

Figura 1. Epidemia de Chamuscado foliar del almendro causado por *Xylella fastidiosa* subsp. *multiplex* en Alicante (J.A. Navas Cortés).

Rafael Manuel Jiménez Díaz[1] y Ramon Albajes[2]

[1] Catedrático (emérito) de Patología Vegetal, Premio Rey Jaime I de Protección al Medioambiente y *Fellow* de la *American Phytopathological Society* (APS). Universidad de Córdoba.

[2] Agrotecnio CERCA Center, Universidad de Lleida.

Sanidad Vegetal y Salud Única *(One Health)*: una oportunidad para resaltar la contribución de la gestión de plagas, enfermedades y malas hierbas al bienestar social, y la necesidad de una Medicina de los Vegetales

Durante los últimos años se vienen produciendo cambios relevantes en el panorama internacional de la Sanidad Vegetal cuya significación, desde nuestro punto de vista, no es siempre apreciada por el amplio sector concernido con ella, ni objeto de reflexión respecto de las repercusiones que esos cambios pueden llevar consigo y las oportunidades que pueden ofrecer. En este artículo planteamos algunas de dichas reflexiones y oportunidades, basadas en el análisis realizado en Jiménez Díaz y col. (2023) y presentaciones en foros nacionales e internacionales (Albajes y Jiménez Díaz, 2024; Jiménez Díaz, 2024), con la esperanza de que sirvan para promover un debate sobre los retos y oportunidades de la Sanidad Vegetal, en el futuro más inmediato, entre los concernidos con esta disciplina en España.

La Sanidad Vegetal, una disciplina de relevancia escasamente percibida por la sociedad

Los efectos negativos de las plagas, enfermedades y malas hierbas sobre la productividad de los cultivos y masas forestales, y la calidad de las cosechas, son bien conocidos por los implicados directamente en la actividad agroforestal, y su estudio es materia de la formación agroforestal. Sin embargo, la naturaleza compleja de la Sanidad Vegetal que los estudia, y la repercusión estratégica global de dichos efectos sobre la seguridad y la salubridad alimentarias, el bienestar de la población, la conservación de los recursos agroforestales, la biodiversidad, y la función y servicios ecosistémicos de los cultivos y masas forestales, son escasamente percibidos por la sociedad y por los medios de difusión en la mayoría de los países desarrollados y en vías de desarrollo. Por ello, el reconocimiento por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) de esta repercusión e insuficiente percepción al declarar 2020 Año Internacional de la Sanidad Vegetal, y la subsiguiente celebración del 12 de mayo como Día Internacional de la Sanidad Vegetal, constituyeron un impulso importante para fomentar la visibilidad y resaltar la significación de dicha disciplina en la agricultura y la silvicultura. Desde nuestro punto de vista, la insuficiente visibilidad social continúa siendo un componente frágil de la Sanidad Vegetal en España, a juzgar por la presencia de ésta en los medios —salvo casos puntuales— y el desconocimiento de los problemas reales de nuestra agricultura, por lo que creemos que la oportunidad que brindó la mencionada declaración de la ONU para contrarrestarla no se ha aprovechado en la extensión suficiente.

La Sanidad Vegetal es una macrodisciplina integradora de conocimientos: (i) de complejidad no siempre reconocida, porque son complejas las interacciones entre una gran diversidad de agentes nocivos —artrópodos fitófagos, patógenos (bacterias, hongos, oomicetos, protozoos, virus, nematodos) y malas hierbas— y las



Figura 2. La polilla del boj, *Cydalima perspectalis*, plaga invasora en ecosistemas forestales de Europa detectada por primera vez en España en 2013, donde ya ha causado daños devastadores en parques, jardines y bosques naturales de boj (M. Eizaguirre).

poblaciones de plantas —cultivadas o no— en el marco de condiciones medioambientales variables en las que se desarrollan; (ii) de aplicación, porque tiene como razón de ser evitar o reducir los antedichos efectos negativos de las plagas, enfermedades y malas hierbas sobre los cultivos y masas forestales; (iii) comprometida con la seguridad alimentaria global, porque las pérdidas globales de cosecha alcanzable inciden sobre la productividad de cultivos clave para la alimentación y la industria alimentaria; y (iv) comprometida con que los aumentos ineludibles de dicha productividad sean compatibles con la necesaria sostenibilidad de sus técnicas. La contribución de la Sanidad Vegetal a la productividad agroforestal es resaltada, además, por la previsible reducción de la tasa de suelo cultivable per cápita y del aumento de los rendimientos unitarios a través de la mejora genética vegetal (Bailey-Serres y col., 2019; Ray y col., 2013)

La Sanidad Vegetal es objeto de cambios que acrecientan su complejidad innata

Durante las últimas décadas se vienen produciendo cambios en el panorama internacional de la Sanidad Vegetal que determinan nuevos retos para su razón de ser, porque incrementan la complejidad de las interacciones entre los agentes nocivos y las poblaciones de plantas, y la dificultad de su control. Algunos de ellos conciernen: (i) la introducción transfronteriza de agentes nocivos exóticos o estirpes virulentas de ellos, o de vectores exóticos de ambos, a la cual suele ir asociado el desarrollo de nuevas plagas, enfermedades y malas hierbas (denominadas emergentes); ejemplos de ellos a nivel global son el Huanglongbing (brote amarillo) y '*Candidatus* Liberibacter spp.', el Mal de Panamá del plátano Cavendish y la raza 4 Tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, la Necrosis de la espiga del trigo y el patotipo Triticum de *Pyricularia oryzae* o *P. graminis-tritici*, el Decaimiento rápido del olivo y la estirpe CoDiRO ST53 de *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* (Fig. 1), virosis de cultivos hortícolas y diversos begomovirus, los insectos *Anoplophora glabripennis*, *Bactericera cockerelli*, *Cydalima perspectalis* (Fig. 2), *Spodoptera frugiperda* y *Thaumatotibia leucotreta*, y la mala hierba *Amaranthus palmeri*, entre otras muchas; e (ii) innovaciones en las tecnologías agroforestales que son motores de la mejora de productividad (ej., prevalencia de la homogeneidad genética o espacial de los cultivos, intensificación de las plantaciones y las rotaciones de aquellos, estrategias de laboreo, introducción de nuevas especies o cultivares de ellas, instalación de cubiertas vegetales, etc.), pero que al tiempo propician escenarios que favorecen la reaparición de plagas, enfermedades o malas hierbas que venían siendo controladas satisfactoriamente pero ocasionan de nuevo ataques severos (denominadas



Figura 3. Mosca de la aceituna *Bactrocera oleae* inspeccionando un fruto para realizar la puesta: un ejemplo de la influencia del Cambio Climático, la distribución del olivar y las técnicas de cultivo en la intensidad de los daños de la plaga y su distribución geográfica. (Jordi Mateu).

re-emergentes). Ejemplo de ellas son: (i) el uso extenso de trigos resistentes y la Roya negra del tallo del trigo causada por la raza UG99 de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* en el Cuerno de África y otros países africanos; (ii) el monocultivo de no-laboreo en EE. UU. y la Necrosis de la espiga de cebada y trigo de primavera; (iii) la intensificación del olivar y la Verticilosis causada por el patotipo defoliante de *Verticillium dahliae* en Andalucía; y (iv) la intensificación de las rotaciones de cereales en la cuenca media del Ebro, así como las variaciones en sus épocas de siembra en relación con la fenología de los pulgones vectores, con consecuencias en la incidencia de las virosis del maíz causadas por el virus del mosaico enanizante del maíz (Maize dwarf mosaic virus, MDMV) y el virus del mosaico de la caña de azúcar (Sugarcane mosaic virus, SCMV) (véase Jiménez Díaz y col., 2023 para una revisión amplia de estos temas).

