideraron la naturaleza integral de la salud de las plantas en relación con la salud humana, animal y medioambiental.

La Sociedad Española de Fitopatología estuvo representada por un gran número de socios que asistieron al ICPP, muchos de los



(Fuente: B. B. Landa)



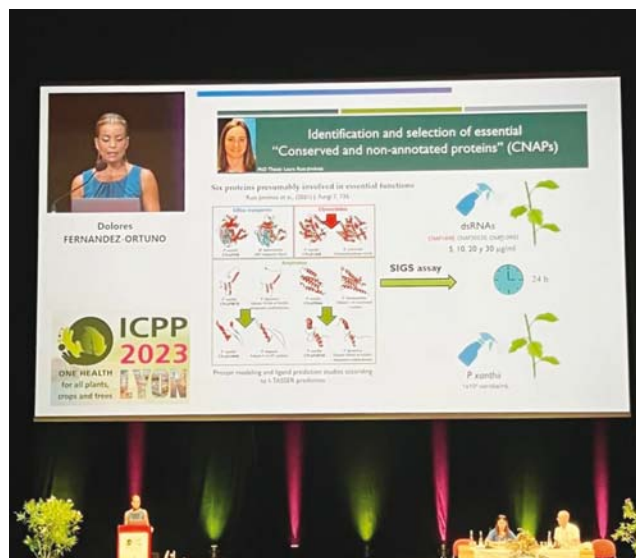
(Fuente: B. B. Landa)



(Fuente: B. B. Landa)

cuales tuvieron un papel brillante y digno de destacar.

Un total de 11 compañeros de la SEF presentaron diversas ponencias invitadas o moderaron diversas sesiones simultáneas en distintas temáticas de gran actualidad entre las que se encuentran: “Progress in disease control”, “Biological Control”, “Post harvest diseases”, “Modelling and analysis to better understand and predict epidemics”, “Current and emerging forest pathology issues”, “Molecular aspects of plant-fungal interactions”, “Plant protection potential of persistent (cryptic) viruses in fungi,



(Fuente: C. Anselmo Fernández)

plants and insect vectors of plant diseases”, “*Botryosphaeria dieback*”. Asimismo, tres jóvenes investigadores (Alba López, del IHSM-CSIC-UMA; David Hernández, del ICIA, Gobierno de Canarias; y Sergio Díez, del The University Institute for Research in Sustainable Forest Management, iuFOR) recibieron premio a los mejores paneles... ¡entre más de 1400 presentados!

Además de unas excelentes **conferencias magistrales invitadas**, el programa del congreso incluyó un gran número de sesiones simultáneas, presentaciones de pósteres y diversas oportunidades de *networking*. También tuvieron lugar varios **eventos satélites** al congreso, que brindaron la oportunidad de profundizar sobre temas específicos de gran actualidad. Entre ellos cabe destacar la 4ª Conferencia sobre *Xylella fastidiosa*, que contó con una gran participación y numerosos ponentes socios de la SEF, pertenecientes a distintas instituciones españolas, entre las que se incluyen el CSIC, IVIA y la Universidad de Girona, entre otras, prueba del papel de liderazgo de nuestra Sociedad en la investigación sobre esta bacteria de cuarentena.

Además, nuestros compañeros J. A. Navas Cortés, D. Fernández Ortuño y A. Vicent estuvieron representando a la SEF, en la asamblea general de la ISPP que tuvo lugar una tarde del congreso.



(Fuente: C. Anselmo Fernández)

Ponente/Moderador	Institución
María A. AYLLÓN	CBGP UPM-INIA/CSIC Madrid
Josep ARMENGOL	Universitat Politècnica de Valencia, Valencia
Martina CENDOYA	Valencian Institute for Agricultural Research (IVIA), Valencia
Alberto FERERES	Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC, Madrid
Dolores FERNÁNDEZ ORTUÑO	IHSM-UMA-CSIC La Mayora, Málaga
Elena LÁZARO	Valencian Institute for Agricultural Research (IVIA), Valencia
Julio Javier DÍEZ CASERO	University of Valladolid, Valladolid
Enrique MONTE	University of Salamanca, Salamanca
Andrea SÁNCHEZ-VALLET	CBGP UPM-INIA/CSIC Madrid
Neus TEIXIDÓ	Institute of Agrifood Research and Technology (IRTA), Barcelona
Rosario TORRES	Institute of Agrifood Research and Technology (IRTA), Lleida

(Elaboración: B. B. Landa)

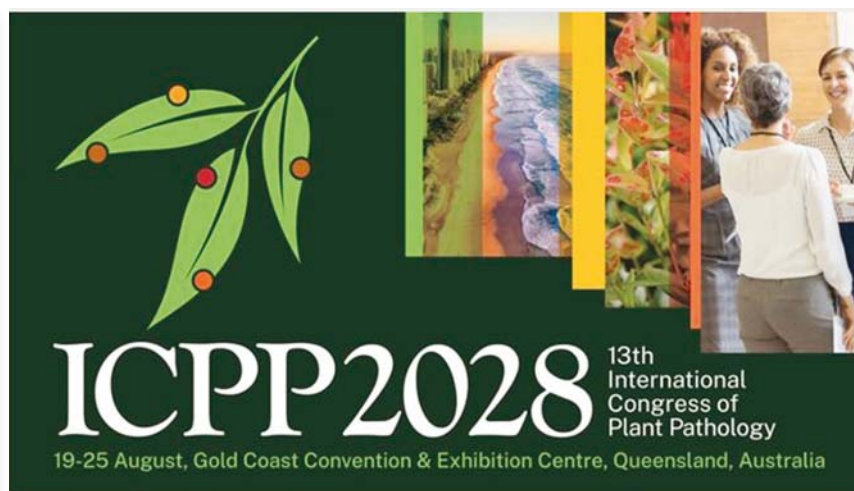
Desde la junta directiva os animamos a que asistáis al próximo ICPP, que tendrá lugar en Queensland, Australia, en 2028. Seguro que será un evento único científicamente y socialmente.



(Fuente: EFSA)



(Fuente: D. Fernández Ortuño)



## → Celebrada la IV reunión del grupo especializado SEF-FITORES: “Control químico de enfermedades y desarrollo de resistencias a productos fitosanitarios”

29 de septiembre de 2023  
Alcalá del Río, Sevilla



DOLORES FERNÁNDEZ ORTUÑO

Dpto. de Microbiología. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga  
Dpto. de Microbiología y Protección de Cultivos. IHSM-UMA-CSIC “La Mayora”  
Málaga



Fotos facilitadas por la autora.

El pasado 29 de septiembre tuvo lugar la IV reunión de grupo “Control químico de enfermedades y desarrollo de resistencias a productos fitosanitarios” (FITORES) en el Centro IFAPA de las Torres (Alcalá del Río, Sevilla).

