

Apuntes de Patología Vegetal

Fundamentos y prácticas para la salud de las plantas

Marta C. Rivera
Eduardo R. Wright



Cátedra de Fitopatología, Facultad de Agronomía. UBA.



EDITORIAL FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Rivera, Marta C.

Apuntes de patología vegetal: fundamentos y prácticas para la salud de las plantas / Marta C. Rivera; Eduardo Roberto Wright. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía, 2020.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-3738-30-2

1. Agricultura. I. Wright, Eduardo Roberto. II. Título.
CDD 632.9

FACULTAD DE AGRONOMÍA
Universidad de Buenos Aires
EDITORIAL FACULTAD DE AGRONOMÍA

Primera Edición: Octubre 2020

Queda hecho el depósito que marca la ley 11.743

Reservados todos los derechos. Prohibida la reproducción o uso tanto en español o en cualquier otro idioma, en todo o en parte por ningún medio mecánico o electrónico, para uso público o privado, sin la previa autorización por escrito de la editorial y los autores.

ISBN 978-987-3738-30-2



EDITORIAL FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Avda. San Martín 4453 – (1417) Bs As, Argentina
e-mail: efa@agro.uba.ar

Prefacio	5
1. Algunas personalidades destacadas en el ámbito de la Fitopatología en Buenos Aires	6
2. Enfermedades	9
3. Síntomas y signos	13
4. Enfermedades no parasitarias.....	19
5. Enfermedades parasitarias. Generalidades	22
6. Enfermedades parasitarias. Hongos	24
7. Enfermedades parasitarias. Bacterias	38
8. Enfermedades parasitarias. Virus	45
9. Enfermedades parasitarias. Plantas.....	50
10. Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias.....	54
11. ¿Cómo se diagnostica una enfermedad?.....	63
12. Manejo de la sanidad en producción vegetal	72
13. Patologías específicas. Sintomatología, aspectos epidemiológicos y manejo.....	82

**A Leonor Calot y Clotilde Jauch,
ejemplos de dedicación y compromiso docente**

Las enfermedades de las plantas son dinámicas. Evolucionan a lo largo del tiempo y del espacio; aparecen en un área, reaparecen. Los patógenos pueden adaptarse a diversas situaciones. Los técnicos y productores debemos implementar prácticas inteligentes para prevenir la ocurrencia de enfermedades en los cultivos o mitigar sus efectos, con el mínimo impacto ambiental.

Si bien la bibliografía sobre temas referentes a la Fitopatología es amplia, pocos autores han generado publicaciones no excesivamente extensas que respondan a los objetivos que se persiguen en la docencia, especialmente en idioma español. Como antecedente en nuestra cátedra, se encuentra el libro Patología Vegetal escrito por la Ingeniera Agrónoma Clotilde Jauch en 1976.

Esta publicación se ajusta a los contenidos de Fitopatología correspondientes a la asignatura Sanidad Vegetal en Producción Orgánica. No descartamos que sea de utilidad para otras asignaturas de otras carreras. Hemos incluido temas tales como sintomatología, causas, desarrollo, diagnóstico y herramientas disponibles para la prevención o disminución de los daños. Se seleccionaron ejemplos de enfermedades conocidas, donde se aplican todos los conceptos previamente elaborados. El texto se ha organizado por capítulos que van aportando los conocimientos necesarios para planificar prácticas de manejo sanitario, que es el fin último de la Patología Vegetal. Incluye fotografías y esquemas que facilitan la comprensión del texto.

Durante la escritura del manuscrito surgieron innumerables cuestionamientos sobre cómo presentar los distintos contenidos, en especial teniendo en cuenta diferencias de opiniones y enfoques entre autores consultados. También, numerosas dudas sobre nuestro conocimiento de ciertos temas. En este camino, todos los días se aprende. Es el espíritu de este manual, que puede tener imperfecciones, errores no advertidos. Serán ustedes, lectores, los que sepan encontrarlos y cuestionarlos. El conocimiento se construye en base a preguntas.

Eduardo Galeano, en su texto El maestro, relata “...Y me dijo que ella quería mucho al maestro, lo quería muuuuuuuucho, porque el le había enseñado a perder el miedo a equivocarse...”. Por ello, nuestra dedicatoria a Leonor Calot y Clotilde Jauch, queridas maestras. Y a nuestros alumnos, por supuesto.

Marta C. Rivera y Eduardo R. Wright

Algunas personalidades destacadas en el ámbito de la Fitopatología en Buenos Aires

Reseña

En recuerdo de quienes nos precedieron en el estudio de esta ciencia, hemos incluido breves biografías de profesionales que desarrollaron su actividad en nuestra área de influencia. Autores que hemos consultado, colegas respetados.

Carlo Luigi Spegazzini (1858-1926), discípulo del célebre micólogo Pedro Andrea Saccardo, fue profesor en las Facultades de Agronomía y de Química y Farmacia de la Universidad Nacional de La Plata. Publicó innumerables identificaciones de hongos, muchos de los cuales constituyeron nuevos géneros. Legó su finca, sus libros, instrumentos científicos y colecciones al Museo de La Plata para formar un Instituto de Botánica. El 26 de abril de 1930 se cumplió su voluntad al inaugurarse el Instituto que lleva su nombre.

El Ing. Agr. Juan Bautista Marchionatto (1896-1955) fue uno de los fitopatólogos pioneros, guiado inicialmente por Carlos Spegazzini y el botánico Lucien Hauman. Fue Profesor Titular de Fitopatología en las Facultades de Agronomía de la Universidad de La Plata y de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires y Director General de Sanidad Vegetal y Acridiología del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Identificó un elevado número de hongos parásitos de plantas y clarificó ciclos biológicos.

El Ing. Agr. Juan Carlos Lindquist (1899-1990) fue Jefe Asesor de Investigaciones en el Instituto de Botánica Carlos Spegazzini y Jefe de la División Instituto Spegazzini del Museo de la Plata. Fue profesor de Fitopatología en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata, cátedra de la fue Titular luego del alejamiento del Ing. Marchionatto. Sus principales trabajos se refieren a royas y mildius. Publicó el libro *Royas de la República Argentina y zonas vecinas*, muy consultado.

La Dra. Elisa Hirschhorn (1905-1995) obtuvo su doctorado en Ciencias Naturales en la Universidad Nacional de La Plata, especialidad Botánica. Fue investigadora en la división de Patología Vegetal y Botánica de la Universidad de Minnesota. Fue asistente en el Instituto Spegazzini y profesora en la Universidad de La Plata. Se dedicó al estudio de los hongos productores de carbones, sobre los cuales publicó numerosos trabajos. Su libro *Las Ustilaginales de la Flora Argentina*, publicado en 1986, sigue siendo un material de lectura.

El Ing. Agr. Manuel Fernández Valiela (1910-2015) fue docente auxiliar de Fitopatología en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires, Jefe de Laboratorio de Patología Vegetal Delta Campana y Director de la Estación Experimental INTA Delta. Publicó tratados de Introducción a la Fitopatología, muy utilizados. Académico de Número de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, fue probablemente el más longevo de los fitopatólogos.

El Dr. Jorge Wright (1922-2005) fue Profesor y Profesor Consulto en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, Investigador Superior del CONICET y Académico de Número de la Academia Nacional de Ciencias Exactas y Naturales. Gran científico, publicó numerosos estudios, formó una cantidad importante de micólogos, creó una gran biblioteca especializada y la Colección de Cultivos de Hongos (BAFC cult.).

La Ing. Agr. Clotilde Jauch, (1910-1993) egresó como Ingeniera Agrónoma de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Buenos Aires, con diploma de honor en 1937. Fue jefa del laboratorio regional de José C. Paz del Ministerio de Agricultura. Discípula del Ing. Marchionatto, fue una investigadora incansable, con una encomiable actuación docente. Se desempeñó como profesora Titular de Fitopatología desde 1957 hasta 1980, cuando fue nombrada Profesora Consulta. Su libro *Patología Vegetal* fue distribuido en numerosos países de Latinoamérica.

Ing. Agr. Abel A. Sarasola (1912-1981) fue profesor de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de las Universidades Nacionales de La Plata y de Luján, Jefe de División de Laboratorios de la Dirección de Agricultura e Industrias de la Provincia de Buenos Aires e investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Con intensa actividad docente y de investigación, participó en la organización el primer curso de post-grado en Fitopatología. Realizó buena parte de su obra en colaboración con la Ing. Agr. María Amalia Rocca.

La Ing. Agr. Esther Atlas de Gotuzzo se dedicó al estudio de bacterias fitopatógenas. Fue docente de la Cátedra de Fitopatología de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, donde alcanzó el grado de Profesora Titular hasta su retiro en el año 1990. Presidió la Asociación Latinoamericana de Fitopatología entre 1979 y 1982. Fue nombrada Miembro Honorario de la Asociación Latinoamericana de Fitopatología en 2005.

El Ing. Agr. Héctor Alippi (1928-2015) fue jefe del Laboratorio de Fitopatología y sub-jefe del Departamento de Investigación y Experimentación Fitosanitaria, Dirección de Sanidad Vegetal, Ministerio de Asuntos Agrarios de Buenos Aires. Se desempeñó como profesor Titular de Fitopatología en la Facultad de Agronomía de la Universidad de La Plata y debido a su trayectoria académica fue distinguido como Profesor Consulto. Coordinó el curso de posgrado con opción al título de Magister Scientiae en Protección Vegetal.

LOS ORÍGENES DE ESTA CIENCIA

La Patología Vegetal nació de la necesidad. Las plagas que disminuían la disponibilidad de alimentos en el campo y almacenamiento amenazaron a la humanidad por milenios y alcanzaron un climax con la hambruna que sufrió la población irlandesa debida a una enfermedad del cultivo de papa a mediados de 1800. La solicitud desesperada de ayuda convocó a los científicos más eminentes de la época a buscar respuestas, que fueron provistas por Anton de Bary, quien es considerado el padre de la Fitopatología. también Pasteur y Koch, más avanzado el siglo XIX, aportaron las evidencias más convincentes de la naturaleza microbiana de las enfermedades de las plantas.

Sequeira (2000)

Referencias

- Alippi, H. E. (1990). Obituario Juan Carlos Lindquist. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 23(3-4), 263.
- Anónimo. (2015). Alippi, H. E. Su fallecimiento. (14 de enero de 2015). *El Día*. Recuperado de <https://www.eldia.com/nota/2015-1-14-hector-eduardo-alippi>
- Arambarri, A. M. (2016). Los profesores que conformaron la historia de la Cátedra de Botánica de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata (1883-1994). *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 115(2), 273-292.
- Asociación Latinoamericana de Fitopatología. (2007). *Miembros Honorarios en la ALF*. Recuperado de <http://www.geocities.ws/fitopatologiaalf/miembros.html>
- Asociación Latinoamericana de Fitopatología. (2000). *Programa para la ceremonia de refundación de la ALF*. Recuperado de <http://agrilife.org/amarillo/files/2010/11/ALF-Refundacion2000.pdf>
- Jauch, C. (1955). Juan Bautista Marchionatto 19/8/1896-1/1/1955. *Revista Argentina de Agronomía*, 22(1), 48-55.
- John Simmon Guggenheim Memorial Foundation. (2013). *Fellowships to assist research and artistic creation*. Elisa Hirschhorn. Recuperado de <http://www.gf.org/fellows/all?index=e>
- Lenardón, S. (2016). Fernández Valiela Manuel V. Ing. Agr. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*. Recuperado de <http://anav.org.ar/fernandez-valiela-manuel-v-ing-agr/>
- Lindquist, J. C. (1981). Prof. Ing. Agrón. Abel A. Sarasola (1912-1981). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 20(1-2), 128-132.

- Lopez, S. E. y Cabral, D. (2005). Dr. Jorge Eduardo Wright. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 40(1-2), 133-134.
- Manzo, S. y Flavio, G. (2009). Autonomía universitaria e intervención política en la trayectoria de liderazgos y grupos académicos en Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de La Plata 1930-1955. *Anuario del Instituto de Historia Argentina* 9, 97-147. Recuperado de http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.3923/pr.3923.pdf
- Museo de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. (2013). *Carlos Spegazzini*. Recuperado de <http://www.fcnym.unlp.edu.ar/museo/institutos/spegazzini/ibsmicologo.html>
- Naranjo, C. A. (1995). Elisa Hirschhorn de Mazoti (1905-1995). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 31(1-2), 159.
- Sarasola, A. A. y Rocca de Sarasola M. A. (1977). Personalidad y obra del Profesor Ing° Agr° Juan Carlos Lindquist. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 18(1-2), 1-7.
- SeDiCI (Servicio de Difusión de la Creación Intelectual). (2011). *El género Ustilago en la Argentina*. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/5311>
- Sequeira, L. (2000). Legacy for the millennium: a century of progress in Plant Pathology. *Annual Review of Phytopathology*, 38, 1-17.
- Universidad Nacional de La Plata. (2005). *Distinción para el Ingeniero Agrónomo Héctor Alippi*. Recuperado de https://unlp.edu.ar/articulo/2005/8/5/distincion_para_el_ingeniero_agronomo_hector_alippi

¿Qué es una enfermedad?

Los vegetales, como todos los seres vivos, pueden enfermarse. Se considera que las patologías de las plantas comenzaron a detectarse en tiempos remotos y que la observación se incrementó con el desarrollo de la agricultura. Se define **enfermedad** como una alteración más o menos grave de la salud. Por lo tanto, es una condición anormal de alteración del metabolismo de una planta. Una enfermedad siempre se manifiesta a través de síntomas: cambios en la apariencia o en el rendimiento. En muchos casos, también se observan signos que evidencian la presencia del parásito que está causando enfermedad.

Enfermedad

proceso que altera el metabolismo de las plantas ocasionando síntomas

La ciencia que estudia las enfermedades de los vegetales se denomina Patología Vegetal o Fitopatología (del griego *phyton*: planta; *pathos*: enfermedad; *logos*: estudio). Se ocupa de la identificación de las causas de las enfermedades y de la aplicación de medidas para su manejo.

Las enfermedades pueden afectar al crecimiento o desarrollo vegetal desde la siembra, trasplante o plantación hasta luego de la cosecha, y pueden ocasionar pérdidas importantes en el rendimiento y en la calidad en cualquiera de las etapas. Algunos microorganismos pueden producir toxinas peligrosas para la salud de hombres y animales.

Ciertas enfermedades causan alteraciones sutiles. En esos casos es difícil establecer la condición de planta enferma. En otras situaciones, se puede observar la destrucción de órganos, aparición de malformaciones, cambios en el color, disminución de la turgencia, mermas en la cantidad o la calidad de la producción; en niveles importantes.

Cuando se piensa en las plagas de las plantas, comúnmente se asocia este concepto con plagas animales (insectos, ácaros, nematodos). Sin embargo, en sentido amplio, cualquier especie, raza, o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales es considerado **plaga**. En consecuencia, los agentes microscópicos, las plagas animales y las malezas conforman las adversidades o plagas que pueden afectar a los vegetales.

Plaga

especie/raza/biotipo vegetal/animal/
microbiano dañino para las plantas o productos
vegetales

Se estima que las plagas en conjunto interfieren con la producción o destruyen al menos 31 a 42 % de la producción mundial de los cultivos. En promedio, se considera que el 14 % de esas pérdidas son atribuibles a enfermedades durante el cultivo, a lo que debe agregarse 6 a 12 % de pérdidas en la pos-cosecha. ¿Cuáles son las causas de enfermedad? (**Figura 2.1**)

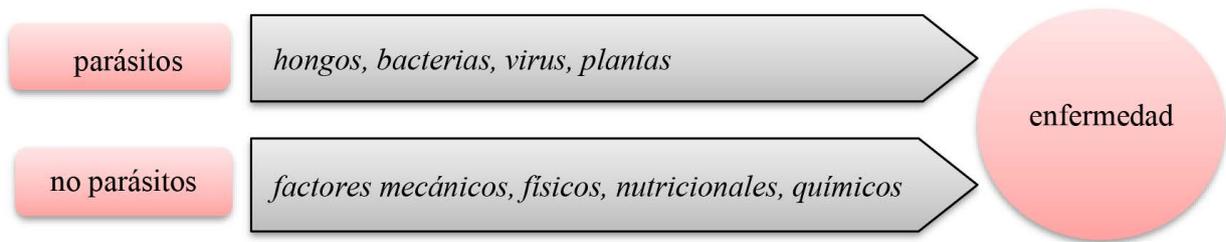


Figura 2.1. Causas de enfermedad.

Parásito (del griego *irapa*: al lado; *sites*: alimento) es todo organismo que vive a expensas de otro. Se denomina hospedante (derivado de hospedar, del latín *hospitari*: dar alojamiento) a un vegetal que tiene un parásito alojado en su cuerpo. Los parásitos que causan daños en las plantas, reciben la denominación de patógenos (del griego *pathos*: enfermedad; *genesis*: inicio).

Patógeno
que origina y desarrolla una enfermedad

UN POCO DE HISTORIA

Si bien las enfermedades de las plantas han ocasionado pérdidas desde tiempos remotos, la Fitopatología es una ciencia de desarrollo reciente en comparación con las ciencias médicas. Comenzó con la aceptación del concepto de patogenicidad entre 1750 y 1850. Continuó con la era del descubrimiento de los agentes causales: primero los hongos, luego las bacterias, los virus y finalmente los micoplasmas. Durante este período predominaron los fitopatólogos que enfatizaban el rol de los patógenos, sobre los que daban más importancia a los factores predisponentes para las enfermedades.

En los primeros años del siglo XX, el descubrimiento del carácter mendeliano de la herencia de la resistencia en las royas de los cereales estimuló el desarrollo de programas de mejoramiento que permitieron mitigar las pérdidas ocasionadas por esas enfermedades. Otros hechos relevantes han estado relacionados con el control químico de las enfermedades. El azufre, clásico remedio de la medicina humana, fue el primer producto utilizado para luchar contra hongos patógenos de plantas.

Ainsworth (1981)

Síntoma

Síntoma es una manifestación reveladora de una enfermedad, es por ello que cualquier anomalía que se observa en las plantas puede ser considerada como tal. Para detectarlo es necesario conocer la apariencia/fisiología normal de esa especie o variedad. Por ejemplo, la podredumbre de un zapallo de la base de una planta de lechuga son síntomas de enfermedad (**Figura 2.2**).

Síntoma
modificación en el aspecto o función de un órgano

Signo

En aquellos casos de enfermedades de las plantas ocasionadas por parásitos, éstos pueden manifestarse a través de la aparición de signos. Por ejemplo: el desarrollo de moho (fúngico) sobre un zapallo en pudrición (**Figura 2.2a**) o la aparición de exudados (bacterianos) en un corte de tallo de lechuga con podredumbre (**Figura 2.2b**).

Debido a su pequeño tamaño y a su localización dentro de los tejidos vegetales, los virus y los Mollicutes son parásitos que no se evidencian a través de signos. Lógicamente, tampoco se observan signos en enfermedades causadas por agentes no parasitarios.

Signo

evidencia del parásito que causa una enfermedad

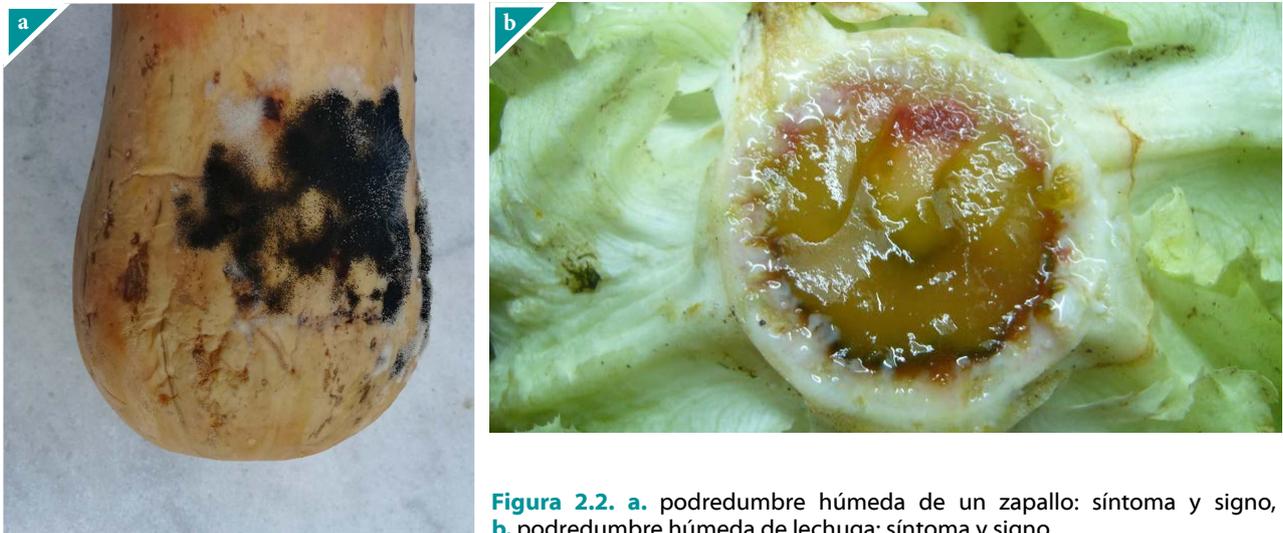


Figura 2.2. a. podredumbre húmeda de un zapallo: síntoma y signo, b. podredumbre húmeda de lechuga: síntoma y signo.

Clasificación de las enfermedades

Las primeras aproximaciones al estudio de las enfermedades de las plantas se orientaron a agruparlas por características comunes. Así, alrededor de 300 años antes de Cristo, el filósofo griego Teofrasto diferenció las enfermedades de los daños causados por heladas o vientos. En el largo proceso histórico de esta ciencia, las propuestas de clasificación más aceptadas fueron aquellas que en el siglo XVIII y comienzos del XIX diferenciaron las enfermedades de acuerdo al síntoma y la parte del vegetal afectada. Luego se avanzó al clasificar según los efectos de las enfermedades sobre la fisiología del hospedante: crecimiento, reproducción, nutrición, relaciones de agua, respiración.

En la Naturaleza, se da un continuo de situaciones que habitualmente son difíciles de ubicar en una clasificación. Sin embargo, en ciencia se tiende a sistematizar los datos para facilitar el estudio. Ello lleva a la delimitación de categorías en las que algunos ejemplos ajustan perfectamente y otros pueden quedar en una situación dudosa. Los criterios de clasificación de las enfermedades de las plantas varían de acuerdo al objetivo del estudio y pueden ser en función del hospedante, órgano afectado, naturaleza del agente causal, ocurrencia, metabolismo modificado y síntoma que la caracteriza; **Cuadro 2.1, Figura 2.3**) y tantos otros criterios como sean útiles. Para completar la información, ver capítulos 3. Síntomas y signos, 4. Enfermedades no parasitarias, 5. Enfermedades parasitarias. Generalidades y 10. Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias.

Cuadro 2.1. Clasificación de enfermedades según diversos criterios.

Hospedante	Órgano	Naturaleza del agente causal	Ocurrencia	Proceso fisiológico	Síntoma
hortalizas	subterráneo	biótica= parasitaria	endémica	acumulación de sustancias de reserva	necrosis
plantas de jardín	aéreo	abiótica= no parasitaria	epidémica	uso de sustancias de reserva	crecimiento modificado
arbolado urbano	raíz		esporádica	absorción de agua y minerales	color modificado
cereales, etc.	hoja, etc.		pandémica	crecimiento conducción de agua fotosíntesis transporte de foto-asimilados	pérdida de turgencia

Esta última clasificación es la que se toma en cuenta para definir los síntomas de enfermedades que se presentan en el capítulo 3. Síntomas y signos.

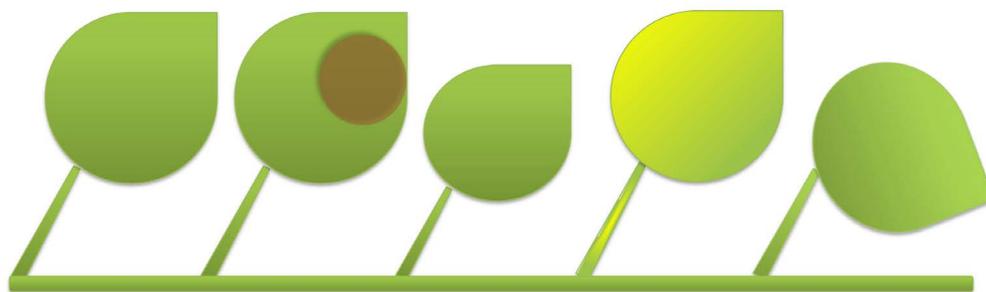


Figura 2.3. De izquierda a derecha: hoja sana, necrosis, crecimiento modificado, color modificado, pérdida de turgencia.

Referencias

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. New York, USA: Academic Press.
- Ainsworth, G. C. (1981). *Introduction to the history of plant pathology*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Chaube, H. S., y Pundhir, V. S. (2009). *Crop diseases and their management*. New Dehli, India: PHI Learning.
- Commonwealth Mycological Institute. (1968). *Manual para patólogos vegetales*. Santiago, Chile: Lamport Gilbert Printers.
- Cornell University. (2013). *On-line glossary of technical terms in plant pathology*. Recuperado de <http://www.plantpath.cornell.edu/glossary/>
- FAO. (2013). *Corporate Document Repository. Glosario de términos fitosanitarios*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/W3587E/w3587e03.htm>
- Jauch, C. (1985). *Patología Vegetal*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
- Mc New, L. G. (1960). The nature, origin and evolution of parasitism. En Horsfall, J. G. y Dimond, A. E. (Eds.), *Plant Pathology. An Advanced Treatise*. Vol 2. (pp 19-69). New York, USA: Academic Press.
- Pinstrup-Andersen, P. (2001). *The future world food situation and the role of plant diseases*. APS. DOI: 10.1094/PHI-I-2001-0425-01.
- Schumann, G. L., y DÀrcy, C. J. (2006). *Essential plant pathology*. Minnesota, USA: APS Press.
- Washington Sate University. (2013). *Basic terminology and definitions in plant pathology*. Recuperado de https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2054/2014/04/TermsandDefinitions_001.pdf

Síntomas

Necrosis

Muchas enfermedades se caracterizan por la **necrosis** (Figura 3.1), que es el deterioro estructural o funcional de los tejidos por la muerte de sus células. En estos casos, los síntomas pueden ser:



- **Podredumbre:** pérdida de consistencia. Los órganos suculentos como bulbos, frutos o algunas semillas, bases de tallos o talluelos, raíces o radículas, liberan líquidos celulares en forma más o menos rápida (**podredumbre húmeda**). En otros casos, tanto sobre órganos suculentos como madera, desarrolla en forma lenta una **podredumbre seca**, es decir que no se detecta liberación de líquidos.