Otros casos conciernen las variaciones medioambientales asociadas al Cambio Climático (Gullino y col., 2021) —a las que son particularmente sensibles las interacciones entre agentes nocivos y plantas (Fig. 3)—, o derivan de acciones legislativas. Ejemplos de estas última son: la reducción en la disponibilidad de productos fitosanitarios e incremento de las resistencias a ellos, el bajo número de agentes para el control biológico de enfermedades, las nuevas formas y sistemas de producción agroforestal derivadas del Pacto Verde Europeo (*Green Deal*) y sus modificaciones, el establecimiento de la Gestión Integrada como estrategia fundamental del control y del Asesor privado para su aplicación, la certificación fitosanitaria, y en último caso una influencia social creciente impulsada a menudo por emociones y opiniones más que por la ciencia y el conocimiento.

Los mencionados cambios, y en particular las emergencias, re-emergencias y el Cambio Climático, son considerados factores clave en el estancamiento de las pérdidas globales de cosecha ocasionadas por plagas, enfermedades y malas hierbas, que se han mantenido en torno al 32% de la cosecha anual media alcanzable durante el periodo 1967-2019 en un grupo de cultivos relevantes para la alimentación y la industria en los que se venían aplicando determinadas medidas de control (Oerke y col., 1994; Oerke y Dehne, 2004; Oerke, 2006; Savary y col., 2019). Ello parece indicar que los avances en conocimientos y tecnologías en Sanidad Vegetal producidos por la investigación científica en dicho periodo de tiempo, no han sido suficientes para compensar la velocidad con que han surgido nuevas problemáticas fitosanitarias, o nuevas plagas, enfermedades y malas hierbas, y para reducir las pérdidas que ocasionan a nivel global. En consecuencia, el estancamiento de las pérdidas de cosecha y los factores que la promueven sitúan a la Sanidad Vegetal ante nuevos retos, para cuya superación ha de modificar los esquemas de generación de conocimientos y tecnologías, y especialmente de su transferencia para la aplicación práctica en los cultivos y masas forestales.

El paradigma de las introducciones transfronterizas de agentes nocivos exóticos y la certificación fitosanitaria del material vegetal

La introducción de agentes nocivos en nuevas áreas —o de plantas exóticas con la expansión de la agricultura— y sus desastrosas consecuencias para la agricultura y la silvicultura no debería ser motivo de sorpresa o alarma, porque la historia de las disciplinas nucleares de la Sanidad Vegetal —Entomología Agroforestal, Patología Agrícola y Forestal, y Malherbología— está jalonada de ejemplos de ello. Basta recordar: (i) la introducción en Europa de tres agentes nocivos de vides viníferas originarios de EE. UU. en secuencia: primero el oídio (*Erysiphe necator*), seguido de la filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*) y el mildiu (*Plasmopara viticola*), y la devastación que ocasionaron en el sector vitivinícola; o (ii) la introducción en EE. UU. de *Cryphonectria parasitica* y la devastación de los bosques de castaño americano en el sureste del país por el chancro que causa —posiblemente, la enfermedad de mayor impacto medioambiental conocida—, y del melocotonero cultivado de origen afgano-iraní y su encuentro con '*Candidatus* Phytoplasma pruni', el fitoplasma que infecta asintomáticamente el ciruelo silvestre (*Prunus americanus*) nativo en el noroeste del país y causa el Amarilleamiento letal del melocotonero (Harveson, 2019; Jiménez Díaz y col., 2023).

Lo que sí es necesario resaltar es que las introducciones transfronterizas de agentes nocivos exóticos se han

intensificado durante las últimas décadas, tanto a escala internacional como en España —cerca de 230 bacterias y fitoplasmas, virus y viroides, nematodos, y hongos y oomicetos citados como introducidos en el periodo 2010-2022, según expertos de la Sociedad Española de Fitopatología, y un número del mismo orden de artrópodos fitófagos no crustáceos —, y que el impacto social de las consecuencias de algunas de ellas (ej., las anteriormente citadas) han proporcionado a la Sanidad Vegetal una visibilidad en las revistas científicas de mayor relevancia internacional que no había tenido antes (Butler, 2013; Callaway, 2016; Stokstad, 2015; Vaidyanathan, 2011).

Pero, ¿qué factores propician la intensificación de las introducciones transfronterizas de agentes nocivos exóticos? Es indubitable que este fenómeno está estrechamente vinculado: (i) a la intensificación del comercio internacional de plantas y productos vegetales —y en particular por el sustrato en que crecen y viajan— (Baker y col., 2021; Hulme, 2009) —de lo cual son indicativas las más de 414.000 t de flor cortada, plantas, coníferas y bulbos importadas anualmente en la Unión Europea (UE) durante el decenio 2004-2014 procedentes de América Central, Asia y países africanos (M.M. López, comunicación personal), y las 35.000 t de planta viva importadas en España en 2015 procedentes de países de la UE y extra-UE (Pagés, 2016)—; así como (ii) a insuficiencias en los controles fitosanitarios en frontera. Estas insuficiencias son debidas: (i) de una parte a que la inspección efectiva solo alcanza el 2-6% del material en tránsito (Carvajal-Yepes y col., 2019); (ii) de otra a que si aquella se basa en la mera observación visual del material vegetal y el análisis fitopatológico en el primer destino se circunscribe a los productos sintomáticos, se desestima el riesgo de infecciones latentes que requieren un prolongado periodo de incubación para la expresión de síntomas; y (iii) a que son insuficientes (o no se utilizan) métodos fiables y rápidos de identificación específica de organismos potencialmente nocivos.

