



Hongos perjudiciales para la humanidad (II): hongos parásitos de plantas

VELASCO, J.M.
C/ Pontevedra 18, 1°C. 37003 Salamanca. E-mail: juanmvs@telefonica.net



Fig. 1. *The Discovery of the Potato Blight in Ireland*, cuadro de Daniel McDonald, c. 1852. Fuente: <http://multitext.ucc.ie>

INTRODUCCIÓN

En un anterior trabajo (VELASCO, 2010), nos hacíamos eco de los hongos que determinan enfermedades en humanos y animales como parásitos. En dicho trabajo se exponía una propuesta de clasificación de las relaciones perjudiciales en humanos provocadas por hongos. En dicha clasificación se establecen siete grupos o clases de relaciones; la clase número 5 se titula "Hongos parásitos de plantas cultivadas o silvestres de interés". En este trabajo se expone un análisis de este tipo de parasitismo entre hongos y plantas, el cual determina pérdida de cosechas, de madera en árboles, etc.

En la actualidad se conocen más de 8.000 especies de hongos que producen más de 80.000 enfermedades en las plantas. Se afirma que todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo (en el caso del tomate por 80 hongos distintos), y que cada uno de los hongos parásitos ataca a uno o más tipos de plantas.

Las enfermedades de las plantas son importantes para el hombre debido a que perjudican

tanto a las plantas de interés humano como a sus productos. Para los millones de personas que habitan la Tierra y cuya existencia depende de los productos vegetales, las enfermedades de las plantas pueden marcar la diferencia entre una vida normal y una acosada por el hambre, o incluso conducir a la muerte. La inanición que condujo a la muerte de 500.000 irlandeses entre 1845 y 1849, plasmada en el cuadro de Daniel McDonald (Fig. 1), y gran parte del hambre que padecen en la actualidad los millones de personas que viven en las regiones rurales subdesarrolladas, son ejemplos mórbidos de las consecuencias de las enfermedades de las plantas (AGRIOS, 1995).

Las enfermedades de las plantas tienen una gran importancia económica o de otro tipo, debido a que provocan que los agricultores sufran pérdidas económicas, propician un aumento en el precio de los productos de consumo y destruyen la belleza del medio ambiente al dañar a las plantas ornamentales.

También las enfermedades de las plantas reducen la variedad de plantas que pueden desarrollarse en una determinada zona geográfica al destruir a todas las plantas de ciertas especies que son muy susceptibles a una enfermedad en particular; esto lo ejemplifica el castaño americano, que fue aniquilado en los bosques de Norteamérica, por el tizón del castaño, así como los olmos, que están siendo eliminados como árbol de sombra, por la enfermedad holandesa del olmo o grafiosis. MUÑOZ & *al.* (2003) afirman que las micopatologías en las masas forestales son las enfermedades más importantes en las especies arbóreas.

El tipo y cuantía de las pérdidas ocasionadas por las enfermedades de las plantas varía de acuerdo a la especie de planta o los productos que se obtienen de ella, así como al agente patógeno, la localidad, el medio ambiente, las

Tabla 1-1 Ejemplos de pérdidas severas causadas por las enfermedades de las plantas

Enfermedad	Localización	Comentarios
Enfermedades por hongos		
1. Roya de los cereales	Mundial	Epidemias graves, frecuentes, provocan enormes pérdidas anuales.
2. Carbones de los cereales	Mundial	Pérdidas continuas en todas las semillas.
3. Cancro del conino y del trigo	Mundial	Veneno para el hombre y los animales.
4. Tizón tardío de la papa	Climas fríos y húmedos	Epidémica; ocasionó el hambre de miles de irlandeses de 1845 a 1846.
5. Mancha café del arroz	Asia	Epidémica; ocasionó hambre a los habitantes de Bengala en 1943.
6. Tizón foliar sureño del maíz	Estados Unidos	Epidémica; en 1970 causó la pérdida de 1000 millones de dólares.
7. Casquilla de los viñedos	Mundial	Epidémica; de 1840 a 1850 en Europa.
8. Milla de los viñedos	Estados Unidos y Europa	Epidémica de 1870 a 1880 fuerte epidemia en Europa.
9. Milla del tabaco	Estados Unidos y Europa	Fuerte epidemia en Europa de 1950 a 1960 y en Norteamérica en 1979.
10. Tizón del castaño	Estados Unidos	Destruyó todos los castaños americanos de 1904 a 1940.
11. Enfermedad del olmo holandés	Estados Unidos y Europa	De 1910 a la fecha ha destruido todos los olmos americanos.
12. Roya del café		Destruyó todos los cultivos del sureste asiático, entre 1870 a 1880. Desde 1970, está presente en Brasil.
13. Mancha foliar del plátano o enfermedades de la Sigatoka	Mundial	Ha ocasionado grandes pérdidas anuales.
14. Tizón foliar del cañizo	Sudamérica	Ha destruido las plantaciones de cañizo.

Fig. 2. Ejemplos de pérdidas agrícolas históricas relevantes ocasionadas por enfermedades fúngicas (AGRIOS, 1995: 20).

medidas de control practicadas, etc., o debido a una combinación de algunos o de todos estos factores. La cuantía de las pérdidas varía desde porcentajes mínimos hasta pérdidas de un 100%. Las plantas o sus productos pueden disminuir cuantitativamente a causa de las enfermedades en el campo, como es el caso de la mayoría de las enfermedades de las plantas, o por las pérdidas que se producen durante el almacenamiento, como ocurre con la pudrición de los frutos, semillas, hortalizas y fibras vegetales almacenadas.

Las enfermedades han afectado la existencia, el crecimiento adecuado o la productividad de muchas plantas cultivadas por el hombre o silvestres que han sido y son explotadas por algún interés (fibras, productos químicos, madera, etc.). La destrucción de los productos y las reservas alimenticias ocasionadas por las enfermedades fue un suceso bastante común en la antigüedad y dio como resultado la desnutrición, inanición, emigración o muerte de personas y animales en numerosas ocasiones, algunas de las cuales están bien registradas en la historia. Año tras año se observan casos semejantes en las sociedades agrícolas subdesarrolladas, en las que la subsistencia de las familias y naciones



Fig. 3. El olmo de San Vicente (Ávila) en 2007, murió en el año 2008 víctima de la grafiosis, provocada por el hongo *Ophiostoma novo-ulmi*. Foto: J. M. Velasco.

depende de su propia producción. De algunos episodios catastróficos provocados por enfermedades fúngicas de las plantas en el pasado antiguo y reciente se han hecho eco AGRIOS (1995, 2005) (Fig. 2) y TRIGIANO & al. (2006).

Un ejemplo de lo dicho, pero con una especie maderable y ornamental, es el caso de lo ocurrido a nuestros olmos. En España, la famosa enfermedad holandesa del olmo o grafiosis, ha aniquilado a todos los olmos y olmas que teníamos en los pueblos y ciudades, algunos de ellos centenarios y símbolo de otras épocas, sobre todo los existentes en las plazas y los que medraban al lado de ermitas e iglesias. Uno de los últimos olmos singulares que han desaparecido en Castilla y León ha sido el “Olmo de San Vicente” en Ávila (Fig. 3).

Para defenderse de los patógenos, todas las plantas generan compuestos antimicrobianos que se acumulan en altas concentraciones, después de infecciones microbianas o fúngicas ayudando a limitar la dispersión del patógeno. Estas sustancias son llamadas fitoalexinas (*fito* = planta y *alexin* = compuesto que repele). Menos del 1% de las plantas cultivadas han sido estudiadas y en ellas se han encontrado más de 300 tipos de



fitoalexinas. El origen de las fitoalexinas está en los isoflavonoides, que son un grupo de flavonoides que tienen diferentes funciones, entre ellas propiedades biocidas. Las plantas susceptibles a un patógeno no sintetizan, rápidamente, suficiente concentración de fitoalexinas en el sitio de la infección para detener el crecimiento de dicho patógeno. Incluso hay plantas que para defenderse de los ataques de los hongos son capaces de sintetizar quitinasa, una enzima que degrada las paredes celulares de quitina de los hongos (no así de los oomicetos que la poseen de celulosa). Pero a pesar de estas armas químicas, los hongos y organismos fungoides se las apañan para atacar a sus hospedadores y vivir a costa de ellos, en muchas ocasiones con resultado de muerte.

BREVE HISTORIA DE LA FITOPATOLOGÍA FÚNGICA

En el Antiguo Testamento se mencionan ya a los mildius y tizones como una de las más terribles calamidades que pueden sufrir los pueblos. El griego Teofrasto (370-286 a.C.), considerado el "padre de la Botánica", estudió, en base a observaciones y especulaciones, enfermedades de árboles, cereales y leguminosas, destacando que las royas eran más frecuentes en cereales que en leguminosas. Los romanos se percataron de los efectos devastadores de las royas en los cultivos de cereales productores de granos, por lo que crearon un dios especial, Robigo, que personificaba el "añublo" (hongo parásito de los cereales). En la primavera de cada año (25 de abril), poco antes de que aparecieran las royas y tizones, celebraban la "Robigalia", festividad que pretendía evitar esa enfermedad. La comitiva iba hasta el bosque sagrado de Robigo, al norte de Roma, y el *Flamen Quirinalis* (especie de sacerdote) suplicaba que las cosechas no se vieran afectadas por ese moho y que pasase de los cereales a las armas. Ofrecía luego las entrañas de un perro canelo para que las mieses amarillas llegaran a buena sazón, en un intento por apaciguar a Robigo (JIMÉNEZ-CORVO, 2000).

En 1729, P. A. Michelli observó que las partículas de polvo que eran tomadas a partir de un

hongo y depositadas en rebanadas de melón recién cortadas, reproducían a menudo la misma clase de hongo. Concluyó que dichas partículas eran las semillas (esporas) del hongo y que los diferentes hongos que a veces aparecían eran producidos por las esporas transportadas en el aire.