Organizada por los miembros del Área de Protección Vegetal Sostenible, David Ruano Rosa y Berta de los Santos, acudieron expertos en la temática pertenecientes a distintas instituciones públicas y privadas. La reunión fue patrocinada por la empresa Agroquímicos de Levante e inaugurada por el director del Centro, don Francisco Arenas Arenas.

La reunión estuvo dividida en tres sesiones científicas: dos en la jornada de mañana y una por la tarde. Durante la primera, se trataron temas relacionados con el control químico de enfermedades fúngicas en melocotón y nectarina, aguacate, fresa y vid, a través de las ponencias de Belén Guijarro y Antonieta de Cal (INIA-CSIC), Lucía Guirado (IHSM-UMA-CSIC La Mayora), David Ruano (IFAPA-Las Torres) y Ana Díez (NEIKER), respectivamente. En la segunda sesión, se presentaron las diferentes líneas de investigación en las que están inmersos 11 miembros del grupo FITORES, como Isabel Avilés y Ángel Rodríguez

(Greenlight Biocience), Inmaculada Larena (INIA-CSIC), Berta de los Santos (IFAPA-Las Torres), Ana Díez (NEIKER), Dolores Fernández (IHSM-UMA-CSIC La Mayora), David Gramaje (ICVV-CSIC), Juan Antonio Martínez (UPCT), Juan Moral (UCO), Celia Murciano (CITROSOL), Leire Molinero (IAS-CSIC) y David Ruano (IFAPA-Las Torres). Finalmente, durante la tarde, se trataron temas relacionados con otras alternativas de control, como el uso de compost para la mejora de la salud del suelo en la germinación del jopo (Ana Domínguez, IAS-CSIC), el uso de oligonucleótidos para el control de *B. cinerea* (Alba López, IHSM-UMA-CSIC La Mayora), control de fitopatógenos leñosos mediante el uso de chalconas (Juan Moral, UCO) y la presentación de una interesante colección de microorganismos MAPYS (Juan Antonio Martínez, UPCT).

Por otro lado, se realizó la asamblea general del grupo, presidida por Antonieta de Cal, la cual estuvo acompañada de la secretaria del grupo, Dolores Fernández, y el vocal, David Ruano. Durante la asamblea, se trataron diferentes temas de interés, además de fijar la próxima reunión que se celebrará en el País Vasco en 2025.

Por último, los asistentes disfrutaron de una visita guiada por las instalaciones del Centro IFAPA y de una magnífica cena en la ciudad de Sevilla.

Si eres socio de la SEF y quieres formar parte de este grupo, no dudes en [contactar con nosotros](#).

## → Conference of the IOBC/WPRS Working Group “Integrated Protection in Viticulture”, 2023

Del 3 al 5 de octubre  
Logroño, La Rioja



Integrated  
Protection  
in Viticulture



IOBC  
WPRS

ELISA GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ  
Horta SRL. Piacenza, Italia

La International Organization for Biological Control (IOBC) se estableció en 1955 para promover métodos ambientalmente seguros para el control de plagas y enfermedades en plantas. La West Palaearctic Regional Section (WPRS) es una de las seis secciones regionales, cuyos miembros son científicos y técnicos pertenecientes a institutos de investigación, universidad, organismos gubernamentales o empresas del sector fitosanitario de 24 países de Europa, la cuenca Mediterránea y Oriente Medio.

A través de la elaboración de documentos, pero también del desarrollo de distintos simposios y *workshops*, IOBC-WPRS promueve la investigación, aplicación práctica y divulgación de métodos de control, tanto biológi-

cos como químicos, en un contexto de manejo integrado de plagas. Para ello, la organización se vertebra en distintos grupos de trabajo, entre los que destaca el dedicado a la protección integrada en viticultura. Este grupo celebró un encuentro internacional en Logroño entre los días 3 y 5 de octubre, organizado por el Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino (ICVV), con David Gramaje como organizador local. Durante tres días se desarrollaron distintas sesiones donde se abordaron diferentes áreas del manejo integrado de la vid tales como: avances en el conocimiento y desarrollo de nuevas soluciones frente a las enfermedades; nuevas estrategias para el control de artrópodos; manejo sostenible de suelos e infestantes; y la implementación de herramientas de manejo sostenible en viticultura, esta última con especial énfasis en la producción ecológica.



Foto suministrada por la autora.



El carácter multidisciplinar de la conferencia, pero, sobre todo, el perfil de la mayoría de los investigadores que integran el grupo de trabajo de viticultura sostenible dentro de la IOBC, convierte estas jornadas en un foro perfecto para conocer los últimos desarrollos en el conocimiento científico de las principales plagas y enfermedades que afectan a la vid, así como de la evaluación de las distintas herramientas y actividades de control que pueden tener un efecto sobre el manejo de las mismas. A destacar especialmente: la charla que abrió el congreso, a cargo de Chloé Delmas (Instituto Nacional de Investigación sobre Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de Francia; INRAE, de Burdeos), donde expuso avances recientes en el conocimiento del efecto del estrés hídrico sobre el desarrollo de distintas enfermedades que afectan a la vid; así como la lectura final a cargo de Miguel Ángel Altieri (Universidad de California, Berkeley), referente mundial en la conceptualización de la agroecología en los sistemas agrarios.

El libro de *abstracts* se puede descargar pinchando en la portada.

Por tanto, os animamos a participar en la próxima convocatoria, que previsiblemente



será en julio de 2025 en Mikulov (República Checa), organizada por Ales Eichmeier, de la Universidad de Mendel, en Brno.

## ➔ V Reunión del GEDDI-SEF

Del 17 al 19 de octubre de 2023

Huelva



JOSÉ LUIS PALOMO

Centro Regional de Diagnóstico  
Junta de Castilla y León



Entre el 17 y el 19 de octubre de 2023 tuvo lugar en Huelva la V Reunión del Grupo

Especializado en Detección, Diagnóstico e Identificación de la Sociedad Española de Fitopatología (GEDDI-SEF).

La reunión estuvo organizada por Salud Orta (Laboratorio de Control Oficial Agroalimentario y Agroganadero de Huelva) y José Luis Palomo (Centro Regional de Diagnóstico de la Junta de Castilla y León).

Participaron 61 socios, 7 más que en la anterior reunión, 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.

La jornada del primer día se inició con una interesante visita a la explotación pionera en España de frutos rojos (mora) en Lucena del Puerto. Además, se contó con una ponencia invitada, a cargo de María S. Serrano Moral (ETSIAM, Universidad de Córdoba) titulada: “Diagnóstico clásico vs. diagnóstico molecular: el caso de la ‘seca’ de los *Quercus*”.