Por ello, la reducción efectiva de riesgos de introducciones exóticas habría de asentarse en mayor extensión sobre el principio de precaución basado en una certificación fitosanitaria eficiente en origen del material vegetal importado. Sin embargo, no son pocos los expertos que consideran que dicha eficiencia es cuestionable en el material vegetal importado de países terceros y que, hasta ahora, en materia de Sanidad Vegetal se ha preferido la prevalencia del libre comercio internacional frente al principio de precaución y el riesgo que implica la importación de material vegetal infectado (Jung y col., 2016; McDonald y Stukenbrock, 2016). Adicionalmente, mientras que la atención social a las introducciones exóticas ha estado mediada por el impacto de los efectos devastadores que llevan consigo, y son loables los esfuerzos para desarrollar modelos que optimicen su prevención y estimación del éxito de establecimiento y diseminación, detección temprana, etc. (Cendoya y col., 2024; Vicent, 2024), los principios fitopatológicos y agroentomológicos que subyacen en el potencial devastador de dichas introducciones exóticas no han recibido una atención comparable, aunque su consideración puede ser de ayuda para establecer acciones estratégicas adicionales que complementen la efectividad de dichos modelos. Por ejemplo: (i) raramente se considera que las introducciones exóticas posibilitan encuentros entre especies de agentes nocivos y plantas que no han coevolucionado y que, en ausencia de presión selectiva, en las poblaciones de estas últimas puede prevalecer un elevado nivel de la susceptibilidad anticipatorio de la devastación potencial (ej., los organismos nocivos mencionados al principio de este apartado); o que (ii) la introducción de agentes nocivos exóticos de amplia gama de plantas susceptibles conlleva riesgos impredecibles de nuevas enfermedades o plagas en huéspedes desconocidos hasta ahora (ej., la introducción de *Phytophthora* spp. en substratos con planta viva).

Las introducciones de agentes nocivos exóticos y los desafíos que conllevan para la Sanidad Vegetal se incrementarán en el curso de los próximos años, porque es predecible que continúe la intensificación del comercio internacional y la movilidad de las personas. Por ello, desde nuestro punto de vista, son oportunas propuestas como la de Carvajal-Yepes y col. (2019) de un Sistema Global de Vigilancia, que podría comenzar a ser instaurado a escala nacional con el fortalecimiento e interconexión de personal y laboratorios implicados en la detección de agentes nocivos cuarentenarios o no en la UE (ej., asesores, técnicos agrarios y del sector fitosanitario, investigadores y profesores de centros de investigación y universidades, etc.), porque a menudo son los primeros en detectar el desarrollo epidémico o poblacional de una nueva enfermedad, plaga o mala hierba.

Limitaciones sociológicas en la Sanidad Vegetal: la complejidad de la realidad fitosanitaria confrontada con la tendencia a simplificar

Uno de los retos que afronta la Sanidad Vegetal en la actualidad deriva de la insuficiente percepción de la complejidad que la caracteriza por personas no familiarizadas con ella, y de la influencia social impulsada por emociones y opiniones más que por la ciencia y el conocimiento. De ello se deriva la presión política que los distintos colectivos sociales, económicos y técnicos ejercen sobre los legisladores, sean de la CE, los estados o las regiones. De hecho, prevalece en el sector agrario la disposición a soluciones simples y a corto plazo de problemas fitosanitarios complejos, auspiciada tal vez por el predominio de los métodos químicos para el control de agentes nocivos y las recomendaciones gratuitas que recibía tradicionalmente el agricultor junto con la distribución de los productos fitosanitarios. A todo ello se suma la tendencia legislativa a la simplicidad en aspectos que son inherentemente complejos —ej., la certificación fitosanitaria y la gestión integrada— que, desafortunada y sorprendentemente, da lugar a que ciertas decisiones de técnicos agrarios en

materia fitosanitaria sean guiadas con más frecuencia de lo comprensible por aspectos económicos simplistas que por la adecuación basada en el conocimiento fitosanitario.

La garantía de ausencia de infección/infestación en el material de siembra o plantación a través de su certificación sanitaria es clave para la gestión integrada de enfermedades y plagas, y es reconocida conceptualmente como principio fundamental para el control de los agentes nocivos de los que son portadores. De hecho, la certificación fitosanitaria se llevaba a cabo en Europa a principios del siglo XX, su práctica se extendió poco después en los EE. UU. para cultivos clave como cítricos, frutales y ornamentales (Maloy, 1993), y en la actualidad es objeto de especial atención en la industria viverista internacional tanto en lo concerniente a prácticas sanitarias como al desarrollo de tecnologías diagnósticas para la certificación (Hedstrom y Sandlin, 2022; Rania y col., 2019).

Como ejemplo, la Organización Europea y Mediterránea para la Protección de las Plantas (OEPP/EPPO) formalizó un protocolo estandarizado para la certificación fitosanitaria del material propagativo de frutales de hueso y pepita —que también es válido para olivo—, que básicamente comprende: (i) el establecimiento y mantenimiento de material propagativo nuclear garantizado libre de infección mediante protocolos analíticos fitopatológicos; (ii) el establecimiento a partir del material nuclear de un campo de plantas base o madre cuyo estatus libre de infección se comprueba mediante inspecciones fitosanitarias periódicas y protocolos analíticos; y (iii) la producción de plantas enraizadas en condiciones que eviten infecciones secundarias. Además, el protocolo establece que todo el proceso debe ser supervisado por una entidad oficial, u organización registrada y especializada, y que la emisión del certificado sea refrendada por documentación de las acciones de análisis e inspección (EPPO, 1999; 2001).

Desafortunadamente, en la UE, al tiempo que se han intensificado las cautelas de garantía fitosanitaria sobre agentes nocivos cuarentenarios en material vegetal de origen extra-UE, se ha venido produciendo un debilitamiento en la certificación fitosanitaria de material propagativo de viveros de frutales para agentes nocivos no cuarentenarios, que se concreta en una reafirmación de la calidad CAC (*Conformitas Agraria Communitatis*): la mínima exigencia de calidad de material propagativo basada en la mera evaluación visual de síntomas de "patógenos cualificados" en las plantas, que en absoluto las garantiza como libres de infección por patógenos que se caracterizan por periodos de incubación prolongados en los que la planta infectada permanece asintomática, o que requieren condiciones ambientales determinadas para que los síntomas se expresen. Esto último, y la asignación de responsabilidades sobre acciones analíticas y de inspección para la garantía fitosanitaria a productores y comercializadores de material vegetal de plantación [Reglamento (UE) 2016/2031], parecen ser indicadores de un desinterés en la apreciación de la certificación fitosanitaria *sensu* EPPO sobre agentes nocivos no cuarentenarios que, sorprendentemente, no parece haber generado inquietud en los sectores productivos o viverista, ni en las Sociedades Científicas de la Sanidad Vegetal. De hecho, es frecuente que tanto técnicos agrarios como académicos no familiarizados con el cuerpo de doctrina de la Sanidad Vegetal vean satisfechas sus exigencias de calidad en el material de plantación por la calidad CAC, al considerar que el ligero incremento de coste por su certificación como libre de agentes nocivos no cuarentenarios no confiere beneficio sanitario suficiente, porque la naturaleza endémica de algunas enfermedades y plagas cuarentenarias propiciará eventualmente el desarrollo de ellas. Estas consideraciones están en clara contradicción con los principios ecológicos y epidemiológicos que rigen la gestión integrada, porque desestiman: (i) la certeza en el desarrollo de enfermedad o plaga en la planta infectada o infestada, aunque sea asintomática en origen; (ii) la certeza de la diseminación del agente nocivo a plantas sanas en la plantación; (iii) la eficacia de las acciones de predicción y gestión integrada contra agentes nocivos que han de ser diseminados hasta una plantación sana desde otras afectadas; y (iv) que "es absolutamente incuestionable que cada planta o cultivo crece mejor y produce mayor rendimiento si el material de partida está libre del patógeno. Por ello, debería llevarse a cabo cualquier esfuerzo para obtener y utilizar semillas o plantas libres de patógenos, aunque su coste sea considerablemente mayor que el del material propagativo cuyo contenido del patógeno sea desconocido" (Agrios, 2005).