• **Cancro:** depresión (hendidura más o menos alargada) que se forma sobre ramas o tallos, como consecuencia de la degeneración de corteza y floema



- **Antracnosis:** lesión sobre órganos aéreos, deprimida, de color pajizo con borde rojo o púrpura, usualmente causada por hongos de los géneros *Colletotrichum* o *Gloesporium*, que se manifiestan a través de la formación de cuerpos reproductivos negros, muy pequeños en el centro de la lesión. En hojas afectadas, esa zona central puede desprenderse.



- **Mancha:** necrosis de color variable (roji-zo, castaño, negro) sobre cualquier órgano vegetal (hoja, pétalo, tallo, raíz, fruto, semilla). La zona central puede desprenderse. Algunos autores utilizan el término escaldadura cuando se refieren a manchas castañas, extensas, que se inician en los márgenes de las hojas y no avanzan como el tizón afectando nervaduras principales.



Figura 3.1. Necrosis: **a.** podredumbre húmeda en cebolla, **b.** podredumbre seca de la madera de paraíso, **c.** cancro en rama de arándano, **d.** antracnosis en lazo de amor, **e.** tizón en ciprés, **f.** manchas foliares en hiedra, **g.** escaldaduras en hojas de arándano

- **Tizón:** secado rápido de hojas, pétalos, ramas o tallos. Las lesiones pueden iniciarse en forma de manchas en hojas o pétalos que se extienden rápidamente hasta confluir. También puede desarrollarse a lo largo de una rama/tallo desde el ápice o desde la base. En un tiempo más o menos breve el síntoma cubre láminas, nervaduras, ramas y tallos pudiendo abarcar toda una planta.
- **Ausencia de órganos vegetales:** Se forman estructuras de patógenos en el lugar de tejidos de las plantas. Como ejemplo, ver carbón en el capítulo 6. Enfermedades parasitarias. Hongos.

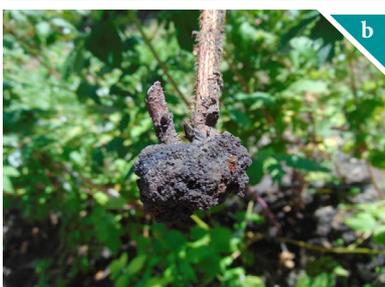
En las enfermedades parasitarias, las necrosis se deben a la actividad de enzimas o toxinas segregadas por patógenos en su interacción con las plantas. Algunas necrosis también pueden tener una naturaleza no parasitaria. Por ejemplo factores ambientales como el granizo o malas prácticas de cultivo (tutorados incorrectos) pueden causar canchales, sustancias químicas inapropiadas (deriva de agroquímicos, principios activos o dosis incorrectos), excesos de calor o frío, pueden ocasionar manchas, escaldaduras o tizones. En algunas enfermedades (conocidas como carbón o como cornezuelo), aparecen estructuras de hongos reemplazando granos.

Crecimiento modificado

Otras enfermedades se caracterizan por causar una alteración en el crecimiento y desarrollo de las plantas (**Figura 3.2**), que origina formas que se alejan de la normalidad. Ejemplos:

- **Enanismo:** dimensión de la planta y sus órganos menor a la normal
- **Agalla:** formación tumoral, globulosa, en ramas, tallos, raíces, excepcionalmente en pétalos
- **Torsión y ampollado:** pérdida de la forma plana de hojas por torcedura o aparición de abultamientos
- **Proliferación de órganos.** manojos de ramas, también llamado escoba de brujas, brotes supernumerarios o generación de raíces adventicias
- **Edema** (sinónimo intumescencia): formación de pequeñas zonas húmedas en las hojas, que se vuelven corchosas debido al aumento de tamaño de células epidérmicas por acumulación de agua
- **Sarna:** numerosas zonas elevadas, rugosas, con márgenes irregulares, en la superficie de órganos tales como frutos, tubérculos
- **Fasciación:** pérdida de la forma cilíndrica de tallos o raíces por transformación a órganos aplanados
- **Filodia:** pétalos, estambres, carpelos o brácteas toman consistencia, grosor y coloración verde de las hojas ordinarias, aunque difieran de ellas por la forma y el tamaño.

Figura 3.2. Crecimiento y desarrollo modificados. **a.** enanismo en maíz, **b.** agalla de corona en arándano, **c.** torsión en hojas de gerbera, **d.** proliferación de brotes en malvón, **e.** edema foliar en gomero, **f.** sarna en papa, **g.** fasciación de pedúnculos y flores de violeta de los Alpes



- **Menor producción:** las enfermedades pueden ocasionar pérdidas en el rendimiento, tanto en cantidad como en calidad. Esto sucede muy especialmente cuando ocurre hambre en las plantas.

El crecimiento se modifica debido a una menor división celular (enanismo) o a un aumento en el tamaño o número de células con respecto a un tejido sano (agalla, torsión, ampollado). También puede ocurrir que el meristema apical, que normalmente se concentra alrededor de un punto para generar tejidos cilíndricos, se disponga longitudinalmente, perpendicular a la dirección de crecimiento (fasciación) u ocurra una formación anormal de brotes (escoba de brujas) o raíces (adventicias) o filodia. Estas situaciones están asociadas a la variación de niveles hormonales por acción de patógenos que pueden alterar su síntesis o secretarlos. En otros casos, puede deberse al efecto de sustancias químicas inapropiadas (deriva o dosis incorrectas de plaguicidas de tipo hormonal) o excesos de suministro hídrico (edemas). También puede ocurrir aborto de óvulos y pérdida de viabilidad del polen. Algunos patógenos provocan aumento de la respiración y disminución de la fotosíntesis; y se transforman en destino de los hidratos de carbono producidos por las plantas, afectando así los rendimientos (cantidad y calidad de granos, tamaño de flores, peso de tubérculos). Es un hambreado de las plantas. Los síntomas son, por ejemplo, granos chuzos, con menor contenido de proteínas, aceites, almidón.

Color modificado

En algunas enfermedades se observan **cambios en el color** de los órganos de las plantas (**Figura 3.3**), como por ejemplo:

- **Clorosis:** (del griego *chlōrós*: verde amarillento) color amarillento que toman las partes verdes
- **Mosaico:** las hojas enfermas muestran porciones alternativamente claras y oscuras, de contornos indefinidos. El color de las partes claras varía del verde al amarillo. También puede aparecer en pétalos y frutos, donde se evidencian zonas con pérdida de color.
- **Pigmentación:** aparición de tonalidades rojizas, azuladas, etc.
- **Virescencia:** cualquier órgano vegetal que no es habitualmente verde, se torna de ese color.



Figura 3.3. Color modificado. **a.** clorosis en hojas de malvón, **b.** mosaico en rosal, **c.** pigmentación roja en hojas de duraznero, **d.** virescencia en pétalos de orquídea

Estos síntomas pueden estar asociados a la pérdida o alteración de cloroplastos (clorosis, mosaico) o a la formación de pigmentos (enrojecimiento de hojas, teñidura de maderas). En muchos casos, son originados por patógenos, pero también existen causas no parasitarias.

Pérdida de turgencia

Ciertas enfermedades se caracterizan por la **dificultad en el movimiento de agua y nutrientes** (Figura 3.4).

Ejemplos:

- **Marchitamiento vascular y marchitez:** pérdida de turgencia en los órganos aéreos por falta de agua en sus tejidos

En el caso de los marchitamientos vasculares, los patógenos desarrollan dentro de los vasos del xilema causando taponamiento y disfunción (trombosis) debido al desarrollo microbiano, productos de su metabolismo y respuestas de defensa de la planta.

En el caso de la marchitez, la deficiencia de agua en los tejidos aéreos puede deberse a la dificultad de absorción (podredumbre de raíces) y de movimiento de agua (podredumbre y agallas en cuello y raíces) como causas parasitarias. Como causas no parasitarias, se puede enumerar: déficit de agua en el suelo/sustrato (riego o lluvia insuficientes), alta conductividad eléctrica (salinidad) del suelo/sustrato/agua y excesos de agua que provocan muerte de raíces por ausencia de oxígeno.



Figura 3.4. Transporte de agua disminuido. **a.** marchitamiento vascular en pimiento, **b.** marchitez por déficit hídrico en aralia.

Signos

Los signos aparecen asociados con los síntomas de enfermedad, en general después de ellos (con excepciones, como en las enfermedades conocidas como oídios y fumaginas). Se pueden observar a simple vista o con ayuda de una lupa de mano y corresponden a hongos, bacterias, plantas o algas, por ejemplo:

- Signos de enfermedades de origen fúngico
 - Estructuras vegetativas
 - Micelio
 - Rizomorfa
 - Esclerocio
 - Estructuras reproductivas
 - Mildiu
 - Esporodoquio
 - Acérvulo
 - Picnidio
 - Apotecio

- Peritecio
- Chasmotecio
- Cleistotecio
- Basidiocarpo
- Picnio
- Ecidio
- Soro
- Estructuras vegetativas + reproductivas
 - Moho
- Signo de enfermedades de origen bacteriano
 - Exudado= zooglea
- Signo de enfermedades de origen vegetal
 - Planta

Las descripciones e ilustraciones de los signos se presentan en los capítulos 6. Enfermedades parasitarias. Hongos, 7. Enfermedades parasitarias. Bacterias y 9. Enfermedades parasitarias. Plantas.

Referencias

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. New York, USA: Academic Press.
- Ainsworth, G. C. (1981). *Introduction to the history of plant pathology*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Chaube, H. S. y Pundhir, V. S. (2009). *Crop diseases and their management*. New Dehli, India: PHI Learning.
- Commonwealth Mycological Institute. (1968). *Manual para patólogos vegetales*. Santiago, Chile: Lampton Gilbert Printers.
- Cornell University. (2013). *On-line glossary of technical terms in plant pathology*. Recuperado de <http://www.plantpath.cornell.edu/glossary/>
- FAO. (2013). *Corporate Document Repository. Glosario de términos fitosanitarios*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/W3587E/w3587e03.htm>
- Font Quer, P. (2009). *Diccionario de Botánica*. Barcelona, España: Ediciones Península.
- Jauch, C. (1985). *Patología Vegetal*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
- Petrini, O. y Ouellette, G. B. (Eds.) (1994). *Host wall alterations by parasitic fungi*. Minnesota, USA: APS Press.
- Rivera, M. C. y Wright, E. R. (2008). *Las enfermedades de las plantas. Sintomatología, biología y manejo*. Buenos Aires, Argentina: Orientación Gráfica Editora.
- Washington State University. (2013). *Basic terminology and definitions in plant pathology*. Recuperado de https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2054/2014/04/TermsandDefinitions_001.pdf
- Worsdell, W. C. (1905). Fasciation: its meaning and origin. *New Phytologist*, 4(2-3), 55-74.
- Wright, E.R. y Rivera, M. C. (2000). *Guía para el reconocimiento de enfermedades de las plantas*. Buenos Aires, Argentina: Produciendo.

Actividades sugeridas para los capítulos

2. Enfermedades

3. Síntomas y signos

- Observa las plantas de tu entorno, tratando de detectar síntomas o signos de enfermedades.
- Puedes tomar fotografías y herborizar material para obtener tu propia colección.
- ¿Detectaste síntomas o signos diferentes a los ejemplificados en este texto?
- ¿Tienes dudas sobre la inserción de algún síntoma en alguna clase de enfermedades?
- ¿Encontraste más de una plaga en una misma planta?
- Acude a páginas de internet de universidades o instituciones oficiales donde haya información interesante sobre enfermedades de las plantas. A continuación encontrarás una lista de términos de Fitopatología traducidos a inglés, que pueden ayudarte en tu búsqueda.

“LET`S LOOK UP SOME WORDS IN THE DICTIONARY”

A

AGALLA: GALL
AMARILLEZ, YELLOWING, CHLOROSIS
ANTRACNOSIS: ANTHRACNOSE

B

BACTERIA: BACTERIA

C

CANCRO: CANKER
CARBÓN: SMUT
CLAMIDOSPORA: CHLAMYDOSPORE
CUERPO FRUCTÍFERO: FRUITING BODY

D

DISTORSIÓN: DISTORSION

E

EDEMA: EDEMA
ENANO: DWARF
ENANISMO: DWARFING
ENFERMEDAD: DISEASE
ENRULAMIENTO: LEAF ROLL
ENROJECIMIENTO: REDDENING
ESCALDADURA: BLOTCH
ESCLEROCIO: SCLEROTIUM (PL: SCLEROTIA)
ESPORA: SPORE
EXUDADO: EXUDATE

F

FASCIACIÓN: FASCIATION, CRESTING
FITOPATOLOGÍA: PLANT PATHOLOGY
FUMAGINA: BLACK MILDEW

H

HIFA: HYPHA (PL: HYPHAE)
HONGO: FUNGUS (PL: FUNGI)

M

MALEZA: WEED
MANCHA: SPOT
MARCHITEZ: WILT
MICELIO: MYCELIUM (PL: MYCELIA)
MILDIU: DOWNY MILDEW
MOHO: MOLD
MOLLICUTE: MOLLICUTE
MOSAICO: MOSAIC

O

OÍDIO: POWDERY MILDEW
ÓRGANO VEGETAL: PLANT ORGAN

P

PATÓGENO: PATHOGEN
PLAGA: PEST
PODREDUMBRE: ROT
PÚSTULA: PUSTULE

R

ROYA: RUST

S

SARNA: SCAB
SIGNO: SIGN
SÍNTOMA: SYMPTOM

T

TEJIDO: TISSUE

Enfermedades no parasitarias

El ambiente tiene un componente biótico (micro y macro organismos, plagas y benéficos) y un componente abiótico (parámetros climáticos, entre otros). Éste, además de condicionar la manifestación de enfermedades parasitarias, puede constituir por sí mismo la causa de patologías. Entre las características de este tipo de enfermedades, se debe mencionar que carecen de signo y no son transmisibles.

Conocer los requerimientos ambientales del cultivo y la poscosecha de los vegetales es fundamental para evitar problemas de naturaleza no parasitaria. Las enfermedades no parasitarias son también denominadas fisiológicas o fisiogénicas. Este tipo de patosistema puede ser esquematizado de un modo muy simple, ya que presenta sólo dos componentes (**Figura 4.1**):



Figura 4.1. Componentes de una enfermedad no parasitaria.

Las plantas pueden reaccionar a la acción de varios factores produciendo gomas, resinas o tejidos de cicatrización. Los factores que ocasionan las enfermedades no parasitarias pueden ser de distinto origen:

- Mecánico
 - Golpe: herida contusa frecuente en órganos carnosos como bulbos, cormos, rizomas manipulados sin cuidado.
 - Amputación, laceración: eliminación o desgarro de órganos por ejemplo debido al uso descuidado de máquinas para corte de bordes de césped.
 - Estrangulación: común en plantas tutoradas a las que no se retira la fijación a tiempo.
- Físico
 - Alta temperatura: puede generar manchas marginales en hojas y flores, pérdida de turgencia de distintos órganos aéreos, quemadura de frutos.
 - Baja temperatura: puede causar enrojecimiento foliar y colapso celular.
 - Déficit de agua: ocasiona disminución del crecimiento de las plantas, abarquillamiento, amarillez y pérdida de hojas, caída de frutos, marchitez.
 - Exceso de agua: puede causar muerte de raíces por falta de oxígeno y consiguiente marchitez. Luego de un período de sequía durante el desarrollo de frutos, puede ocasionar rajaduras. Algunas especies no tolerantes (eucaliptus, malvones, hiedras) presentan zonas de acumulación de agua en las hojas que se transforman en protuberancias corchosas.
 - Déficit de luz: puede determinar la elongación excesiva de los tallos y amarillez.
 - Granizo: produce ruptura de ramas, defoliación y cancros.
- Nutricional
 - Déficit de nitrógeno: causa menor crecimiento y amarillez, especialmente en las hojas inferiores. Puede observarse una defoliación prematura.
 - Exceso de nitrógeno: estimula el crecimiento. El follaje es más tierno y más susceptible a temperaturas bajas.

4- Enfermedades no parasitarias

- Déficit de potasio: ocasiona menor crecimiento. Las nervaduras pueden tomar color azulado o púrpuro, las hojas se necrosan y los entrenudos se acortan.
- Exceso de potasio: puede causar antagonismo con elementos menores como hierro, cobre y zinc.
- Déficit de hierro: causa clorosis entre las nervaduras en hojas jóvenes.
- Exceso de calcio: puede disminuir la disponibilidad de fósforo, potasio, boro, hierro.
- Químico
 - Escapes de gas: pueden ocasionar muerte de ejemplares, por ejemplo por ruptura de caños en la vía pública.
 - Aplicación incorrecta de agroquímicos: cualquier producto aplicado sobre una especie susceptible, en un estado fenológico inadecuado, en dosis excesivas o combinaciones incompatibles puede resultar fitotóxico.
 - Contaminantes atmosféricos: en zonas industriales y de alto tránsito vehicular, la emisión de sustancias contaminantes causa clorosis, necrosis, disminución o alteración del crecimiento.
 - Salinidad: la alta concentración de sales en los sustratos o en el agua de riego puede ocasionar desde reducción del crecimiento hasta la muerte de las plantas.

Se entiende por fitotoxicidad a toda alteración fisiológica del vegetal como respuesta a la aplicación inadecuada de un fertilizante o plaguicida, o la contaminación del aire, agua o suelo.

Algunos autores establecen una diferencia entre enfermedad y daño fisiogénico. La enfermedad es un proceso de fisiología anormal que implica un tiempo de desarrollo hasta la aparición de los síntomas (factores como deficiencias nutrimentales, falta de luz o frío invernal). Por el contrario, se considera daño cuando los efectos son rápidos, debidos a factores de aparición súbita que no someten a las plantas a procesos prolongados (factores como plaguicidas mal aplicados, fuego, viento o granizo). La **Figura 4.2** muestra algunos síntomas ocasionados por factores no parasitarios.



Referencias

- Datnoff, L. E., Elmer, W. H. y Huber, D. M. (2012). *Mineral nutrition and plant disease*. Minnesota, USA: APS Press.
- Jauch, C. (1985). *Patología Vegetal*. Buenos Aires, Argentina: El Ateneo.
- Kennelly, M., O'Mara, J., Rivard, C., Miller, G. L. y Smith, D. (2012). Introduction to abiotic disorders in plants. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2012-10-29-0
- Lauría, H. H. (1982). Efectos de la contaminación atmosférica en los cultivos. *Gaceta Agronómica*, 2(8), 539-550.
- Lauría, H. H. (1983). Efectos sobre la vegetación de gases y de partículas contaminantes en la atmósfera. *Gaceta Agronómica*, 3(13), 309-322.
- Sarasola, A. y de Sarasola, M. A. R. (1975). *Fitopatología. Curso moderno. Fisiogénicas - Prácticas en Fitopatología*. Tomo IV. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur.
- Sarasola, A. y de Sarasola, M. A. R. (1975). *Enfermedades y daños fisiogénicos* En: Fernández Valiela, M.V. (Ed.), *Introducción a la Fitopatología. Volumen II: Bacterias, fisiogénicas, fungicidas, nematodos* (pp. 371-573). Buenos Aires, Argentina: Colección Científica del INTA.

Actividades sugeridas

- Observa las plantas de tu entorno, tratando de detectar enfermedades de naturaleza no parasitaria.
- ¿Opinas que es fácil determinar su causa puntual?
- ¿Observaste casos de enfermedades no parasitarias que pueden haber generado puertas de entrada para patógenos? Investiga sobre el tema.
- Las frutas pueden sufrir alteraciones debido a condiciones no deseadas durante su almacenaje. Averigua cuáles son las más frecuentes en manzanas y peras.

Enfermedades parasitarias. Generalidades

Las enfermedades parasitarias son ocasionadas por hongos, bacterias, virus o plantas que pueden vivir a expensas de las plantas y, como consecuencia, ocasionarles alteraciones en la morfología o metabolismo. Entre sus características se debe mencionar que presentan signo (con excepciones, según el agente causal) y que son transmisibles. Un parásito se transforma en patógeno cuando genera una enfermedad en la planta a expensas de la cual vive. Existen excepciones en las cuales un microorganismo no parásito de las plantas genera enfermedad, como los hongos de la fumagina.

Los patógenos pueden presentar diferencias de requerimiento nutricional con relación al hospedante (ver capítulo 10. Enfermedades parasitarias: ciclos y epidemias) y el medio de cultivo sintético sobre el que se estudian (ver capítulo 11. Cómo se diagnostica una enfermedad).

La planta infectada se denomina **hospedante**, ya que aloja al parásito en sus tejidos. La manifestación de cualquier enfermedad parasitaria depende de la relación entre varios factores que constituyen el denominado **triángulo de la enfermedad, sistema enfermo o patosistema** (Figura 5.1). La aparición y grado de ataque de este tipo de enfermedad están condicionados por la susceptibilidad del hospedante, la virulencia del patógeno y la conductividad del ambiente. Otra forma de presentar el triángulo de la enfermedad es mediante una serie de conjuntos, que permiten visualizar la interacción entre los factores (Figura 5.2).

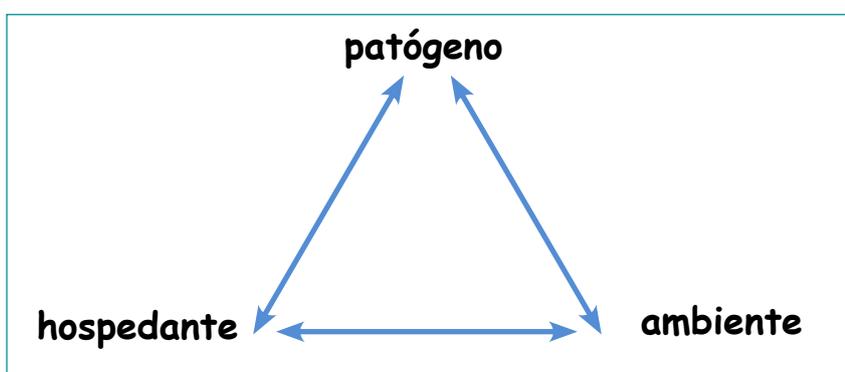


Figura 5.1. Componentes del triángulo de una enfermedad parasitaria

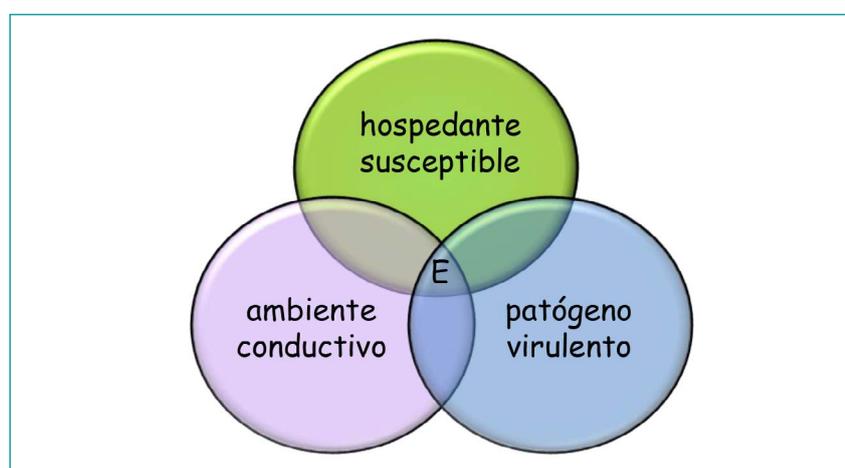


Figura 5.2. Interacción de los tres factores determinantes de una enfermedad parasitaria. E= enfermedad.

Dado que las enfermedades son procesos dinámicos, el patosistema es afectado por el paso del **tiempo**. El **hombre** (el productor, el asesor técnico, el personal) es un componente importante, al intervenir en el sistema de manera decisiva. El conocimiento de las fuerzas que rigen las interacciones entre los componentes del patosistema es fundamental para encarar un manejo más eficiente de las enfermedades, y en definitiva evitar o disminuir las pérdidas que ocasionan.

Las enfermedades de las plantas se conocen por nombres comunes que pueden estar relacionados con sus síntomas o signos, el lugar en el que se descubrieron, etc. Estos nombres vulgares pueden variar geográficamente, de la misma manera que ocurre con los nombres vulgares de los hospedantes. Por el contrario, los nombres científicos del hospedante y del patógeno son universales. A modo de ejemplo, se cita:

Hospedante: tomate, *tomato* (*Solanum lycopersicum* L.)

Patógeno: *Erysiphe polygoni* DC.

Enfermedad: oídio del tomate, blanco del tomate, cenicilla del tomate, *tomato powdery mildew*

Clasificación de los seres vivos

En el siglo XVIII, Carl Linnaeus estableció una clasificación equilibrada, en la cual todas las especies estaban ubicadas en cinco niveles incluyendo reino, clase, orden, género y especie.

A lo largo del tiempo, las propuestas fluctuaron de un sistema de dos reinos (Animal-Planta) a un sistema de múltiples reinos. Las categorías principales son: dominio o imperio (= superreino), reino, filo (= división), clase, orden, familia, género, especie. Esta última es la categoría por debajo de género y por encima de subespecie, que representa la unidad básica en la clasificación biológica.

Sistema de tres dominios: Como taxón por encima de reino, se propusieron los dominios **Archaea**, **Bacteria** y **Eucarya**. El dominio Archaea con el reino Archeobacteria, el dominio Bacteria con el reino Monera y el dominio Eucarya con los reinos Protoctista, Fungi, Plantae y Animalia.

Sistema de dos imperios: Posteriormente se propuso, por encima de reino, la creación de un taxón alternativo a dominio que se denominó imperio quedando definidos los imperios **Procaryota** y **Eucaryota**. En el sistema de 7 reinos, el imperio Procaryota incluye los reinos Archaea y Bacteria (= Eubacteria) y el imperio Eucaryota comprende los reinos Protozoa, Chromista, Fungi, Plantae y Animalia.