En 1755, M. Tillet mezcló el polvo negro tomado de un trigo infectado por un carbón con las semillas de un trigo sano y observó que el carbón era mucho más abundante en las plantas producidas a partir del trigo infectado que en las semillas de trigo no espolvoreadas. De esta forma M. Tillet demostró que el "carbón cubierto" o "añublo del trigo" es una enfermedad contagiosa de las plantas. También demostró que su abundancia disminuía al someter las semillas a distintos tratamientos. Sin embargo, Tillet pensó que la causa de la enfermedad se debía a una sustancia venenosa contenida en el polvo y no a los microorganismos vivos.

En 1807, B. Prevost demostró de manera determinante que el "carbón cubierto" lo ocasiona un hongo; estudió las esporas del hongo, su producción y germinación. Pudo controlar la enfermedad al sumergir las semillas en una solución de sulfato de cobre y señaló la importancia del medio ambiente en la inducción y desarrollo de la enfermedad. Sin embargo, los descubrimientos de B. Prevost se adelantaron a su época y fueron rechazados por casi todos sus contemporáneos, quienes creían todavía en la teoría de la generación espontánea.

La epidemia devastadora ocasionada por el "tizón tardío de la patata" en el norte de Europa, particularmente en Irlanda, en la década de 1840, reafirmó de manera trágica la importancia de las enfermedades de las plantas y estimuló de manera notable la investigación de sus causas. La destrucción de los cultivos de patata en Irlanda en 1845 y 1846 dio como resultado una época de hambruna y como consecuencia, la muerte de cientos de miles de personas y la emigración de más de un millón y medio de irlandeses a los Estados Unidos. Algunos investigadores describieron varios aspectos de la enfermedad y del agente patógeno, pero fue H.



Fig. 4. Estatua dedicada a A. Millardet en el Jardín Público de Burdeos (Francia). Fuente: <http://www.33-bordeaux.com/statues-jardin-public.htm>

A. de Bary, en 1861, quien finalmente demostró mediante experimentos, que el hongo *Phytophthora infestans* era la causa de la enfermedad. Anteriormente, H. A. de Bary, en 1853, trabajó con hongos de la roya y del tizón y determinó de manera concluyente que éstos son la causa, y no el resultado, de la enfermedad de la planta.

En 1878, una enfermedad originaria de los Estados Unidos conocida como "mildiu veloso de la vid", fue introducida en Europa, donde tuvo una rápida dispersión y amenazó con destruir sus viñedos. En 1882, el botánico A. Millardet (Fig. 4), profesor de Botánica de la Facultad de Ciencias de Burdeos, observó que las filas de vides de los viñedos, próximas a los caminos, que los paisanos rociaban con una mezcla blanquizul de cal y sulfato de cobre, para evitar la rapiña de los racimos de uvas, mantenían sus hojas durante toda la estación, mientras que las hojas de las vides no tratadas eran destruidas por la

enfermedad y caían sobre el terreno. Después de varios experimentos de rociado, A. Millardet y el químico bordelés U. Gayon, en 1885, llegaron a la conclusión de que una mezcla de sulfato de cobre y cal hidratada (cal apagada) podía controlar eficientemente al "mildiu veloso de la vid". A esa mezcla más tarde se le denominó caldo bordelés (en francés *bouillie bordelaise*), por ser empleado por los viñateros de Burdeos. Una posible fórmula es una mezcla de dos disoluciones: una hecha con 100 g de sulfato de cobre y 1 L de agua, la otra con 17 g de cal -óxido de calcio- y 9 L de agua, esta reacción desprende mucho calor y el agua hierve, formándose cal apagada que es el hidróxido de calcio; también puede usarse 100 g de cal apagada comercial; se vierte la disolución de sulfato de cobre sobre la cal disuelta, se agita y se cuele. Se comprobó que tenía un éxito sumamente notable en el control de los mildiús velosos y muchas otras enfermedades del follaje de las plantas.

Incluso en la actualidad, la mezcla bordelesa es uno de los fungicidas más utilizados en todo el mundo. Todavía, en algunos lugares de Castilla y León, se conoce al sulfato de cobre como "piedra lipe" y se usa, como fungicida, sobre las vides y sobre los granos de trigo antes de sembrarlos.

SÍNTOMAS Y SIGNOS DE LAS ENFERMEDADES DE PLANTAS OCASIONADAS POR HONGOS

Un síntoma es una manifestación externa de la enfermedad que puede ser percibida por los sentidos, mientras que un signo es la presencia visible de una o varias estructuras del agente fitopatógeno.

Los principales **síntomas** que podemos percibir en las plantas, ocasionados por hongos y organismos fungoides, son de diverso tipo:

a) **Preneocróticos**. Aquellos que preceden a la muerte celular o del tejido:

-Marchitez.- Pérdida de turgencia de los tejidos.

-Amarilleamiento.- Destrucción de la clorofila de los tejidos verdes.

-Enrojecimiento.- Cambio a color rojo de los



tejidos antes de su muerte, se debe a la acumulación de antocianinas.

b) **Necróticos.** Suponen la muerte celular y de tejidos:

-Chupadera.- Son lesiones o pudriciones a nivel de cuello y/o raíces de las plántulas.

-Pudrición.- Es la destrucción completa del tejido atacado, puede ser dura o blanda, seca o húmeda y fragante o fétida. Ej. *Ganoderma applanatum* produce pudrición seca de la médula del melocotonero.

-Cancro o chancro.- Herida o lesión hundida con los bordes suberificados que se presentan en la corteza. Se puede presentar tanto en tejidos leñosos como suculentos.

-Muerte ascendente.- Muerte de la planta que empieza en las zonas adultas y avanza hacia las zonas más jóvenes.

-Muerte regresiva.- Muerte de la planta que empieza en las zonas jóvenes y avanza hacia las zonas viejas.

-Cuarteaduras.- Resquebrajamientos que se pueden producir en la corteza de especies leñosas y en frutos.

-Descortezamiento.- Desprendimiento de la corteza de especies leñosas. Normalmente es una consecuencia de la cuarteadura.

-Manchas necróticas o antracnosis.- Son áreas necrosadas de forma redondeada a irregular dentro de un tejido vivo; se presentan generalmente en las hojas, pudiendo contagiarse a pecíolos, tallos y frutos, a veces presentan anillos necróticos.

-Estrías necróticas.- Necrosis de forma linear en hojas paralelinervias.

-Perforaciones.- Se producen cuando el tejido necrosado de las hojas se desprende.

-Escaldadura o ampolladura.- Desprendimiento de la epidermis separándose del parénquima y desgarrándose, con necrosis en el tejido adyacente.

-Abolladuras.- Lesiones necróticas hundidas o cóncavas, generalmente en frutos.

-Pústulas.- Roturas de la epidermis por la presión interna que ejerce el patógeno, saliendo éste a la superficie; típico de las royas.

c) **Atróficos.** Se producen por fenómenos de

hipoplasia y/o hipotrofia de los tejidos, lo cual origina órganos de menor tamaño. No suelen ser producidos por hongos.

d) **Hipertóxicos.** Se producen fenómenos de hiperplasia y/o hipertofia de tejidos:

-Tumores.- Son sobrecrecimientos anormales en tejidos y pueden ser de tipo nódulo (superficie lisa) o tipo agalla (superficie rugosa).

-Encrespamiento.- Hiperplasia del tejido internerval, creciendo más que el tejido de los nervios, provocando deformaciones de las hojas. Ej. *Tafrina deformans* provoca el torque del melocotonero.

-Escoba de brujas.- Proliferación de brotes o raíces a partir de un mismo punto.

-Suberificación.- Tejido de cicatrización que se forma en las lesiones de tejidos leñosos o suculentos.

-Fronlescencia.- Transformación de los verticilos florales en órganos con aspecto de hoja.

e) **Complejos y especiales.** Un síntoma es complejo si tiene dos o más causas y especial si no se pueden agrupar en alguna de las categorías anteriores:

-Exudaciones.- Síntoma especial que se manifiesta en un vertido al exterior de sustancias que normalmente están en el interior como látex, gomas, resinas, savia, etc. Ej. las gomosis de muchos frutales.

-Deformación de órganos.- Síntoma complejo que se manifiesta en malformaciones de distintos órganos.

-Antocianescencia.- Síntoma especial en el que se aprecian pigmentos antocianos en tejidos que normalmente no los producen.

-Tuberización aérea.- Síntoma complejo que se pone de manifiesto en la formación de tubérculos en partes aéreas de las plantas.

Los principales **signos** son:

-Micelio.- Estructura vegetativa formada por un conjunto de hifas, de aspecto algodonoso y generalmente blanco. También llamada eflorescencia.

-Cirros.- Masas cilíndricas o irregulares de conidioforos y conidios.

-Esclerocio.- Estructura de resistencia de



Fig. 5. Carbones en espigas (orden *Ustilaginales*).

Fuente: <http://www.forestryimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1436031>

algunos hongos, consistente en una masa de hifas cubiertas de una pared de melanina; suelen tener formas redondeadas, alargadas o irregulares y color de marrón a negro.

-Rizomorfos.- Estructura de conservación de algunos hongos consistente en un conjunto de hifas paralelas cubiertas de paredes de melanina, tienen aspecto de raicillas de color marrón a negro.

-Royas.- Pústulas causadas por hongos del orden *Uredinales* que producen esporas en la fase uredo de color blanco, amarillo, naranja, rojo o marrón, pero no negro.

-Oidiosis.- Micelio superficial con aspecto pulverulento y de color blanco, propio de hongos del orden *Erysiphales*.

-Mildius.- Masas algodonosas de color grisáceo, principalmente en el envés de las hojas; en el haz se aprecian amarilleamientos preneocróticos, propios de oomicetos de la familia *Peronosporaceae*.