Además, a menudo se desestima que la calidad CAC puede tener un efecto negativo estratégico sobre el sector productivo más allá del que recae directamente sobre la plantación. Un ejemplo de ello concierne la certificación de la producción viverista de olivo y la expansión y re-emergencia de la Verticilosis de este cultivo en Andalucía (Fig. 4).



Figura 4. Verticilosis del olivo causada por *Verticillium dahliae* en Écija (Sevilla) (A. Trapero).

El olivar andaluz ha experimentado un cambio tecnológico espectacular durante los últimos 30 años, en el que el olivar tradicional de secano y 100 a 200 olivos/ ha se ha reemplazado por plantaciones superintensivas de regadío con 1.000-2.000 plantas/ ha, para lo cual ha sido necesario un notable incremento de producción viverista (Fig. 5A,B) Curiosamente, esta intensificación ha coincidido en el tiempo con la expansión de la Verticilosis causada por *V. dahliae*, que infecta la planta sistémicamente y es transmitida con eficiencia en el material de plantación. A principios de la década de 1980, la Verticilosis afectaba a una estrecha franja de olivar en el valle del Guadalquivir y era desconocida o carecía de importancia en el sector oleícola. Sin embargo, en la actualidad, la enfermedad se encuentra extendida en toda Andalucía —con una prevalencia media del 34% e incidencias de 20-40%—, y se ha establecido en todo el olivar andaluz un patotipo de *V. dahliae* altamente virulento y defoliante en algodón y olivo de origen norteamericano, que se detectó por primera vez en 1983 restringido en cultivos de algodón de tres localidades del sur de la provincia de Sevilla y ha desplazado al patotipo autóctono no defoliante y menos virulento (Fig. 5C,D). Todo ello ha determinado que la Verticilosis sea actualmente el principal problema fitosanitario del olivar andaluz, y el patotipo defoliante la diana preferente para su gestión integrada (Jiménez-Díaz y col., 2012; J.A. Navas-Cortés, comunicación personal).

La evidencia directa e indirecta acumulada en años de estudios y experiencias, indica que la explicación más plausible de la expansión de la Verticilosis y del patotipo defoliante de *V. dahliae* en Andalucía es la utilización de plantas infectadas para el establecimiento de nuevas plantaciones, derivada de la prácticamente exclusiva producción de plantas de calidad CAC en los viveros de olivo registrados, que en absoluto las garantiza libres de infección por *V. dahliae*. Muestra de ello son los resultados de inspecciones fitosanitarias de 714 viveros de olivo registrados realizada por técnicos de la Dirección General de la Producción Agraria en Andalucía, que mediante técnicas diagnósticas específicas no destructivas detectaron la infección por *V. dahliae* en el 15% de ellos que contenían plantas visualmente asintomáticas de las principales variedades comerciales de olivo.

La escasa penetración de la verdadera certificación fitosanitaria antes señalada es solo uno de los ejemplos de cómo la efectividad de la Sanidad Vegetal puede ser limitada por una apreciación social insuficiente o inadecuada de ella en el sector agrario.

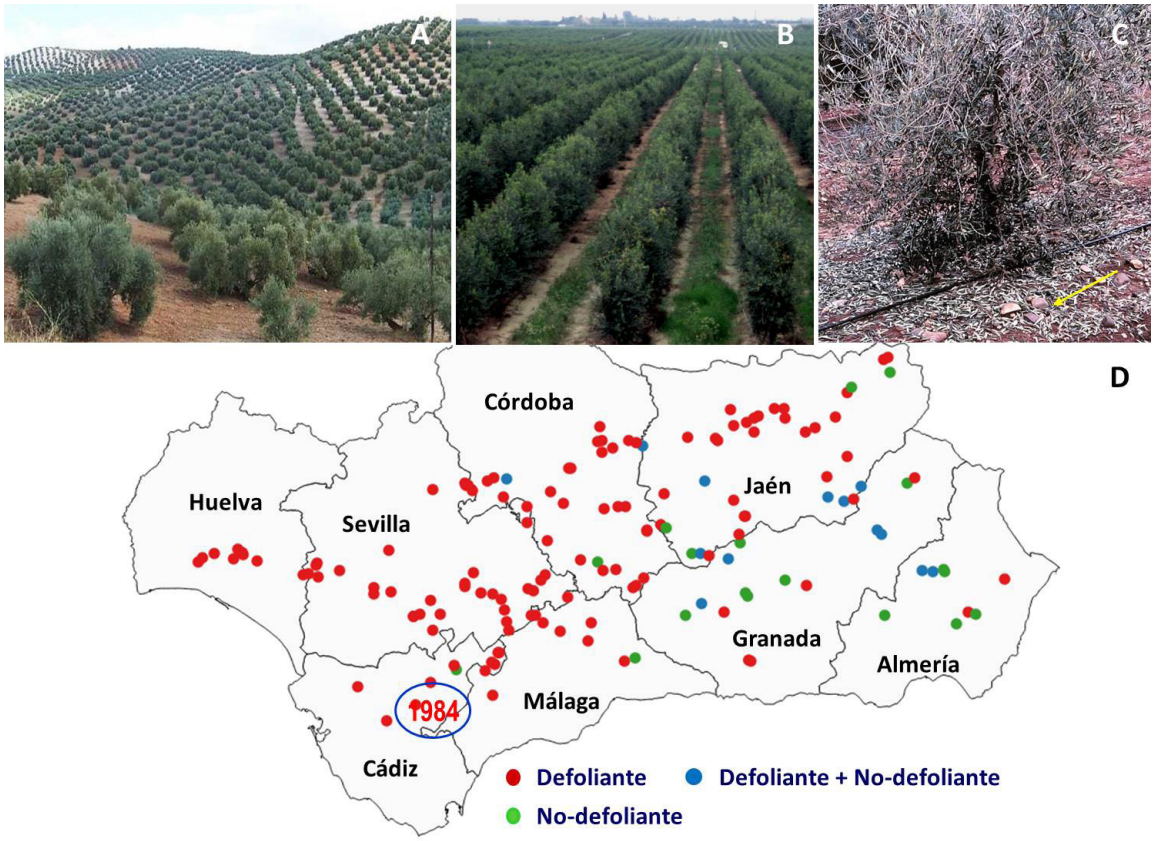


Figura 5. Influencia de la intensificación y estructura de las plantaciones de olivo en la reemergencia de la verticilosis del olivo en Andalucía. A. Vista general de una plantación tradicional con una densidad de 150-200 olivos por hectárea; B. Vista general de una plantación en seto con una densidad 1.500 olivos por hectárea; C. Olivo 'Arbequina' con defoliación severa (flecha) causada por el patotipo defoliante de *Verticillium dahliae*. D. Expansión geográfica del patotipo defoliante de *V. dahliae* (puntos rojos y puntos azules) que fue primeramente detectado en algunos cultivos de algodón en la provincia de Sevilla en 1984 (círculo). Los datos indican una prevalencia del patotipo defoliante del 80,1%, basado en observaciones en 427 olivares elegidos arbitrariamente en 123 municipios de Andalucía (J.A. Navas Cortés).