Referencias

- Cavalier-Smith, T. (1981). Eukaryote kingdoms: seven or nine? *Biosystems*, 14, 461-481.
- Cavalier-Smith, T. (1998). A revised six-kingdom system of life. *Biological Reviews*, 73, 203-266.
- Nieto Nafria, J. M. (1999). Sobre sistemática, taxonomía y otros términos relacionados. *Boletín SEA*, 26, 41-44.
- Nieto Nafria, J. M., Becares, E., Gil, J. A., Llamas, F., Saenz de Miera, L. E. y Terron, A. (2015). Comentando A higher level classification of all living organisms. *Ambiociencias*, 13, 102-123.
- Margulis, L. (1974). Five-kingdom classification and the origin and evolution of cells. *Evolutionary Biology* 45-78. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6944-2_2
- Raisman, J. y Gonzalez, A. M. (2013). *Hipertextos del área de la Biología. Reinos de la vida*. Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Ciencias Agrarias. Recuperado de <http://www.biologia.edu.ar>
- Roskov, Y., Ower, G., Orrell, T., Nicolson, D., Bailly, N., Kirk P.M., ... y Penev, L. (2020). *Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2020-04-16 Beta*. Recuperado de www.catalogueoflife.org.
- Ruggiero, M. A., Gordon, D. P., Orrell, T. M., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R.C. y Kirk, P. M. (2015). A higher level classification of all living organisms. *PLoS ONE*, 10(6), e0130114. DOI: 10.1371/journal.pone.0130114
- Whittaker, E. H. (1969). New concepts of the kingdoms of organisms. *Science*, 163, 150-160.
- Yaeger, R. G. (1996). Protozoa: structure, classification, growth, and development. En: Baron, S. (Ed.). *Medical Microbiology*. (chapter 77). Texas, USA: The University of Texas Medical Branch Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK8325/>

Enfermedades parasitarias. Hongos

Algunos aspectos históricos

Según la leyenda, la ciudad griega de Micenas recibió su nombre debido a que su fundador satisfizo su sed bebiendo el agua que fluía de una seta (*mykes* = hongo). En América Central, especies del género *Psilocybe* -productor de alcaloides- han tenido importancia religiosa y han sido asociadas a revelaciones místicas. Durante el siglo XX, también fueron utilizados por otras culturas, con propósitos recreacionales. En muchos lugares del mundo se consumen hongos desde tiempos inmemoriales. En relación con su producción, se considera que comenzó en Francia alrededor de 1650, si bien algunas especies han sido cultivadas desde el siglo I en China.

El género *Cyttaria* está distribuido en el sur de la Argentina y Chile, en Australia y Nueva Zelanda. Produce tumores gregarios sobre las ramas y troncos de especies de *Nothofagus* (ñire, coihue, roble pellín, lenga). Sus cuerpos fructíferos se conocen como llao llao o pan de indio. Los pueblos originarios tradicionalmente los consumen frescos o para elaborar una bebida alcohólica por fermentación. En 1834, Charles Darwin descubrió este hongo en Tierra del Fuego.

El vocablo huitlacoche deriva de la voz nahuatl (azteca) *cuitlacochin*, que significa degeneración de la mazorca. Se lo utiliza para nombrar a la enfermedad conocida en español como carbón o bolsa del maíz, ocasionada por *Ustilago maydis*. Este hongo infecta las espigas, panojas y hojas del maíz y genera estructuras grandes, llenas de esporas de color oscuro. Sus numerosos compuestos otorgan al huitlacoche características organolépticas especiales. Es usado como alimento por las culturas mexicanas precolombinas y actualmente está valorado en la cocina internacional. Presenta un sabor único y se lo considera un alimento funcional por sus características nutritivas y potencialmente nutraceuticas.

Los hongos llamaron la atención de los naturalistas mucho antes de la invención del microscopio o aún de las lentes más simples. Su estudio sistemático se inició con la invención del microscopio en el siglo XVII. El botánico italiano Pietro Antonio Micheli, autor de la obra *Nova Plantarum Genera* publicada en 1729, es considerado el fundador de la Micología.

ALGO MÁS DE HISTORIA

Cuando se estudia la influencia de los hombres en el desarrollo de la Fitopatología, el nombre Anton de Bary (1831-1888) aparece vinculado con los descubrimientos más importantes sobre los hongos parásitos de las plantas en el siglo XIX. Para poder apreciar la trascendencia de su labor es necesario remontarse a los conocimientos que se tenían en la época.

- nació en plena era evolucionista, cuando Darwin cuestionaba la inmutabilidad de las especies y Pasteur derrumbaba la teoría de la generación espontánea.
- predominaba el concepto autogenista en la patología vegetal –los hongos eran el efecto, no la causa de la enfermedad- del profesor Franz Unger de la Universidad de Viena.
- los hermanos Tulasne describieron los estados reproductivos de varios grupos de hongos, caracterizando su polimorfismo.

A los 22 años, publica una investigación donde verifica la existencia de micelio de hongos productores de roya en las hojas y estudia su desarrollo hasta la formación de estructuras reproductivas. Su conclusión más importante es que el hongo de la roya es un organismo independiente que no resulta de los tejidos enfermos de la planta, sino que es su causa. Sus trabajos culminan con estudios sobre *Phytophthora infestans*, patógeno que aparece en Europa causando una epifiticia en 1845, que produce la hambruna llamada "Irish famine" al diezmar los cultivos de papa en el Reino Unido.

Marchionatto (1941)

Características generales

El término hongo proviene del latín *fungus* y éste del griego *sphongos* “esponja”. Es un grupo heterogéneo, cuyos integrantes carecen de clorofila y se nutren por absorción. Para separarlos de las plantas, Robert Harding Whittaker propuso en 1969 la creación del quinto reino que denominó Fungi. Ese sistema de 5 reinos estaba compuesto por: Monera (bacterias y algas verde azuladas), Protista (protozoos y crisófitas), Plantae (algas verdes, pardas y rojas; briófitas y traqueófitas), Fungi (hongos y mohos mucilaginosos) y Animalia (animales multicelulares).

HONGO

Si bien actualmente pertenecen a tres reinos distintos, existe consenso sobre la utilización del término HONGO para hacer referencia coloquial a cualquiera de ellos. En efecto, poseen patrones de comportamiento similares y así son tratados en este capítulo, aunque se detallan diferencias puntuales. Todos son estudiados por los micólogos. Para evitar confusiones, cuando se los menciona con este sentido, se escribe la palabra HONGO en mayúsculas.

A diferencia de otros grupos de patógenos, los HONGOS presentan una gran diversidad de estructuras para cumplir sus funciones vitales. Las **hifas** son filamentos que constituyen el talo de la mayoría de las especies. En conjunto, las hifas forman **micelio**. En el **Cuadro 6.1** se muestra un resumen de la función de las hifas y las estructuras vegetativas en las que pueden transformarse. Las funciones de dichas estructuras en los ciclos vitales están explicadas en el capítulo 10. Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias. A continuación se presentan definiciones y esquemas.

Cuadro 6.1. Estructuras vegetativas y sus funciones en los ciclos de vida.

Estructura vegetativa	Función
hifa	colonización, absorción
apresorio	penetración
haustorio	absorción
esclerocio	resistencia
clamidospora	resistencia
rizomorfa	colonización, resistencia

Apresorio (del latín *apprimere* “presionar”): órgano aplanado que genera presión sobre la superficie vegetal, desde el cual emerge un fino estilete que penetra en las células epidérmicas del hospedante (**Figura 6.1**)

Haustorio (del latín *haustor* “bebedor”): órgano de absorción que se forma en una célula del hospedante (**Figura 6.1**), asociado con la nutrición de patógenos biótrofos (ver capítulo 10. Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias)

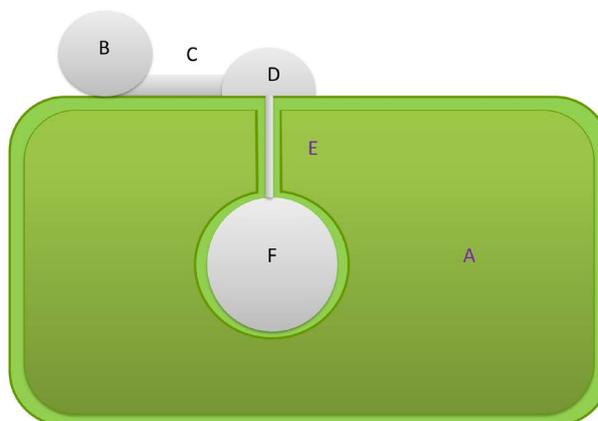


Figura 6.1. Estructuras que les permiten a los hongos la penetración mecánica y la absorción. A= célula vegetal, B= espora, C= tubo germinativo, D= apresorio, E= estilete, F= haustorio

Rizomorfa (del griego *rhiza* “raíz”+ *morphe* “forma”): hebra gruesa constituida por hifas que han perdido su individualidad organizándose como una unidad con función de resistencia

Esclerocio (del griego *skleron* “duro”): cuerpo oscuro, duro, resistente a condiciones desfavorables, que puede permanecer en dormición por períodos largos de tiempo y germinar cuando las condiciones favorables se restablecen. Se forma por agrupamiento y compactación de hifas (**Figura 6.2**)

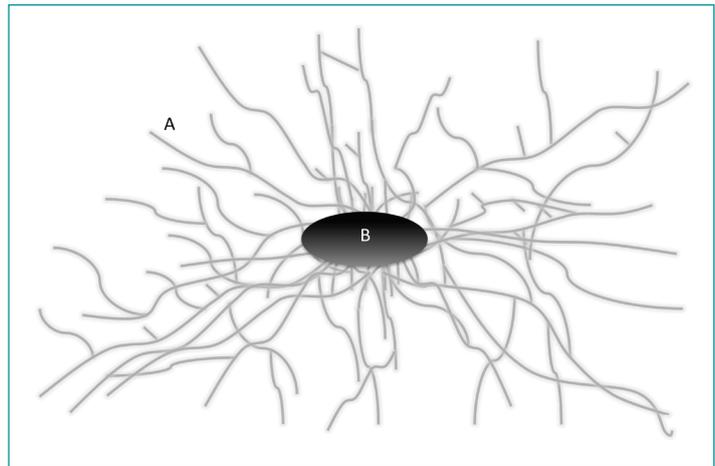


Figura 6.2. A= hifa, B= esclerocio.

Clamidospora (del griego *chlamys* “manto”+ *sporá* “semilla”): estructura redondeada, de paredes gruesas, de resistencia, en la cual puede transformarse una célula de una espora o de una hifa (**Figura 6.3**)

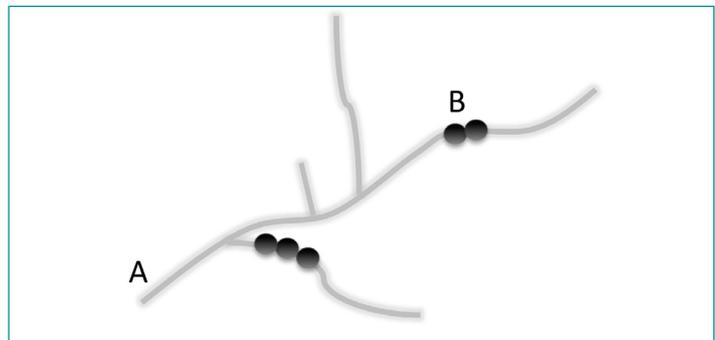


Figura 6.3. Clamidosporas (B) formadas en una hifa (A).

La reproducción genera esporas. Sus características, junto con la presencia o no de septos en las hifas, poseen valor sistemático.

Espora (del griego *sporá* “semilla”): unidad diminuta, que se asemeja a una semilla por su función propagativa y difiere de ella en que no contiene embrión

Reproducción sexual: se generan individuos recombinantes, a través de plasmogamia (unión de citoplasmas), cariogamia (unión de núcleos) y meiosis (reducción del número de cromosomas a la mitad). Las esporas generadas tienen función de resistencia. Para que ocurra la plasmogamia, se pueden presentar distintas situaciones (**Figura 6.4**):

- dos gametas se unen (Chytridiomycota)
- dos órganos con funciones sexuales (gametangios) se contactan (Oomycota, Ascomycota)
- dos gametangios se fusionan (Zygomycota)
- un espermacio (estructura semejante a una espora, no móvil, masculina) vacía su contenido en una estructura receptiva (Basidiomycota)
- dos estructuras vegetativas cumplen funciones reproductivas y se funden (Basidiomycota)

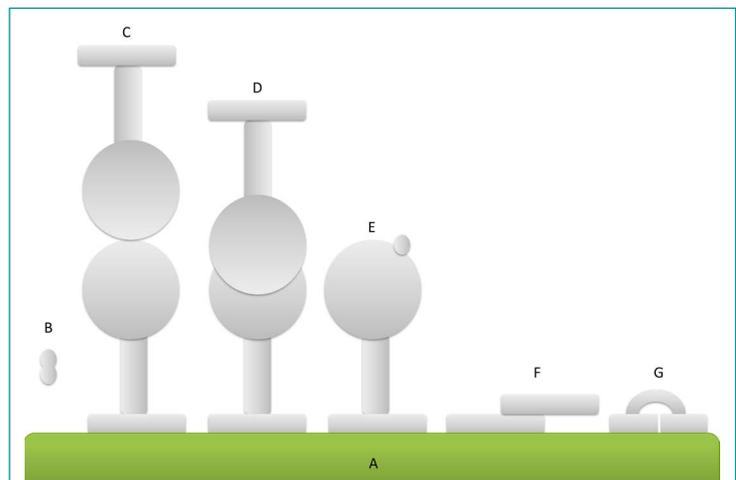


Figura 6.4. Mecanismos de reproducción sexual A= hospedante, B= unión de gametas, C= contacto de gametangios, D= fusión de gametangios, E= espermatización, F,G= somatogamia.

Reproducción asexual: las esporas generadas tienen como función reiniciar ciclos de infección en la temporada de cultivo, con individuos iguales a la célula madre. Para ello, puede suceder lo siguiente (**Figuras 6.5 y 6.6**):

- el citoplasma multinucleado se divide (Chytridiomycota, Oomycota, Zygomycota)
- el núcleo se divide por mitosis (Deuteromycetes, Ascomycota, Basidiomycota)

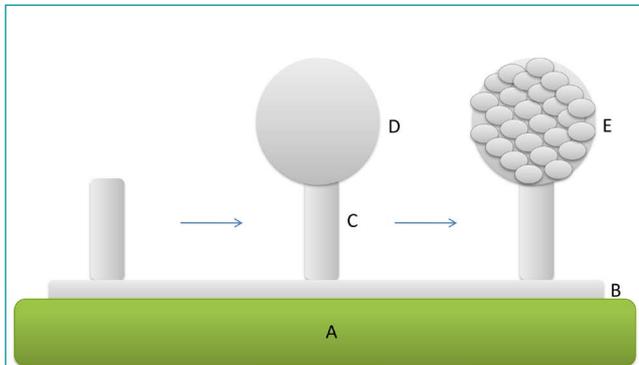


Figura 6.5. Mecanismo de reproducción asexual por división de citoplasma. A= hospedante, B= hifa no tabicada, C= esporangióforo, D= esporangio, E= esporas.

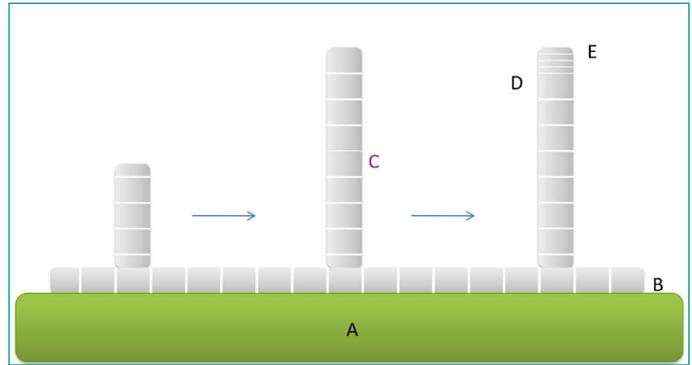


Figura 6.6. Mecanismo de reproducción asexual por división mitótica. A= hospedante, B= hifa tabicada, C= conidióforo, D= célula esporógena, E= esporas.

A continuación se presentan las características de cada grupo taxonómico de los HONGOS. En cuanto a la clasificación, de forma similar a otros organismos, reciben una denominación binaria. La sistemática es muy dinámica, en especial luego de los avances en técnicas moleculares. A modo ilustrativo, se presentan clasificaciones que permiten comprender el agrupamiento de especies.

Protozoa

Características

Los protozoos o protozoarios son organismos unicelulares que no presentan pared celular y se alimentan por fagocitosis. Incluyen a los paramecios y amebas. Se reproducen asexualmente en forma binaria y también de forma sexual. Presentan un estado de cisto (vesiculoso, de reposo) protegido por una membrana engrosada. No forman micelio; los plasmodios son una masa ameboidal de protoplasma con numerosos núcleos.

Clasificación

Los protozoos pertenecen al **imperio** Eucaryota, **reino** Protozoa. El **Cuadro 6.2** presenta un resumen de la clasificación e incluye géneros frecuentemente asociados con enfermedades de las plantas.

Cuadro 6.2. Taxonomía de protozoos y ejemplos de géneros con comportamiento fitopatígeno.

División	Clase	Orden	Género
Plasmodiophoromycota	Plasmodiophoromycetes	Plasmododiophorales	<i>Plasmodiophora</i> <i>Polymyxa</i> <i>Spongospora</i>

Los Protozoa son parásitos obligados (ver capítulo 10. Enfermedades Parasitarias. Ciclos y Epidemias). Se citan algunos ejemplos de síntomas y daños:

Crecimiento modificado

Plasmodiophora brassicae: agallas

Spongospora subterranea: sarna

Polymyxa graminis: transmisión de virus

Oomycota

Características

Hasta alrededor de 1990 estuvieron incluidos dentro del reino Fungi. Su talo es filamentoso. Las hifas son no septadas y las paredes celulares están compuestas por glucanos y celulosa.

Clasificación

Los Oomycota pertenecen al **imperio** Eucaryota, **reino** Chromista (= **Stramenopila**) que incluye organismos con células cuyos flagelos presentan pequeños pelos adosados, como las algas diatomeas.

En el **Cuadro 6.3** se presenta un resumen de la clasificación de Oomycota, e incluye géneros frecuentemente asociados con enfermedades de las plantas.

Cuadro 6.3. Taxonomía de Oomycota y ejemplos de géneros con comportamiento fitopatógeno.

División	Clase	Orden	Familia	Género	
Oomycota	Peronosporomycetes	Peronosporales	Peronosporaceae	<i>Plasmopara</i>	
				<i>Peronospora</i>	
				<i>Bremia</i>	
				<i>Pseudoperonospora</i>	
				<i>Peronosclerospora</i>	
		Pythiales	Albuginaceae	Pythiaceae	<i>Sclerospora</i>
					<i>Albugo</i>
					<i>Pythium</i>
					<i>Globisporangium</i>
					<i>Phytophthora</i>

Los Oomycota pueden ocasionar dos tipos de síntomas. A continuación, ejemplos:

Peronosporaceae

Crecimiento modificado (hambre): mildius

Albuginaceae

Crecimiento modificado (hambre): royas blancas

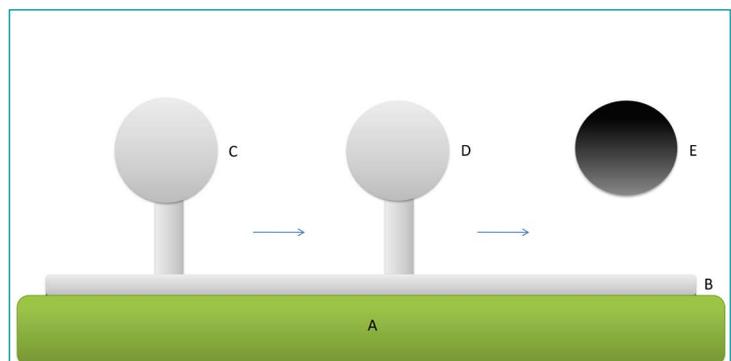
Pythiaceae

Necrosis: podredumbres húmedas, tizones, canchros

Estructuras reproductivas

Oospora (del griego *oon* “huevo” + *sporá* “semilla”): espora de pared gruesa, de origen sexual, que desarrolla a partir de la fertilización o partenogénesis de una oosfera (gameta femenina redonda, desnuda) (**Figura 6.7**)

Figura 6.7. Formación de una oospora. A= hospedante, B= hifa no tabicada, C= oosfera, D= oosfera fecundada, E= oospora.



Zoospora= Zoosporangiospora (del griego *zoon* “animal” + *sporá* “semilla”): espora móvil, originada por reproducción asexual dentro de un zoosporangio (**Figura 6.8**)

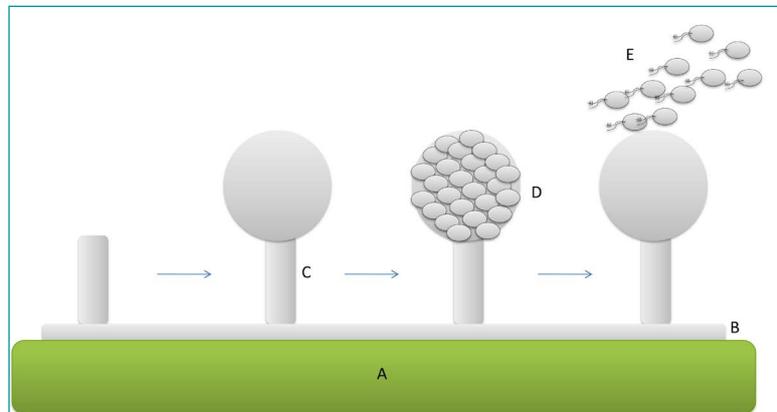


Figura 6.8. Formación de una zoospora . A= hospedante, B= hifa no tabicada, C= zoosporangióforo, D= zoosporangio, E= zoospora.

Hongos

Características

Son los hongos verdaderos. En general son pluricelulares, con paredes de quitina y glucanos. Las esporas germinan para dar lugar al cuerpo vegetativo o talo, que generalmente es filamentoso. Las hifas pueden o no tener septos.

Clasificación

Los hongos pertenecen al **imperio** Eucaryota, **reino** Fungi. Con respecto a taxones menores, el término forma especial (f.sp.) indica especificidad por un hospedante (patogenicidad distintiva). Por ejemplo *Fusarium oxysporum* ocasiona marchitez en numerosas especies vegetales. Si bien las características generales no difieren entre cepas de esta especie, algunas de ellas pueden afectar sólo determinados hospedantes, ocasionando un marchitamiento vascular. Éstas se agrupan en lo que se conoce como *forma specialis* (forma especial). Así, *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* afecta particularmente *Solanum lycopersicum* (tomate). El **Cuadro 6.4** presenta hongos de importancia en Fitopatología ubicados taxonómicamente.

Los hongos son capaces de ocasionar una gran variedad de síntomas. A continuación, ejemplos:

Chitridiomycota

Necrosis: podredumbres. Otros daños: transmisión de virus (*Olpidium*= *Olpidiopsis*)

Zygomycota

Necrosis: podredumbre húmeda en poscosecha (*Rhizopus*, *Mucor*)

Ascomycota

Necrosis: podredumbres (*Sclerotinia*, *Gaeumannomyces*), cancro (*Diaporthe*), antracnosis (*Glomerella*), manchas (*Phoma*, *Septoria*), tizón (*Septoria*), ausencia de órganos (*Claviceps*)

Crecimiento modificado: agalla (*Cyttaria*), torsión y ampollado (*Taphrina*), sarna (*Venturia*), menor producción (oídios *Blumeria*, *Erysiphe*, *Uncinula*)

Color modificado: clorosis (*Capnodium*), pigmentación (*Taphrina*, *Glomerella*)

Pérdida de turgencia: marchitamiento vascular (*Giberella*) y marchitez (*Gaeumannomyces*)

Basidiomycota

Necrosis: podredumbre seca de la madera (*Ganoderma Polyporus, Fomes*), ausencia de órganos vegetales (carbón *Sphaceloteca, Tilletia, Ustilago*)

Crecimiento modificado: menor producción (royas *Melampsora, Phakopsora, Phragmidium, Puccinia, Uromyces*)

Cuadro 6.4. Taxonomía de hongos y ejemplos de géneros con comportamiento fitopatígeno.

División	Clase	Orden	Familia	Género
Chytridiomycota	Chytridiomycetes	Olpidiales	Olpidiaceae	<i>Olpidium</i>
Zygomycota	Zygomycetes	Mucorales		<i>Rhizopus</i> <i>Mucor</i>
Ascomycota	Taphrinomycetes	Taphrinales	Taphrinaceae	<i>Taphrina</i>
		Helotiales	Sclerotiniaceae	<i>Sclerotinia</i>
		Cyttariales	Cyttariaceae	<i>Cyttaria</i>
			Erysiphales	Erysiphaceae
	Sordariomycetes	Diaporthales	Diaporthaceae	<i>Diaporthe</i>
			Nectriaceae	<i>Nectria</i> <i>Gibberella</i>
		Glomerellales	Clavicipitaceae	<i>Claviceps</i>
			Glomerallaceae	<i>Glomerella</i>
			Magnaportales	Magnaporthaceae
	Dothideomycetes	Capnodiales	Capnodiaceae	<i>Capnodium</i>
			Metacapnodiaceae	<i>Venturia</i>
		Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Pyrenophora</i>
	Basidiomycota	Pucciniomycetes	Puccinales	Phakopsoraceae
Phragmidiaceae				<i>Phragmidium</i>
Pucciniaceae				<i>Puccinia</i> <i>Uromyces</i>
Melampsoraceae				<i>Melampsora</i>
Microbotryomycetes		Microbotriales	Microbotriaceae	<i>Sphacelotheca</i>
Exobasidiomycetes		Tilletiales	Tilletiaceae	<i>Tilletia</i>
Ustilaginomycetes		Ustilaginales	Ustilaginaceae	<i>Ustilago</i>
Agaricomycetes		Agaricales	Physalacriaceae	<i>Armillaria</i>
		Cantharellales	Ceratobasiidiaceae	<i>Thanatephorus</i> <i>Ceratobasidium</i>
				Polyporales

Estructuras reproductivas

El **Cuadro 6.5** resume los tipos de esporas y cuerpos fructíferos que caracterizan a cada división. A continuación, se definen y esquematizan las estructuras (**Figuras 6.9 a 6.16**).