En total se presentaron 37 trabajos orales, de los cuales: 6 fueron de bacterias y fitoplasmas; 5 de nematodos; 14 de hongos y oomicetos; 6 de virus y viroides; y 6 de aspectos generales relacionados con la normativa, la acreditación y los resultados de las diferentes Comisiones del GEDDI. Puede accederse al libro de resúmenes pulsando en la imagen de su portada.



Imágenes facilitadas por el autor.



## ➔ Anuncio próximo Congreso SEF 2024 en Córdoba

Del 16 al 19 de septiembre de 2024  
Palacio de Congresos de Córdoba



Queridos compañeros y amigos de la SEF,  
Ante todo, esperamos que os encontréis bien y preparándoos ya para disfrutar de unos

días de vacaciones (seguro bien merecidas) que os sirvan para tomar energía para afrontar el 2024 con nuevos proyectos, ilusión y muchas ganas de que nos reencontremos de nuevo.

Como todos sabéis, nuestro Congreso de la SEF tendrá lugar el próximo año en Córdoba, en el Palacio de Congresos, en un entorno idílico frente a la Mezquita Catedral. Las fechas programadas son **del 16 al 19 de septiembre de 2024**, El día 16, en sesión de tarde, tendrá lugar el *workshop* “Nuevas y Futuras tecnologías para la Gestión Integrada de Plagas”, organizado por nuestros compañeros del Grupo de trabajo FITORES. Posteriormente, los siguientes tres días tendrá lugar el congreso en sí.

Aunque aún es pronto, en las primeras semanas del 2024 estará activa [la página web del Congreso](#) donde os iremos dando información sobre las fechas de inscripción y envío de resúmenes. Además, os mantendremos puntualmente informados a través de: la secretaria SEF; X (Twitter), [@SEFitopatologia](#); e Instagram, [#cordobasef2024](#)

Os esperamos en Córdoba.

Blanca B. Landa, presidenta de la SEF  
El Comité Organizador del XXI Congreso  
SEF



Imagen de dominio público (Autor: Américo Toledano; CC BY-SA 3.0 DEED).



# Nuevas descripciones de Patógenos en España

## noviembre 2022 – diciembre 2023

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 (9)

#### **First report of *Apiospora marii* causing wilt and dieback in olive trees in Spain**

Agustí-Brisach, C., Castillo, P., Lerma, M. L., López-Moral, A., Trapero A. y Muñoz, R. M. *Journal of Plant Pathology* **105**: 359 (2023).

#### **First report of *Gnomoniopsis smithogilvyi* causing Chestnut brown rot on nuts and burrs of sweet chestnut in Spain**

Aguín-Casal, O., Rial-Martínez, M. C., Piñón-Esteban, P., Sainz, M. J., Regueira-Paz, N., Vázquez, J. P. M. y Corral, C. S. *Plant Disease* **107**: 218 (2023).

#### **Occurrence of *Phytophthora ramorum* and other *Phytophthora* species on woody ornamentals in public gardens and parks in Northwestern Spain**

Pintos-Varela, M. C., Rial-Martínez, C., Esteban, M. P. P., Salinero-Corral, D. C. y Aguin-Casal, D.O. *Plant Health Progress* **24**: 37-46 (2023).

#### **Molecular characterization of *Peronospora variabilis* isolates infecting *Chenopodium quinoa* and *Chenopodium album* in Spain**

Fondevilla, S., Arias-Giraldo, L. F., García-León, F. J., Landa, B. *Plant Disease* **107**: 999-1004 (2023).

#### **First report of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* race 4 causing lettuce wilt in Spain**

Gálvez, L., Brizuela, A. M., Garcés, I., Cainarca, J. S. y Palmero, D. *Plant Disease* **107**: 2549 (2023).

**First report of *Colletotrichum graminicola* causing maize anthracnose in Galicia, Northwestern Spain**

Rogério, F., Taati, A., García-Rodríguez, P., Baroncelli, R., Thon, M. R., Santiago, R., Revilla, P. y Sukno, S. A.

*Plant Disease* **107**: 2871 (2023).

**First report of *Neopestalotiopsis* sp. causing trunk disease on European chestnut in Spain**

Glass, N. L., Donaldson, G. C., Tamura, K., Nei, M. y Walker, D. M.

*Plant Disease* **107**: 3307 (2023).

**First report of root rot caused by *Phytophthora lacustris* on alder (*Alnus lusitanica*) in Spain**

Rial-Martínez, C., Souto-Herrero, M., Piñón-Esteban, P., García-González, I., Aguiñ-Casal, O., Salinero-Corral, C. y Vázquez-Ruiz, R. A.

*Plant Disease* **107**: 3322 (2023).

**Fungal pathogens associated with almond decline syndrome, an emerging disease complex in intensive almond crops in Southern Spain**

Domínguez, B. I. A., López-Moral, M. A., Raya-Ortega, M. C., Lovera, M. M., Melgar, S., Roca-Castillo, L. F., Arquero, O., Trapero-Casas, A. y Agustí-Brisach, C.

*Plant Disease, First look* [24 de julio de 2023].

**BACTERIAS (0)**

**NEMATODOS (1)**

**First Report of *Heterodera zae* (corn cyst nematode) infecting corn (*Zea mays*) in Spain**

Palomares-Rius, J. E., Clavero-Camacho, I., Cantalapiedra-Navarrete, C., Roca, L. F., Archidona-Yuste, A. y Castillo, P.

*Plant Disease* **107**: 2557 (2023).

**VIRUS Y VIROIDES (2)**

**First report of carrot torrado virus 1 (CaTV1) naturally infecting carrots in Spain**

Babalola, B. M., Faure, C., Marais, A., Fraile, A., García-Arenal, F. y Candresse, T.

*Journal of Plant Pathology* **104**: 1565 (2022).

**First report of *Pepo aphid-borne yellows virus* on watermelon plants in Spain**

de Moya-Ruiz, C., Juárez, M. y Gómez, P.

*New Disease Reports* **48**: e12215 (2023).



# DOS SOCIOS DE LA SEF, SELECCIONADOS POR LA OFICINA C PARA FORMAR PARTE DEL PROGRAMA DE EMPAREJAMIENTO CIENCIA-POLÍTICA

DOLORES FERNÁNDEZ-ORTUÑO

Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias  
Universidad de Málaga

Oficina de Ciencia y  
Tecnología del Congreso  
de los Diputados

## Oficina C

La Oficina C del Congreso de los Diputados organiza un programa de emparejamiento que busca promover un intercambio de conocimiento entre profesionales del mundo científico y diputados y diputadas del Congreso.



Fotografía suministrada por la autora.

En la primera edición participaron diez investigadores e investigadoras que desarrollaban su actividad profesional en seis Comunidades Autónomas (Asturias, Catalunya, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Comunidad de Madrid y Comunitat Valenciana), cuyos perfiles cubrían diversas disciplinas y etapas de la carrera investigadora. Todos ellos, durante una semana, compartieron jornadas de trabajo y experiencias con diez diputados y diputadas.