-Carbón.- Masas pulverulentas (teliosporas) de color marrón oscuro a negro (semejando hollín

fino) que se producen en los tejidos de reserva de almidón (granos de cereales). Los carbones son propios de hongos del orden *Ustilaginales* (Fig. 5).

-Fumagina.- Costras negruzcas sobre la superficie de las hojas que terminan desprendiéndose, producidas por hongos de la familia *Capnodiaceae*, saprófitos que se alimentan de la mielecilla excretada por insectos chupadores.

-Moho.- Colonias pulverulentas de diversos colores en la superficie de los órganos afectados, normalmente suculentos y ricos en glúcidos; afectan a las cosechas y en postcosecha durante el almacenamiento, ocasionando pérdidas importantes. Ej. especies de los géneros *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Botrytis*, entre otros.

-Basidiocarpos o basidiomas.- Cuerpos fructíferos de algunos basidiomicetos, con muy diferentes tamaños, formas, consistencias y colores. Ej: *Armillaria mellea*, *Heterobasidion annosum*, etc.

-Exudaciones.- Secreciones mucilaginosas que se producen cuando el patógeno sale al exterior por estomas, lenticelas, heridas, etc.

HONGOS PARÁSITOS DE PLANTAS CULTIVADAS O SILVESTRES DE INTERÉS

Los hongos y organismos fungoides (antes incluidos en el reino *Fungi*, actualmente separados en otros reinos) que producen enfermedades en las plantas constituyen un grupo diverso. Se pueden presentar las fitopatologías siguiendo una ordenación basada en el hospedador (planta parasitada), como hacen KIMATI & al. (1997), o una ordenación según un criterio taxonómico fúngico; es decir, basada en el parásito, como hacen SMITH & al. (1992) y AGRIOS (1995, 2005). Se ha optado por seguir el segundo criterio, y sólo se presentan los principales géneros y especies fitopatógenos ordenados según un esquema taxonómico clásico, aunque para los grandes grupos seguimos a HAWKSWORTH & al., (1995).

Principales grupos fitopatógenos del reino *Chromista* y las enfermedades que causan:

Phylum *Oomycota* (antes incluidos en el reino *Fungi*)



Fig. 6.A. Patata atacada por *Phytophthora infestans*.

Fuente: <http://www.lectoracorrent.blogspot.com>

Filamentos sin tabiques, con paredes celulares de celulosa y con núcleos diploides en estado vegetativo (en los hongos verdaderos son haploides). Producen zoosporas con dos flagelos en la reproducción asexual. Su nombre significa "hongos huevo" por el oogonio esférico donde se forman los gametos femeninos en la reproducción sexual. Las esporas sexuales de reposo (oosporas) se forman por la fusión de gametos morfológicamente distintos. En este grupo se incluyen algunos de los patógenos de plantas más extendidos y destructivos. Una sola clase: **Clase Oomycetes**.

Orden Saprolegniales. Las zoosporas se forman en largos zoosporangios cilíndricos que permanecen unidos al micelio. Forman oosporas.

- Táxones más importantes:

Aphanomyces, causa la pudrición de la raíz de muchas hortalizas. *Aphanomyces cochliformis* ataca a la remolacha azucarera.

Orden Peronosporales. Los esporangios (por lo común, zoosporangios) se forman en las puntas de las hifas y quedan libres. Forman oosporas.



Fig. 6.B. Ciclo de *Phytophthora infestans*. Fuente: <http://www.everyoneweb.es/WA/DataFilesgimarafe/RANCHA.jpg>



Fig. 7 La seca en encinas ocasionada por *Phytophthora cinnamomi*. Fuente: <http://www.apsnet.org>

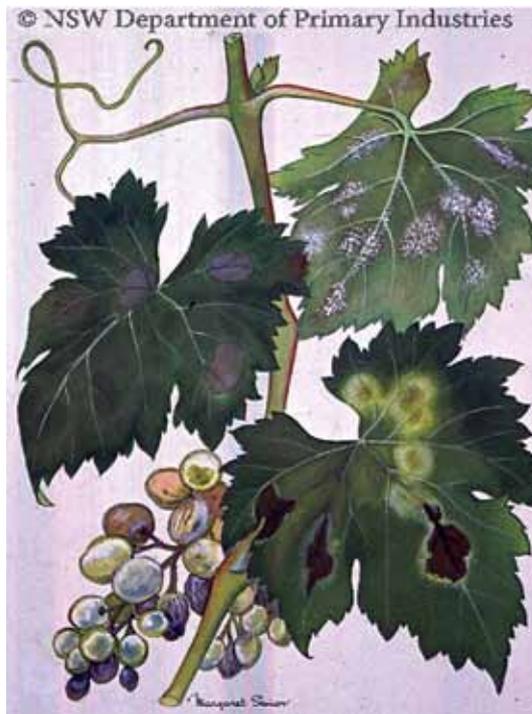


Fig. 8. Ataque de *Plasmopara viticola*. Fuente: <http://www.dpi.nsw.gov.au>

- Táxones más importantes:

Especies del género *Pythium* causan la pudrición de semillas, el ahogamiento de plántulas y la pudrición de raíces y frutos que se encuentren en contacto con el suelo.

Phytophthora infestans, ocasiona el tizón tardío de la papa, mildiu de la patata o rancho (Figs. 6A y 6B); y ataca a otras especies (tomatera, etc.) causando, principalmente, pudriciones de raíz y tubérculos. La patata es originaria de la región central de los Andes (Perú, Chile y Ecuador) pero el patógeno se origina en la Tierra Alta de México. Este hongo ha dejado una marca indeleble en la historia del mundo; se conoció en Europa, por primera vez en Alemania. Fue el agente que causó una gran hambruna en Irlanda entre 1845 y 1852 y que motivó muchas muertes (se da la cifra de medio millón) y la emigración de millón y medio de irlandeses a Norteamérica, entre ellos Patrick Kennedy (bisabuelo de J. F. Kennedy, presidente de EE.UU., asesinado en 1963). Su genoma fue secuenciado en 2009. Según el Centro Internacional de la Patata de Lima, en 2007, las pérdidas mundiales por este hongo, sólo en los

países en desarrollo, fueron de 2.700 millones de dólares. Ya el español padre Acosta lo observa en el altiplano peruano en 1590 y lo llama añublo, en la actualidad es conocido como rancho.

Phytophthora cinnamomi, ataca a casi 1.000 especies de plantas (ZENTMYER in GARCÍA & MONTE, 2005), principalmente leñosas, entre otras enfermedades produce la famosa tinta en el castaño y en el nogal y la seca (Fig. 7) en diversas especies de *Quercus* (encina, alcornoque, robles), lo que está produciendo la muerte de muchos árboles de estas especies en España. Está incluida en la lista de "100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo", elaborada por la UICN (LOWE & al., 2000). Fue aislado por Rands en 1922 por primera vez en el canelo de Sumatra (*Cinnamomum verum*).

Existen otras especies que atacan a plantas de gran interés económico, como: *Phytophthora fragariae*, ataca a las fresas causando podredumbre de las raíces. *Phytophthora nicotianae*, provoca el mal de cuello en plantas de tabaco. *Phytophthora ramorum*, ocasiona la llamada muerte repentina del roble; afecta a 23 especies:

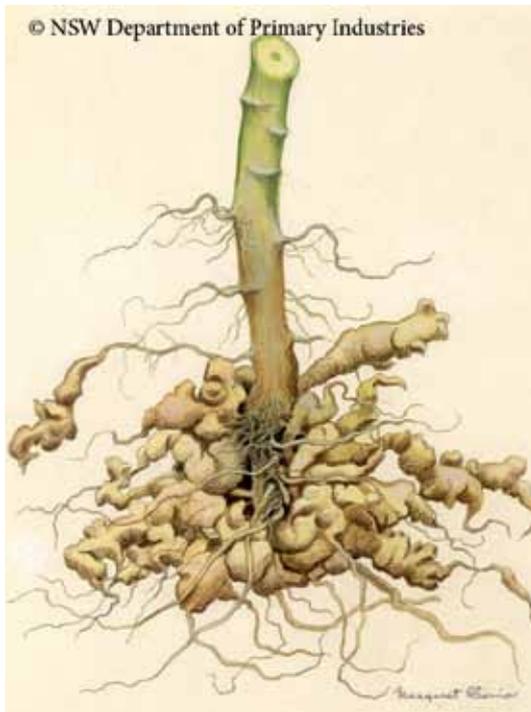


Fig. 9. *Plasmodiophora brassicae*. Fuente: <http://www.dpi.nsw.gov.au>

rododendros, hayas, robles, castaños de Indias, encinas, castaños, tejos, sauces y coníferas. *Phytophthora cactorum*, causa la podredumbre de los frutos de las pomáceas (rosáceas con fruto en pomo, como manzanas, peras, etc.).

Albugo candida, genera la roya blanca de las crucíferas, sobre todo en especies de los géneros *Brassica* y *Raphanus*.

Plasmopara viticola, causa el mildiu de la vid (Fig. 8). Originaria de América del Norte, donde se produjo una coevolución hospedador-patógeno que ha permitido que las variedades de vid de este continente sean más resistentes a la infección. Al pasar a Europa diezmó los viñedos europeos a partir de 1878 cuando llegó a Francia. Curiosamente se introdujo al intentar salvar los viñedos europeos de otra plaga, la filoxera, producida por el insecto hemíptero *Dactylosphaera vitifoliae*. Los viñedos injertados resultaron ser muy sensibles al mildiu. Los primeros síntomas de la enfermedad son unas manchas que aparecen en el haz de las hojas de aspecto amarillento, que se conocen con el nombre de "manchas de aceite". En el envés se observa, si el tiempo es húmedo, el típico "polvo

de azúcar", que corresponde con la reproducción asexual (zoosporangios que salen a través de los estomas). En esta fase se puede confundir con otro hongo parásito que produce el oídio, *Uncinula necator*. La diferencia radica en que si se raspa el polvo de azúcar aparecen las manchas de aceite, mientras que con el oídio esto no ocurre.