Gana por KO a la PSYLA y a la CARPOCAPSA

Delegate®
250 WG

Jemvelva™ active

INSECTICIDA

- Potente efecto de choque contra PSYLA
- El mejor control de CARPOCAPSA
- Único modo de acción, característico de JEMVELVA Active

CORTEVA™ agriscience

Visítanos en: **corteva.es** | **@cortevaES**

Esta información podría no estar actualizada. Con el fin de evitar riesgos para las personas y el medioambiente, lea atentamente la etiqueta del producto y siga estrictamente las instrucciones de uso.
®,™, SM Son marcas comerciales y de servicio de Corteva Agriscience y de sus compañías filiales. ©2024 Corteva Agriscience™.

De hecho, los aspectos sociales se han demostrado clave en la puesta en práctica de las acciones de erradicación de almendros, olivos o vid contemplados en los programas oficiales para el control de *X. fastidiosa* en España e Italia, y se ha resaltado la necesidad de que el diseño y establecimiento de dichos programas y acciones se lleven a cabo mediante un proceso interactivo de abajo a arriba (Vicent, 2024). No obstante el énfasis por los antedichos aspectos recientes, es conveniente señalar que la influencia sociológica sobre la Sanidad Vegetal no es nueva, sino que ha sido objeto de preocupación entre destacadas personalidades de ella desde hace tiempo. Por ejemplo, en su magnífico tratado *Plant Disease*: *An Advanced Treatise*, Horsfall y Cowling (1977-1980) consideran diversos aspectos del papel de la Sociología en la Fitopatología en cuatro de los cinco volúmenes de la obra (caps.2 y 6, vol. I; cap. 2, vol. II, cap. 19, vol. IV; y cap. 23, vol. V). Uno de los aspectos resaltados por dichos autores es que "… mantener un punto de vista equilibrado del valor de la investigación que explora novedades para hacer avanzar la ciencia y el de aquélla que explora la aplicación sobre problemáticas pendientes, es esencial para la apreciación de la ciencia". Siendo la Sanidad Vegetal una macrodisciplina de aplicación sobre los efectos negativos de enfermedades, plagas y malas hierbas, es necesario acentuar las consideraciones sociológicas en aquélla para que el sector agroforestal se sienta destinatario de los esfuerzos de la investigación fitosanitaria: en palabras del Premio Nobel Norman Borlaug, "nuestra investigación debe ser buena, pero debe ser buena para algo".

A este respecto, es oportuno traer a colación la Ponencia Extraordinaria al XXI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología (SEF) del Prof. Nick Grünwald, ex presidente de la Sociedad Norteamericana de Fitopatología (APS), en la que, entre otros aspectos, incidió sobre: (i) la fragilidad de la investigación fitopatológica derivada de la tendencia prevalente a financiar la investigación básica —motivada por la búsqueda de novedades y desarrollo de patentes— en comparación con la aplicada; (ii) la elevada exigencia de productividad curricular ("bibliométrica") sobre los jóvenes investigadores; y vinculado a esta última (iii) el creciente y desafortunado descrédito de artículos y revistas científicas, auspiciado por la avalancha de nuevas revistas prometedoras de su rápida publicación, junto con un proceso de revisión por pares a veces inadecuado —que a menudo se refiere entre colegas pero raramente se manifiesta públicamente y con tanta crudeza—. En 1983, con ocasión del 75 aniversario de la APS, el insigne virólogo vegetal Milton Zaitlin retomó las cautelas que el laureado F.C. Bawden había expresado en 1970, en relación con la investigación "básica" sobre virus fitopatógenos y el excesivo énfasis en las nacientes tecnologías por sí mismas, y alertó sobre la tendencia que percibía en la investigación motivada por su sola existencia, en lugar de utilizarlas para generar nuevas respuestas a preguntas científicas relevantes (Bawden, 1970; Zaitlin, 1983). Tal vez estas reflexiones y la anteriormente citada de N. Borlaugh, continúen siendo de actualidad en relación con la apabullante disponibilidad de una potente y sofisticada "herramentística" de investigación y el curso de la investigación fitosanitaria actual.

Salud Única (*One Health*): una oportunidad para la Sanidad Vegetal de resaltar su contribución al bienestar social e incrementar su visibilidad

El concepto de Salud Única de la FAO constituye un enfoque integrado y unificador para equilibrar y optimizar de manera sostenible la salud de las personas, los animales, las plantas y los ecosistemas, porque reconoce la vinculación e interdependencia entre la salud de los seres humanos y la salud de los animales domésticos y salvajes, las plantas y el medioambiente en general (incluidos los ecosistemas). Desafortunadamente, basta consultar los Boletines de la FAO sobre *One Health* —el último el nº 7 del mes de septiembre—, o nuestra experiencia en la preparación de un libro recientemente publicado sobre la Sanidad Vegetal en España[1] (Jiménez Díaz y col., 2023), accesible gratuitamente, para constatar que la Sanidad Vegetal no es, a menudo, incluida como uno de los componentes de la Salud Única, comparado con el predominio en ella de la Sanidad Animal.

La Sanidad Vegetal debe ser reconocida explícitamente como componente relevante del concepto de Salud Única y este reconocimiento resaltaría sus logros en la gestión de los agentes nocivos, porque la salud de los cultivos y bosques hace posible que las plantas cumplan eficientemente su cometido: (i) en la seguridad alimentaria al reducir las pérdidas de cosecha por agentes nocivos (68% de pérdida media de la cosecha alcanzable por enfermedades, plagas y malas hierbas, si la Sanidad Vegetal no aplica medidas de control para evitarlo)) y por ello contribuyendo a mitigar la malnutrición y sus efectos negativos sobre la salud humana, lo que supone la mejora de su impacto social, a la vez que también económico; (ii) en el mantenimiento de la biodiversidad, y la función y servicios ecosistémicos de cultivos y masas forestales; (iii) como suministradoras de O_2; (iv) como sumideros de CO_2 y por lo tanto contribuidoras a la mitigación del Cambio Climático; y particularmente porque la Sanidad Vegetal tiene un nexo directo con la Salud Única: (v) ya que contribuye al desarrollo y dispersión de cepas de bacterias resistentes a antibióticos en aquellos lugares donde su uso esté autorizado para el control de bacteriosis vegetales, como es el caso de varios países americanos y asiáticos; y (vi) reduce el riesgo de que la infección o infestación de las cosechas por agentes microbianos y artrópodos fitófagos afecte a la salud de los consumidores.