En la segunda edición, promovida durante la primavera de 2023, se volvía a buscar a diez investigadores e investigadoras con el título de doctor, en

cualquier etapa de la carrera dentro del sector público o académico de la ciencia en España, que tuvieran interés en el asesoramiento científico y la comunicación. Se seleccionarían aquellos candidatos y candidatas que obtuvieran la mejor puntuación por sus conocimientos y aptitudes sobre ciencia para las políticas públicas; así como por su trayectoria y formación, principalmente habilidades de comunicación, interacción con diferentes actores y el impacto de la investigación más allá del sector académico. Los elegidos y elegidas estarían durante tres días en el Congreso de los Diputados y, durante esta estancia, tendrían un programa formativo; además de acompañar al diputado o diputada asignado para conocer más en profundidad su labor parlamentaria.

Desde la SEF nos gustaría dar la enhorabuena a dos de nuestros socios y miembros de la Junta Directiva: el investigador Jaime Cubero Dabrio (INIA-CSIC; vicepresidente durante 2014-2018) y la investigadora Dolores Fernández Ortuño (Universidad de Málaga; actual vocal de la Junta) que fueron elegidos entre numerosos candidatos procedentes de toda España. Ambos disfrutarán de esta experiencia próximamente.



## JAVIER ROMERO CANO (1946-2023)

Por JAIME CUBERO, CARMEN DE BLAS  
y GERARDO CARAZO



Javier Romero Cano (Fotografía proporcionada por Carmen de Blas y Gerardo Carazo).

Javier Romero, aunque español, nació en Perú en 1946. Es allí donde cursó sus estudios de ingeniero agrónomo (se graduó en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima) y donde comenzó a trabajar en Fito-patología. Su inquietud, sin embargo, le llevó a realizar su tesis doctoral en la Faculté des Sciences Agronomiques de L'Etat, en Gembloux, Bélgica, y en el año 1975 a iniciar su carrera científica en el INIA en España, en donde llegó a ser Director del Departamento de Protección Vegetal unos años antes de jubilarse. Esas ganas de avanzar y conocer cosas nuevas le empujaron, además, a hacer estancias con diferentes grupos de investigación en países como Bélgica, Francia, Reino Unido y Estados Unidos.

Javier llevó diversas líneas de investigación en el estudio de los virus vegetales, viroides y fitoplasmas. Estos estudios seguían dos vías, ambas con un mismo fin: controlar las enfer-

medades producidas por estos patógenos en las plantas cultivadas y contribuir a obtener una mayor y mejor producción de ellas. La primera vía, más aplicada, estaba encaminada a estudios epidemiológicos sobre la presencia y dispersión de diversos patógenos intracelulares, y tenía como finalidad el profundizar en el ciclo de vida de los mismos y establecer prácticas culturales dirigidas a controlar las enfermedades que producen. En este campo se incluía también la puesta a punto de métodos de detección e identificación de los patógenos. La segunda vía, más teórica, estaba focalizada en el uso de ARN defectivos interferentes del bromovirus del moteado del haba, estudiando los mecanismos que regulan las relaciones huésped-patógeno y el uso potencial de estos ARN como vectores virales para la producción de proteínas de interés industrial en cultivos de importancia agrícola como las leguminosas.

Javier fue pionero en muchos aspectos de su vida, destacando su labor en la fundación de la Sociedad Española de Virología y, muy especialmente, de la Sociedad Española de Fito-patología, de la que fue su primer secretario y a la que tenía un cariño especial. Él era el mayor conecedor de los estatutos de la SEF por haber sido uno de sus redactores, y era bastante corriente que las diferentes Juntas de la Sociedad le hicieran consultas sobre ellos hasta el último momento. Además, eran comunes sus intervenciones en las asambleas para aclarar situaciones estatutarias, siempre con ese afán de colaborar, que era una de sus características principales. Una vez jubilado, seguía asistiendo a los congresos de la SEF o a las reuniones del grupo especializado de detección y diagnóstico (GEDDI), siempre disfrutando de la interacción con otros colegas. Destacar que,

hasta el último momento, estuvo colaborando en la elaboración del diccionario de términos fitopatológicos del GEDDI/SEF con otros investigadores y amigos, labor que le produjo una especial satisfacción.

También fue una pieza fundamental en relación a las conexiones con los fitopatólogos iberoamericanos (fue delegado en España de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología entre 1986 y 2011), no solo a través de la SEF, sino organizando cursos, muchos de ellos en colaboración con la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID). De esta forma, fue director o codirector de 20 ediciones del “Curso Internacional Teórico-Práctico de Detección e Identificación de Virus, Viroides y Fitoplasmas”, que ofertaba en el INIA, y que supuso para muchos investigadores iberoamericanos (también españoles) una rampa de salida para sus carreras investigadoras en el ámbito de la fitopatología. Este curso nació como una actividad de servicio del Laboratorio de Virología del INIA a los técnicos de Sanidad Vegetal de

las distintas regiones españolas, y su fin fue dar a conocer, a profesionales que trabajaban en el campo de la Virología, los diferentes métodos de que se dispone para la detección e identificación de los mencionados patógenos intracelulares.

Como persona, destaca la memoria prodigiosa que tenía y lo echado para adelante que era, nada le frenaba. Era buen compañero, alegre, sabía disfrutar de la vida, de los viajes y salidas al campo a muestrear, de la buena comida y bebida, de una buena conversación. Era capaz de orientarse en cualquier sitio aunque no hubiera ninguna señal. Muy generoso, con esa frase tan suya sin perder nunca la calma: “¿Será por dinero...?”. Con mucha paciencia, y con una eterna sonrisa con la que, muchas veces, y no siempre con éxito, trataba de conciliar distintos pareceres o puntos de vista entre diferentes personas.

Descansa en paz, Javier, y no dejes de disfrutar como tú sabes.

## MARÍA ARIAS DELGADO (1936 -2023)

Por MARÍA FE ANDRÉS YEVES<sup>1</sup> y JOSÉ ANTONIO LÓPEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencias Agrarias (ICA-CSIC)

<sup>2</sup>Instituto Regional Investigación y Desarrollo Agroalimentario y Forestal de Castilla-La Mancha (IRIAF)



María Arias Delgado (Fotografía cedida por Manuel Arias Delgado).

El pasado 5 de marzo falleció María Arias Delgado, investigadora científica del CSIC que, durante más de cuarenta años, desarrolló su carrera investigadora: en primer lugar, en el Instituto Español de Entomología, y después en el Instituto de Edafología y Biología Vegetal, reconvertido posteriormente en el Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA).