Peronospora: son muchas las especies de este género que son patógenas de diversas plantas cultivadas; se destacan algunas de ellas: *P. farinosa*, causa el mildiu de la espinaca; *P. tabacina*, provoca el mildiu (moho azul) del tabaco; *P. schachtii*, produce el mildiu de la remolacha; *P. destructor*, ocasiona el mildiu en especies del género *Allium* como los ajos y cebollas; *P. viciae*, ataca diversas especies de la familia leguminosas y *P. parasitica*, infecta plantas de la familia crucíferas.

Principales grupos fitopatógenos del reino Protozoa y las enfermedades que causan

Phylum *Plasmodiophoromycota* (antes incluídos en el reino *Fungi*)

Grupo fungoide que agrupa a especies con plasmodios endoparásitos intracelulares obligados de plantas vasculares, hongos y algas; no presentan movimiento translocacional ni fagocitosis, y en su ciclo muestran zoosporas biflageladas con flagelos desiguales. Suelen provocar hipertrofias e hiperplasias (desarrollos anormales en el hospedador). Una sola clase: **Clase *Plasmodiophoromycetes***.

- Táxones más importantes:

Plasmodiophora brassicae (Fig. 9), ataca a crucíferas causando la enfermedad conocida como hernia de la col. Está muy extendida, sobre todo en zonas templadas.

Spongospora subterranea, infecta a patatas, tomates y otras solanáceas, causando la sarna o roña profunda de la patata.

Principales grupos fitopatógenos del reino *Fungi* y las enfermedades que causan:

Phylum *Chytridiomycota*

Es el grupo de hongos más primitivo que mantiene la característica de sus ancestros,



Fig. 10. *Synchytrium endobioticum*, provoca el cáncer de la patata. Fuente: <http://www.tecnoagronomia.com>



Fig. 11. *Choanephora cucurbitarum*. Fuente: <http://www.apsnet.org/publications/imageresources/Pages/IW00007.aspx>

como es la producción de zoosporas uniflageladas. Sus hifas son cenocíticas (sin tabiques) que forman un falso micelio. Su pared celular ya es de quitina. Son hongos acuáticos. Del latín *chytridium* y este del griego *quitridio*, con significado de cacerolita. Una sola clase: **Clase Chytridiomycetes**.

Orden Chytridiales. Poseen pared celular pero carecen de un micelio verdadero; la mayoría de ellos forma un rizomicelio.

- Táxones más importantes:

Olpidium brassicae (= *Asterocystis radialis*), parásita las raíces de la col y de otras plantas como lechugas, apio, pepino, lino y melón.

Physoderma maydis, es la única especie de este grupo que ocasiona una enfermedad importante, la mancha café del maíz, en órganos aéreos de plantas, en este caso en el maíz. *Physoderma alfalfae* (= *Urophlyctis alfalfae*), origina la verruga de la corona de la alfalfa, ocasionando daños cuantiosos en este cultivo forrajero.

Synchytrium endobioticum, provoca la verruga de la papa o cáncer de la patata (Fig. 10), produciendo excrecencias o agallas en los tubérculos

que no tardan en pudrirse. Puede llegar a ocasionar la pérdida total de una cosecha.

Phylum Zygomycota

Hongos con hifas cenocíticas (sin tabiques que separen las células), forman zigosporas de origen sexual y esporangiosporas no nadadoras de origen asexual.

Clase Zygomycetes. Hongos terrestres. Producen esporas asexuales no móviles en esporangios. No forman zoosporas. Su espora de resistencia es una zigospora, que se forma por la fusión de dos gametos morfológicamente idénticos.

Orden Mucorales. Las esporas asexuales no móviles se forman en esporangios terminales.

- Táxones más importantes:

Mucor piriformis, causa la podredumbre de frutos de fresa, frambuesa, grosellas, peras, manzanas, melocotón, etc.

Rhizopus, causa la pudrición blanda de los frutos y hortalizas.

Choanephora cucurbitarum, ocasiona la pudrición blanda de la calabaza (Fig. 11).



Fig. 12. *Taphrina deformans* en hojas de melocotonero.

Fuente: <http://www.dpi.nsw.gov.au>

Orden Entomophthorales. Parasitan insectos y plantas.

- Táxones más importantes:

Massospora, parasita especies de cicadófitos (*Gymnospermae*), grupo muy primitivo (tuvieron su esplendor en el mesozoico) de arbolitos con aspecto de pequeñas palmeras, con sexos separados (dioicos) muy utilizados en jardinería como *Cycas revoluta*.

Phylum Ascomycota

Producen generalmente grupos de ocho esporas sexuales, denominadas ascosporas, en el interior de un asca. Debido a los continuos cambios taxonómicos en este grupo, se mantiene la clasificación clásica.

Clase Hemiascomycetes. Con ascas desnudas que no se forman en ascocarpos o ascomas.

Orden Taphrinales. Las ascas se forman a partir de células ascógenas binucleadas.

- Táxones más importantes:

Taphrina, causa la verrucosis de las hojas del melocotonero, nectarino, almendro y albaricoquero, el abolsamiento del ciruelo, la verruga foliar del

roble, etc. La especie más importante es *T. deformans* que ocasiona el torque, lepra o abolladura del melocotonero (verrucosis de las hojas) por hipertrofia de los tejidos internervales (Fig. 12). *Taphrina populina* está muy extendida en Europa y causa abolladuras en las hojas de los chopos desde mayo a septiembre.

Clase Pyrenomycetes. Las ascas se forman en cuerpos fructíferos totalmente cerrados (cleistotecios) o en cuerpos fructíferos que presentan una abertura (peritecios).

Orden Erysiphales. El micelio y los cleistotecios se forman sobre la superficie de la planta hospedante.

- Táxones más importantes:

Erysiphe, causa la cenicilla de las gramíneas, cucurbitáceas, crucíferas, etc. *Erysiphe cichoracearum* ataca a 230 especies de compuestas, cucurbitáceas y de otras siete familias. Tiene una importancia de primer orden cuando ataca a cucurbitáceas. Y en cultivos de tabaco ocasiona pérdidas del 20-30% en Sudáfrica. *Erysiphe graminis* infecta sobre todo cebada, pero también trigo y centeno, pudiendo ocasionar fuertes pérdidas. Este oídio de la cebada es un claro ejemplo de las relaciones parásito-hospedador, pues el uso de cultivares resistentes ha ido originando distintos patotipos (organismos patológicos) con la correspondiente virulencia sobre los sucesivos cultivares de cebadas, por lo que el patógeno se ha hecho resistente.

Leveillula taurica, frecuente en áreas secas de Europa y Asia Occidental en torno al Mediterráneo, afecta a solanáceas, cucurbitáceas, malváceas (algodón), compuestas (alcachofa) y leñosas, como el olivo.

Microsphaera alphitoides, causa oídio en especies de *Quercus*, principalmente, pero también en haya y castaño. Puede causar graves daños en plantas de vivero y en plántones.

Oidium quercinum, ha invadido, desde América, las encinas europeas.

Sphaerotheca humuli causa el oídio del lúpulo tanto en las formas silvestres como en las cultivadas; ha sido un patógeno importante desde 1700 causando graves daños en Europa Occidental.

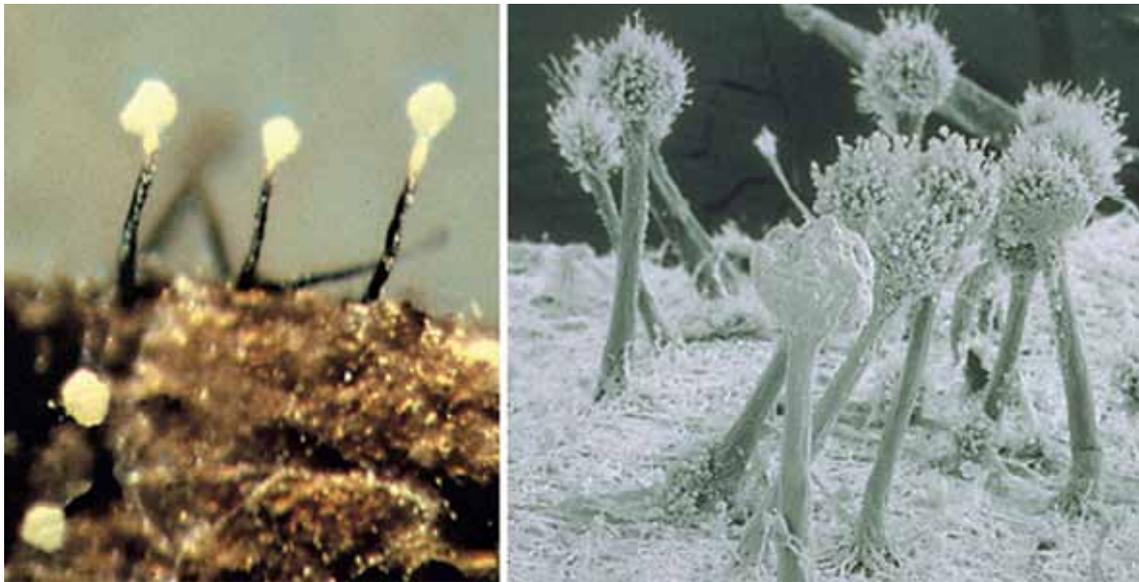


Fig. 14.B. *Ophiostoma ulmi* (izda.) al MO y *Ophiostoma novo-ulmi* (dcha.) al MEB. Fuente: <http://www.apsnet.org>

Uncinula necator (= *Erysiphe necator*; *Oidium tuckeri*), produce la cenicilla u oídio de la vid (Fig. 13). Ataca a todas las vitáceas pero solo algunas especies de *Vitis* son muy susceptibles: *V. armata*, *V. davidii* y *V. vinifera*. Se originó en Norteamérica y apareció en Europa, por primera vez, en 1845. Ya en 1854 disminuyó a una quinta parte la cosecha en Francia, pero descubrieron pronto que el azufre podía controlarlo, aunque en las últimas décadas se están produciendo ataques graves en algunos cultivares.