[1] https://www.raing.es/libro/la-sanidad-vegetal-en-la agricultura-y-la-silvicultura-retos-y-perspectivas-para-la proxima-decada/

Históricamente, el reconocimiento de afecciones humanas debidas al consumo de cosechas contaminadas se remonta a finales del siglo X, con las epidemias de ergotismo en Europa Central debidas al consumo de harinas de cereales contaminadas con alcaloides contenidos en los esclerocios del hongo *Claviceps purpurea*. Pero la relación entre el consumo de cosechas contaminadas y la salud humana y animal alcanza notoriedad en el último tercio del siglo XX, cuando se reconoce la producción de metabolitos fúngicos tóxicos (micotoxinas) en cosechas infectadas, por las intoxicaciones masivas de animales domésticos que consumieron piensos contaminados con aflatoxinas producidas por *Aspergillus* spp. Esta notoriedad se amplifica a finales de dicho siglo por la gravedad de micotoxicosis ocasionadas por el consumo de granos contaminados con fumonisinas, tricotecenos (nivalenol, DON, T-2) y zearalenona producidas por especies fitopatógenas de *Fusarium*, de frutas con ocratoxinas producidas por especies no patógenas de *Penicillium*, y de pastos y forrajes con lolitrenos producidos por hongos endófitos del género *Epichloë*. De hecho, la FAO estima que, a nivel global, el 25% de las cosechas agrícolas anuales están contaminadas con micotoxinas que ocasionan pérdida de 1.000 millones de toneladas de alimentos y productos alimentarios. Todo ello resalta, sin duda, que la relevancia social de la Sanidad Vegetal trasciende la reducción de productividad agroforestal por las pérdidas de cosecha alcanzable (véase Jiménez Díaz y col., 2023 para una revisión amplia de este tema).

Los riesgos para la salubridad alimentaria derivados de la contaminación microbiana de cosechas vegetales se han amplificado de nuevo en el siglo XXI por un nuevo fenómeno: los productos vegetales de consumo en fresco pueden actuar como vectores de bacterias entéricas patógenas humanas, que son diseminadas hasta los cultivos desde los reservorios animales y humanos existentes en los agroecosistemas (Barak y Schroeder, 2012). Aunque esta contaminación por bacterias entéricas se describió en Japón en 1996, no tuvo impacto mediático hasta 2006, cuando en EE. UU. se produjeron epidemias graves de fiebres, hemorragias, trastornos estomacales, vómitos, etc., asociadas con el consumo de diversos vegetales de consumo en fresco contaminados con la estirpe enterohemorrágica O157:H7 de *Escherichia coli*, a las que siguieron episodios de salmonelosis por contaminaciones similares con cepas de *Salmonella enterica*. Estos episodios motivaron estudios retrospectivos en los que se concluyó que durante 1998-2008 se habían producido en EE. UU. más de 13.000 brotes sanitarios alimentarios, de los que el 46% se atribuyeron al consumo de productos vegetales y, entre ellos, el 22% a verduras frescas; y la FAO ha señalado recientemente que el consumo de alimentos contaminados causa globalmente más de 200 enfermedades que afectan a cerca de 600 millones de personas anualmente.

Los riesgos alimentarios para la salud de los consumidores no se circunscriben a los agentes microbianos. Recientemente, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ha expresado preocupación por la creciente contaminación de complementos alimentarios de origen vegetal, especias, hierbas aromáticas, infusiones, miel, tés, etc., con alcaloides tóxicos derivados del tropano producidos por plantas de diversas familias —Brassicaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, y especialmente Solanaceae— que afectan al sistema nervioso central y al sistema nervioso autónomo, o de las pirrolizidinas y sus N-óxidos (PANOs) potencialmente cancerígenos presentes en Asteraceae, Fabaceae, Boraginaceae, etc.

Dichas familias incluyen especies de malas hierbas que pueden coexistir con los cultivos y contaminar sus cosechas por mezclas accidentales, lo cual resalta la necesidad del control de aquellas y la conveniencia de cautela en la disposición al uso alimentario indiscriminado de los llamados productos "naturales". La frecuencia y magnitud con que se han detectado dichas contaminaciones han llevado a la EFSA a acentuar los requerimientos analíticos de dichos alcaloides y de las matrices portadoras.

Una Medicina de los Vegetales para afrontar los nuevos retos y oportunidades de la Sanidad Vegetal

De todo lo dicho en las líneas anteriores se deriva que los esquemas actuales de la formación universitaria y no universitaria, y la práctica profesional de la Sanidad Vegetal en España, son discordantes con los retos y oportunidades que plantea su complejidad y los cambios que están teniendo lugar en el panorama internacional de ella. Mientras que la sanidad de cultivos y bosques es determinada por enfermedades, plagas y malas hierbas concurrentes en aquéllos, la práctica profesional de la Sanidad Vegetal es proyección de una formación agroforestal fragmentaria basada en tres disciplinas científicas nucleares independientes y disjuntas: la Entomología Agrícola y Forestal, la Patología Agrícola y Forestal, y la Malherbología, sobre la cual gravita además la reducción acentuada de carga docente que se ha producido en los sucesivos cambios curriculares, que no está siendo complementada en posgrados generalistas (Albajes García y col., 2019).

Desafortunadamente, la tendencia a reducir la educación universitaria en Fitopatología y en Sanidad Vegetal es generalizada y objeto de preocupación a nivel internacional. Así, diversos análisis de la formación fitopatológica en Australia, EE. UU., Israel, Italia, Nueva Zelanda y el Reino Unido realizados en los últimos 12 años han puesto en duda que los enfoques actuales de la educación universitaria en Fitopatología —extensible a las otras disciplinas nucleares— sean adecuados para afrontar los desafíos actuales y venideros, y han planteado la necesidad de mejorarlos (BSPP 2012; Fletcher y col. 2020; Gullino, 2024).

Similarmente, desde hace más de 60 años, diversos expertos internacionales de la docencia y la investigación fitosanitarias han venido señalando que la mencionada falta de unicidad conceptual de la formación universitaria en Sanidad

Vegetal cuestiona la efectividad en la práctica profesional para la protección de los cultivos y masas forestales, y han reclamado para la Sanidad Vegetal una concepción holística y una actividad profesional comparable a la profesión veterinaria en la Sanidad Animal (Browning, 1984; Horsfall, 1956; Merril, 1979; Tammen y Wood, 1977). Esta inquietud motivó la introducción del término "Medicina de los Vegetales" (*Plant Medicine*) y el establecimiento por el Prof. G. Agrios de la primera titulación en ella en la Universidad de Florida, que desde 1999 se implantaría en las universidades de Nebraska y Ohio en EE. UU., las de Tesalia en Grecia, Bari, Boloña y Florencia en Italia, y las de Córdoba, Lleida y Valencia en España.