María fue una gran investigadora. Doctora en Farmacia, con una amplia formación en Nematología,

comenzó su actividad como profesora ayudante de Parasitología en la Facultad de Farmacia de la UCM, y fue de la mano del Dr. Jiménez Millán, su director de tesis, como se inició en una disciplina nueva en España como la Nematología. Amplió su formación en la Universidad de Wageningen (Países Bajos) y en el Instituto di Nematología Agraria de Bari (Italia). Cuando obtuvo la plaza de investigadora en el CSIC formó un grupo de investigación en Nematología Agraria junto con sus compañeros y amigos Antonio Bello y María Dolores Romero. De esta época destacan trabajos punteros de inventario y taxonomía, con la publicación de varios catálogos de incidencia y distribución de los nematodos parásitos de cultivos en España. Siguió una segunda etapa donde se puso de manifiesto su especialización en la taxonomía de los nematodos de la



familia Longidoridae, entre los que se cuentan numerosas especies transmisoras de virus de plantas cultivadas, llegando a ser reconocida como una gran experta a nivel internacional. Fue una de las primeras investigadoras españolas que participó en un proyecto financiado por la Unión Europea, concretamente en el año 1982 en el proyecto “Contribución española al programa de la Fundación Europea de la Ciencia: European Survey of Plant Parasitic Nematodes”, lo que permitió al grupo de investigación en el que estaba integrada establecer importantes relaciones con otros grupos de nematólogos de instituciones europeas como el Instituto de Nematología Agraria de Bari (Italia), el Instituto James Hutton en Invergowrie, Dundee (Escocia) y el Museo Nacional de Historia Natural de París (Francia). En 1981 participó en la fundación de la Sociedad Española de Fitopatología (SEF) y ejerció de secretaria de la Junta hasta 1984. Así mismo, fue miembro destacado de la European Society of Nematologists, de la que fue presidenta desde 2000 hasta 2002, año en el que organizó, junto con el Dr. Antonio Bello, el Fourth International Congress of Nematology, en Tenerife, de la International Federation of Nematology Society y de la European Society of Nematologist. La organización de este congreso internacional supuso un gran reto y tuvo un éxito excepcional, con la participación de más de 500 nematólogos de todo el mundo y con 550 trabajos presentados.

Trabajadora incansable, desarrolló más de 42 proyectos de investigación financiados por instituciones nacionales e internacionales. Este esfuerzo se ha visto avalado por más de 100 artículos indexados en revistas especializadas y 21 capítulos de libro además de la edición de cuatro libros, así como más de 100 ponencias en congresos nacionales e internacionales.

También estuvo implicada activamente en la actividad docente participando como profesora en numerosos cursos de Nematología Agraria para postgraduados universitarios organizados por el CSIC, la Universidad Politécnica de

Valencia y el Ministerio de Agricultura. Dirigió seis tesis doctorales en las Universidades Autónoma y Complutense de Madrid y la Universidad de Extremadura.

Sus estudios taxonómicos, junto a otros miembros de su equipo, sobre nematodos fitoparásitos han servido para poner las bases de la Nematología con interés fitosanitario en España. Así, descubrió para la ciencia: un nuevo género, *Paratrophurus loofi* Arias, 1970; diez nuevas especies, *Aorolaimus capsici*, *Criconemoides hispalensis*, *C. montserrati*, *Longidorus belloi*, *L. carpetanensis*, *L. pini*, *L. unedoi*, *Paratrachodoros hispanus*, *Pratylenchus gadeai* y *Trichodoros castellanensis*; y describió, como primeras citas en España, más de sesenta especies.

Hay que resaltar también sus investigaciones sobre las especies transmisoras de virus del género *Xiphinema* y su relación con la virosis del entrenudo corto de la vid, así como sobre la detección y estudio del nematodo de los pinos, *Bursaphelenchus xylophilus*, y su interacción con insectos potenciales vectores de dispersión en los bosques españoles desde Portugal. Ya en la última etapa de su carrera, destaca su implicación, junto con el Dr. Antonio Bello, en el Departamento de Agroecología del Centro de Ciencias Medio Ambientales (CCMA), con el objetivo de desarrollar alternativas al uso del bromuro de metilo, y con una participación muy activa en el estudio del concepto de biofumigación del suelo como alternativa no química para el control de nematodos fitoparásitos.

Por último, para cerrar esta breve reseña tenemos que destacar que María Arias no sólo fue una investigadora excelente, siempre apoyando el trabajo de sus colaboradores, sino también una gran persona, muy generosa, entrañable, que mostraba interés hacia todo y hacia todos y desde aquí queremos constatar nuestro respeto, admiración y cariño.

Hasta siempre, María.

# JOSÉ RAMÓN DÍAZ-RUIZ ALBA (1942-2023)

Por FRANCISCO TENLLADO, TOMÁS CANTO y CÉSAR LLAVE  
Centro de Investigaciones Biológicas Margarita Salas (CIB-CSIC)  
Madrid



José Ramón Díaz-Ruiz

El pasado 25 de septiembre nos dejó nuestro maestro, compañero y amigo José Ramón Díaz-Ruiz Alba. Habían pasado más de diez años desde su jubilación, y seguíamos manteniendo contacto periódico con él, que se plasmaba en “quedadas” para almorzar o para tomar un café al finalizar la jornada de trabajo. A estas reuniones acudíamos antiguos doctorandos suyos y de su grupo de investigación, con el sano anhelo de recuperar y revivir en sus comentarios todos los recuerdos

de nuestra juventud en los inicios en el mundo de la investigación. Y aunque conocíamos de su delicado estado de salud, a todos nosotros nos dejó helados la comunicación, por parte de la familia, de su fallecimiento.

José Ramón estudió Farmacia en la Universidad de Granada y se doctoró en la Universidad Complutense de Madrid en 1971, realizando su tesis en el laboratorio del Dr. Miguel Rubio, un virólogo vegetal de prestigio internacional, en el antiguo Instituto “Jaime Ferrán” de Microbiología del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB-CSIC) en Madrid. Como él mismo comentaba en una entrevista publicada en el Boletín de la SEF en 2012, “con la posibilidad de poder mirar por uno de los dos microscopios electrónicos que entonces había en España”, fue uno de los pioneros en el campo de la Virología de plantas en nuestro país. Tras dos estancias breves en laboratorios europeos, en concreto en el Institute for Phytopathological Research (IPO), en Wageningen (Holanda) con el Dr. L. Bos, y en el John Innes Institute, en Norwich (Reino Unido) con el Dr. R. Hull, realizó un periodo postdoctoral de cuatro años en EE. UU. en el Plant Protection Institute en Beltsville (Maryland),

y en el Virginia Polytechnical Institute and State University en Blacksburg (Virginia), con el Dr. J. Kaper. En 1979 obtuvo por oposición una plaza de científico titular en el CSIC, y luego, sucesivamente, de investigador científico en 1986 y de profesor de investigación en 1989. En el CIB, junto con otros investigadores como Dionisio López Abella, conformó uno de los grupos de investigación pioneros en el campo de la Virología vegetal en España, contribuyendo decisivamente a la formación de un buen número de investigadores en el área. Sus líneas de investigación se centraron en el estudio de los ARN satélites del virus del mosaico del pepino, el análisis de estrategias de resistencia mediada por ARN frente al virus de las manchas bronceadas del tomate, el virus de la sharka y el virus del moteado suave del pimiento, entre otras temáticas. Entre sus logros científicos destacan: en su primera etapa investigadora, el desarrollo por vez primera de un procedimiento para aislar ARN de doble cadena (dsARN) de plantas infectadas por virus; y, más tarde, a utilizar estos dsARN como vacunas para la protección de las virosis.