Orden Sphaeriales. Los peritecios tienen pa-

redes firmes y colores oscuros.

- Táxones más importantes:

Botryosphaeria obtusa (= *Phyalospora obtusa*), produce la pudrición negra y la mancha foliar (“ojo de rana”) del manzano.

Ophiostoma novo-ulmi (= *Ceratocystis ulmi*) además de producir el azuleo, ocasiona la grafiosis o enfermedad holandesa del olmo que ha diezariado los olmos de España, desde 1980, y otros países europeos (Fig. 14A). El anamorfo es *Pesotum ulmi* (= *Graphium ulmi*). Presenta dos cepas: una no agresiva, ascendida ahora a



Fig. 13. *Uncinula necator* (polvillo blanco sobre uvas). Fuente: http://www.asturias.es/Asturias/descargas/Fichas%20de%20Sanidad%20Vegetal/Oidio_de_la_vid.pdf



Fig. 14.A. Olmo atacado de grafiosis. Fuente: <http://www.cth.gva.es>

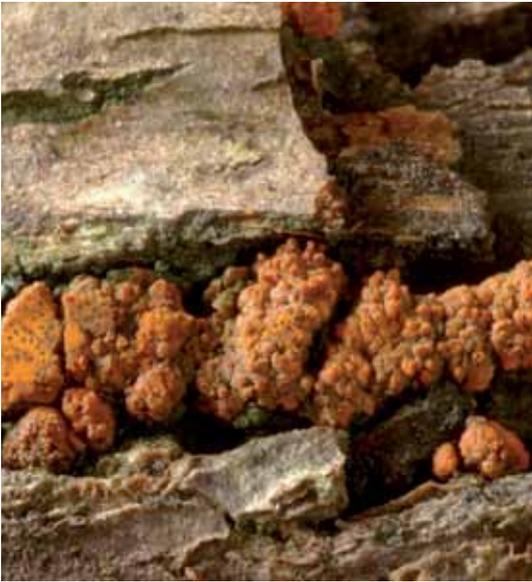


Fig. 15. Chancro del castaño (*Cryphonectria parasitica*).

Fuente: <http://www.asturnatura.com>

la categoría de especie (*O. ulmi*) y otra agresiva (*O. novo-ulmi*) que se conoce desde 1960, la cual tiene dos formas, una norteamericana y otra euroasiática (Fig. 14B). Está incluida en la lista "100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo". Otras especies del género son: *Ceratocystis fagacearum*, origina el marchitamiento vascular de los robles; *C. fimbriata*, causante de la podredumbre negra de las batatas y *C. pilifera*, ocasionan el azuleo de la albura de la madera, reduciendo el valor comercial de la madera.

Cryphonectria parasitica (= *Endothia parasitica*), produce el chancro del castaño (Fig. 15). La primera aparición del chancro del castaño en Europa data de 1938 en Italia, extendiéndose rápidamente a otros países europeos como España. Está incluida en la lista "100 de las especies exóticas invasoras más dañinas del mundo". La primera vez que se detectó la enfermedad del chancro cortical en castaño fue en el zoológico de Nueva York en 1904, se introdujo en EE.UU. procedente de China y Japón. Casi treinta y cinco años más tarde, en 1938, se observó por primera vez en Europa, en Génova (Italia), desde donde se expandió rápidamente por todo el país. En España las primeras afecciones se localizaron en Galicia, en 1940, en una plantación de castaños asiáticos (*Castanea crenata*) procedentes de Francia. Siete



Fig. 16. Esclerocios de *Claviceps purpurea* en espigas de centeno. Foto: J. M. Velasco.

años más tarde, en 1947, se aisló *Cryphonectria parasitica* en Vizcaya, citándose por primera vez en España el agente responsable del chancro del castaño. En 1978 se comprobó que también afectaba al castaño europeo (*Castanea sativa*) al descubrirse ejemplares afectados en El Bierzo, en la localidad de Bembibre (VALDEZATE & al., 2001); actualmente está extendido por la mitad norte de España, llegando hasta Salamanca (GARCÍA & MONTE, 2005).

Glomerella cingulata (y su anamorfo *Colletotrichum gloeosporioides*) producen muchas antracnosis sobre todo en cucurbitáceas, tomate, cítricos y cereales.

Gnomonia, produce la antracnosis o mancha foliar de varias plantas. *Gnomonia leptostyla* afecta a los nogales produciendo una defoliación y una depreciación de las nueces. *Gnomonia quercina* (= *Apiognomonina errabunda*) provoca la antracnosis del roble, una de las enfermedades más importantes en las hojas de los robles.

Hypoxylon mammatum ocasiona un chancro severo de los álamos. *Hypoxylon mediterraneum* afecta a los alcornoques digiriendo la madera sin afectar al corcho.

Rosellinia, produce las enfermedades de la raíz de la vid y de los árboles frutales.

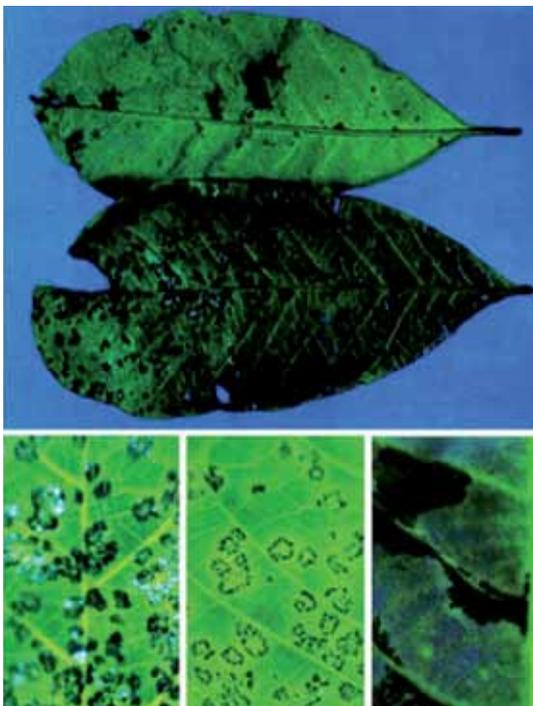


Fig. 17. El hongo amazónico *Microcyclus ulei*, ataca a las hojas del árbol del caucho. Fuente: <http://www.fao.org/docrep/010/ai003e/AI003E04.jpg>

Valsa, produce la cancrrosis del melocotoneo y de otros árboles.

Xylaria, ocasiona la cancrrosis de los árboles y la pudrición de la madera.

Orden Hypocreales. Los peritecios son de colores claros, rojos o azules.

- Táxones más importantes:

Claviceps purpurea provoca el cornezuelo del centeno (Fig. 16). El anamorfo, que produce conidios sobre las flores, se llama *Sphacelia segetum*. Infecta con facilidad no solo centeno sino también trigo, triticale (híbrido de trigo y centeno), cebada y rara vez avena; también a muchas gramíneas pratenses de zonas templadas de los géneros *Lolium*, *Dactylis*, *Festuca*, etc. *Claviceps palpalis* infecta a especies de *Paspalum*, sobre todo a *P. distichum* una pratense importante en algunos lugares de Europa. En América está *Claviceps gigantea* que ataca al maíz.

Gibberella, ocasiona la pudrición del tallo del maíz y de granos pequeños. Una de las más importantes es *G. zeae* (cuyo anamorfo es *Fusarium graminearum*), la cual ataca al maíz, trigo y arroz.

Gibberella fujikuroi es el hongo que produce ácido giberélico en grandes cantidades y que causa la clásica enfermedad llamada bakanae en el arroz, sobre todo en Asia Oriental; no se encuentra en Europa.

Nectria, produce la cancrrosis del tallo y ramas de los árboles. *Nectria cinnabarina* produce pústulas conídicas de color rojo coral sobre más de 100 especies de árboles y arbustos de dicotiledóneas y sobre gimnospermas de los géneros *Larix*, *Picea* y *Pinus*.

Clase Loculoascomycetes. Producen pseudotecios, es decir, estromas en forma de peritecio (ascostromas) que originan ascas en cavidades separadas o en grandes cavidades.

Orden Myriangiales. Con cavidades dispuestas a varios niveles y que contienen ascas individuales.

- Táxones más importantes:

Elsinoë, produce la antracnosis de la vid y de la frambuesa, así como la sarna de los cítricos.

Orden Dothideales. Con cavidades dispuestas en una capa basal, las cuales contienen muchas ascas. Los pseudotecios carecen de pseudoparafisos.

- Táxones más importantes:

Guignardia bidwellii origina la pudrición negra de las uvas. Fue importada a Europa, desde América, y provoca verdaderos destrozos atacando a las hojas, ramas jóvenes, zarcillos y racimos. *Guignardia aesculi* ataca al castaño de Indias (*Aesculus hippocastanus*) produciéndole una severa defoliación y reduciendo el valor ornamental del árbol.