Cuadro 6.5. Tipos de esporas y fructificaciones de los hongos.

Chitridiomycota	Zygomycota	Ascomycota	Basidiomycota
zoosporas	zigosporas	ascosporas	basidiosporas
		ascosporas en apotecio	picniosporas en picnio
		ascosporas en peritecio	ecidiosporas en ecidio
		ascosporas en cleistotecio o chasmotecio	urediniosporas en urediniosoro
		ascosporas en pseudotecio	teliosporas en teliosoro

Zigospora (del griego *zygos* “yunque” + *sporá* “semilla”): espora de reposo, de origen sexual que resulta de la fusión de dos gametangios (**Figura 6.9**)

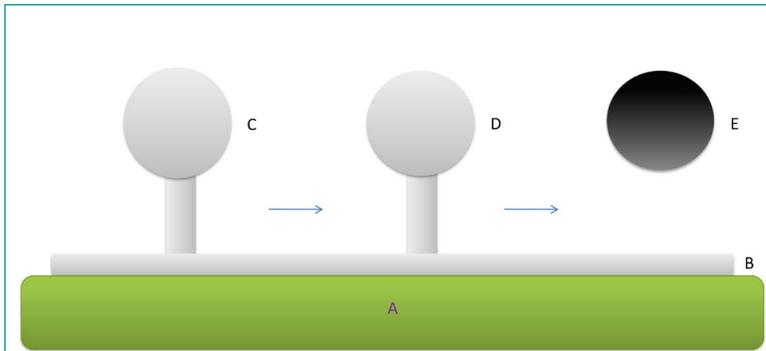


Figura 6.9. Formación de una zigospora. A= hospedante, B= hifa no tabicada, C= gametangio, D= fusión de gametangios, E= zigospora.

Esporangiospora (del griego *spore* + *angeion* “recipiente o vaso” + *sporá* “semilla”): espora no móvil, originada asexualmente por división del citoplasma de un esporangio (**Figura 6.10**)

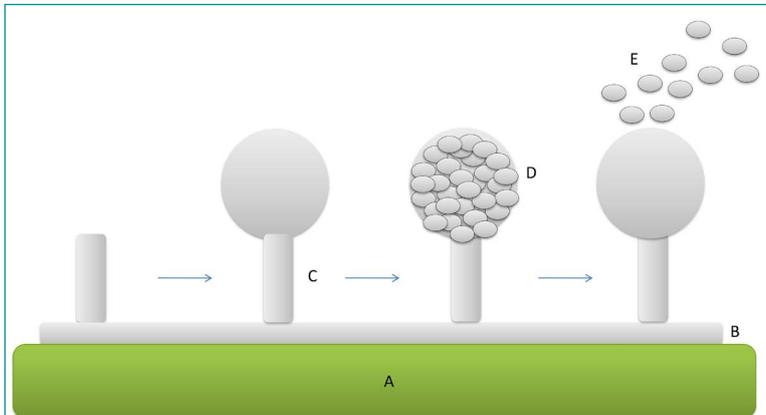


Figura 6.10. Formación de una esporangiospora. A= hospedante, B= hifa no tabicada, C= esporangióforo, D= esporangio, E= esporangiospora.

Ascospora (del griego *askos* “bolso” + *sporá* “semilla”): espora ubicada dentro de un asco, originada por reproducción sexual. Las ascosporas pueden presentarse libres o en cuerpos fructíferos. (**Figuras 6.11 y 6.12a,b,c,d**)

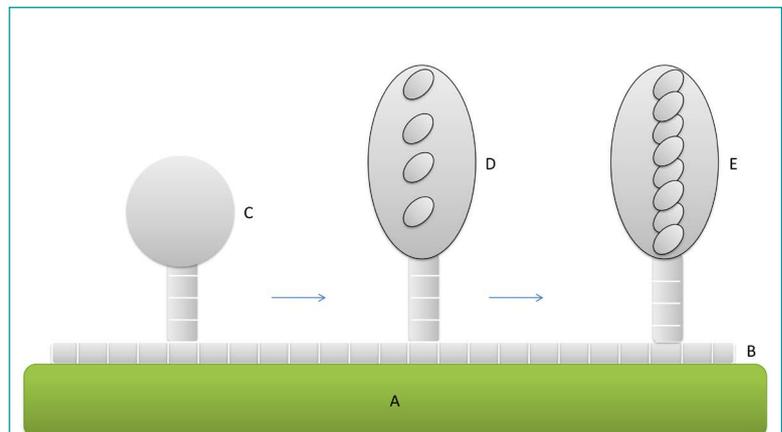


Figura 6.11. Formación de ascos y ascosporas. A= hospedante, B= hifa tabicada, C= gametangio, D= asco luego de meiosis, E= asco luego de mitosis, con ascosporas.

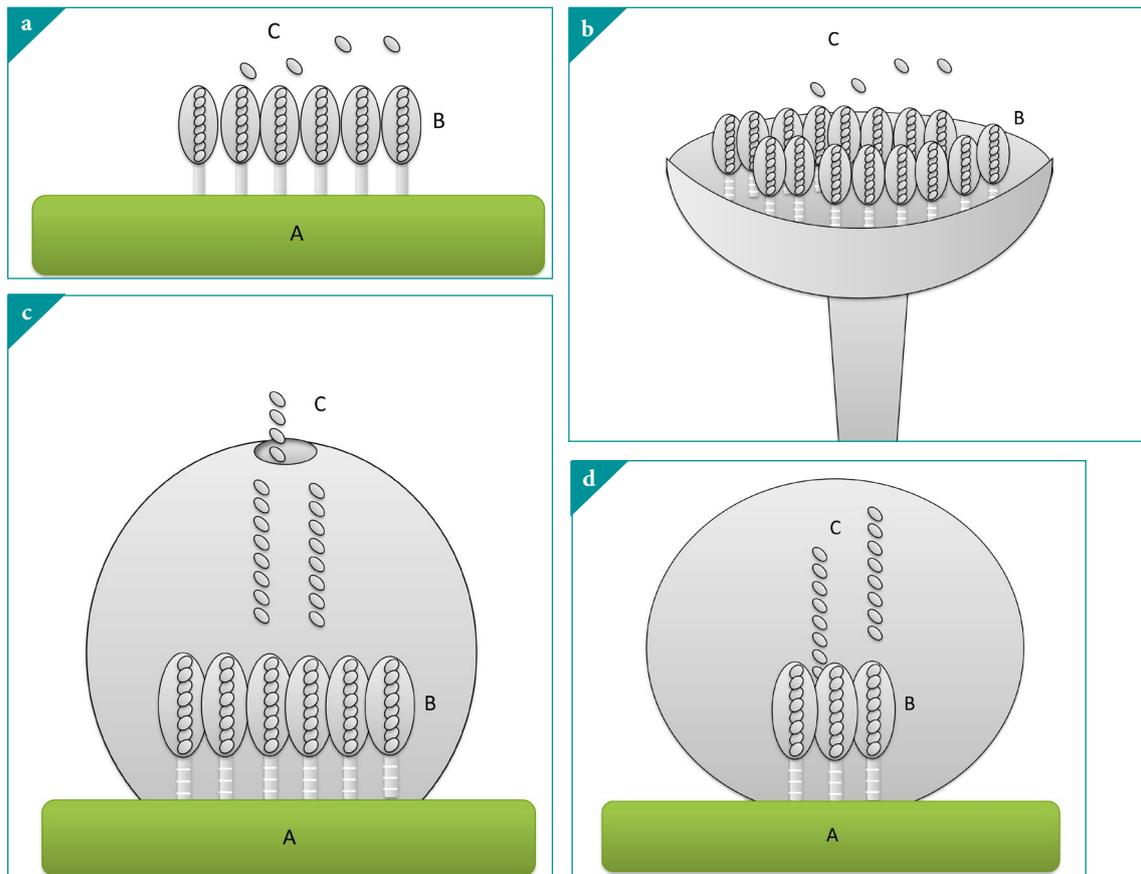


Figura 6.12. a. Ascospores libres. b. Ascospores en un apotecio. c. Ascospores en un peritecio. d. Ascospores en un chasmotecio. A= hospedante, B= ascos, C= ascospora.

Basidio (del griego *basidion* “base” + *sporá* “semilla”): espore ubicada sobre un basidio (estructura con forma de maza), originada por reproducción sexual. Las basidiosporas pueden presentarse libres o en cuerpos fructíferos (**Figuras 6.13 y 6.14**)

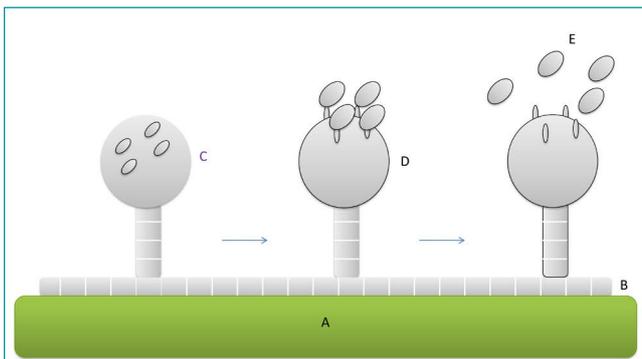


Figura 6.13. Formación de basidios y basidiosporas. A= hospedante, B= hifa tabicada, C= basidio con 4 núcleos luego de meiosis, D= núcleos dentro de iniciales de basidiosporas, E= basidiosporas.

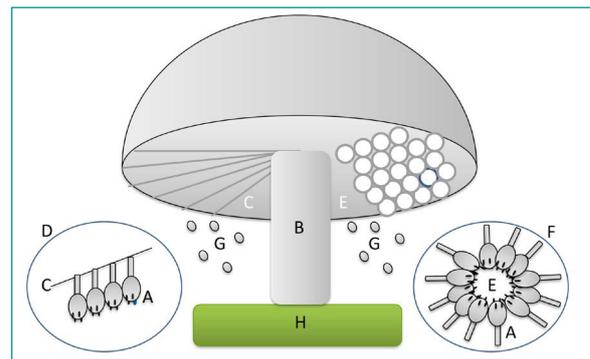


Figura 6.14. Basidiocarpo. Disposición de basidios (A) en laminillas (izquierda) y poros (derecha), B= pie, C= laminillas, D= detalle de laminillas con basidios, E= poros, F= detalle de basidios formando un poro, G= basidiosporas, H= hospedante.

Como se ha mencionado, los hongos se ubican en una división según sus esporas sexuales. El estado sexual se denomina perfecto o teleomorfo, mientras que el estado asexual es el imperfecto o anamorfo.

La reproducción asexual es la más frecuente. Para ubicar transitoriamente a la gran cantidad de hongos asexuales aún no conectados con un teleomorfo, se creó la clase artificial Deuteromycetes. Estos hongos asexuales (= imperfectos, anamórficos, conidiales) son especies-forma, ya que no se trata de verdaderas especies se-

gún el código de nomenclatura botánica. Cuando aparecen las formas sexuales, habitualmente estos hongos se asignan a Ascomycota (excepcionalmente Basidiomycota). El Cuadro 6.6 presenta algunos géneros de Deuteromycetes asociados con Ascomycota.

Cuadro 6.6. Ubicación taxonómica de Deuteromycetes.

División	Clase	Orden	Familia	Género	
				Ascomycota	Deuteromycetes
Ascomycota	Leotiomycetes	Erysiphales	Erysiphaceae	<i>Microsphaera</i>	<i>Oidium</i>
	Eurotiomycetes	Eurotiales	Aspergillaceae	<i>Eurotium</i>	<i>Aspergillus</i>
					<i>Penicillium</i>
	Helotiomycetes	Helotiales	Sclerotiniaceae	<i>Botryotinia</i>	<i>Botrytis</i>
	Dothideomycetes	Capnodiales	Micosphaerellaceae	<i>Mycosphaerella</i>	<i>Cercospora</i>
					<i>Septoria</i>
					<i>Drechslera</i>
Sordariomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Pyrenophora</i>	<i>Drechslera</i>	
	Hipocreales	Nectriaceae	<i>Giberella</i>	<i>Fusarium</i>	
	Glomerellales	Glomerellaceae	<i>Glomerella</i>	<i>Colletotrichum</i>	
Diaporthales	Diaporthaceae	<i>Diaporthe</i>	<i>Phomopsis</i>		

Conidio (del griego *konis* “polvo” e “*idion*” diminutivo): espora asexual, no móvil, formada por mitosis en el extremo o a los costados de una célula esporógena. Los conidios puede ser libres o estar en cuerpos fructíferos. (Figuras 6.15 y 6.16a,b,c,d)

Figura 6.15. Formación de conidios. A= hospedante, B= hifa tabicada, C= conidióforo, D= célula conidiógena, E= conidios.

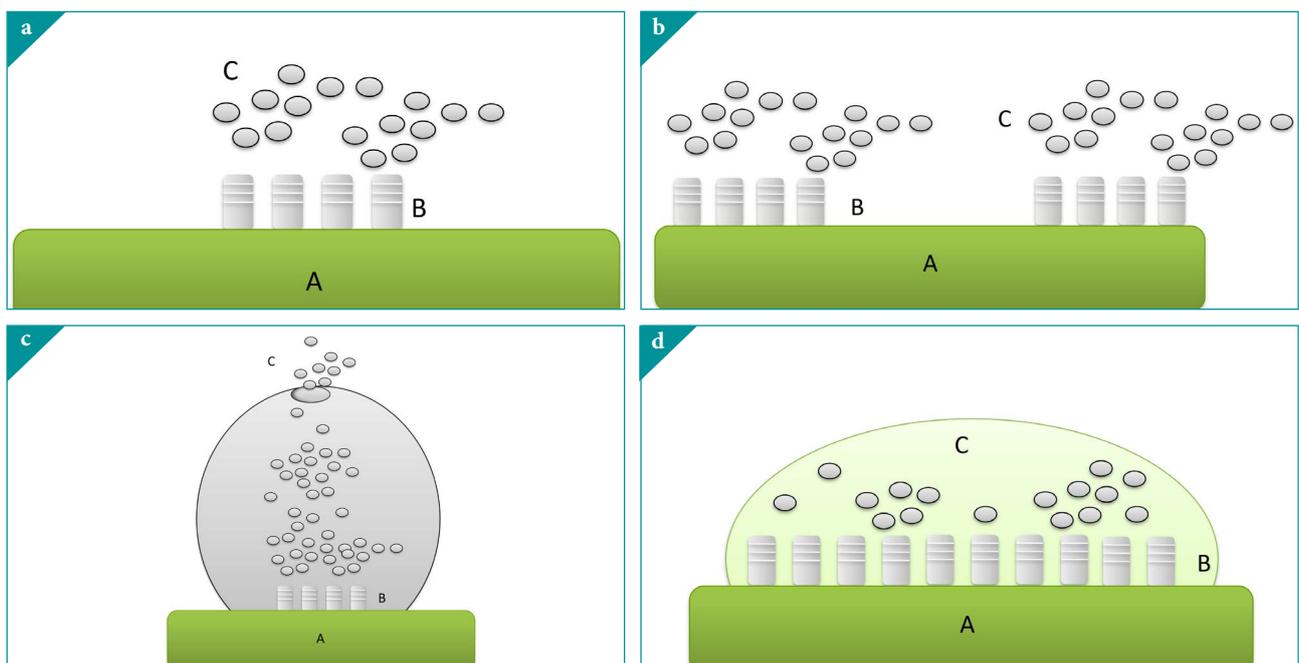
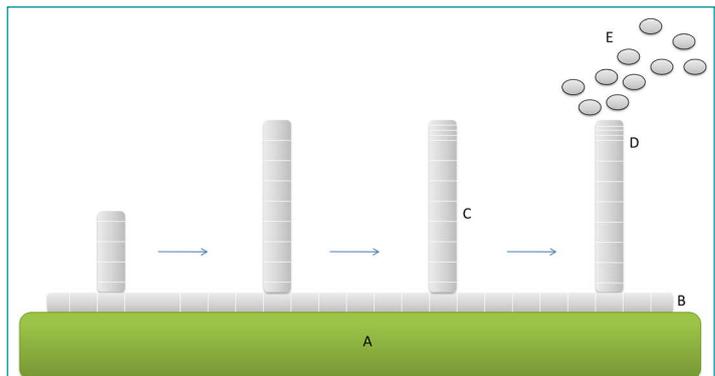


Figura 6.16. Conidios. a. libres, b. en esporodoquios, c. en picnidio, d. en acérvulo. A= hospedante, B= conidióforo, C= conidios.

6- Enfermedades parasitarias. Hongos

Para facilitar la comprensión y el estudio de este grupo tan extenso y diverso de fitopatógenos, el **Cuadro 6.7** resume características importantes.

Cuadro 6.7. Aspectos particulares de los distintos HONGOS.

	Talo		Células móviles		Reproducción	
	hifas	septos	sí	no	sexual	asexual
Protozoa			x		oospora	zoospora
Oomycota	x		x		oospora	zoospora
Chytridiomycota	(x)		x		zoospora	zoospora
Zygomycota	x			x	zigospora	esporangiospora
Ascomycota	x	x		x	ascospora	conidio
Basidiomycota	x	x		x	basidiospora	conidio

Importancia económica

Los HONGOS son considerados los principales responsables de las enfermedades de las plantas. Pueden ocasionar síntomas variados dentro de los grandes grupos (necrosis, crecimiento y desarrollo modificados, color modificado, transporte de agua disminuido). Algunos, como el género *Olpidium*, pueden ser además transmisores de virus. En el **Cuadro 6.8** se presentan los síntomas más frecuentes que ocasionan. Las fases y características de las enfermedades fúngicas están ampliadas en el capítulo 10. Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias.

Cuadro 6.8. Síntomas asociados a infecciones de HONGOS.

Síntoma	Protozoa	Chitridiomycota	Oomycota	Hongo
Necrosis				
Podredumbre		x	x	x
Cancro			x	x
Antracnosis				x
Mancha			x	x
Tizón			x	x
Ausencia de órganos vegetales				x
Crecimiento y desarrollo modificados				
Enanismo			x	
Agalla	x			x
Torsión y ampollado				x
Proliferación de órganos				x
Sarna	x			x
Fasciación				
Filodia				
Menor producción	x	x	x	x
Color modificado				
Clorosis	x	x	x	x
Mosaico				
Pigmentación				x
Virescencia				
Transporte de agua disminuido				
Marchitamiento vascular				x
Marchitez	x	x	x	x

* las x indican los síntomas más frecuentes

Los signos de las enfermedades de origen fúngico fueron listados en el capítulo 3. Síntomas y signos. A continuación se presentan algunas figuras ilustrativas (**Figuras 6.17, 6.18 y 6.19**)



Figura 6.17. Signos, estructuras vegetativas. a. micelio en papa podida, b. cordones sobre raíz necrosada de cosmos, c. micelio y esclerocios sobre chauchas con podredumbre húmeda.

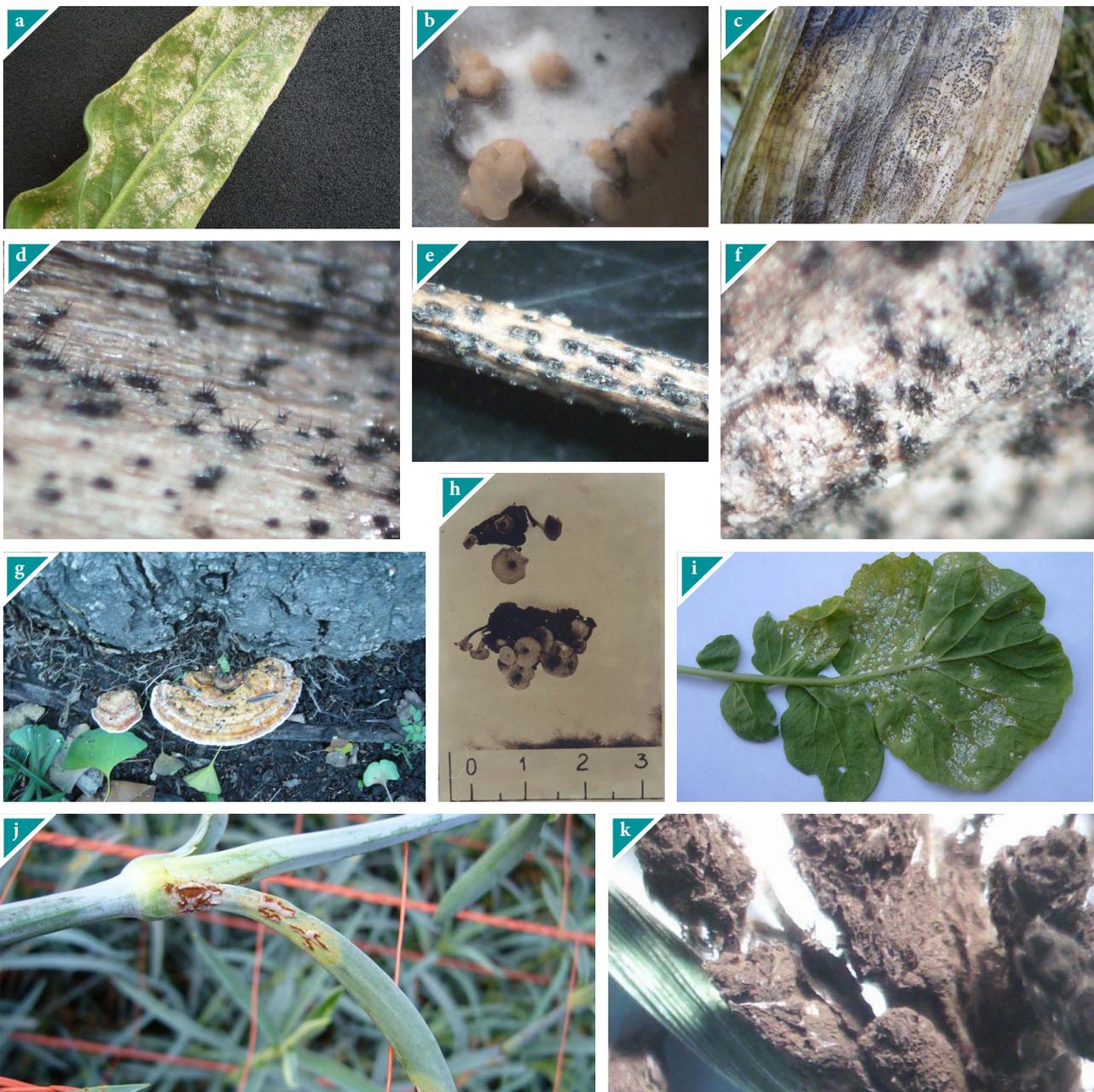


Figura 6.18. Signos, estructuras reproductivas. a. mildiu del alelí, b. micelio y esporodoquios sobre raíces podridas de calabicho, c,d. acérvulos en hoja de agapanto con antracnosis, e. picnidios en rama de arce atizonada, f. chasmotecios sobre tallo de trigo con oídio, g. basidiocarpo en base de árbol con podredumbre de la madera, h. apotecios emergidos de esclerocios, i. roya blanca en hoja de brassicácea, j. pústulas en hojas de clavel con roya, k. soros en espiga de gramínea con carbón.

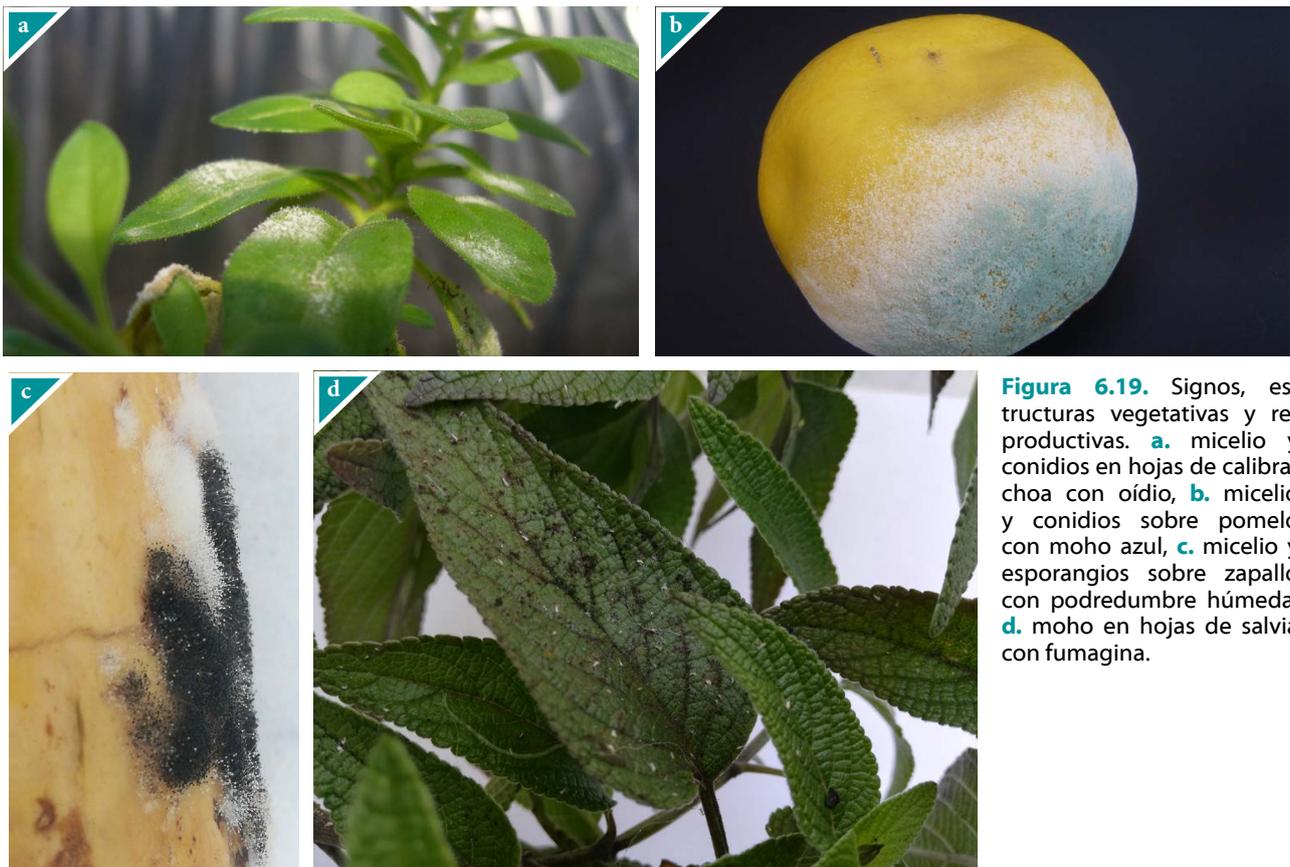


Figura 6.19. Signos, estructuras vegetativas y reproductivas. **a.** micelio y conidios en hojas de calibrachoa con oídio, **b.** micelio y conidios sobre pomelo con moho azul, **c.** micelio y esporangios sobre zapallo con podredumbre húmeda, **d.** moho en hojas de salvia con fumagina.