Su relación con la SEF fue estrecha incluso desde antes de su constitución, cuando era un Grupo Especializado de Fitopatología Microbiana dentro de la Sociedad Española de Microbiología (SEM), y que, posteriormente, se organizó como sociedad independiente. Entre sus muchas actividades en la promoción de la Fitopatología, cabe señalar su contribución como vocal de la SEM durante 1981-1985; vocal de la Junta de Gobierno del Grupo de Virología de la SEM, entre 1982 y 1985, y de la Junta de Gobierno de la Sociedad Española de Virología (SEV) en el periodo 1986-1989. Asimismo, fue socio honorario de la SEV y socio fundador de la SEF.

Pero más allá de sus logros científicos, a los 11 estudiantes de doctorado que dirigió en su trayectoria nos inculcó una rigurosidad y sentido



José Ramón, en los inicios de su carrera investigadora junto a Miguel Rubio (izqda.)

de la responsabilidad que se evidenciaba en su proverbial incredulidad hacia los resultados experimentales que le presentábamos en el día a día del laboratorio. Esto, en nuestros primeros años de aprendizaje no dejaba de parecernos un poco “fastidioso”, pero cuando fueron pasando los años comprendimos lo acertado de su perspectiva: la duda en ciencia avala la calidad de los resultados. También recordamos, cómo no, las reuniones del grupo en un tono disten-

dido en bares de los alrededores del CIB, donde charlábamos antes del almuerzo de cosas mundanas con una cerveza en la mano o, como él prefería, con un vino tinto que le servía de “antioxidante” para la salud. Es en esos momentos cuando apreciabas la cercanía de José Ramón y su permanente preocupación por el bienestar de los miembros del grupo, en especial por los más jóvenes, a los que siempre apoyaba y aconsejaba en las decisiones de la vida profesional. De carácter discreto, era acreedor no obstante de un fino sentido del humor que exhibía en el trabajo diario en el laboratorio, en circunstancias en las que a todos nos sacaba una sonrisa que relajaba el cotidiano ambiente de trabajo. Enamorado de su tierra natal, siempre nos refería a la vuelta de las vacaciones estivales su pasión por el *pescáito* de los chiringuitos de costa en Málaga.

De todos aquellos que le conocieron y le trataron en la cercanía nos queda un recuerdo imborrable de su paso por nuestras vidas. Por todo esto y por mucho más, hasta siempre José Ramón.



Junto a otros miembros de su grupo en el CIB a principios de los 90.

# MARISOL LUIS ARTEAGA (1948-2023)

Por FERNANDO ESCRIBU

Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)  
Zaragoza



Marisol Paz Luis Arteaga

**E**ste año nos ha tocado, desgraciadamente, decir adiós a la Dra. Marisol Paz Luis Arteaga, una investigadora forjada a sí misma, que desde el actual Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón y con una sólida formación en virología clásica, dedicó su carrera investigadora al estudio de los virus fitopatógenos con un enfoque eminentemente práctico, encaminado

a la prevención y control de las enfermedades que provocan, principalmente de aquellos que afectan a los cultivos hortícolas.

Natural de Fresno de la Vega, en León, Marisol se tituló como Ingeniera Agrónoma en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid en 1972. Tras realizar el X Curso Superior de Hortofruticultura organizado por el CIHEAM (Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos) en el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, inicio su especialización en el estudio de las virosis de cultivos hortícolas al disfrutar de una beca de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), que le permitió realizar un año de estancia en la Station de Pathologie Vegetal del INRA en Monfavet (Avignon, Francia). Allí se familiarizó con las técnicas clásicas de diagnóstico –microscopía electrónica, inmunodifusión– y de caracterización biológica de virus en especies vegetales indicadoras, que supo aplicar con

gran habilidad y maestría a lo largo de toda su carrera. Inmediatamente después de volver de esta primera etapa formativa, a finales de 1974, se incorporó como titulada superior de investigación agraria al entonces Centro Regional de Investigación y Desarrollo Agrario del Ebro (CRIDA 03), una de las unidades operacionales de investigación en las que se estructuraba el INIA a partir de su reorganización de 1971 (en aquel momento, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, adscrito al Ministerio de Agricultura, que repartidas por el territorio nacional, desarrollaban actividades de investigación y extensión agrarias. Su llegada al Departamento de Protección Vegetal del CRIDA 03 coincidió con la de buena parte de los que fueron sus compañeros durante su etapa profesional (José Esteban, Rafael Balduque, Ignacio y Carlos Palazón, Carlos Zaragoza y M. Carmen Sesé), dotando a este departamento de las especialidades de entomología, malherbología, micología, virología



Marisol Luis (primera fila, cuarta por la izquierda) entre sus compañeros de la Unidad de Sanidad Vegetal del CITA en 2007 (Fotografía cedida por Carlos Zaragoza).



Marisol Luis junto a su colaborador y amigo Pepe Álvarez, en Málaga, en 2013, tras la jubilación de ambos (Fotografía realizada y cedida por Rafael González).

y nematología. Más tarde se incorporaban a estas especialidades algunos otros de sus compañeros (Rafael González y M<sup>a</sup> José Ochoa).