Microcyclus ulei (= *Dothidella ulei*) produce la mancha foliar (Fig. 17) de los árboles del caucho, siringas o hules (*Hevea brasiliensis* y cinco especies más); también conocida como roya del caucho o mal suramericano de la hoja del caucho (SALB, sigla en inglés). Fue durante las primeras décadas del siglo pasado la causa más importante que impidió la expansión del cultivo y en la Amazonía ha originado grandes pérdidas económicas, alejando a Brasil de ser el primer productor mundial de látex, por lo que este país sólo produce actualmente el 1% del total mundial (GARCÍA & al., 2006). Actualmente, en Brasil sólo



obtienen 500-600 kg de caucho seco por hectárea y año, como consecuencia de la roya del caucho; mientras que en Indonesia, principal productor mundial, en donde no ha entrado este patógeno, el rendimiento de los árboles es de 1.000-15.000 kg/ha al año. El caucho salió ilegalmente de Brasil por un espía inglés, Henry A. Wickham que extrajo 70.000 semillas en 1876, siendo plantado en el sureste asiático y en el África subsahariana.

Mycosphaerella graminicola (= *Septoria tritici*) produce la septoriosis del trigo, pudiendo llegar a alcanzar proporciones epidémicas; se han producido pérdidas del 40% de la cosecha en algunos países y en otros llegaron a ser devastadoras. *Mycosphaerella maculiformis* es un defoliador activo del castaño, ocasionando la caída prematura de las hojas y el aborto de los frutos.

Orden Pleosporales. Con cavidades dispuestas en una capa basal, las cuales contienen muchas ascas. Los pseudotecios tienen pseudoparafisos.

- Táxones más importantes:

Cochliobolus miyabeanus (= *Helminthosporium oryzae*; *Bipolaris oryzae*) produce la llamada mancha marrón en el arroz. Fue el causante de la Gran Hambruna de Bengala (India) en 1943-44, estimándose que murieron más de 2 millones de personas. *Cochliobolus sativus*, genera manchas foliares y pudriciones de la raíz de los cultivos productores de grano.

Pleospora bjorerlingii, es muy dañino sobre la remolacha y frecuente en Europa, África y Norteamérica.

Clase Discomycetes. Las ascas se forman en la superficie de apotecios carnosos en forma de copa o de plato.

Orden Phacidiales. Los apotecios se forman dentro de un estroma.

- Táxones más importantes:

Rhytisma acerinum, produce la mancha de alquitrán de las hojas del arce.

Orden Helotiales. Los apotecios no se forman siempre en un estroma, sino que a veces se forman a partir de un estroma y otras de un esclerocio. Las ascas liberan sus esporas a través de una perforación apical y circular.

- Táxones más importantes:

Gremmeniella abietina constituye una amenaza creciente para los pinos susceptibles y en menor grado para otras coníferas. Fue registrado por primera vez en España en 1933 sobre *Pinus pinaster*.

Monilinia fructicola causa la pudrición café de los frutos de hueso.

Sclerotinia fuckeliana (= *Botryotinia fuckeliana*), fase conidiana de *Botrytis cinerea*, ataca a muchas plantas, ocasionando la conocida podredumbre gris de las uvas, pues afecta, con preferencia, a los racimos de uvas. *Sclerotinia libertiana* ataca a las patatas, remolachas y otras plantas cultivadas. *Sclerotinia sclerotiorum* produce la pudrición blanda acuosa de las hortalizas.

Subphylum Deuteromycotina (hongos mitospóricos, Fungi Imperfecti)

También llamados hongos imperfectos, hongos asexuales o mitospóricos. Sin reproducción sexual conocida.

Clase Coelomycetes. Los conidios se forman en picnidios o acérvulos.

Orden Sphaeropsidales. Las esporas asexuales se forman en picnidios.

- Táxones más importantes:

Diplodia mayais causa la pudrición del tallo y de la mazorca del maíz.

Phomopsis, produce el tizón y la cancrrosis del tallo de varios árboles. *Phomopsis viticola*, afecta a la vid europea (*Vitis vinifera*). *Phomopsis juniperivora* se encuentra sobre gimnospermas de los géneros *Juniperus* y *Cupressus*, pero también en *Chamaecyparis*, *Thuja*, *Larix*, etc.

Orden Melanconiales. Las esporas asexuales se forman en un acérvulo.

- Táxones más importantes:

Coryneum beijerincki (= *Stigmina carpophyllum*) causa el tiro de munición en los frutales de hueso, sobre todo en albaricoqueros y similares; esta enfermedad consiste en un ataque a hojas, capullos florales, frutos y ramas, en las hojas produce primeramente unas lesiones que se muestran como manchas necróticas redondas y color castaño oscuro que con el tiempo se caen, dejando agujeros redondos como si hubiera sido sometida a disparos con perdigones.

Cylindrosporium, genera manchas foliares en



Fig. 18.A. *Botrytis cinerea* sobre fresa.

Fuente: [http://commons.wikimedia.org/wiki/](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aardbei_Lambada_vruchtrot_Botrytis_cinerea.jpg)

[File:Aardbei_Lambada_vruchtrot_Botrytis_cinerea.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aardbei_Lambada_vruchtrot_Botrytis_cinerea.jpg)



Fig. 18.B. Esporas de *Botrytis cinerea*. Fuente: [http://](http://www.flickr.com/photos/ajc1/1551444807/)

www.flickr.com/photos/ajc1/1551444807/

muchas clases de plantas. *Marssonina*, provoca el tizón de las hojas y ramas del álamo, la quemadura (chamusco) foliar de la fresa y la antracnosis de los nogales.

Seiridium cardinale produce chancros en diversas cupresáceas. En España es la enfermedad más grave de *Cupressus*, aunque también infecta a *Juniperus*.

Clase *Hyphomycetes*. Grupo de hongos que ha perdido sus cuerpos fructíferos (no producen ni acérvulos ni picnidios) y se reproducen por conidios.

Orden *Hyphales* (= *Moniliales*). Las esporas asexuales se forman sobre las hifas (o en su interior) y se encuentran expuestas libremente a la atmósfera.

- Táxones más importantes:

Alternaria, ocasiona manchas en hojas, tallos y frutos en muchas plantas, entre ellas patatas y tomates.

Aspergillus, produce la pudrición de los granos almacenados.

Botrytis cinerea origina el moho gris y los tizones de muchas plantas, sobre todo en frutos como fresas, uvas, frambuesas, arándanos, manzanas, peras, kiwis, etc. (Fig. 18A y B).

Cercospora apii produce el tizón temprano del apio, ataca también a remolacha, tabaco y otras plantas; y, curiosamente, lesiones en la piel de la cara de personas.

Fusarium, ocasiona la marchitez y la pudrición de la raíz de muchas plantas anuales, así como la canchrosis de árboles forestales. *Fusarium culmorum* puede producir podredumbres desastrosas en el maíz. *Fusarium oxysporum* es otro preocupante parásito en el que se han distinguido unas 80 formas especiales; una de ellas, la forma *lycopersici* causa graves destrozos en las tomateras.

Penicillium, produce la pudrición de los frutos y otros órganos carnosos debido a los mohos azules y verdes. Los más importantes son el moho verde (*P. digitatum*) y el moho azul (*P. expansum* y *P. italicum*).



Fig. 19.A. *Tilletia tritici*. Fuente: www.caliban.mpiz-koeln.mpg.de



Fig. 19.B. *Ustilago maydis*. Fuente: <http://www.viarural.com>

Verticillium, provoca la marchitez de muchas plantas anuales y perennes.

Clase Agonomycetes (*Mycelia Sterilia*). No se les conoce producción alguna de conidios. La reproducción es por fragmentación de las hifas al azar. Un solo orden:

Orden Agonomycetales (= *Myceliales*)

- Táxones más importantes:

Rhizoctonia, origina las pudriciones de la raíz y de la corona de las plantas anuales y la mancha parda de los pastos (su etapa sexual o perfecta corresponde a *Thanatephorus*).

Sclerotium, provoca las pudriciones de la raíz y del tallo de muchas plantas (su etapa sexual o perfecta corresponde a *Aethalia*).

Phylum Basidiomycota

Las esporas sexuales, llamadas basidiosporas, se forman externamente sobre una estructura llamada basidio (con forma de clava o porra), constituida por una o cuatro células.

Clase Ustomycetes (antes **clase Ustila-**

gomycetes). En esta clase se incluyen los parásitos obligados de plantas conocidos como caries y carbonos. Los basidios presentan septos (orden *Ustilaginales*) o no (orden *Tilletiales*). Producen ustilagoporas.

- Táxones más importantes:

Tilletia, varias especies de este género ocasionan el añublo, caries o carbón apestoso, como: *T. caries* (= *T. tritici*) (Fig. 19A) y *T. foetida* que ocasionan la caries del trigo en diversas especies susceptibles de este cereal como *Triticum aestivum*, *T. dicoccum*, *T. durum* y *T. spelta*; además afecta al centeno y a otras gramíneas. Las espigas enfermas se mantienen erguidas, al contrario que las sanas que se inclinan por el peso de los granos. Los frutos enfermos están llenos de esporas que son perjudiciales tanto si se mezclan con trigo para alimento animal o humano como si los granos se utilizan para siembra.

Urocystis cepulae, genera el carbón de la cebolla.

Ustilago, causa el carbón del maíz, trigo, ce-



Fig. 20. Aspecto de hojas de cafeto afectadas por *Hemileia vastatrix*. Fuente: <http://www.apsnet.org>



Fig. 21.A. *Puccinia graminis*, roya en tallos de trigo. Fuente: <http://www.ars.usda.gov>

bada, etc. *Ustilago maydis* (Fig. 19B) provoca una hipertrofia de los granos de maíz, en la mazorca, de color grisáceo, siendo consumidos, en este estado, en México donde lo llaman huitlacoche y que ha entrado, como ingrediente, en la alta cocina actual; es originario de América del Norte pero se encuentra en todas zonas de Europa en las que se cultiva maíz. *Ustilago avenae* afecta a diversa especies de avenas. *Ustilago hordei* infecta a cebada, avena y otras gramíneas. El carbón del trigo (*Ustilago tritici*) es común en Europa y América y causa graves daños en este cereal.