Como alternativa a dicha estrategia de especialización, el profesor Tjamos (2018) de la Universidad de Atenas considera que la necesaria concepción holística de la Sanidad Vegetal sería resuelta más satisfactoriamente mediante una titulación específica de grado (4 años) que denomina Phytiatry (del griego, traducible como Medicina de los Vegetales) que hasta ahora ha sido adoptada por universidades de Delaware y Wyoming en EE. UU., Bulgaria, Croacia y Hungría en la UE, y China, Corea del Sur, Indonesia, Japón, Jordania y Taiwan en Asia (E.C. Tjamos, comunicación personal). Esta titulación trasciende la Agronomía y se asienta en disciplinas agronómicas básicas y en la Ecología como principio fundamental unificador, pero consta de una estructura nuclear de conocimientos básicos y aplicados de los diversos grupos de agentes nocivos, los fenómenos que ocasionan y los factores que los determinan, su diagnóstico, epidemiología, métodos y medios de control, gestión integrada, etc. Con ella, los profesionales titulados en Medicina de los Vegetales podrían afrontar la problemática fitosanitaria agroforestal, y realizar recomendaciones para su gestión en condiciones de campo, con mayor eficiencia que la que proporciona la formación generalista y limitada de que constan las actuales titulaciones de Ingeniería Agronómica o Forestal (Albajes, 2023).

La creación de una nueva titulación en Medicina de los Vegetales en la Universidad española no debería constituir mayor dificultad, vistas las nuevas demandas del sector agroforestal y la flexibilidad que se viene mostrando para el establecimiento de nuevas titulaciones, así como la existencia de un sector privado de servicios e insumos concernidos por la Sanidad Vegetal ampliamente extendido y económicamente fuerte, así como de una estructura específica de ésta en las administraciones central del Estado y de las Comunidades Autónomas.

Conclusiones

1. La importancia cuantitativa y cualitativa de los efectos negativos de las plagas, enfermedades y malas hierbas sobre los cultivos y masas forestales, a pesar de su magnitud, es escasamente percibida por la sociedad y por los medios de difusión en la mayoría de los países desarrollados y en vías de desarrollo. Esa insuficiente visibilidad social continúa siendo un componente frágil de la Sanidad Vegetal.

2. Los cambios que se están produciendo en la Sanidad Vegetal en todo el mundo representan nuevos retos de la misma. Algunos de esos cambios son consecuencia de varios factores, entre los cuales destacan la introducción transfronteriza de agentes nocivos exóticos, las frecuentes y variadas innovaciones en las tecnologías agroforestales y en particular las relacionadas con la gestión integrada, las variaciones ambientales con particular importancia las derivadas del cambio climático, y la presión de la legislación internacional con especial relevancia la impulsada por la Unión Europea.

3. Todo ello contribuye a explicar el estancamiento de las pérdidas globales de la cosecha alcanzable por los cultivos que se ha manteniendo en los últimos decenios.

4. El análisis de los factores implicados en las introducciones de agentes nocivos exóticos indica que éstas se incrementarán en el curso de los próximos años, porque es predecible que continúe la intensificación del comercio internacional y la movilidad de las personas, causas principales del movimiento a escala mundial de los agentes nocivos de las plantas. El fortalecimiento en la prescripción y cumplimiento de la legislación al respecto debería permitir la mitigación de este problema.

5. La investigación científica debe auspiciar la mejora del conocimiento de la gran complejidad pluridisciplinar de la Sanidad Vegetal. Tal como han señalado eminentes científicos en ese campo, es imprescindible la revisión crítica de los objetivos de la investigación actual, tener en cuenta el impacto social, económico y ambiental de los resultados que se van obteniendo y los incentivos para que los jóvenes científicos contribuyan a ese impacto.

6. La FAO fue pionera en promover que la Sanidad Vegetal sea reconocida explícitamente como componente relevante del concepto de Salud Única (*One Health*) junto con la salud humana, la animal y la ambiental y este reconocimiento resaltaría sus logros en la gestión de los agentes nocivos a la vez que sería percibida como imprescindible para la seguridad y la salubridad alimentarias.

7. Una última, pero primordial, conclusión se deriva de las seis anteriores y pone el acento en que los esquemas actuales de la formación universitaria y no universitaria, así como la práctica profesional de la Sanidad Vegetal en España, son discordantes con los retos y oportunidades que plantea su complejidad y los cambios que están teniendo lugar en el panorama internacional de ella. Una formación singular en la Medicina de los Vegetales se hace necesaria para mejorar esa situación.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a los Profesores J.I. Cubero Salmerón, F. García-Arenal Rodríguez, María Milagros López González y E. Montesinos Seguí por la revisión crítica del texto y las valiosas aportaciones que han contribuido a mejorarlo.

Bibliografía

Albajes, R. 2023. ¿Hemos ido actualizando la formación en Sanidad Vegetal en los últimos decenios? Phytoma-España 350: 22-26.

Albajes, R. y Jiménez-Díaz, R.M. 2024. *One Health*: a new perspective to highlight the successes of plant health and the need for a new qualification in this field. XX International Plant Protection Congress. Plant Health/ Phytiatry Concurrent Session 23. Atenas.

Albajes García, R., Recasens Guinjuan, J., y Jiménez Díaz, R.M. 2019. Formación universitaria y no universitaria en Sanidad Vegetal. Pgs. 103-138, en: R.M. Jiménez Díaz y M.M. López González (eds.). Libro Blanco de la Sanidad Vegetal en España. UCOPress. Editorial Universidad de Córdoba, Córdoba.

Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. 5ª edición. Elsevier-Academic Press. Amsterdam.

Bailey-Serres, J., Parker, J.E., Ainsworth, E.A., Oldroyd, G.E.D., y Schroeder, J.I. 2019. Genetic strategies for improving crop yields. Nature 575: 109-118.

Baker, R.E., Mahmud, A.S., Miller, I.F., Rajeev, M., Rasambainarivo, F., Rice, B.L., Takahashi, S., Tatem, A.J., Wagner, C.E., y col. 2021. Infectious disease in an era of global change. Nat. Rev. Microbiol. www.nature.com/nrmicro.

Barak, J.D., y Schroeder, B.K. 2012. Interrelationships of food safety and plant pathology: The life cycle of human pathogens on plants. Annu. Rev. Phytopathol. 50: 241–66.

Bawden, F. C. 1970. Musings of an erstwhile plant pathologist. Annu. Rev. Phytopathol. 8: 1–13.

Browning, J.A. 1998. One phytopathologist's growth through IPM to holistic plant health. Annu. Rev. Phytopathol. 36: 1-24.

BSPP 2012. Plant pathology education and training in the UK: An Audit. 2012. http://www.bspp.org.uk.

Butler, D. 2013. Fungus threatens top banana. Nature 504: 195-196.

Callaway, E. 2016. Devastating wheat fungus appears in Asia for first time. Nature 532: 421-422.

Carvajal-Yepes, M., Cardwell, K., Nelson, A., y col. 2019. A global surveillance system for crop diseases: Global preparedness minimizes the risk to food supplies. Science 364: 1237-1239. DOI: 10.1126/science.aaw1572.