Marisol desarrolló sus casi 40 años de carrera investigadora en este centro a lo largo de sus distintas etapas administrativas: CRIDA 03 del INIA; Servicio de Investigación Agraria, adscrito al Dpto. de Agricultura de la Diputación General de Aragón a partir de 1984, con la transferencia a las CC. AA. de las competencias en materia de investigación agraria; y por último, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA) a partir de 2004, tras su transformación en una Entidad de Derecho Público adscrita a distintos departamentos del Gobierno de Aragón que ostentaron competencias en investigación, ciencia, innovación y universidad. Durante una primera etapa, Marisol dedicó principalmente sus actividades de investigación a realizar estudios generalistas sobre la etiología y epidemiología de enfermedades virales en cultivos hortícolas, tanto en invernadero como al aire libre, principalmente lechuga, borraja, cucurbitáceas y especialmente pimiento, aunque también realizó trabajos más específicos, como primeras detecciones de virus y caracterización de aislados (mosaico de la sandía, “cepas pimiento” de

tobamovirus, *stolbur* en pimiento, mosaico del pepino en borraja, etc.). Durante esta primera etapa continuó afianzando su formación en la especialidad, realizando diversos cursos organizados por el CSIC, el INIA y el IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias) sobre técnicas de diagnóstico mediante microscopía electrónica y mediante la técnica inmunoenzimática ELISA, que en aquellos años alcanzaba su máximo desarrollo y esplendor. Con este bagaje, y ya como especialista consolidada en virología, obtuvo su título de doctorado con la defensa en 1989 de su tesis titulada *Virosis y micoplasmosis del pimiento cultivado al aire libre en España, identificación de virus y caracterización de cepas*, bajo la dirección del Dr. Pedro Moreno Gómez. Posteriormente, sin abandonar sus trabajos de caracterización de aislados y epidemiología, que continuó durante toda su carrera ampliándolos a otros virus (moteado suave del pimiento, bronceado del tomate, enanismo ramificado del tomate, manchas zonales del pelargonio, fabavirus en pimiento, virus de azafrán, mosaico de la alfalfa, etc.), enfocó también su trabajo hacia las estrategias de control de virosis a través del estudio de la respuesta de determinados cultivares de pimiento y cucurbitáceas a infecciones virales, y de la búsqueda y caracterización de fuentes de resistencia en melón y otras cucurbitáceas frente al virus de las manchas necróticas del melón y a virus de transmisión no persistente, respectivamente, y en pimiento frente a distintos patotipos del virus Y de la patata y otros potyvirus. Durante esta etapa, consolidó su estrecha colaboración, ya iniciada anteriormente, con los investigadores del CITA responsables de los programas de mejora de pimiento y melón, los Dres. Ramiro Gil Ortega y José M<sup>a</sup> Álvarez-Álvarez (Pepe Álvarez), con los que participó en numerosos proyectos de investigación y compartió autoría en distintas publicaciones científicas y de divulgación. Las colaboraciones de Marisol a lo largo de su carrera han sido amplias y prolíficas, compartiendo proyectos y publicaciones con varios virólogos (entre otros, Fernando García-Arenal, Aurora Fraile, Emilio Rodríguez-Cerezo, Enrique Moriones, Luis Rubio, Fernando Ponz, Alberto Fereres, Pedro Moreno, José Guerri), investigadores en mejora genética (además de los anteriormente men-

cionados, M<sup>a</sup> Luisa Gómez-Guillamón, Pere Arús, Jordi García-Mas, Celia Montaner, Elena Floris, ...), e investigadores y técnicos de los centros regionales de diagnóstico (entre otros, Miguel Cambra, Sonsoles Fernández-Cavada, Elisa Sáez, Asunción Batlle, Amparo Laviña), todos ellos de reconocido prestigio. Cabe destacar, además, las colaboraciones y publicaciones de Marisol con aquellas investigadoras a quienes codirigió su tesis doctoral (Marisol Arnedo, Cristina Mallor y María Bergua) y con aquellos a los que codirigió sus tesis de máster en el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza (Pandely Pasko, M<sup>a</sup> José Gonzalo Pascual). Igualmente dedicó un importante esfuerzo en participar en actividades formativas, organizadas por distintas entidades, sobre sintomatología, diagnóstico, transmisión y estrategias de control de virosis dirigidas tanto a futuros profesionales, como a técnicos asesores y agricultores. Entre ellas, cabe destacar su participación en numerosas ediciones (entre 1991 y 2015) del Máster Internacional sobre Mejora Genética Vegetal, organizado por el Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza.

Quien escribe estas palabras tuvo el placer y privilegio de conocer a Marisol en uno de los primeros congresos a los que asistí, cuando en un momento relajado en algún local tras la cena, mi maestro y director de tesis, Fernando, me la presentó como una de sus colaboradoras. Probablemente, bajo los efectos de la euforia por haber salido indemne de una de mis primeras charlas, no dude en ofrecerle un baile que ella aceptó con toda naturalidad, aunque no me conociera de nada (yo no imaginaba

entonces que acabaría compartiendo con ella una década de trabajo en el CITA). Esta pequeña anécdota es un reflejo del carácter abierto y amistoso de Marisol, como también lo demuestra la estrecha relación de amistad que ha mantenido durante años con la mayoría de sus colaboradores y otros colegas, entre ellos muchos socios de la SEF, en la que ha permanecido como socia desde su fundación en 1981, y de cuyos congresos disfrutaba enormemente y procuraba no perderse. Marisol, de talante progresista, demostró además una sensibilidad especial por los derechos de los trabajadores en el ámbito de la función pública, el que le tocó vivir, y siempre se implicó en la mejora de las condiciones de trabajo y de funcionamiento de su centro, llevándola a participar durante varios años en el Consejo Rector del CITA como representante de los trabajadores. Marisol ha sido también un ejemplo para todos de cómo saber disfrutar de la vida más allá de su jubilación en 2013, de forma saludable y amena junto con su familia y amigos.

El pasado 3 de octubre nos sorprendió la desagradable noticia del inesperado fallecimiento de Marisol en Zaragoza. De forma quizá premonitoria, a los pocos días conocimos también el fallecimiento de Pepe Álvarez, uno de sus más estrechos colaboradores y amigos. Los compañeros de Marisol en la Unidad de Sanidad Vegetal del CITA (los más veteranos y los menos veteranos) les enviamos a ambos, allá donde estén, un enorme abrazo, que hacemos extensivo a sus familias y al resto de sus compañeros y amigos, tanto dentro como fuera de la SEF.



# SOCIOS PROTECTORES

La SEF cuenta en la actualidad con 21 Socios Protectores:

- AIDA
- AGROMILLORA IBERIA SL
- BASF/NUHEMS
- BELCHIM CROP PROTECTION
- CAMBRICO BIOTECH
- CITROSOL
- COIAL
- CORTEVA Agriscience
- ENZA ZADEN
- FEDISPROVE
- *Journal of Fungi*
- IQV AGRO ESPAÑA
- KWS
- NEVAL
- PHYTOMA
- PLANTS
- Plantas Continental
- RIJZ ZWAAN
- TRADECORP
- TRICHODEX
- VALGENETICS

Mediante sus aportaciones anuales, estos Socios Protectores proporcionan un apoyo inestimable para que la SEF pueda acometer distintos objetivos -científicos, académicos y divulgativos- en el campo de la Fitopatología. Como reconocimiento a su papel en la SEF, la sección que ya abrimos en un número anterior de la revista continúa en este con otro Socio Protector que nos da una visión general de las líneas de trabajo principales de su empresa y de la labor que desarrolla en el área de la Biología de Plantas o de la Sanidad Vegetal.