Clase *Teliomycetes* (antes **clase *Urediniomycetes***). En esta clase quedan incluidas las especies que producen las enfermedades vegetales conocidas como royas y que constituyen una de las mayores plagas que afectan a las plantas, sobre todo a los cereales. Los basidios presentan septos y las teliosporas se encuentran solas o se unen a manera de costras o columnas. Se reproducen mediante alternancia de generaciones, de

modo que hay una fase de reproducción asexual y otra de reproducción sexual, las cuales transcurren en cuatro facies. Presentan ciclos biológicos complejos. Muchas especies necesitan dos plantas para completar su ciclo (las heteroicas), como *Puccinia graminis* que ataca al trigo pero necesita del agracejo (*Berberis vulgaris*); otras especies son autoicas y les vale con tener una sola planta hospedadora; y algunas especies, las royas incompletas, como la frecuentísima roya de la malva (*Puccinia malvacearum*), son capaces de realizar su ciclo biológico en menos facies. Las células denominadas espermacios o espermatidas fecundan a las hifas receptoras especializadas contenidas en los espermogonios. Producen eciosporas en ecios, uredosporas o urediniosporas en uredinios, teliosporas en telios y basidiosporas en basidios.

- Táxones más importantes:

Cronartium, algunas especies de este género originan la roya del tallo de los pinos. Así, C.



flaccidum en Europa tiene como hospedadores a *Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. pinea* y *P. sylvestris*.

Gymnosporangium clavariiforme forma telios sobre especies de *Juniperus* y ecidios sobre *Crataegus*. En la primavera, los telios salen al exterior formando masas gelatinosas cónicas o globulosas de color amarillo o anaranjado (MUÑOZ & al., 2003). *Gymnosporangium juniperi-virginianae* produce la roya del manzano y cedro. *Gymnosporangium sabiniae* ataca a los perales, pero necesita como segundo hospedador a *Juniperus sabinna*.

Hemileia vastatrix, responsable de la roya del café (Fig. 20), la cual acabó con los cafetales de Ceilán en 1869 y después con los del sureste asiático. Produce unos uredinios en el envés de las hojas formando manchas de color naranja brillante a amarillo pálido, con una zona decolorada alrededor, los soros o uredinios salen por los estomas.

Phakopsora pachyrhizi es una gran amenaza actualmente al atacar a un cultivo muy extendido en el mundo como es la soja, provocando la roya de la soja.

Phragmidium, una de sus especies, que es autoica, *P. mucronatum*, origina la roya del rosal.

Puccinia, tiene más de 2.000 especies, algunas generan la roya de los cereales y de otras plantas, como: *P. graminis*, que produce la roya negra del trigo (Fig. 21A), aunque también infecta a cebada, centeno, avena, triticale y numerosas pratenses. Es el caso típico de parásito heteroico con dos hospedadores, la fase asexual sobre una gramínea y la fase sexual sobre el agracejo (especies de *Berberis*) (Fig. 21B) y algunas especies de *Mahonia*; *P. maydis* que provoca la roya del maíz; *P. coronata* que causa la roya coronada en avenas; *P. kuehnii* que produce la roya anaranjada y *P. melanocephala* la roya carmelita, ambas sobre la caña de azúcar en Asia, Oceanía y América, ocasionando pérdidas diez veces mayores que el carbón de la caña (*Sporisorium scitamineum*) (INFANTE & al., 2009). *Puccinia triticina* parásita del trigo pero con el ruibarbo de pobre (*Thalictrum flavum*) como hospedador intermediario y produce la roya parda del trigo, menos perjudicial que la roya negra. En Europa central es par-



Fig. 21.B. Ecios de *Puccinia graminis* en hojas de agracejo (*Berberis vulgaris*). Fuente: J. L. Menéndez en <http://www.asturnatura.com/articulos/hongos/basidiomycetes-teliomycetes-uredinales-ustilaginales-royas-carbones-rust.php>

ticularmente temible *P. striiformis*, que produce uredosoros de color naranja amarillento claro, la cual causa epidemias sobre todo en el trigo, pero también en la cebada y el centeno, no se conoce su hospedador intermedio (STRASBURGER & al., 2004)

Uromyces appendiculatus provoca la roya de las judías y *Uromyces fabae* ataca a las habas, guisantes y lentejas, llegando a destruir toda una cosecha.

Clase Basidiomycetes. Forman basidiocarpos o basidiomas salvo excepciones. Comprenden las típicas setas con pie y sombrero, los hongos de repisa, los bejines, etc. Los basidios se forman en capas definidas (himenios) y quedan expuestos al aire antes de que las esporas se desprendan de los esterigmas. Los basidios carecen de septos generalmente.

Orden Auriculariales. Sus basidiomas son



Fig. 22. Basidioma de *Chondrostereum purpureum*.

Fuente: <http://botany.cz/cs>



Fig. 23. Basidioma de *Heterobasidion annosum*. Fuen-

te: <http://www.commanster.eu>

gelatinosos y presentan basidios septados.

- Táxones más importantes:

Helicobasidium brebissonii (anamorfo:

Rhizoctonia crocorum) causa el mal vinoso en numerosos cultivos, tanto leñosos como herbáceos, sobre todo los destinados a la producción de raíces y tubérculos.

Orden Aphyllophorales s. l. El himenio revisita la superficie interior de pequeños tubos o se presenta en superficies lisas. La mayoría de los patógenos vegetales de los basidiomicetos superiores pertenecen a este grupo. *Aphyllophorales* es el grupo más amplio e interesante de hongos degradadores de madera y agrupa a especies de las más importantes económicamente, ya que entre el 15-20% de la madera en pie, así como la madera estructural de barcos, minas, casas, puentes, etc. puede presentar pudrición por hongos y casi un 90% de ésta la causan hongos de este grupo.

- Táxones más importantes:

Aethalia (= *Sclerotium*) produce las pudriciones de la raíz y del tallo de muchas plantas.

Corticium fuciforme (= *Laetisaria fuciformis*) ocasiona la enfermedad filamento rojo o hebra roja de los pastos.

Chondrostereum purpureum (Fig. 22) forma basidiomas bien definidos y es capaz de atacar a 165 especies de leñosas de 26 familias, entre ellas todos los frutales de pepitas y de hueso, causando la enfermedad llamada el mal de plomo por el brillo metálico de las hojas de las

plantas infectadas.

Climacocystis borealis (= *Spongipellis borealis*) causa una podredumbre blanca con un aspecto cúbico peculiar. Afecta a coníferas, pero sobre todo a especies del género *Picea*.

Daedaleopsis confragosa ataca a árboles caducifolios como aliso, abedul y sauce. Produce una podredumbre blanca en los tejidos leñosos.

Fomes fomentarius, el hongo yesquero, que ataca a chopos, hayas y abedules.

Fomitopsis pinicola (= *Ungulina marginata*), se conoce como el hongo del cinturón rojo; se desarrolla sobre un gran número de hospedadores tanto coníferas como frondosas, aunque es más frecuente en las primeras; produce una podredumbre pardo rojiza cúbica.

Ganoderma applanatum forma basidiomas de hasta 40 cm de diámetro, causa daños importantes en hayas viejas y otras muchas frondosas como chopos, olmos, sauces, robles, arces y castaños de Indias; se le ha visto sobre pinos y otras coníferas. Causa una podredumbre blanca. Otras especies parecidas pero de menor importancia son: *G. adspersum*, *G. lucidum*, *G. resinaceum* y *G. pfeifferi*.

Grifola frondosa causa, a veces, una pudrición grave en la base de los troncos de los robles, que hace que éstos se conviertan en peligrosos por su posible caída.

Heterobasidion annosum (= *Fomes annosus*) causa la pudrición del corazón de muchos árboles (Fig. 23). Produce fructificaciones en repisa,



Fig. 24. Basidioma de *Meripilus giganteus*. Fuente: <http://www.errotari.com>

aunque cuando se desarrolla sobre raíces puede tener forma resupinada. Puede llegar a tener hasta 30 cm de diámetro. Es un importante parásito en coníferas (produce la muerte de los pinos de cualquier edad), aunque también afecta a frondosas como abedul, aliso y otras. Es la causa más importante de pérdidas de coníferas en Europa y América del Norte. La infección comienza desde tocones próximos a árboles sanos, aunque en esta colonización inicial de tocones debe competir con otras especies lignícolas saprófitas como *Peniophora gigantea* (= *Phlebiopsis gigantea*), la más eficaz competidora.

Inonotus dryadeus solo ataca a especies de *Quercus*, estando muy extendido en Europa, produce una podredumbre blanca y blanda. *Inonotus hispidus* puede encontrarse sobre muchas frondosas, principalmente fresno, manzano y nogal, pero también en roble, plátano de sombra, sauce, chopo y otros. *Inonotus obliquus* ataca a muchas especies de árboles caducifolios pero sobre todo a los abedules.

Laetiporus sulfureus produce basidiomas imbricados en ménsula de color naranja por arriba y amarillo azufre por debajo. Es particularmente importante atacando a robles, castaños y cerezos, aunque también se desarrolla sobre *Alnus*, *Fagus*, *Juglans*, *Populus*, *Robinia*, *Salix*, *Ulmus*, *Taxus*, *Pinus*, *Picea* y *Larix*. Está muy extendido en Europa y Norteamérica. Su importancia como parásito se debe a la gravedad de la pudrición que causa, especialmente en robles.

Lenzites, genera la pudrición marrón en frondosas y coníferas y la descomposición de los productos de madera.

Meripilus giganteus (Fig. 24) forma basidiomas en forma de abanico imbricados y que ennegrecen al rozarlos. Se encuentra sobre árboles vivos y muertos de muchas especies frondosas, especialmente sobre hayas y robles. Está muy extendido causando una podredumbre blanca, principalmente en las raíces y parte basal del tronco.