Entre las enfermedades fúngicas con alto impacto económico a nivel mundial se encuentran: tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*, Oomycota), mal de los almácigos (HONGOS), caries de los árboles (Basidiomycota) y royas de los cereales (*Puccinia* spp., Basidiomycota).

Hongos benéficos

En este capítulo se han descrito las características generales de los HONGOS y los aspectos particulares de aquellos que son patógenos vegetales. Las plantas terrestres evolucionaron a través de 425 millones de años y los hongos han estado asociados con este desarrollo evolutivo por milenios. Existen muchas asociaciones benéficas entre hongos y plantas en los sistemas agrícolas. Este tema está tratado en el capítulo 12. Manejo de la sanidad en producción vegetal.

Referencias

- Alexopoulos, C. J. y Mims, C W. (1979). *Introductory mycology*. New York, USA: John Willey & Sons.
- Blackwell, M., Vilgalys, R., James, T. Y. y Taylor, J. W. (2012). *Fungi. Eumycota: mushrooms, sac fungi, yeast, molds, rusts, smuts, etc.* Recuperado de <http://tolweb.org/Fungi/2377/2012.01.30> in
- Cório da Luz W. (2011). *Micología avanzada. Vol IIIa. Taxonomía de hongos anamórficos - I. Hifomicetos*. Passo Fundo, Brasil: RAPP.
- Fernández Valiela, M.V. (1979). *Introducción a la Fitopatología. Vol IV. Hongos y Mycoplasmas*. Buenos Aires, Argentina: Colección Científica INTA.
- Fernández Valiela, M.V. (1978). *Introducción a la Fitopatología. Vol III. Hongos*. Buenos Aires, Argentina. Colección Científica INTA.
- Hawksworth, D. L, Crous, P. W., Redhead, S. A., Reynolds, D. R., Samson, R. A., Seifert, K. A., ... y Zhang. N. (2011). The Amsterdam Declaration on Fungal Nomenclature, *IMA Fungus*, 2(1), 105-112.
- James, T. Y., Letcher, P. M., Longcore, J. E., Mozley-Standridge, S. E., Porter, D., Powell, M. J., Griffith, G. W. y Vilgalys, R. (2006). A molecular phylogeny of the flagellated fungi (Chytridiomycota) and a proposal for a new phylum (Blastocladiomycota). *Mycologia*, 98, 860-871.

- Kendrick, B. (2011). *Fungi and the history of Mycology*. Chichester, UK: John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9780470015902.a0002320.pub2
- Lay, C. Y., Hamel, C. y St. Arnaud, M. (2018). Taxonomy and pathogenicity of *Olpidium brassicae* and its allied species. *Fungal Biology*, DOI: 10.1016/j.funbio.2018.04.012.
- Lizárraga-Guerra, R., Guth, H. y López, G. M. (1997). Identification of the most potent odorants in huitlacoche (*Ustilago maydis*) and austern pilzen (*Pleurotus* sp.) by aroma extradilution analysis and static head-space samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 1329-1332.
- Marchionatto, J.B. (1940). Las especies de *Cyttaria* y *Cyttariella* en la Argentina. *Darwiniana*, 4(1), 9-32.
- Marchionatto, J.B. (1941). Antón de Bary, propulsor de la Fitopatología. *Agronomía*, XXXII(158), 186-192.
- McConnaughey, M. (2007). Physical and chemical properties of fungi. En: Pharm. The comprehensive pharmacology reference (pp. 1-3). Elsevier Recuperado de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.05231-4>
- Petersen, J.H. (2012). *The kingdom of fungi*. New Jersey, USA: Princeton University Press.
- Sarasola, A. y de Sarasola, M. A. R. (1975). *Fitopatología. Curso moderno. Micosis*. Tomo II. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur.
- Ulloa, M. y Hanlin, R. T. (2006). *Nuevo diccionario ilustrado de micología*. Minnesota, USA: The American Phytopathological Society.
- Universidad de Almería. 2020. *Principales grupos fúngicos*. Recuperado de <https://w3.ual.es/GruposInv/myco-ual/grupos.htm>
- Valverde, M. E., Hernández-Pérez, T. y Paredes-Lopez, O. (2012). Huitlacoche - A 21st century culinary delight originated in the Aztec times. En: Tunick, M. y González de Mejía, E. (Eds.), *Hispanic foods: chemistry and bioactive compounds* (pp. 83-100). Washington, USA: Oxford University Press. DOI: 10.1021/bk-2012-1109.ch007

Actividades sugeridas

- Realiza un análisis y resumen de las características distintivas de los protozoos, Oomycota y hongos.
- ¿Hay algo de cuadro 6.6 que te llame la atención?
- Averigua sobre las características y proceso de formación de picnios y ecdios.
- Investiga sobre las siguientes fungosis: hernia de las coles, tizón tardío de la papa, podredumbre de la base del tallo de soja, fusariosis del clavel, oídio y oidiopsis del tomate, carbones de los cereales y caries de los árboles.

7

Enfermedades parasitarias. Bacterias

Algunos aspectos históricos

Las bacterias descubiertas en 1676, durante bastante tiempo fueron solo objeto de curiosidad. Doscientos años más tarde y luego de profundas investigaciones y pruebas experimentales, Robert Koch y Louis Pasteur demostraron que estos microorganismos eran responsables de enfermedades importantes del hombre y otros animales, estudios que fundaron a la Bacteriología como ciencia. El primer reconocimiento de bacterias como agentes causales de enfermedades en plantas fue en 1878, cuando se detectaron partículas diminutas semejantes a células bacterianas en el fluido mucilaginoso que emergía de hojas de manzano atizonadas. Esta enfermedad, hoy conocida como el tizón de fuego, había sido observada por primera vez en Estados Unidos en 1780. Una vez que las bacterias fueron reconocidas como agentes causales de enfermedades de las plantas, se adoptaron para su estudio las técnicas desarrolladas por la Microbiología Médica.

Características generales

Son organismos microscópicos, procariotas. Su ADN se encuentra en una molécula única. No poseen núcleo definido, porque no está delimitado por una membrana.

Bacterias

Son seres unicelulares que se multiplican por división binaria (también llamada fisión o escisiparidad). Es un proceso simple durante el cual el núcleo se divide en dos por una mitosis, que presenta variaciones con respecto a una mitosis común.

Presentan tamaño variable, aproximadamente 1 μm de largo por 0,5 μm de ancho (1 micrómetro= 10^{-6} m). Están constituidas esencialmente por una membrana que encierra un citoplasma y una zona nuclear. La pared celular es una estructura rígida que determina la forma bacteriana. Pueden presentar ADN en plásmidos (**Figura 7.1**).

El término bacteria proviene de latín *bacteria* y éste del griego *baktēria* “bastón”. Las bacterias fitopatógenas son mayoritariamente baciliformes y no forman esporas. Como excepción, el género *Streptomyces* es filamentoso. Según la estructura y composición de su pared celular, responden en forma diferencial a la coloración de Gram, cuyo protocolo indica el uso de colorante violeta cristal, reactivo de Lugol y etanol. Las bacterias Gram negativas poseen paredes más permeables, que permiten que el etanol remueva dentro de la célula al complejo que se forma entre el colorante violeta cristal y el yodo de la solución de Lugol. Esto determina que en observaciones bajo microscopio, se vean rosadas. Por el contrario, las bacterias de reacción positiva a dicha coloración -con paredes más impermeables- no son decoloradas por el alcohol, por lo cual se visualizan de color violeta. La mayoría de las bacterias fitopatógenas es Gram negativa (con excepción de los géneros *Corynebacterium* y *Streptomyces*).

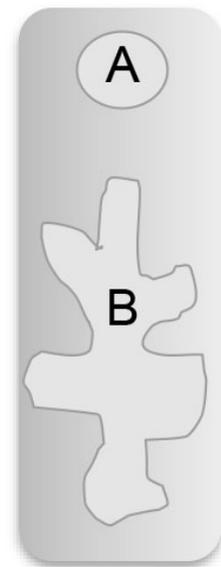


Figura 7.1. Esquema de una célula bacteriana. A= plásmido, B= cromosoma principal.

En general, pueden ser cultivadas en laboratorio (es decir, son no fastidiosas) y son aerobias estrictas o anaerobias facultativas. Pueden poseer una cubierta exterior gelatinosa o mucilaginosa de protección, que se denomina cápsula. La mayoría son móviles, capacidad que se asocia a la presencia de flagelos, que son prolongaciones delicadas y finas (0,02-0,03 μm de diámetro) generalmente mucho más largas que la bacteria misma (**Figura 7.2**). De acuerdo a la presencia, ubicación y número de flagelos, las bacterias pueden ser:

- Aflageladas, no móviles (*Corynebacterium*, *Xylella*)
- Monótricas, con un flagelo polar (*Xanthomonas*, *Pseudomonas*)
- Lofótricas, con varios flagelos polares (*Pseudomonas*)
- Peritricas, con flagelos distribuidos a lo largo y ancho de la célula bacteriana (*Agrobacterium*, *Erwinia*)

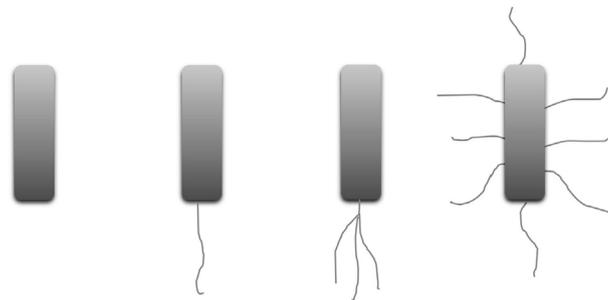


Figura 7.2. Denominación de las células bacterianas según la disposición de los flagelos. De izquierda a derecha: aflagelada, monótrica, lofótrica, peritrica.

Además de los flagelos, que intervienen en la movilidad, las bacterias pueden presentar otras proyecciones denominadas pilos. Éstos son más cortos y angostos que los flagelos, pero más numerosos, y participan en la adhesión de las células bacterianas a las superficies y en la transferencia de plásmidos. Flagelos y pilos son de naturaleza proteica.

Los plásmidos son información genética adicional (ADN extra-cromosómico) que algunas bacterias presentan fuera de la región nuclear. Parte de ese ADN puede ser transmitido a células vegetales y tiene importancia en la infección. Se trata de ADN circular, que se puede replicar de forma independiente del cromosoma bacteriano. No son esenciales para las bacterias, pero les confieren ventajas adaptativas. Codifican para la producción y resistencia a antibióticos.

PLÁSMIDOS

Cuando Bruce Watson comenzó a trabajar con *Agrobacterium tumefaciens* cepa C58, postuló la hipótesis del rol de un plásmido en la generación de las agallas en las plantas. Basado en trabajos donde se había estudiado que el calentamiento eliminaba los plásmidos de las células bacterianas, realizó experimentos con calor (37 °C) y la bacteria perdió capacidad patogénica. Fue una suerte que el científico trabajara con esa cepa, porque posteriormente se conoció que no todos los plásmidos son inactivados por calor.

Watson y Nester, 2005

Clase Mollicutes

Hasta 1967, todas aquellas enfermedades ocasionadas por patógenos invisibles por microscopía óptica eran consideradas de origen viral. Dentro de ese grupo se encuentran las que fueron diagnosticadas con posterioridad como ocasionadas por Mollicutes. En ese año, investigadores japoneses observaron partículas muy pequeñas en el floema de plantas de distintas especies con enanismo, escoba de brujas y amarillez. La morfología de esas partículas tenía mucha similitud con la de los micoplasmas que afectan a los animales. Es por ello que fueron denominadas microorganismos semejantes a micoplasmas (MLOs= *mycoplasma-like organisms*). Hoy los conocemos como fitoplasmas.

Los miembros de la clase Mollicutes (Spiroplasma y Phytoplasma) son fenotípicamente distintos de las otras bacterias. Al igual que ellas, poseen los orgánulos y rutas metabólicas indispensables para su crecimiento y replicación. Presentan una membrana citoplasmática, una molécula bicatenaria circular de ADN y moléculas de ARN. Su genoma es pequeño. Los Mollicutes carecen de paredes celulares, por lo cual son pleomórficos (esféricos, filamentosos, helicoidales). También, por carecer de pared, presentan reacción de Gram negativa. Son los organismos capaces de hacer vida libre más pequeños que se conocen. Miden 0,125 a 0,250 µm (= 125-250 nm) y carecen de flagelos. Son anaerobios facultativos. Algunos miembros son fastidiosos y otros no.

Los Spiroplasma tienen forma helicoidal y son móviles. Pueden ser cultivados *in vitro* en medios especiales y producen colonias tipo “huevo frito”. Ocasionalmente ocasionan pocas enfermedades en los vegetales. Son sensibles a las tetraciclinas.

A diferencia de los Micoplasmas, se considera que los Phytoplasmas no pueden ser cultivados *in vitro*. Afectan una cantidad considerable de hospedantes ocasionando enfermedades. Pueden ser muy difíciles de detectar dentro de las plantas, debido a que el número de células es bajo en muchos hospedantes y varía a lo largo del tiempo.

Clasificación

Bacterias

En forma similar a otros organismos, reciben una denominación binaria. La sistemática es muy dinámica, en especial luego de los avances en técnicas moleculares. A modo ilustrativo, se presentan clasificaciones que permiten comprender el agrupamiento de especies. La subespecie (subsp.) es una categoría por debajo de especie. Existen taxones menores, como patovar (pv.) que indican la especificidad por un hospedante dentro de una especie o subespecie. Por ejemplo, *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* afecta específicamente al género *Prunus*.

Clase Mollicutes

Los espiroplasma reciben una denominación binaria, por ejemplo *Spiroplasma citri* o *S. kunkellii*. Para los fitoplasmas, el estado provisorio *Candidatus* es utilizado para denominar entidades de las cuales no se conocen todas las características necesarias para su descripción. Es una denominación provisorio, por ejemplo, *Candidatus Liberibacter asiaticus* o *Candidatus Phytoplasma pyri*. El Cuadro 7.1 presenta un resumen de la clasificación e incluye géneros frecuentemente asociados con enfermedades bacterianas de las plantas. Las bacterias pertenecen al imperio Prokaryota, reino Bacteria.

Cuadros 7.1. Taxonomía del reino Bacteria y ejemplos de géneros con comportamiento fitopatógeno.

Filo=División	Clase	Orden	Familia	Género		
Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Rhizobiaceae	<i>Agrobacterium</i>		
				<i>Liberibacter</i>		
	Betaproteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	<i>Burkholderia</i>		
				<i>Ralstonia</i>		
	Gammaproteobacteria	Lysobacterales	Lysobacteriaceae	<i>Xanthomonas</i>		
				<i>Xylella</i>		
				Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	<i>Pseudomonas</i>
						Enterobacterales
				Pectobacteriaceae	<i>Pantoea</i>	
					<i>Dickeya</i>	
				<i>Pectobacterium</i>		
Tenericutes	Mollicutes	Entomoplasmatales	Spiroplasmataceae	<i>Spiroplasma</i>		
Actinobacteria	Actinobacteria	Corynebacterales	Nocardiaceae	<i>Rhodococcus</i>		
			Corynebacteriaceae	<i>Corynebacterium</i>		
		Streptomycetales	Streptomycetaceae	<i>Streptomyces</i>		

Las bacterias son capaces de originar una gran variedad de síntomas. A continuación, ejemplos.

Agrobacterium: Gram -, habitante de suelo

Crecimiento modificado: agallas o proliferación de raíces

Candidatus Liberibacter: Gram -, fastidiosa, coloniza floema

Crecimiento modificado: enanismo

Color modificado: amarillez

Ralstonia: Gram -, habitante de suelo

Pérdida de turgencia: marchitamiento vascular

Xanthomonas: Gram -, produce pigmentos amarillos no difusibles

Necrosis: manchas, cancos

Xylella: Gram -, fastidiosa, coloniza xilema

Necrosis: escaldadura

Crecimiento modificado: enanismo

Pseudomonas: Gram -, produce pigmentos fluorescentes en medio de cultivo pobre en hierro.

Necrosis: manchas, tizones, cancos

Crecimiento modificado: tumores

Erwinia: Gram -, anaerobia facultativa

Necrosis: tizón

Pectobacterium: Gram -, anaerobia facultativa

Necrosis: podredumbre

Clavibacter: Gram +, coloniza xilema

Necrosis: cancro

Pérdida de turgencia: marchitamiento vascular

Streptomyces: Gram +, crecimiento filamentosos

Crecimiento modificado: sarna

Spiroplasma: Gram +, invade floema

Crecimiento modificado: enanismo

Color modificado: amarillez

Candidatus Phytoplasma: Gram +, coloniza floema

Crecimiento modificado: enanismo, escoba de brujas, filodia

Color modificado: amarillez, virescencia

Importancia económica

Las enfermedades de origen bacteriano son más frecuentes y severas en ambientes tropicales y subtropicales, donde las temperaturas y la alta humedad atmosférica resultan conductivas. En esas condiciones, son frecuentemente reportadas así como las pérdidas que ocasionan.

Las bacterias y mollicutes fitopatógenos pueden ocasionar síntomas variados dentro de los grandes grupos (necrosis, crecimiento y desarrollo modificados, color modificado, transporte de agua disminuido). En el **Cuadro 7.2** se resumen los síntomas más frecuentes. Los signos, en caso de estar presentes, son exudados (= zoogreas) constituidos por células bacterianas y fluidos del hospedante. Las fases y características de las enfermedades bacterianas están ampliadas en el capítulo 10. Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias.

6- Enfermedades parasitarias. Bacterias

Entre las bacteriosis de alto impacto económico mundial se encuentran agalla de corona (*Agrobacterium tumefaciens*), cancris de los cítricos (*Xanthomonas campestris* subsp. *citri*), clorosis variegada de los cítricos (*Xylella fastidiosa*), HLB de los cítricos (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) y tizón de fuego de las Rosáceas (*Erwinia amylovora*) y marchitamiento bacteriano del tomate (*Ralstonia solanacearum*).

Cuadro 7.2. Síntomas asociados a infecciones de bacterias.

Síntoma	Bacterias	Mollicutes
Necrosis		
Podredumbre	x	
Cancro	x	
Antracnosis		
Mancha	x	
Tizón	x	
Ausencia de órganos vegetales		x
Crecimiento modificado		
Enanismo		x
Agalla	x	
Torsión y ampollado		
Proliferación de órganos	x	x
Sarna	x	
Fasciación		x
Filodia		x
Menor producción	x	x
Color modificado		
Clorosis	x	x
Mosaico		
Pigmentación		
Virescencia		x
Pérdida de turgencia		
Marchitamiento vascular	x	
Marchitez	x	

* las x indican los síntomas más frecuentes

Las enfermedades ocasionadas por bacterias pueden presentar exudados como signos (**Figura 7.3**) mientras que las ocasionadas por Mollicutes no presentan signo.



Figura 7.3. Exudados bacterianos sobre hoja de col con manchas foliares.

Bacterias benéficas

En este capítulo se han descripto las características generales de las bacterias y mollicutes, y los aspectos particulares de aquellos que son patógenos de las plantas. También, existen especies con comportamiento benéfico en los sistemas agrícolas. Este tema está tratado en el capítulo 12. Manejo de la sanidad en producción vegetal

Referencias

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. New York, USA: Academic Press.
- Atlas de Gotuzzo, E. (1975). *Bacterias*. En: Fernández Valiela, M.V. (Ed.). *Introducción a la Fitopatología. Volumen II: Bacterias, fisiogénicas, fungicidas, nematodos* (pp. 3-368). Buenos Aires, Argentina: Colección Científica del INTA.
- Bergey's Manual Trust. (2017). *Bergey's manual of systematics of Archaea and Bacteria. Taxonomic outline*. John Wiley & Sons. Recuperado de https://onlinelibrary.wiley.com/pb-assets/assets/9781118960608/Taxonomic_Outline_October_2017-1507044705000.pdf
- Bertaccini, A. y Duduk, B. (2009). Phytoplasma and phytoplasma diseases: a review of recent research. *Phytopathologia Mediterranea*, 48, 355-378.
- Brock, T. D. y Madigan, M. T. (1991). *Microbiología*. Ciudad de México, México: Prentice Hall Hispanoamericana.
- Bull, C. T., De Boer, S. H., Denny, T. P., Firrao, G., Fischer-Le Saux, M., Saddler, G. S., Scortichini, M., Stead, D. E. y Takikawa, Y. (2008). Demystifying the nomenclature of bacterial plant pathogens. *Journal of Plant Pathology*, 90 (3), 403-417.
- Contaldo, N., Bertaccini, A., Paltrinieri, S., Windsor, H. M. y Windsor, G. D. (2012). Axenic culture of plant pathogenic phytoplasmas. *Phytopatologia Mediterranea*, 51(3), 607-617.
- Cornell University. (2019). *Binary fission and other forms of reproduction in bacteria*. Cornell College of Agriculture and Life Sciences. Recuperado de <https://micro.cornell.edu/research/epulopiscium/binary-fission-and-other-forms-reproduction-bacteria/>
- Davis, R. E. y Worley, J. F. (1973). Spiroplasma: Motile, helical microorganism associated with corn stunt disease. *Phytopathology*, 63, 403-408.
- Doi, Y., Teranaka, M., Yora, Kiyochi y Asuyama, H. (1967). Mycoplasma- or PLT group-like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellows, or paulownia witches' broom. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*, 33(4), 259-266.
- Domermuth, C. H., Nielsen, M. H., Freundt, E. A. y Birch-Andersen, A. (1964). Ultrastructure of *Mycoplasma* species. *Journal of Bacteriology*, 88(3), 727-744.
- Domermuth, C. H., Nielsen, M. H., Freundt, E. A. y Birch-Andersen, A. (1964). Gross morphology and ultrastructure of *Mycoplasma gallisepticum*. *Journal of Bacteriology*, 88(3), 1428-1432.
- DSMZ. (20230). *Prokaryotic nomenclature up-to-date / LPSN*. Leibniz Institute. DSMZ – German collection of microorganisms and cell cultures. GmbH. Recuperado de <https://www.dsmz.de/services/online-tools/prokaryotic-nomenclature-up-to-date>
- Fernández, F. D., Marini, D., Farrando, R. y Conci, L. R. (2017). First report of a 'Candidatus Phytoplasma pyri' strain in Argentina. *Australasian Plant Disease Notes*, 12,8 Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s13314-017-0228-7>
- Fernandez, F. D., Meneguzzi, N. G., Guzman, F. A., Kirschbaum, D. S., Conci, V. C., Nome, C. F. y Conci, L. R. (2015). Detection and identification of a novel 16SrXIII subgroup phytoplasma associated with strawberry red leaf disease in Argentina. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 65, 2741-2747.
- Goto, M. (1992). *Fundamentals of bacterial Plant Pathology*. London, UK: Academic Press.
- Jones, P. (2001). Phytoplasma plant pathogens. En: Waller, J. M., Lenné, J. M. y Walker, S. J. (Eds.), *Plant pathologists' pocketbook* (pp. 126-140). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Kado, C. I. (2010). *Plant bacteriology*. St. Paul, Minnesota, USA: APS Press.
- Parker, C. T., Tindall, B. J. y Garrity, J. M. (Eds.). (2019). International Code of Nomenclature of Prokaryotes. Prokaryotic Code 20008 (Revision). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 69(1A), 1-111.
- Parte, A. C. (2018). LPSN - List of prokaryotic names with standing in nomenclature (bacterio.net), 20 years on. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 68, 1825-1829.
- Parte, A. C., Sardá Carbasse, J., Meier-Kolthoff, J. P., Reimer, L. C. y Göker, M. (2020). List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, DOI 10.1099/ijsem.0.004332
- Prasannath K. (2013). Pathogenicity and virulence factors of phyto bacteria. *Scholars Academic Journal of Biosciences*, 1(1), 24-33.

- Romeiro, R. d S. (1995). Bactérias fitopatogênicas. Minas Gerais, Brasil: Universidade Federal de Viçosa.
- Saddler, G. (2011). Bacteria and plant disease. En: Waller, J. M., Lenné, J. M. y Walker, S. J. *Plant pathologists' pocketbook* (pp. 94-107). Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Sarasola, A.M. y de Sarasola, M.A.R. (1975). *Fitopatología. Curso Moderno*. Tomo III. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur.
- Van Gerven, N., Waksman, G. y Remaut, H. (2011). Pili and flagella: biology, structure, and biotechnological applications. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 103, 21-72.
- Vidaver, A. K., and Lambrecht, P. A. (2004). Bacteria as plant pathogens. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2004-0809-01
- Watson B, Nester EW. (2005). A plasmid was present after all. En: Nester, E., Gordon, M. P., Kerr, A. (Eds.), *Agrobacterium tumefaciens. From plant pathology to biotechnology* (pp. 53-65). Minnesota, UK: APS Press.
- Young, J. M., Bull, C. T., De Boer, S. H., Firrao, G., Gardan, L., Saddler, G.E., Stead, D.E. y Takikawa, Y. (2001). *Committee on the taxonomy of plant pathogenic bacteria. International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria*. International Society for Plant Pathology. Recuperado de https://www.isppweb.org/about_tppb_naming.asp

Actividades sugeridas

- Realiza un análisis y resumen de las características distintivas de las bacterias y las particularidades de los Mollicutes
- Investiga sobre las siguientes bacteriosis: enfermedad de Pierce de la vid, clorosis variegada de los cítricos, HLB de los cítricos, tizón de fuego de las Rosáceas y marchitamiento bacteriano del tomate.