Cendoya, M., Rosace, M.C., Conesa, D., y col. 2024. Introducción de plagas y patógenos en la UE: efectos medioambientales, antropogénicos y espaciales. Comunicación oral: XXI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Sesión Plenaria III: Gestión de enfermedades. Córdoba, 19 de Septiembre.

EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 1999. Pathogen-tested material of *Malus*, *Pyrus* and *Cydonia*. EPPO Bull. 29: 239-252.

EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2001. Certification scheme for almond, apricot, peach and plum. EPPO Bull. 31: 463-478.

Fletcher, J., Gamliel, A., Gullino, M.L., McKirdy, S.J., Smith, G.R., y Stack, J.P. 2020. A fresh look at graduate education in Plant Pathology in a changing world: global needs and perspectives. J. Plant Pathol. 102: 609–618

Gullino, M.L. 2024. Teaching plant pathology: a forty-five year long journey. J. Plant Pathol. https://doi.org/10.1007/s42161-024-01644-w.

Gullino, M.L., Albajes, R., Al-Jboory, I y col. IPCC Secretariat 2021. Climate-change impact on plant pests: a global challenge to prevent and mitigate plant-pests risks in agriculture, forestry and ecosystems. FAO, Rome, in behalf of the IPCC Secretariat.

Grünwald, N. 2024. Challengues to APS and plant pathology: Does SEF faces the same threats. Ponencia extraordinaria: XXI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Córdoba, 19 de Septiembre.

Harveson, R.M. 2019. Peach yellows—The first phytoplasma disease. Phytopathol. News 53: 18-19.

Hedstrom, C., y Sandlin, I. 2022. Integrated pest management strategic plan for Oregon nurseries. EM 9359. https://extension.oregonstate.edu/pub/em-9359.

Horsfall, J.G. 1959 A look to the future-the status of plant pathology in biology and agriculture. Pgs. 63-70, en: C.S. Horton, G.W. Fisher, R.W, Fulton, H. Hart, y S.E.A. McCallan (eds.). Plant Pathology: Problems and Progress 1908-1958. Univ. Wisconsin Press, Madison. WI.

Horsfall, J.G. y Cowling, E.B. 1977-1980. *Plant Disease*: *An Advanced Treatise*, Vols. I-V. Academic Press. Nueva York.:

Hulme, P.E. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. J. Appl. Ecol. 46: 10–18.

Jiménez-Díaz, R.M. 2024. Retos de la Fitopatología: debilidades, oportunidades y fortalezas. Ponencia invitada: XXI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Sesión Plenaria III: Gestión de enfermedades. Córdoba, 19 de Septiembre.

Jiménez-Díaz, R.M., y López González, M.M. (Eds.). 2019. Libro Blanco de la Sanidad Vegetal en España. UCOPress. Editorial Universidad de Córdoba, Córdoba.

Jiménez Díaz, R.M., López González, M.M. y Albajes, R. 2023. La Sanidad Vegetal en la Agricultura y Silvicultura: retos y perspectivas para la próxima década. Ed. Real Academia de Ingeniería de España, 321 pp.

Jiménez–Díaz, R.M., Cirulli, M., Bubici, G., Jiménez-Gasco, M.M., Antoniou, P.P., y Tjamos, E.C. 2012. Verticillium wilt: A major threat to olive production. Current status and future prospects for its management. Plant Dis. 96: 304-329.

Jung, T., Orlikowski, L., Henricot, B., y col., 2016. Widespread *Phytophthora* infestations in European nurseries put forest, semi-natural and horticultural ecosystems at high risk of *Phytophthora* diseases. Forest Pathol. 46: 134–63.

Maloy, O.C. 1993. Plant Disease Control. Principles and Practices. John Wiley & Sons, Inc. Nueva York.

McDonald, B.A., y Stukenbrock, E.H. 2016. Rapid emergence of pathogens in agro-ecosystems: global threats to agricultural sustainability and food security. Phil. Trans. R. Soc. B 371: 20160026.http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2016.0026.

Merril, W. 1979. The doctor of plant medicine. Pgs. 385-387, en: 9th Int. Congr. Plant Prot. Proc. Symp. I Plant Prot. Fundam. Asp.

Oerke, E.-C., Weber, A., Dehne, H.-W., y col. 1994. Conclusions and perspectives. Pgs. 742-770, en: E.-C. Oerke, H.-W. Dehne, F. Schönbeck, y A. Weber, eds.. Crop Production and Crop Protection. Elsevier. Amsterdam, Holanda.

Oerke, E.-C., y Dehne, H.-W. 2004. Safeguarding production losses inmajor crops and the role of crop protection. Crop Prot. 23: 275-285.

Oerke, E.-C., 2006. Crop losses to pests. J. Agric. Sci. 144: 31-43.

Painter, J.A., Hoekstra, R.M., Ayers, T., Tauxe, R.V., Braden, C.R., Angulo, F.J., y Griffin, P.M. 2013. Attribution of foodborne illnesses, hospitalizations, and deaths to food commodities by using outbreak data, United States, 1998–2008. Emerg. Infec. Dis. 19: 407-415.

Pagés, J.M. 2016. La sanidad de las plantas: el activo más importante de los viveristas. Phytoma-España 283: 48-50).

Rania, A., Donovanb, N., y Mantria, N. 2019. Review: The future of plant pathogen diagnostics in a nursery production systems. Biosens. Bioelectron. 145: 111631. https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.111631.

Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C., y Foley, J.A. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. PLoS ONE 8, e66428.

Savary, S., McRoberts, N., Esker; P.D., y col. 2017. Production situations as drivers of crop health: evidence and implications. Plant Pathol. 66: 867–876.

Savary, S., Willocquet, L., Pethybridge, S.J., y col. 2019. The global burden of pathogens and pests on major food crops. Nature Ecol. & Evol. www.nature.com/natecolevol.

Stokstad, E. 2015. Italy's olives under siege. Science 348: 620.

Tammen, J,F, y Wood, F.A. 1977. Education for the practitioner. Pgs. 393-410, en: J.G. Horsfall, y E.B. Cowlin (eds). Plant Disease: An Advanced Treatise. Vol. I. How Disease is Managed. Academic Press, Nueva York.

Tjamos, E.C. 2018. The introduction of phytiatry in universities as a distinct science, is a primary necessity for food security and modernization of global agriculture. Horticult Int J. 2: 95-101.

Vaidyanathan, G. 2011. The wheat stalker. *Nature* 474: 563-565.

Vicent Civera, A. 2024. La modelización epidemiológica como herramienta en la detección y gestión de enfermedades de cuarentena. Ponencia invitada: XXI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Sesión Plenaria III: Gestión de enfermedades. Córdoba, 19 de Septiembre.

Zaitlin, M. 1983. Viruses and viroids. Pgs. 239-248, en: T. Kommedahl y Paul H. Williams (eds.). Challenging Problems in Plant Health. American Phytopatological Society. St. Paul, MN.