Peniophora, provoca la descomposición del



Fig. 25. Basidiomas de *Armillaria mellea*. Fuente: <http://www.esacademic.com>



Fig. 26. Basidiomas de *Pleurotus ostreatus*. Fuente: J. I. Gómez-Risueño.

tronco en coníferas y frondosas.

Phaeolus schweinitzii desarrolla basidiomas anuales de hasta 30 cm de diámetro, causa pudrición en coníferas, aunque también se ha visto sobre roble y cerezo.

Phellinus igniarius forma basidiomas en consola de hasta 20 cm de diámetro, ataca a un amplio número de especies de frondosas sobre todo a sauces, fresnos y abedules. En chopos suele ser sustituido por *P. populicola* y *P. tremulae*. Otras especies que causan infecciones en leñosas son *P. pomaceus* que ataca a rosáceas, sobre todo a especies de *Prunus* y *Crataegus*; y *P. pini*, causa un pudrición en los troncos de pinos (*Pinus sylvestris*, *P. pinaster* y *P. pinea*) extendiéndose hacia arriba y hacia abajo desde el punto de penetración, que suele ser una herida.

Piptoporus betulinus forma basidiomas en forma de consolas anuales de 8-20 cm y ataca exclusivamente a abedules, produce una podredumbre parda, siendo el hongo más frecuente sobre abedules.

Polyporus, origina las pudriciones del tallo y de la raíz de muchos árboles. La especie más común es *P. squamosus*, que ataca a especies de los géneros *Acer*, *Salix*, *Populus*, *Tilia*, *Platanus*, *Quercus*, *Fraxinus*, *Morus*, etc.

Poria, causa las pudriciones de la madera y de la raíz de los árboles forestales.

Schizophyllum, produce la pudrición blanca de los árboles forestales deciduos.

Stereum, provoca la descomposición de la

madera y la enfermedad de la hoja plateada de los árboles. La especie más importante es *S. sanguinolentum* sobre coníferas de rotación larga.

Orden Tulasnellales. Hongos saprobios, micorrícicos o parásitos. Los basidiomas tienen forma de red, son inconspicuos y con frecuencia son de aspecto ceroso.

- Táxones más importantes:

Thanatephorus, origina pudriciones del tallo y de la raíz de muchas plantas anuales y la mancha café de los pastos. *T. cucumeris* (anamorfo: *Rhizoctonia solani*) se encuentra en todo el mundo y produce el chancro de tallo y viruela de la patata.

Orden Agaricales. El himenio se localiza en las laminillas. Muchos son hongos micorrícicos.

- Táxones más importantes:

El complejo "*Armillaria mellea*", causa la pudrición de la raíz de los árboles frutales y forestales (Fig. 25). En el sur de Europa tiene una enorme importancia por la gravedad de los ataques que ocasiona. KORHONEN (1978) demostró que todas las cepas existentes en Europa pueden dividirse en cinco grupos de interesterilidad que denominó A, B, C, D y E; estos táxones coinciden, en parte, con las divisiones de Romagnesi (ROMAGNESI & MARXMÜLLER, 1983) y pueden considerarse como verdaderas especies linneanas: A) *A. borealis*; B) *A. cepae-tipes*; C) *A. obscura* (= *A. ostoyae*); D) *A. mellea* s.s.; y E) *A. bulbosa*. En Norteamérica, *A. mellea* se ha diferenciado en 10 grupos interestériles. *A. mellea*, llamada seta de miel por el color de



sus basidiomas, causa una podredumbre de los tejidos vivos duros (líber y albura de la madera) de las raíces del hospedador debido a enzimas celulolíticas y lignilíticas. El hongo se mantiene como masas miceliarias en la madera muerta y enterrada, y este micelio, a menudo protegido por líneas negras (pseudoesclerocios), produce rizomorfos subterráneos que entran en contacto con las raíces de los árboles o arbustos a las que se adhieren mediante un mucílago.

Ataca a vides, todos los frutales, ciertos arbustos de frutos comestibles (groselleros, frambuesos, kiwis, etc.), árboles y arbustos ornamentales y árboles forestales caducifolios. Puede atacar a coníferas aisladas en jardines que estén rodeadas de frondosas; en este caso la especie es *A. obscura*. En el área mediterránea existe una especie sin anillo, *A. tabescens* que ataca a los alcornoques, encinas y eucaliptos, a veces de forma grave. *Armillaria ostoyae* ataca a coníferas de diferentes especies en Europa y Norteamérica, a esta especie pertenece el segundo organismo más grande del mundo -el primero es "Pando" una colonia de álamo temblón americano (*Populus tremuloides*) con casi 47.000 troncos y unas 6.600 t de peso, ocupa solo 43 ha en el estado de Utah (EE.UU.). En 1998, expertos en botánica dirigidos por Catherine Parks, comenzaron a analizar genéticamente el hongo responsable, *Armillaria ostoyae*, de una zona importante de devastación en el Bosque Nacional de Malheur, en las Blue Mountains del estado de Oregón (EE.UU.). Sospechaban que podría ser un único organismo, porque ya en 1992 se había descrito otro ejemplar de la misma especie que ocupaba 600 ha en el vecino estado de Washington. Confirmándose en el año 2003 que ese enorme hongo ocupaba 890 ha; su masa se ha estimado en unas 605 t, y su edad en unos 2.400 años; los resultados se publicaron en el *Canadian Journal of Forest Research*. En el número 356 de la revista *Nature*, en 1992, se publicó que un espécimen de *Armillaria bulbosa* encontrado en Crystal Falls, en el estado de Michigan ocupada 15 ha de terreno y pesaba unas 10 t. Estos datos nos dan una idea del poder destructor de estas especies de hongos.

Collybia fusipes es un parásito débil muy frecuente en bosques de robles, que aprovecha cuando éstos están debilitados para invadir todo el sistema radicular.

Marasmius oreades forma anillos de hadas o corros de brujas ocasionando daños en pastos y campos de golf.

Pholiota, produce la pudrición marrón de la madera en árboles forestales.

Pleurotus ostreatus (Fig. 26), causa la pudrición blanca de muchos árboles forestales caducifolios.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a mi buen amigo José Ignacio Gómez Risueño la cesión de la fotografía de *Pleurotus ostreatus*.

Igualmente, deseo dejar constancia de mi agradecimiento a todas las personas e instituciones que ponen a disposición de otras personas información científica que se puede consultar *on line* en diversas páginas web a través de Internet.

REFERENCIAS

- AGRIOS, G.N. (1995). *Fitopatología* (2ª ed.). Limusa. México.
- AGRIOS, G.N. (2005). *Plant Pathology* (5th ed.). Elsevier Academic Press. Burlington.
- GARCÍA, P. & E. MONTE (2005). *Fitopatología del castaño. El chancro y la tinta en la provincia de Salamanca*. Diputación de Salamanca. Salamanca.
- GARCÍA, I.A., F. ANCÍZAR & D. MONTOYA (2006). Revisión sobre el hongo *Microcyclus ulei*, agente causal del mal suramericano de la hoja del caucho. *Rev. Colomb. Biotecn.* VIII (2): 50-59.
- HAWKSWORTH, D.L., P.M. KIRK, B.C. SUTTON & D.N. PEGLER (1995). *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* (8th ed.). CAB International. Wallingford.
- INFANTE, D., B. MARTÍNEZ, E. GONZÁLEZ & N. GONZÁLEZ (2009). *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler y *Puccinia melanocephala* H. Sydow & P. Sydow en el cultivo de la caña de azúcar. *Rev. Protección Veg.* 24(1): 22-28.

- JIMÉNEZ-CORVO, J. (2000). *El calendario romano*. C.P.R. de Ávila. Ávila.
- KIMATI, H., L. AMORIM, A. BERGAMIN FILHO, L.E.A. CAMARGO & J.A.M. REZENDE (eds.) (1997). *Manual de Fitopatología* (vol. 2). Editora Agronômica Ceres Ltda. Sao Paulo.
- KORHONEN, K. (1978). Interfertility and clonal size in the *Armillaria mellea* complex. *Karstenia* 18: 31-42.
- LOWE, S., M. BROWNE, S. BOUDJELAS & M. DE POORTER (2004). *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database*. GEEI-UICN.
- MUÑOZ, C., V. PÉREZ, P. COBOS, R. HERNÁNDEZ & G. SÁNCHEZ (2003). *Sanidad forestal*. Mundi-Prensa / Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- ROMAGNESI, H. & H. MARXMÜLLER (1983). Etude complémentaire sur les armillaires anellées. *Bull. Soc. Mycol. France* 99: 301-324.
- STRASBURGER, E., F. NOLL, H. SCHENCK, A.F.W. SCHIMPER, P. SITTE, E.W. WEILER, J.W. KADEREIT, A. BRESINSKY & C. KÖRNER (2004). *Tratado de Botánica* (35th ed.). Omega. Barcelona.
- SMITH, I.M., J. DUNEZ, R.A. LELLIOTT, D.H. PHILLIPS & S.A. ARCHER (eds.) (1992). *Manual de enfermedades de las plantas*. Mundi-Prensa. Madrid.
- TRIGIANO, R.N., M.T. WINDHAM & A.S. WINDHAM (eds.) (2006). *Plant pathology. Concepts and Laboratory Exercises*. CRC Press. Boca Raton (California).
- VALDEZATE, C., R. ALZUGARAY, E. LANDERAS & M. BRAÑA (2001). Situación actual de *Cryphonectria parasitica* (Murril) Anderson, cancro cortical, en los castaños asturianos. *Bol. San. Veg. Plagas* 27: 401-410.
- VELASCO, J.M. (2010). Hongos perjudiciales para la Humanidad (I): Hongos parásitos de humanos y animales. *Bol. Micol. FAMCAL* 5: 157-69.