Enfermedades parasitarias. Virus

Algunos aspectos históricos

El término virus proviene del latín *virus* “veneno, ponzoña”. Se interpreta como infección viral a la aparición de hojas amarillas durante el verano, mencionada en un poema japonés del siglo I antes de Cristo. Un hecho histórico en el estudio de los virus fitopatógenos es la aparición de cambios muy apreciados en el color de las flores de tulipán. Esta característica transmisible a través de los bulbos, fue observada en el siglo XVII. Estos cambios en la coloración fueron atribuidos a virus, siglos después.

La investigación sobre los virus se inició en el siglo XIX. En 1885, se describieron los síntomas del mosaico del tabaco y se logró transmitir la enfermedad a plantas sanas por inoculación con extractos de hojas con síntomas. Posteriormente, en 1898, el microbiólogo holandés Martinus Willem Beijerinck realizó estudios muy completos para la época. Consideró que esa infección no era causada por microbios sino por un “fluido vivo contagioso” localizado dentro de los tejidos. Describió los distintos síntomas y observó la susceptibilidad de órganos en activo crecimiento, la tolerancia del agente causal al desecamiento y su inactivación a temperatura de ebullición. Sus estudios constituyen el hito fundacional de la Virología.

Características generales Virus

Las partículas virales están constituidas por genomas muy pequeños (una o dos hebras de ADN o ARN) normalmente cubiertos por una capa de proteínas o lipoproteínas. Sus dimensiones se expresan en nanómetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) por lo que sólo son visibles individualmente con microscopio electrónico. Pueden tener formas variadas (**Figura 8.1**) e incluso su material genético distribuido en varias partículas.

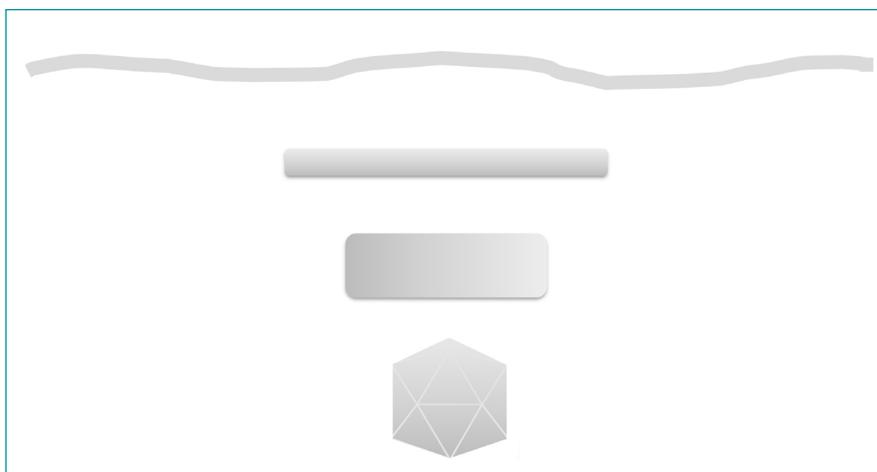


Figura 8.1. Formas de los virus fitopatógenos. De arriba hacia abajo: bastones flexuosos, bastones rígidos, bacilos, poliedros (icosaedros= poliedros con 20 caras).

Poseen algunas de las características de los sistemas vivos como la de tener genoma y la habilidad de adaptarse a ambientes cambiantes. Difieren de ellos en que son capaces de organizar su replicación sólo dentro de las células de sus hospedantes. La replicación depende de la maquinaria de síntesis de proteínas del hospedante.

Viroides

Los viroides son entidades más pequeñas que los virus, también denominadas subvirales. Constan solo de ARN circular.

Clasificación

Un organismo vivo posee estructura celular y, debido a su metabolismo, crece, se reproduce y adapta al ambiente. Si bien los virus y viroides se reproducen y tienen capacidad de adaptación, no son celulares ni metabolizan. Es por ello que no están incluidos en la clasificación de los seres vivos. Sin embargo, se clasifican para ordenar su estudio y su taxonomía está en conformidad con la de otras taxonomías.

La sistemática es muy dinámica, en especial luego de los avances de los últimos años en técnicas moleculares. A modo ilustrativo, se presentan clasificaciones que permiten comprender el agrupamiento de las especies por sus semejanzas.

Virus

Reciben una denominación que sintetiza datos sobre la planta en la cual se lo encontró, el síntoma más conspicuo de la enfermedad y la palabra virus. Por ejemplo, el virus del mosaico del tabaco se denomina *Tobacco mosaic virus* y se abrevia TMV. Los descriptores usados en taxonomía viral son las características y propiedades de los componentes (virión, genoma, proteínas, lípidos, carbohidratos), la organización y replicación del genoma, las propiedades antigénicas y biológicas (rango de hospedantes, patogenicidad, transmisión, distribución geográfica).

En el **Cuadro 8.1** se presenta un resumen de la clasificación de los virus. Incluye géneros frecuentemente asociados con enfermedades virales. Estas entidades se encuentran organizadas en:

Imperio Duplodnaviria, **reino** Heunggongviriae

Imperio Monodnaviria, **reinos** Loebvirae, Sangevirae, Shotokuvirae, Trapavirae

Imperio Riboviria, **reino** Orthornavirae

Imperio Varidnaviria, **reinos** Bamfordvirae, Pararnavirae, Helvetiavirae

Cuadro 8.1. Taxonomía de virus y ejemplos de géneros con comportamiento fitopatógeno.

Imperio Reino Filo=División	Clase	Orden	Familia	Género	Especie
Riboviria Orthornavirae Pisuviricota	Stelpaviricetes	Patatavirales	Potyviridae	Potyvirus	Potato virus Y Plum pox virus
Riboviria Orthornavirae Kitrinoviricota	Alsuviricetes	Martellivirales	Bromoviridae	Cucumovirus	Cucumber mosaic virus
				Ilarvirus	Apple mosaic virus
			Closteroviridae	Closterovirus	Citrus tristeza virus
			Virgaviridae	Tobamovirus	Tobacco mosaic virus
		Tymovirales	Alphaflexiviridae	Potexvirus	Potato virus X
			Betaflexiviridae	Trichovirus	Apple chlorotic leaf spot virus
	Tolucaviricetes	Tolivirales	Luteoviridae	Polerovirus	Potato leafroll virus
				Luteovirus	Barley yellow dwarf virus
Riboviria Orthornavirae Negarnaviricota	Ellioviricetes	Bunyavirales	Tospoviridae	Orthotospovirus	Tomato spotted wilt virus
Riboviria Orthornavirae Duplornaviricota	Milneviricetes	Serpentovirales	Aspiviridae	Ophiovirus	Citrus psorosis ophiovirus
	Resentoviricetes	Reovirales	Reoviridae	Fijivirus	Mal de Rio Cuarto virus

A continuación, se describen algunas características de virus ARN.

Potyvirus: filamentos flexuosos, transmitidos por áfidos en forma no persistente y experimentalmente en forma mecánica

Cucumovirus: virus icosaédricos, transmitidos por áfidos en forma no persistente

Illarvirus: de forma casi isométrica, ocasionalmente baciliforme; transmitidos por polen movilizado por corrientes de aire o por trips

Closterovirus: de partículas filamentosas, transmitidos por áfidos

Tobamovirus: bastones, transmitidos por contacto entre plantas, no transmitidos por vectores (cuando lo son a través de semillas, los embriones permanecen sanos)

Potexvirus: filamentos flexuosos, transmitidos en forma mecánica, por injerto y en algunos casos por áfidos o ácaros

Trichovirus: filamentos flexuosos; se transmiten en forma mecánica, algunos por ácaros

Luteovirus y *Polerovirus*: forma hexagonal, transmitidos por áfidos en forma circulativa, no propagativa

Orthospovirus: pleomórficos o esféricos, envueltos por una capa lipoproteica, transmitidos por trips en forma persistente

Ophiovirus: filamentosos, dispuestos en círculos, transmitidos en forma mecánica y por propagación vegetativa, en algunos casos a través de suelo

Fijivirus: de partículas icosaédricas, los transmiten chicharritas en forma persistente propagativa

Viroides

Reciben una denominación que sintetiza la planta en la cual se lo encontró, el síntoma más conspicuo de la enfermedad y la palabra viroide. Por ejemplo, el viroide que causa exocortis de los citrus se denomina *Citrus exocortis viroid* y se abrevia CEVd. En el **Cuadro 8.2** se presenta un resumen de la clasificación de los viroides, entidades que se encuentran organizadas en familias y géneros.

Cuadro 8.2. Taxonomía de viroides y ejemplos de géneros con comportamiento fitopatógeno.

Familia	Género	Ejemplo
Pospiviroidae	Pospiviroid	<i>Citrus exocortis viroid</i>
		<i>Chrysanthemum stunt viroid</i>
	Avsundviroid	<i>Avocado sunblotch viroid</i>
	Pelamoviroid	<i>Peach latent mosaic viroid</i>

Importancia económica

Los virus y viroides pueden ocasionar síntomas variados dentro de los grandes grupos de síntomas (necrosis, crecimiento y desarrollo modificados, color modificado, transporte de agua disminuido). En el **Cuadro 8.3** se resumen los síntomas más frecuentes que ocasionan los virus y viroides fitopatógenos. Las virosis carecen de signo. Las fases y características de las enfermedades virales están ampliadas en el capítulo 10. Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias.

Entre las virosis más ampliamente distribuidas y con alto impacto económico se encuentran tristeza de los cítricos (*Citrus tristeza virus*), mal de Río Cuarto (*Mal de Río Cuarto virus*), peste negra del tomate (*Tomato spotted wilt virus*) y psorosis (*Citrus psorosis virus*).

Cuadro 8.3. Síntomas ocasionados por virus y viroides en las plantas.

Síntoma	Virus	Viroides
Necrosis		
Podredumbre		
Cancro		
Antracnosis		
Mancha		
Tizón		
Ausencia de órganos vegetales	x	
Crecimiento y desarrollo modificados		
Enanismo	x	x
Agalla		
Torsión y ampollado	x	
Proliferación de órganos		
Sarna		
Fasciación	x	
Filodia	x	
Menor producción	x	x
Color modificado		
Clorosis	x	x
Mosaico	x	
Pigmentación		
Virescencia	x	
Transporte de agua disminuido		
Marchitamiento vascular		
Marchitez		

* las x indican los síntomas más frecuentes

Virus benéficos

En este capítulo se han descrito las características generales de los virus y viroides, y los aspectos particulares de aquellos que son patógenos de las plantas. Sin embargo, existen casos con comportamiento benéfico en los sistemas agrícolas. Este tema está tratado en el capítulo 12. Manejo de la sanidad en producción vegetal

TULIPOMANÍA

El mosaico del tulipán forma parte de la historia de los virus de las plantas, pues ya en 1576, el botánico francés Charles de L'Excluse hizo referencia a una clorosis infecciosa en esa especie. Desde 1637 los horticultores holandeses aprovecharon estas características para transmitir esta vistosa anomalía. Trescientos años más tarde, Cayley (1928) en Inglaterra y McKay *et al.* (1929) en los Estados Unidos, comprobaron independientemente, que el mosaico del tulipán es producido por un virus. Dubos (1958) sugirió que el pequeño grupo de variaciones vistosas en las plantas, podría denominarse "virosis ornamentales". En el caso del mosaico del tulipán, las flores presentan listas irregulares de variados tintes, que alteran el color uniforme de los pétalos.

Fernández Valiela (1995)

Referencias

- Beijerinck, M. J. (1898). Concerning a contagium vivum fluidum as cause of the spot disease of tobacco leaves. *Verhandelingen der Koninklijke akademie Wetenschappen te Amsterdam*, 65, 33-52.
- Caranta, C., Aranda, M. A., Tepfer, M. y López-Moya, J. J. (2011). *Recent advances in plant virology*. Norfolk, UK: Caisher Academic Press.

- Cornuet, P. (1992). *Elementos de Virología vegetal*. Madrid: España. Ediciones Mundi-Prensa.
- Fernández Valiela, M. V. (1995). *Virus patógenos de las plantas y su control*. Buenos Aires, Argentina. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria.
- Hanssen, H. y Arango, A. E. (1981) *Conceptos modernos sobre taxonomía viral*. *Biomédica*, 1(4), 247-265.
- Hull, R. (2014). *Plant virology*. London, UK: Elsevier.
- ICTV (2020). International Committee on Taxonomy of Viruses. Recuperado de <https://talk.ictvonline.org/>
- Matthews, R. E. F. (1991). *Plant virology*. London, Academic Press.
- Smith, K. M. (1972). *Textbook of plant virus diseases*. London, UK: Longman.
- van der Want, J. P. H. y Dijkstra, J. (2006). A history of plant virology. Brief review. *Archives in virology*, 151, 1467–1498.
- Yadav, S. y Chhibbar, A. K. (2018). Plant-virus interactions. *Molecular aspects of plant-pathogen interaction*, 43–77. doi:10.1007/978-981-10-7371-7_3

Actividades sugeridas

- Realiza un análisis y resumen de las características distintivas de los virus y las particularidades de los viroides.
- Investiga sobre las siguientes virosis: mosaico del tabaco, mal de Río Cuarto, peste negra del tomate, psorosis y exocortis de los cítricos.

Enfermedades parasitarias. Plantas

Plantas

Algunas especies de las Angiospermas han perdido su capacidad de vida autótrofa, adoptando hábitos de parasitismo. Se han reportado más de 2.500 especies con este comportamiento, pero sólo algunas presentan importancia económica por los daños que producen. Penetran en las plantas hospedantes mediante haustorios y obtienen de ellas los nutrientes que necesitan para crecer y desarrollarse. No presentan raíces funcionales. En algunos casos, pueden ser vectores de fitopatógenos localizados en los sistemas vasculares. Son parásitos obligados (Ver capítulo 10. Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias).

Las plantas parásitas pueden adherirse a las partes aéreas de sus plantas hospedantes y también a sus raíces. Con excepción del parasitismo, sus ciclos de vida no difieren de otras plantas de flor. En general producen semillas en gran cantidad. Éstas germinan y desarrollan plantas con flores que producen semillas que eventualmente producen más plantas.

Los síntomas que presentan las plantas infectadas son similares a aquellos que muestran las plantas sometidas a gran competencia: pérdida de turgencia, enanismo y deficiencia nutricional (excepcionalmente escobas de brujas). El signo de estas enfermedades es la misma planta parásita. Según su grado de parasitismo se clasifican en hemiparásitas y holoparásitas (y algunas situaciones intermedias).

Plantas hemiparásitas: No poseen raíces. Parasitan el xilema. Sus hojas son verdes (poseen clorofila) y realizan fotosíntesis. Dentro de este grupo se encuentra el género *Striga* (parásito de raíces) y muérdagos de los géneros *Phoradendron* y *Viscum* (parásitos aéreos de árboles).

Plantas holoparásitas: No poseen raíces ni clorofila. Parasitan xilema y floema. Son pequeñas, con hojas escamiformes y amarillentas. Dentro de este grupo se encuentran los géneros *Orobanchaceae*, *Cuscuta* y muérdagos del género *Arcauthobium*.

En la región, el género *Cuscuta* es de importancia. Es una planta de crecimiento envolvente, de color usualmente amarillento, con hojas escamiformes y flores pequeñas. Al germinar las semillas, los tallos filiformes crecen hasta ponerse en contacto con una planta (**Figura 9.1**). Allí produce haustorios que le permiten establecer conexiones con el xilema y el floema de la planta parasitada y al crecer, sus tallos van trepando por la planta. Desde allí, puede infectar plantas vecinas. Este comportamiento es utilizado en laboratorio para estudios de transmisión de virus y fitoplasmas fitopatógenos.



Figura 9.1. Infección por *Cuscuta* en un cultivo de lisianto. **a.** avance sobre plantas vecinas, **b.** tallo circundando al hospedante, **c.** detalle de inflorescencia.

Existen varias especies de cuscuta, que producen semillas en abundancia pocas semanas después de la floración. Las semillas presentan tamaño similar a las de algunos cultivos, como alfalfa, por lo cual si no se controla la calidad de las semillas se puede implantar un campo con partidas contaminadas.

Algas verdes

Unos pocos géneros de algas son patógenos de plantas. El caso más importante corresponde al género *Cephaleuros* (Figura 9.2). Puede cubrir la superficie de hojas y tallos de más de 200 especies vegetales, principalmente en zonas tropicales. Sus filamentos crecen preferentemente entre la cutícula y la epidermis de la planta hospedante y producen zoosporangios cuyas zoosporas son diseminadas por movimientos de aire y salpicaduras de agua. La infección es favorecida por condiciones de alta humedad y estrés de las plantas.



Figura 9.2. Infección de una planta de azalea por el alga *Cephaleuros* sp.

Las plantas terrestres y algas verdes son seres fotosintéticos, no móviles, cuyas células tienen paredes celulósicas. Se ubican en el Imperio **Eucaryota**, Reino **Plantae**. En el Cuadro 9.1 se presenta un resumen de la clasificación y nomenclatura asociada al Reino Plantae, que incluye géneros de plantas terrestres y algas verdes frecuentemente asociados con enfermedades de las plantas. El Cuadro 9.2 muestra los síntomas asociados a estas infecciones.

Cuadro 9.1. Ubicación taxonómica y ejemplos de géneros del Reino Plantae con comportamiento fitopatógeno.

Filo=División	Clase	Orden	Familia	Género
Magnoliophyta	Magnoliopsida	Scrophulariales	Orobanchaceae	<i>Orobanche</i>
			Scrophulariaceae	<i>Striga</i>
		Solanales	Cuscutaceae	<i>Cuscuta</i>
		Santalales	Viscaceae	<i>Phoradendron</i>
				<i>Viscum</i>
				<i>Arceuthobium</i>
Clorophyta	Ulvophyceae	Trentepohilales	Trentepohilaceae	<i>Cephaleuros</i>

Cuadro 9.2. Síntomas asociados a infecciones de plantas parásitas.

Síntoma	Plantas
Necrosis	
Podredumbre	
Cancro	
Antracnosis	
Mancha	
Tizón	
Ausencia de órganos vegetales	
Crecimiento modificado	
Enanismo	x
Agalla	
Torsión y ampollado	
Proliferación de órganos	
Sarna	
Fasciación	
Filodia	
Menor producción	x
Color modificado	
Clorosis	x
Mosaico	
Pigmentación	
Virescencia	
Pérdida de turgencia	
Marchitamiento vascular	
Marchitez	x

* las x indican los síntomas más frecuentes

Los signos de las enfermedades causadas por plantas parásitas y algas, son los talos de ambas.

Plantas benéficas

Innumerable cantidad de ejemplos pueden encontrarse de plantas que resultan beneficiosas para la protección vegetal. Entre ellas, las que constituyen fuente de metabolitos que controlan patógenos así como insectos transmisores de enfermedades, y aquellas que son alelopáticas. Estos temas se tratan en el capítulo 12. Manejo de la sanidad en producción vegetal.

Referencias

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. New York, USA: Academic Press.
- Joubert, J. J. y Rijkenberg, F. H. J. (1971). Parasitic green algae. *Annual Review of Phytopathology*, 9(1), 45-64.
- Melero, J. M. (1996). Las Angiospermas parásitas: el jopo del girasol. En: Lácser, G., López, M. M., Traperó, A. y Bello, A (Eds.). *Patología Vegetal. Tomo II* (pp. 1023-1035). Valencia, España: Phytoma.
- Schumann, G. L. y D'Arcy, C. J. (2006). *Essential plant pathology*. Minnesota, USA: APS Press.
- Washington State University. (2013). *Basic terminology and definitions in plant pathology*. Recuperado de https://s3.wp.wsu.edu/uploads/sites/2054/2014/04/TermsandDefinitions_001.pdf
- The plant list. (2020). Recuperado de <http://www.theplantlist.org/>
- USDA. (2020). *Plants database*. Recuperado de <https://plants.usda.gov>

Actividades sugeridas

- Investiga sobre los géneros listados en Cuadro 10.1: características, distribución geográfica, especies vegetales más afectadas y daños.

Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias

Patogenia

En su relación con la planta, un organismo puede evolucionar desde saprófito, hasta epífito, ectosimbionte, endosimbionte, parásito y finalmente patógeno. La interacción patógeno-planta es una relación antagónica.

Las enfermedades parasitarias de las plantas son de naturaleza cíclica. Ello explica el posible aumento de los daños en el transcurso de una temporada de cultivo y la reaparición del problema al año siguiente. Para estudiar los ciclos de las enfermedades fúngicas se definieron fases que luego se adaptaron para las ocasionadas por diferentes agentes. Las fases son sobrevivencia, diseminación, infección, colonización y reproducción. Las mismas se definen a continuación:

Sobrevivencia: Permanencia del inóculo

- Estado latente como estructuras de reposo
- Estado latente protegido en los tejidos vegetales
- Estado activo, con actividad saprófita
- Estado activo, con actividad patógena en otras plantas

La población infectiva del patógeno es llamada inóculo. El sitio en el que se encuentra el inóculo es llamado fuente de inóculo. Esta última es la que aporta las unidades infectivas que inician el ciclo de la enfermedad en un cultivo luego de la sobrevivencia.

Diseminación: Liberación, transporte y deposición del inóculo

- Factores ambientales: agua, aire, partículas de suelo
- Movimiento de plantas o sus partes (semillas, esquejes, bulbos)
- Calzado, herramientas

El transporte del inóculo comienza con su liberación, continúa con su dispersión en el espacio y culmina con su deposición sobre la superficie vegetal.

Infección: Establecimiento de la relación parasitaria

- Penetración
- Reconocimiento planta-patógeno

En el fenómeno de antagonismo que se establece entre los patógenos y las plantas, hay variaciones. El **Cuadro 10.1** presenta algunos parámetros que permiten clasificar a los patógenos según su relación con las plantas. Ocurre infección cuando se produce un reconocimiento entre el patógeno y el hospedante que permite establecer el parasitismo.

Cuadro 10.1. Clasificación de los patógenos según las características de infección y colonización.

Condición	Tipo de parásito	
Dependencia de tejidos vivos	no	necrótrofo
	sí	biótrofo
Grado de parasitismo	planta debilitada	débil
	planta en activo crecimiento	fuerte
Rango de hospedantes	estrecho	específico
	amplio	polífago
Órgano vegetal	órgano (raíz, tallo, flor, hoja)	local
	tejido de conducción	sistémico
Ubicación	interna	endógeno
	externa	exógeno

Colonización: Invasión de los tejidos vegetales

- Intercelular
- Intracelular
- Sistemas de conducción

Como consecuencia de la colonización, se evidencian los síntomas típicos de cada enfermedad. La **incubación** es el proceso que ocurre desde la penetración del patógeno hasta que aparecen los primeros **síntomas**. En función del tiempo de incubación una enfermedad puede ser:

Aguda: incubación breve. La planta manifiesta síntomas en poco tiempo, como en el mal de los almácigos

Subaguda: incubación intermedia, de diez a veinte días, como las royas

Crónica: incubación prolongada, que puede llegar a varios años, como en las caries de los árboles

Existe una clasificación de los parásitos que los divide en **biótrofos** y **necrótrofos**, según la necesidad de nutrirse de células vivas o no. El término **biótrofo** se aplica a un organismo que se nutre de los contenidos de las células hospedantes, sin matarlas. Esto aplica perfectamente a hongos con este tipo de nutrición, que absorben a través de haustorios, como los que ocasionan royas, oídios y mildius. Con el tiempo, se amplió el uso de este término para algunas bacterias. Su utilización para virus es errónea ya que si bien necesitan células vivas para su reproducción, no se nutren de ellas. En contrapartida, los **necrótrofos** avanzan entre las células y pueden seguir viviendo a expensas de ellas aún luego de que éstas pierdan integridad. Se utiliza este término para calificar numerosos hongos y bacterias, como los causantes de necrosis. Como en toda clasificación, existen situaciones intermedias: los **hemibiótrofos**.

Existe otra clasificación de los parásitos que los divide en **facultativos** y **obligados**, según la posibilidad o no de crecimiento en medios de cultivo sintéticos. Los **facultativos** pueden ser cultivados en laboratorio mientras que los **obligados** no. Ejemplos de parásitos facultativos: hongos y bacterias necrótrofos. Ejemplos de parásitos obligados: hongos biótrofos, fitoplasmas y virus.

Las dos clasificaciones anteriores se basan en conceptos distintos. La primera, en hábitos nutricionales y la segunda en posibilidad de cultivo *in vitro*. Sin embargo, como quedó expuesto en el párrafo anterior, existe cierta correspondencia entre patógenos facultativos y obligados con, respectivamente, patógenos necrótrofos y biótrofos.

La mayoría de los patógenos coloniza los tejidos de las plantas en forma interna, por lo cual se los denomina **endógenos**. En cambio, los **exógenos** son una minoría que coloniza las superficies externas, como los hongos productores de oídio.

Reproducción: Producción de inóculo

- Inóculo primario
- Inóculo secundario

En esta fase se generan nuevas unidades infectivas del patógeno. La **latencia** es el proceso que ocurre desde la penetración del patógeno hasta que aparecen los primeros **signos**. El tiempo de latencia es la duración de este proceso. Habitualmente, el tiempo de latencia supera al de incubación, por lo cual los signos suelen aparecer con posterioridad a los síntomas.

Constituyen **inóculo primario** los propágulos del agente etiológico responsables de la primera infección en el hospedante durante su estación de crecimiento. Este tipo de inóculo siempre proviene del medio externo a la planta. La **fuerza de inóculo primario** es el sitio donde sobrevive el patógeno.

Por otra parte, el **inóculo secundario** siempre se produce sobre la planta infectada como resultado de la culminación de un primer ciclo de infección. Por ello, los órganos enfermos son **fuerza de inóculo secundario**. Allí se produce inóculo que puede alcanzar otros órganos u otras plantas durante la misma estación de crecimiento.