## La tecnología está en nuestra naturaleza

**Agromillora** es una compañía líder a nivel mundial en el sector viverístico y un referente en producción y comercialización de árboles frutales y plantas de olivo con los más elevados estándares de calidad genéticos y sanitarios.



En Agromillora nos gusta pensar que sabemos ver en el interior de las cosas. Empezando por nosotros mismos. Sabemos que la inquietud de ayudar a nuestros clientes a crecer nos ha llevado a abrazar la innovación, la tecnología y la investigación, y a aplicarlas en la agricultura.

Impulsamos la creación de plantas más productivas, sanas y resistentes y trabajamos para implementar nuevas soluciones agronómicas, como los modelos en seto, nuevos sistemas de poda o de conducción de las plantas. Sistemas, todos ellos, mucho más eficientes y rentables para el agricultor.

Con diez filiales productivas en los cinco continentes, contamos con nueve laboratorios de micropropagación y tres laboratorios de control de calidad, que utilizamos como herramientas imprescindibles para el control de nuestros procesos, con la finalidad de garantizar la máxima calidad sanitaria y de conformidad genética de nuestros productos, así como apoyo para el cumplimiento de los requerimientos fitosanitarios durante el movimiento de materiales vegetales entre los distintos países.

También contamos con programas de mejora genética de portainjertos de frutales de hueso y cítricos y de variedades de olivo, en colaboración con numerosos centros de investigación y universidades.

Y es que en Agromillora sabemos ver el potencial en el interior de la naturaleza, el potencial que hay en cada árbol, en cada planta, en cada semilla. Nuestro propósito es mejorar ese potencial, convertirlo en realidad. Es algo que llevamos dentro, que está en nuestra naturaleza.





# SOCIOS PROTECTORES DE LA



# 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



ISSN (digital): 2659-2975

## Coordinadores de la revista:

CARMEN HERNÁNDEZ FORT / PEDRO GÓMEZ LÓPEZ

## Colaboradores de este número:

ANA AGUADO PUIG	CAROLINA ESCOBAR	MARÍA DEL MAR HERNÁNDEZ ÁLAMOS	JONATAN NIÑO-SÁNCHEZ
MARÍA FE ANDRÉS YEVES	ALMUDENA ESCOBAR-NIÑO	BLANCA B. LANDA	JOSÉ LUIS PALOMO
RAFAEL DE ANDRÉS-TORÁN	FERNANDO ESCRIU	GERARDO LLÁCER	ANA CLÁUDIA PEREIRA DA SILVA
VICENT ARBONA	FRANCISCO JAVIER FERNÁNDEZ-ACERO	CÉSAR LLAVE	LAURA ROMERO-CUADRADO
JOSEP ARMENGOL	DOLORES FERNÁNDEZ-ORTUÑO	JOSÉ ANTONIO LÓPEZ MENÉNDEZ	DAVID RUANO-ROSA
CARMEN DE BLAS	PABLO GARCÍA RODRÍGUEZ	CRISTINA MENÉNDEZ MENÉNDEZ	LEONOR RUIZ GARCÍA
TOMÁS CANTO	PEDRO GÓMEZ LÓPEZ	JOSÉ DEL MORAL DE LA VEGA	SOLEDAD SACRISTÁN
NIEVES CAPOTE MAÍNEZ	ELISA GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ	JERÓNIMO DEL MORAL MARTÍNEZ	ADELA SÁNCHEZ-MOREIRAS
GERARDO CARAZO	DAVID GRAMAJE	JUAN ANTONIO NAVAS	SERENELLA SUKNO
JAIME CUBERO			FRANCISCO TENLLADO
MARÍA LUISA DOMINGO CALAP			ADRIAN D. ZAMFIR

## Miembros de la Junta directiva de la SEF:

Presidente: BLANCA BEATRIZ LANDA DEL CASTILLO

Vicepresidente: CAROLINA ESCOBAR LUCAS

Secretaria: ARÁNZAZU MORENO LOZANO

Tesorero: DAVID GRAMAJE PÉREZ

Vocales: CARMEN HERNÁNDEZ FORT  
SOLEDAD SACRISTÁN BENAYAS  
PEDRO GÓMEZ LÓPEZ  
DIEGO OLMO GARCÍA  
DOLORES FERNÁNDEZ-ORTUÑO

## Edición y coordinación:

ALICIA IRURZUN (Editorial Hélice)  
Alberto Aguilera 13, 4º izda.  
28015 Madrid. Tlf: 91 548 11 90

## Diseño y

## maquetación:

ANTONIO V. ROBLES  
Tlf: 675 651 107

## Página web:

DOLORES FERNÁNDEZ-ORTUÑO y  
DIEGO OLMO

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, 2023. 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.

PORTADA: Hongos y oomicetos productores de enfermedades en cultivos leñosos (Foto de árbol del almendro: figura 1A de la revisión III, obtenida por Nieves Capote, David Ruano, Ana Aguado y Carlos López Herrera). De arriba a abajo y de izquierda a derecha, micrografías de: esporangios del oomiceto *Phytophthora niederhauserii* (J. Páez-LCOAA); esporangios del oomiceto *Phytophthora nicotianae* (J. Páez-LCOAA); conidios en masa del hongo *Diaporthe amygdali* (R. Santiago SSV-Badajoz); grupo de conidios del hongo *Stigmata carpophila* (R. Santiago SSV-Badajoz); hongo *Tranzschelia pruni-spinosae* (R. Santiago SSV-Badajoz); esporas del hongo *Lasiodiplodia theomombrae* (Servicio de Diagnóstico y Asistencia Fitosanitaria, ITAP)

Tiras de fotos en páginas 84 y 85, procedentes de los socios de la SEF:

- *Phytophthora capsici* [Juana Páez, 11/9/2012]
- Moteado en hoja de níspero (*Fusicladium eriobotryae*) [SEF, 3/10/2012]
- Mildiu del girasol causada por el oomiceto *Plasmopara halstedii* [M. Leira Molinero, 22/1/2013]
- Interacción patógeno-planta en 3D. SEF-Phytoma 2012 [Jesús Martínez, 22/1/2013]
- Como hormigas al hormiguero. SEF-Phytoma 2012 [Marta Sena, 22/1/2013]
- Esporangios de *Phytophthora palmivora* [Cristina R. Padrón, 22/1/2013]

- Sección de pseudoteca de *Didymella rabiei* [J. Navas, 4/10/2012]
- *Polymyxa betae* en remolacha [P. García-Benavides e I. Ortega, 11/9/2012]
- *Aspergillus* en naranja [Paloma Sánchez Torres, 28/9/2012]
- Pimiento infectado por el virus del moteado suave del pimiento (PMMoV) [C. Muñoz, 3/10/2012]
- Fuego bacteriano (*Erwinia amylovora*) en *Pyracantha coccinea* [Jesús Murillo, 12/9/2012]

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