Las **enfermedades monocíclicas** son aquellas en las cuales las fases suceden una sola vez por ciclo del cultivo. Es decir, ocurre un solo ciclo de infección. Es el caso de la podredumbre basal de plántulas y plantas adultas, y los carbones de las gramíneas. También aquellas ocasionadas por patógenos que podrían generar ciclos secundarios, pero atacan en la época final de los cultivos, por ejemplo, las enfermedades de la poscosecha y las enfermedades de fin de ciclo en cultivos para granos. La **Figura 10.1** esquematiza el ciclo de una enfermedad de este tipo.

Enfermedad monocíclica:
presenta 1 ciclo de enfermedad por ciclo de cultivo

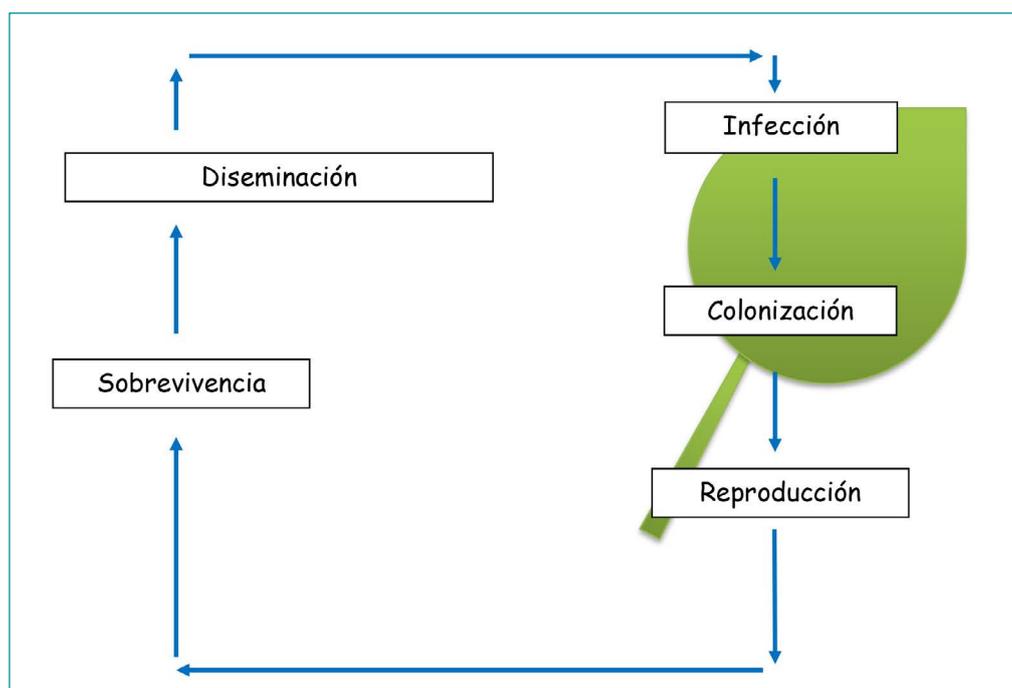


Figura 10.1. Ciclo de una enfermedad monocíclica.

Las **enfermedades policíclicas** son aquellas en las cuales las etapas suceden más de una vez por ciclo del cultivo. Es decir, ocurre más de un ciclo de infección: uno primario y uno o más secundarios. En consecuencia, presentan dos tipos de inóculo: primario y secundario (con sus respectivas fuentes de inóculo). Es el caso de las royas, oídios, manchas foliares. La **Figura 10.2** esquematiza el ciclo de una enfermedad de este tipo.

Enfermedad policíclica:
presenta varios ciclos de enfermedad por ciclo de cultivo

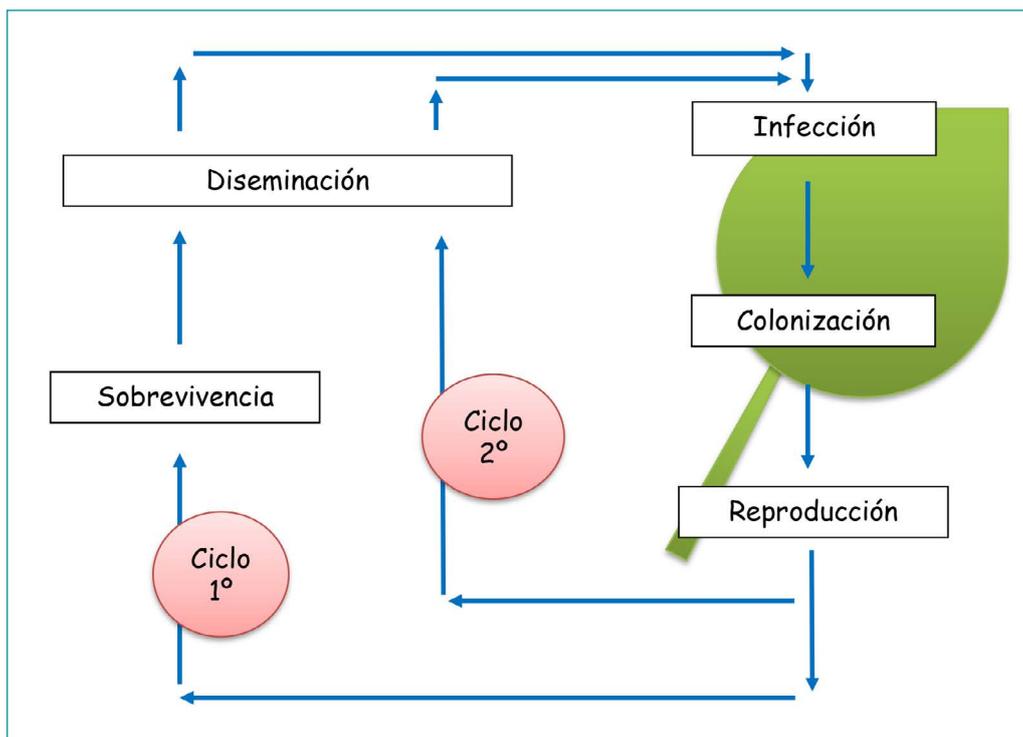


Figura 10.2. Ciclo de una enfermedad policíclica.

En las páginas siguientes se presentan los distintos grupos de agentes parasitarios, con las particularidades de los ciclos de enfermedad.

Hongos

A continuación se presentan algunas características distintivas del ciclo de las enfermedades fúngicas (**Cuadro 10.2** y **Figuras 10.3** y **10.4**).

Cuadro 10.2. Estructuras reproductivas y sus funciones en los ciclos de vida fúngicos.

Origen de la espora	Denominación	Función
sexual	oospora	infección primaria
	zigospora	infección primaria
	ascospora	infección primaria
	basidiospora	infección primaria
asexual	zoosporangiospora= zoospora	infección secundaria
	conidio	infección secundaria

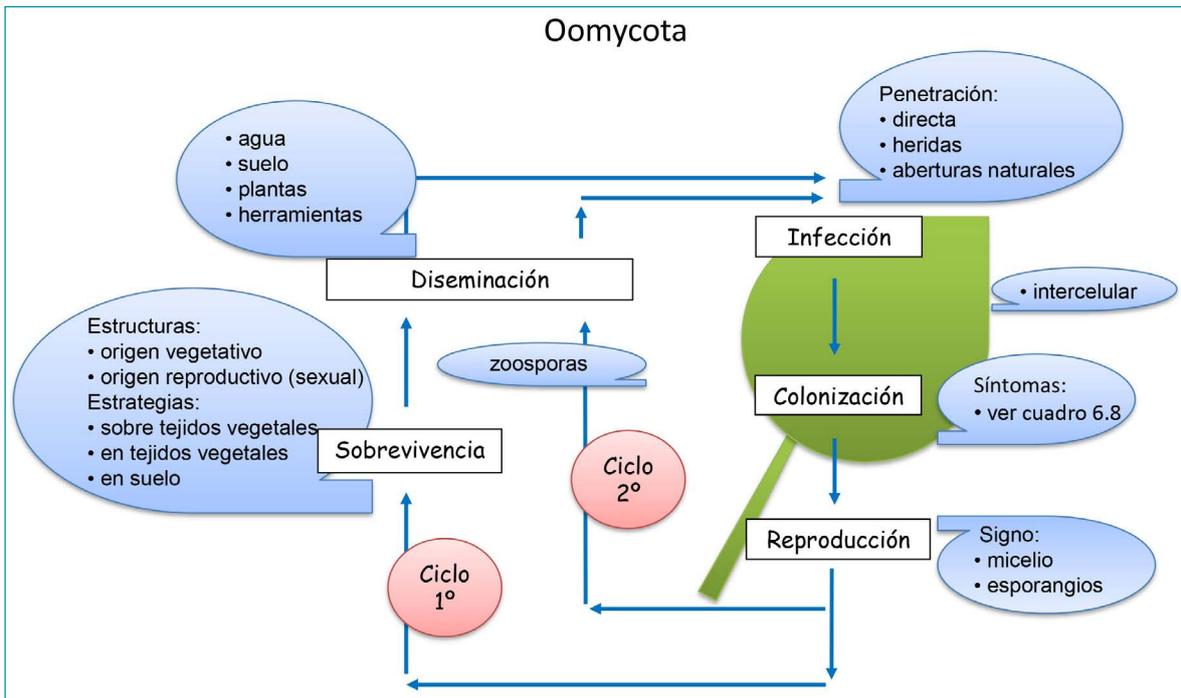


Figura 10.3. Diferentes alternativas en los ciclos de enfermedad de los Oomycota.

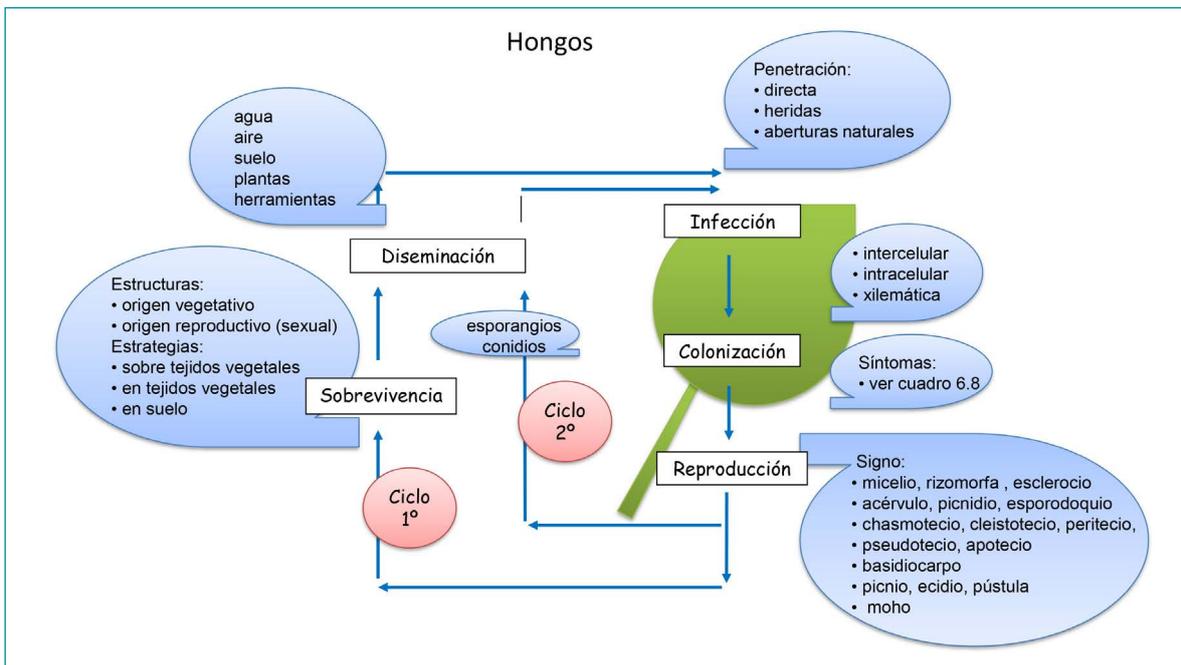


Figura 10.4. Diferentes alternativas en los ciclos de enfermedad de los hongos.

Bacterias

A continuación se presentan algunas características distintivas del ciclo de las enfermedades bacterianas (Figuras 10.5 y 10.6). Con respecto a la diseminación a través de vectores, algunas bacterias son transmitidas de esta manera, por ejemplo *Xylella fastidiosa* (chicharritas) y *Candidatus Liberibacter* (psílidos). Los Mollicutes son transmitidos por chicharritas en forma persistente. La relación entre los patógenos y sus vectores es ampliada en páginas subsiguientes, cuando se refiere a transmisión viral.

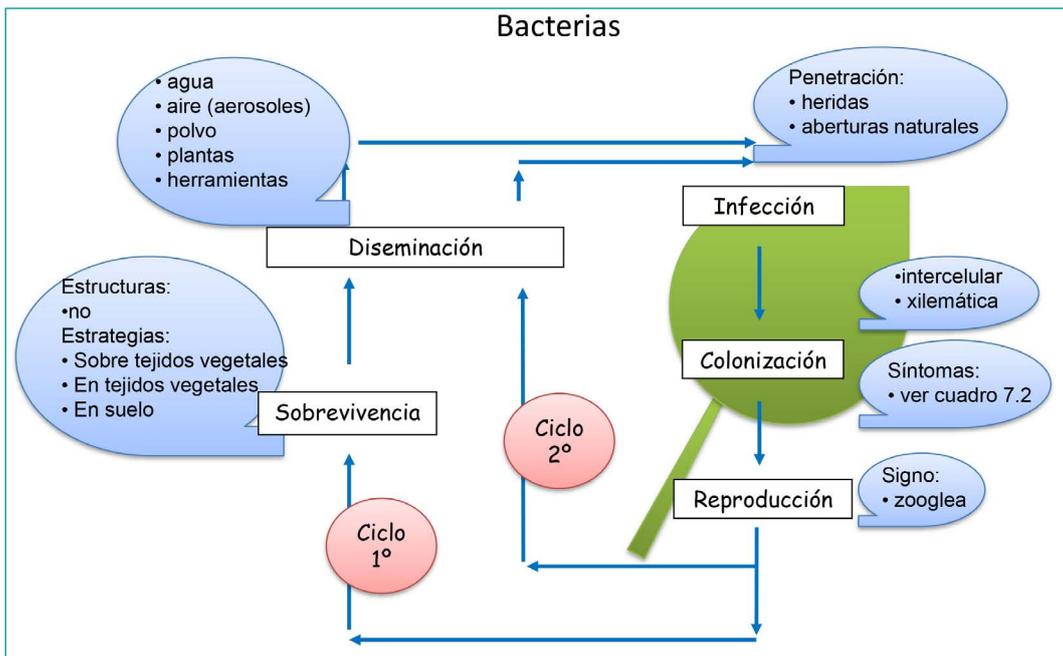


Figura 10.5. Diferentes alternativas en los ciclos de enfermedad de las bacterias.

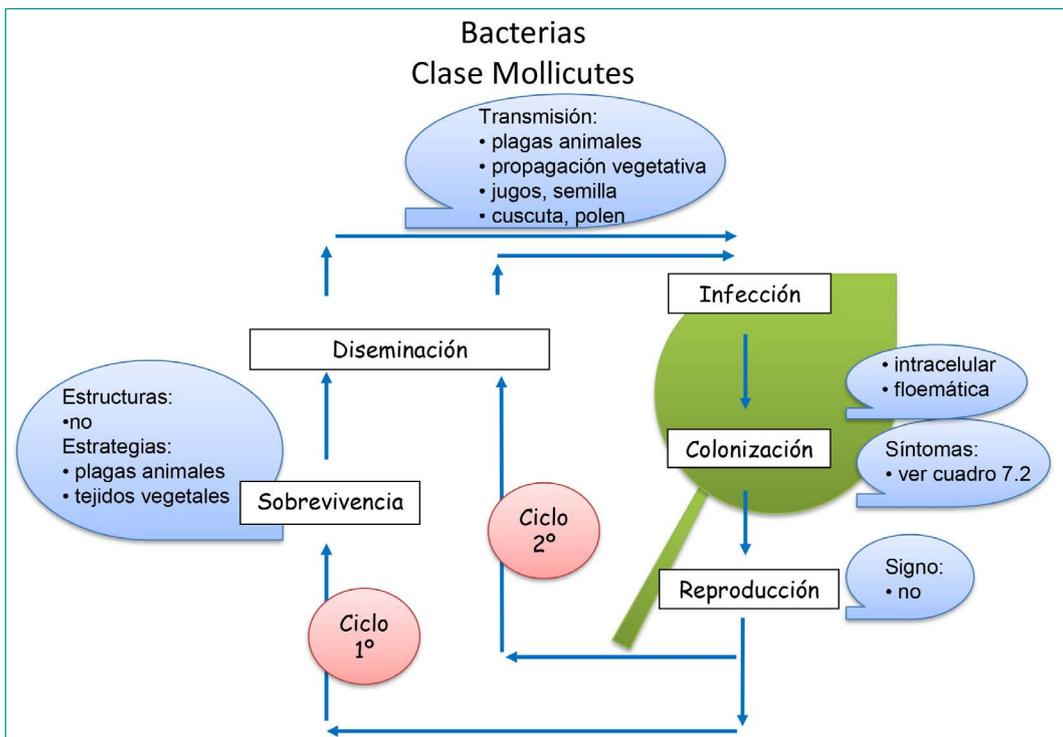


Figura 10.6. Diferentes alternativas en los ciclos de enfermedad de los Mollicutes.

Virus

Con la intención de explicar las fases de las enfermedades virales, se utilizan las propuestas para hongos y luego bacterias. En este caso particular, se utiliza el término **transmisión**, para describir las fases de diseminación e inicio de infección. A continuación se presentan algunas características distintivas del ciclo de las virosis (Figura 10.7).

10- Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias

Los virus requieren pequeñas heridas para poder penetrar en tejidos vegetales, ya que no pueden entrar en plantas con la cutícula intacta. Dentro de los tejidos vegetales, se mueven de célula a célula hasta llegar a los sistemas de conducción, haciéndose sistémicos.

Tanto para virus como para bacterias Mollicutes, la transmisión a través de vectores puede ser de vital importancia. Entre los vectores se destacan áfidos, chicharritas y trips. Por ello se estudia el tipo de relación patógeno-vector, que puede ser:

- No circulativo, no persistente: no circula ni se multiplica en el vector
Potato virus Y (PVY, Potyvirus)
Cucumber mosaic virus (CMV, Cucumovirus)
- No circulativo, semi persistente: no circula ni se multiplica en el vector
Citrus tristeza virus (CTV, Closterovirus)
- Circulativo, persistente, no propagativo: circula pero no se multiplica en el vector
Cauliflower mosaic virus (CaMV, Caulimovirus)
- Circulativo, persistente, propagativo: circula y se propaga en el vector
Tomato spotted wilt virus (TSWV, Orthotospovirus)

Especies de moscas blancas, cascarudos, vaquitas, arañuelas, nematodos y hongos también han sido reportados como vectores. Entre las plantas, la cuscuta también puede transmitir.

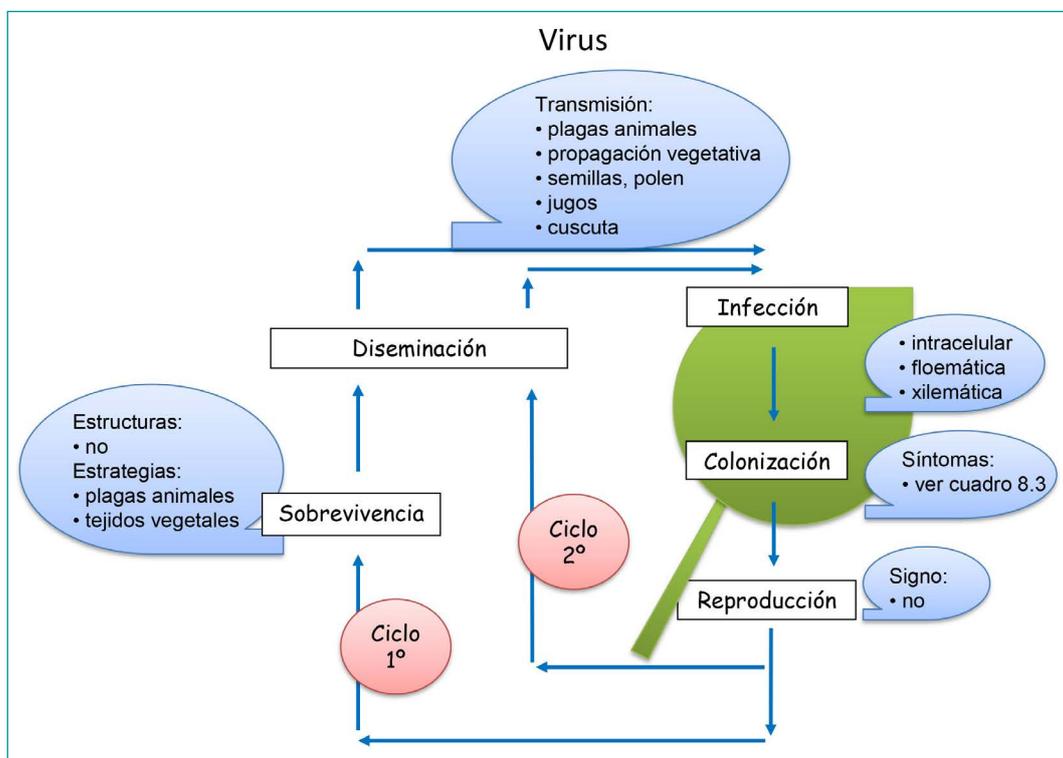


Figura 10.7. Diferentes alternativas en los ciclos de enfermedad de los virus.

Epidemias

Resulta útil graficar la evolución de las enfermedades en función del tiempo y del espacio. En general, para ello se utilizan los parámetros incidencia y severidad. **Incidencia** es un estimador del porcentaje de plantas u órganos afectados mientras que **severidad** es un estimador del porcentaje afectado en los órganos.

Incidencia

porcentaje de plantas/órganos afectados

Ejemplo
$$\frac{\text{plantas enfermas} \times 100}{\text{total de plantas}}$$

Severidad:

área porcentual afectada en cualquier órgano (flores, hojas, frutos, bulbos)

Ejemplo
$$\frac{\text{área cubierta por manchas foliares} \times 100}{\text{área de la hoja}}$$

Estos parámetros surgen de observaciones realizadas en muestreos, con una metodología elegida con anterioridad. Si se realizan observaciones a intervalos de tiempo determinados, se pueden confeccionar curvas de progreso de las enfermedades. La **Figura 10.8** muestra curvas típicas de la evolución en el tiempo de enfermedades mono y policíclicas, respectivamente. Las curvas se pueden transformar en rectas y calcular su pendiente, que es la tasa promedio de la enfermedad.

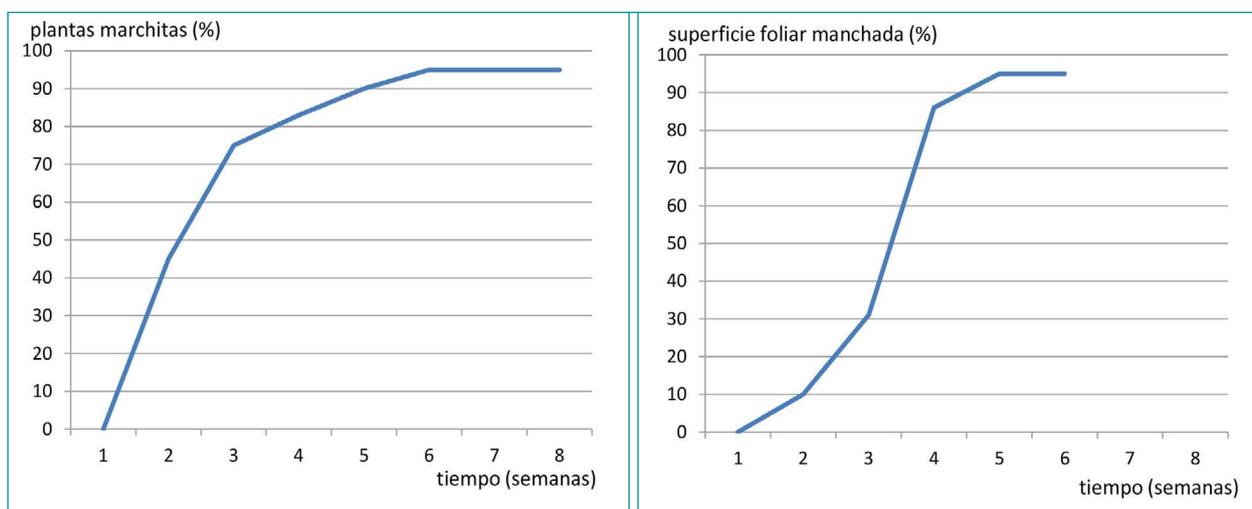


Figura 10.8. Curva de progreso de una enfermedad. a. monocíclica, b. policíclica.

Epidemia

Cuando el daño que ocasionan las enfermedades se incrementa en el tiempo o en el espacio de manera importante, se puede considerar la existencia de una epidemia.

Como fue presentado en el capítulo 3. Síntomas y signos, las enfermedades pueden clasificarse según su ocurrencia, determinando los tipos que se definen a continuación:

Endémica: propia de una localidad o región

Epidémica: se expande en forma intensa sobre un alto número de individuos

Esporádica: ocasional, sin carácter endémico ni epidémico

Pandémica: epidémica que se extiende a muchos países o ataca a casi todos los individuos de una localidad o región.

Estudiar y graficar la evolución de las enfermedades permite conocer su comportamiento y planificar su manejo (ver capítulo 12. Manejo de la sanidad en producción vegetal).

Bibliografía

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology*. New York, USA: Academic Press.
- Cornell University. (2013). *On-line glossary of technical terms in plant pathology*. Recuperado de <http://www.plantpath.cornell.edu/glossary/>
- Cowling, E. B. y Horsfall, J. G. (1978). Prologue: how disease develops in populations. En: *Plant disease. An advanced treatise*. Vol 2. (pp 1-15). New York, USA: Academic Press.
- Dietzgen, R. G., Mann, K. S. y Johnson, K. N. (2016). Plant virus-insect vector interactions: current and potential future research directions. *Viruses*, 8, 303. DOI: 10.3390/v8110303
- Horsfall, J. G. y Cowling, E. B. (1978). Pathometry: the measurement of plant disease. En: *Plant disease. An advanced treatise*. Vol 2. (pp 120-135). New York, USA: Academic Press.
- Madden, L. V., Hughes, G. y van den Bosch, F. (2011). *The study of plant disease epidemics*. Minnesota, USA: APS Press.
- Mc New, L. G. (1960). The nature, origin and evolution of parasitism. En Horsfall, J. G. y Dimond, A. E. (Eds.), *Plant Pathology. An Advanced Treatise*. Vol 2. (pp 19-69). New York, USA: Academic Press.
- Pinstrup-Andersen, P. (2001). *The future world food situation and the role of plant diseases*. APS. DOI: 10.1094/PHI-I-2001-0425-01.
- Schumann, G. L. y D'Arcy, C. J. (2006). *Essential plant pathology*. Minnesota, USA: APS Press.
- Siqueira de Azevedo, L. A. (1998). *Manual de quantificação de doenças de plantas*. São Paulo, Brasil: Novartis Biociencias.
- The American Phytopathological Society. (2020). *Plant disease epidemiology: Temporal aspects. Disease progress*. Recuperado de <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/EpidemiologyTemporal/Pages/Disease%20Progress.aspx>
- Vidhyasekaran, P. (2004). *Concise encyclopedia of plant pathology*. New York, USA: Food Products Press.
- Waller, J. M., Lenné, J. M. y Walker, S. J. (2001). *Plant pathologists' pocketbook*. Wallingford, UK: CABI Publishing.

Actividades sugeridas

- Compara los esquemas de ciclos de enfermedad de hongos, bacterias y virus. Detecta similitudes y diferencias.
- Realiza un cuadro comparativo de los síntomas que ocasionan hongos, bacterias y virus en las plantas.
- Confecciona un esquema de la patogenia de plantas parásitas, con las particularidades de cada una.

¿Cómo se diagnostica una enfermedad?

El diagnóstico de una enfermedad es el arte o acto de conocer su origen o etiología (del griego *aitiología*, estudio sobre las causas de las cosas). Este conocimiento es la base para definir medidas de manejo.

Diagnosticar:

recoger y analizar datos para evaluar problemas de diversa naturaleza

En 1840, Jacob Henle publicó estudios sobre la relación de las enfermedades infecciosas con organismos parásitos. Robert Koch (1843-1910) fue un médico alemán, quien influenciado por Henle, estudió la transmisión del bacilo previamente descubierto como causa del ántrax. El aislado de la bacteria del ántrax le fue facilitado a Koch por un asistente llamado Julius R. Petri, quien ideó unas cajas de vidrio con tapa, que conocemos como placas de Petri.

Koch obtuvo sangre del bazo de animales de granja con ántrax y animales sanos. Utilizando astillas de madera, inoculó ratones sanos con esas sangres. Sólo se enfermaron los ratones inoculados con la sangre de animales enfermos (**Figura 11.1**). De esta manera se pudo confirmar la transmisión del ántrax a través de la sangre.

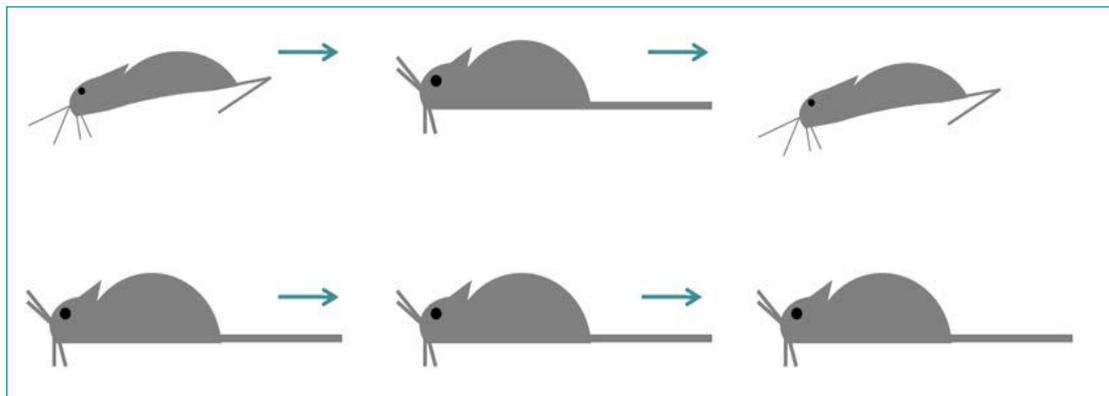


Figura 11.1. Esquema de los estudios de transmisión de ántrax realizados por Koch, con sangre de animales enfermos (línea superior) y sangre de animales sanos (línea inferior).

Las investigaciones que realizó Koch entre 1884 y 1890, le permitieron comprender aspectos fundamentales de la transmisión de distintos patógenos y enunciar unos postulados al respecto. Éstos se conocen como Postulados de Koch y son los criterios a cumplir para determinar la relación entre un parásito y una enfermedad:

1. El parásito está presente siempre que se manifiesta esa enfermedad y es responsable de los cambios patológicos y clínicos que la enfermedad causa.
2. El parásito no está asociado a ninguna otra enfermedad como fortuito o no patogénico.
3. Luego de ser aislado del cuerpo enfermo y desarrollado repetidamente en cultivo puro, el parásito puede inducir la enfermedad de nuevo.

11- ¿Cómo se diagnostica una enfermedad?

Los postulados de Koch fueron adoptados para el estudio de otras enfermedades de animales y también de vegetales. En 1905, el norteamericano Erwin Frink Smith (1854-1927), considerado el padre de la Fitobacteriología, agregó un cuarto postulado a los propuestos por Koch. Estos cuatro postulados son en su totalidad los criterios que se deben cumplir para establecer la relación entre una enfermedad y el parásito que la ocasiona (**Figura 11.2**):

1. El microorganismo siempre acompaña a la enfermedad.
2. El microorganismo puede ser aislado de la planta enferma y estudiado. Si no puede ser aislado, igualmente se estudian sus características.
3. El microorganismo inoculado en una planta susceptible y sana, reproduce la enfermedad.
4. El patógeno debe ser aislado de la planta que reprodujo los síntomas.

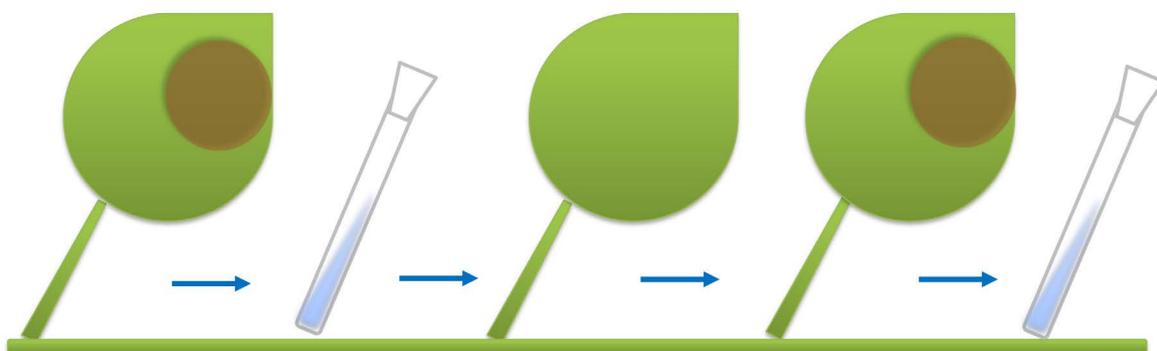


Figura 11.2. Esquematación de los postulados de Koch. De izquierda a derecha, hoja enferma, aislado de un microorganismo, planta sana a inocular, planta inoculada que desarrolla síntomas, aislado del patógeno.

Una vez cumplidos los cuatro postulados se concluye con base científica que el microorganismo estudiado es el agente causal de la enfermedad, o sea el patógeno. Consecuentemente, la planta se considera hospedante de ese patógeno.

Los profesionales del agro y los productores frecuentemente realizan diagnósticos de enfermedades, basados en estudios de **campo y gabinete**. Cuando aparecen situaciones dudosas, los fitopatólogos, con más herramientas y experiencia, aplican el 1º y 2º postulado para resolver con celeridad e indicar medidas de manejo. También se requiere la intervención de un fitopatólogo para diagnosticar enfermedades emergentes, identificar nuevos hospedantes de un patógeno o determinar nuevas áreas de dispersión de una enfermedad. En este caso, se recurre a trabajo de **campo, gabinete y laboratorio** aplicando los 4 postulados de Koch.

Una vez detectada alguna enfermedad que requiera diagnóstico, se reúne la mayor cantidad de información posible sobre sus características y antecedentes. Esto permite definir criterios para aplicar los postulados de Koch. A continuación, dos casos:

Ejemplo 1. Diagnóstico de campo y gabinete

Para iniciar el diagnóstico, se realiza una observación minuciosa de los síntomas. Se toman muestras de plantas enteras u órganos afectados, en lo posible en estado inicial, medio y final de avance de la patología. Las muestras se deben mantener en ambiente seco, en lo posible refrigeradas. Es necesario registrar órganos afectados y dimensión, color y aspecto de los síntomas. También son datos de importancia las condiciones ambientales previas, otras especies con síntomas similares, distribución de la enfermedad en el espacio, origen del material de propagación, antecedentes de especies cultivadas y enfermedades que se presentaron en el lugar, características del suelo o sustrato, labores, tratamientos sanitarios, tipo y frecuencia de aplicación de abonos o fertilizantes, etc.

La **Figura 11.3** muestra un campo de cultivo de gladiolos que presenta una enfermedad. La **Figura 11.4** presenta anotaciones de campo.



Figura 11.3. Síntomas observados en un campo de producción de gladiolo. **a.** marchitez, **b.** síntomas sobre bulbo.

Enfermedad observada en cultivo de gladiolo

Especie: Gladiolus sp. (Iridaceae)

Síntomas: follaje amarillento, plantas muertas, hojas con manchas basales castañas y húmedas, lesiones redondeadas y cóncavas en superficie de bulbos

Distribución de la enfermedad en el lote: al azar

Signo: no presente

Antecedentes

Cultivo antecesor: gladiolo

Especies atacadas: gladiolo y otras bulbosas en lotes vecinos, con síntoma similares

Algunos bulbos que se plantaron para iniciar el cultivo presentaban los mismos síntomas

Tiempo: cálido y húmedo

Suelo: laterítico

Labores culturales: riego por aspersión

Tratamientos sanitarios: no

Abonos o fertilizantes: no

Figura 11.4. Registro de antecedentes de la enfermedad.

Luego se analiza la información recopilada, que incluye datos obtenidos de una revisión bibliográfica sobre enfermedades que afectan al gladiolo. Se recomienda para ello consultar fuentes confiables, tales como libros, publicaciones científicas o de divulgación generadas por universidades o institutos de investigación. Encontrar coincidencias entre la sintomatología, antecedentes y la descripción publicada sobre la enfermedad, resulta suficiente para aproximarse a un diagnóstico y planificar medidas de manejo (**Figura 11.5**).

Conclusiones

En este caso, las observaciones coinciden con la descripción de la "podredumbre de la base de la planta", "costra de los tubérculos", o "sarna", entre otras denominaciones, causada por la bacteria actualmente denominada Burkholderia gladioli.

Según los datos obtenidos de bibliografía, esta bacteria puede ser transmitida de un año al siguiente a través de bulbos infectados. Por lo tanto las prácticas aconsejables para prevenir la enfermedad son: seleccionar bulbos sanos para plantar o efectuar un tratamiento químico de las partidas de bulbos que presenten síntomas. La bacteria que ocasiona la enfermedad también puede ser transmitida de plantas enfermas a plantas sanas, durante el cultivo. Para evitarlo, se recomendará recorrer frecuentemente los lotes para detectar plantas enfermas y eliminarlas si es posible. Y tratar de moderar el riego, para disminuir las probabilidades de movimiento de las bacterias a través del agua.

Figura 11.5. Resultado de análisis de campo y gabinete. Sugerencias de manejo.

Como queda explícito, un técnico de campo puede llegar a un diagnóstico acertado. Entre la bibliografía que sirvió de base para diagnosticar, se encuentran los reportes que se hayan publicado sobre la detección de esta enfermedad en revistas científicas, con los postulados de Koch cumplidos.

Ejemplo 2. Diagnóstico de campo, gabinete y laboratorio

La **Figura 11.6** muestra frutos de arándano con podredumbre húmeda. Siendo una enfermedad de origen desconocido, un fitopatólogo debe aplicar los postulados de Koch completos. Para comenzar, se reúne información de antecedentes (**Figura 11.7**).



Figura 11.6. Arándanos con podredumbre húmeda.

Enfermedad observada

Especie: arándano (Vaccinium corymbosum, Ericaceae)

Síntomas: Frutos con podredumbre húmeda

Estimación de pérdidas: 5 % de los frutos

Signo: no presente

Antecedentes

Tiempo húmedo

Labores culturales: riego por goteo

Tratamientos sanitarios: respetando períodos de carencia

Figura 11.7. Registro de antecedentes de la enfermedad.

1º postulado: El microorganismo siempre acompaña a la enfermedad

Para cumplirlo, hay que observar al microorganismo sobre los tejidos afectados (signos de la enfermedad).

Si el signo no está presente, se confecciona una cámara húmeda (**Figura 11.8**) con una placa de Petri o una bandeja con una fuente de humedad. De los frutos, se pueden cortar trozos pequeños donde la enfermedad está avanzando o también se pueden utilizar enteros. Éstos deben ser desinfectados superficialmente para eliminar contaminantes. La desinfección se realiza por inmersión en etanol (96 °) diluido en agua al 70 % y luego lavandina (60 g de cloro/L) diluida en agua al 30%. Posteriormente el material se lava por inmersión en agua destilada estéril. Así preparado, el material enfermo se coloca dentro de la cámara húmeda. Favorecido por la condición de humedad y la eliminación de otros organismos acompañantes, el posible agente causal de la enfermedad se manifiesta (**Figura 11.9**).



Figura 11.8. Cámara húmeda con arándanos podridos.



Figura 11.9. Desarrollo de moho sobre arándano podrido, en cámara húmeda.

2º postulado: el microorganismo puede ser aislado de la planta enferma y estudiado

Para cumplirlo, se debe obtener un cultivo puro del microorganismo desarrollado en cámara húmeda.

En este caso, se toman porciones del moho con un ansa y se “siembran” en placas de Petri con medio de cultivo. Para este ejemplo se utilizó agar papa glucosa. Luego de unos días, desarrolla una colonia fúngica (**Figura 11.10**) y se comienzan a estudiar sus características (**Figura 11.11**).



Figura 11.10. Desarrollo del hongo en estudio, en placas de Petri.

Hongo Deuteromycete

Micelio septado

Conidios libres formados en cabezuelas

Esclerocios

Figura 11.11. Registro de datos del microorganismo.

3º postulado: El microorganismo inoculado en una planta susceptible y sana reproduce la enfermedad

Para verificarlo, se debe poner en contacto (es decir inocular) el microorganismo en una planta/órgano de la misma especie, variedad y estado de crecimiento que aquella/aquel que presentó los síntomas originalmente. Como se realiza con el objetivo de verificar si el microorganismo es capaz de enfermar (o sea si es el patógeno) este procedimiento se denomina prueba de patogenicidad. Ésta se considera cumplida, cuando se observan síntomas iguales a los observados en el material original.

En este ejemplo, de la colonia desarrollada anteriormente se obtienen esporas con las que se prepara una suspensión en agua (**Figura 11.12**). Con esta suspensión se pulverizan frutos sanos. Un grupo de frutos testigo se pulveriza sólo con agua. En un lapso de tiempo, los frutos inoculados manifiestan síntomas similares a los presentados en la **Figura 11.6**.



Figura 11.12. Suspensión de conidios en agua.

4º postulado: el microorganismo inoculado es aislado de la planta que reprodujo los síntomas

Este postulado permite al investigador reasegurarse de que el microorganismo en estudio es el agente causal. Para cumplirlo, se debe repetir el procedimiento del 2º postulado.

Se toma material del moho, se aísla el hongo en medio de cultivo y se completa el estudio de sus características para identificarlo a nivel de género y especie (Figuras 11.13 y 11.14).



Figura 11.13. Características del hongo en estudio. **a.** esclerocio con producción de conidios, **b.** detalle de hifas y conidios bajo microscopio.

Conidios ovoides de 10-15 x 5-12,5 μm (promedio 11,25 x 7,50 μm)
Esclerocios negros irregulares (0,25-1,50 x 0,25-1,25 μm)
El patógeno se identifica como Botrytis cinerea
La enfermedad se denomina podredumbre gris del arándano

Figura 11.14. Conclusión de diagnóstico de campo, gabinete y laboratorio.

Así, cumplidos los 4 postulados, se puede concluir que el hongo *Botrytis cinerea* es el agente causal de esta podredumbre en frutos de arándano.

Los postulados de Koch establecen el protocolo para registrar una nueva enfermedad sobre una especie vegetal, o una enfermedad conocida para una especie, que aparece en una nueva localización. Se basan en la

secuencia natural de sucesos en el desarrollo de enfermedades (ver capítulo 10. Enfermedades parasitarias. Ciclos y epidemias). Una formación en Fitopatología permite, por ejemplo, descartar organismos contaminantes que desarrollan junto con los patógenos, definir la metodología de inoculación, determinar las características a estudiar de los parásitos.

Es de destacar que estos protocolos aplican solo a enfermedades de origen parasitario. En este capítulo se han dado ejemplos de diagnóstico de parásitos facultativos. Para abordar el diagnóstico de parásitos absolutos, se adapta la metodología para cumplir los postulados.

En la formación en ciencias biológicas y agronómicas, los postulados resultan útiles para fijar conceptos relacionados con el ciclo de las enfermedades. Los profesionales y técnicos asesores de cultivos pueden utilizar estos conceptos para comprender resultados de análisis de laboratorio. Además, el conocimiento de los postulados y su forma de implementación pueden ser útiles para aproximarse a un diagnóstico, por ejemplo a través de la realización de cámaras húmedas, visualización de signos de enfermedad y consulta bibliográfica.

Estos postulados, que Koch enunció en el siglo XIX, se siguen aplicando para el diagnóstico de enfermedades. Numerosas técnicas desarrolladas posteriormente, como las serológicas y moleculares, se utilizan en la actualidad para identificar o confirmar la identificación de las especies patógenas.

ALGO DE HISTORIA...

El arte y ciencia del diagnóstico de las enfermedades de las plantas se inició en tiempos remotos, con dibujos y descripciones detallados del modo en que los patógenos afectaban la salud e integridad de sus hospedantes.

El uso del microscopio y la ciencia de la microbiología produjeron escritos brillantes en los siglos XVIII y XIX en donde se debatía sobre los conceptos de la generación espontánea y teorías acerca de los gérmenes.

Con el avance de la investigación, prevaleció el concepto de los microorganismos como agentes causales de enfermedad.

Las técnicas microbiológicas y serológicas, junto con medios selectivos y pruebas bioquímicas propulsaron el desarrollo del diagnóstico.

Tiffany (1941)

Referencias

- Campbell, C.L. (1983). Erwin Frink Smith. Pioneer plant pathologist. *Annual Review of Phytopathology*, 21, 21-27.
- Evans, A.S. (1976). Causation of disease: the Henle-Koch postulates revisited. *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 49, 175-195.
- Fernández Valiela, M.V. (1975). *Introducción a la Fitopatología. Volumen II: Bacterias, fisiogénicas, fungicidas, nematodos*. Buenos Aires, Argentina: Colección Científica del INTA.
- Fernández Valiela, M.V. (1979). *Introducción a la Fitopatología. Vol IV. Hongos y Mycoplasmas*. Colección Buenos Aires, Argentina: Colección Científica INTA.
- Grogan, R. G. (1981). The science and art of plant-disease diagnosis. *Annual Review of Plant Pathology*, 19: 333-351.
- Harvard University Library. (2012). *Robert Koch, 1843–1910*. Open Collection Program. Contagion. Historical views of diseases and epidemics. <http://ocp.hul.harvard.edu/contagion/koch.html>
- Hongn, S., Pérez, B., Nome, S., Ramallo, A., Wright, E., Zapata, R. y Fernández, R. (2020). Enfermedades de *Vaccinium corymbosum* L. (arándano) en Argentina. En: Nome Huespe, S. F., Docampo, D. M. y Conci, L. R. (Eds.). *Atlas Fitopatológico Argentino*. INTA. Recuperado de <http://rian.inta.gov.ar/atlas/#/ConsultaGeneral?Por=NombreHospedante&NombreHospedante=Vaccinium%20corymbosum%20L.&Exacto=si>
- Hull, R. (2014). *Plant virology*. London, UK: Elsevier.
- Nome Huespe, S. F., Docampo, D. M. y Conci, L. R. (2020). *Atlas Fitopatológico Argentino*. INTA. Recuperado de <http://rian.inta.gov.ar/atlas/#/Inicio>
- Rivera, M. y Wright, E. (2020). Enfermedades de *Gladiolus* sp. (gladiolo). En: Nome Huespe, S. F., Docampo, D. M., Conci, L. R. y Wolcan, S. (Eds.). *Atlas Fitopatológico Argentino*. INTA. Recuperado de <http://rian.inta.gov.ar/atlas/#/ConsultaGeneral?Por=NombreHospedante&NombreHospedante=Gladiolus%20sp.&Exacto=si>

11– ¿Cómo se diagnostica una enfermedad?

- Rivera, M. C. y Romero, A. M. (2002). Nueva aparición de la bacteriosis del gladiolo en cultivos de la provincia de Corrientes. *Actas Primer Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales*. p. 35.
- Sarasola, A. y de Sarasola, M. A. R. (1975). *Fitopatología. Curso moderno. Fisiogénicas - Prácticas en Fitopatología*. Tomo IV. Buenos Aires, Argentina: Hemisferio Sur.
- Scandiani M. M. y Luque, A. G. (2009). Identificación de patógenos en semillas de soja. *Suplemento Especial Análisis de Semillas*, 2.
- Science Museum. (2012). Robert Koch (1843-1910). *Exploring the history of Medicine*. Science Museum. Brought to life. Recuperado de <http://www.sciencemuseum.org.uk/broughttolife/people/robertkoch.aspx>
- The Canadian Phytopathological Society. (2012). What are Koch's postulates? Recuperado de <http://phytopath.ca/education/kochs-postulates.html>.
- Tiffany M. 1941. The evolving role of plant diagnostics over time. *Phytopathology News* 55
- Wright, E. R. (Ed.) (2009). *Guía de enfermedades, insectos y malezas del arándano*. Buenos Aires, Argentina: Orientación Gráfica Editora.

Actividades sugeridas

- Relaciona el estudio de las fases de la patogenia con la aplicación de los postulados de Koch.
- Busca en bibliografía primeros reportes de una enfermedad de origen fúngico, bacteriano y viral. Resume los datos que los postulados de Koch aportan.
- Diferencia el cumplimiento de los postulados para un parásito absoluto respecto de uno facultativo.

Manejo de la sanidad en producción vegetal

En este capítulo se presentan generalidades sobre el manejo fitosanitario, haciendo énfasis sobre las prácticas relacionadas con la sanidad en la producción orgánica.

En la naturaleza, usualmente hay asociaciones planta-patógeno equilibradas. La comprensión de estos fenómenos requiere un enfoque holístico. Todo es relativo, interdependiente y relacionado. Cuando ocurre una disrupción, pueden aparecer reacciones severas por parte de las plantas, que pueden ser tolerantes a una enfermedad cuando son silvestres y volverse susceptibles cuando son domesticadas. Un enfoque parcial de los problemas fitosanitarios, hace que se atribuyan los síntomas sólo al patógeno y no al cambio de condiciones de crecimiento vegetal que determinan un cambio en la respuesta del hospedante.

A lo largo de la historia, las enfermedades de las plantas han causado daños directos e indirectos, como mermas en la producción agrícola, reducción en el valor estético del paisaje, pérdida de especies vegetales, hambre y migración poblacional. También han determinado cambios de costumbres, como la sustitución del té por el café en Inglaterra, debida a la pérdida de producción por ataque de roya en los cafetales de su colonia Ceilán, en el siglo XIX. El perjuicio a nivel global es considerable.

El gran impacto del manejo de las enfermedades es la reducción del daño económico y estético que ocasionan. El concepto “control” fue evolucionando. El enfoque más simple considera dos principios:

1. Prevención (antes de la infección)
2. Terapia (después de la infección)

Solo se puede manejar la sanidad si se conoce el cultivo, los métodos de producción y las condiciones locales de aparición de enfermedades. Es por ello que el profesor Herbert Hice Whetzel de la Universidad de Cornell, consideraba imprescindible trasladar el laboratorio al campo para estudiar las enfermedades de las plantas en forma continua. En 1929, enunció cuatro principios generales de control de las enfermedades:

1. Exclusión (acción y efecto de evitar que una plaga entre en un área)
2. Erradicación (acción y efecto de eliminar una plaga de un área)
3. Protección* (acción y efecto de poner una barrera entre la planta y la plaga)
4. Resistencia (acción y efecto de usar plantas de buen comportamiento)

*Con posterioridad, dentro de la aplicación del principio de protección se incluyeron la modificación del ambiente y la evasión (acción y efecto de cultivar en épocas/áreas con baja población de plagas) y también se agregó un quinto principio:

5. Terapia (acción y efecto de curar, es decir restablecer la sanidad)

Desde el año 1960, hubo un progreso explosivo en la comprensión de las epidemias y en la generación de modelos matemáticos que las describen. En esa década, las ciencias dedicadas a la protección de las plantas fueron influidas de manera decisiva por la aparición del concepto de manejo integrado de plagas. Dicho término, desarrollado por entomólogos para el control de plagas animales, es un sistema holístico que combina herra-

mientas ecológicas y económicas, para el manejo de las plagas de los agroecosistemas. En contraposición con control, el término manejo da a entender que la salud vegetal se alcanza a través de un proceso continuo que aplica el conocimiento para realizar ajustes en el sistema y así mantener las pérdidas por debajo de niveles de importancia económica. Se tiene en cuenta el efecto de las prácticas sobre las plagas y sus interacciones, como así también sobre organismos no objetivo. El éxito de un programa de manejo radica en el correcto diagnóstico y el conocimiento de los puntos vulnerables del ciclo de la enfermedad. En este sentido, en la década de 1970, Apple presentó las acciones a desarrollar:

1. Identificar la enfermedad a ser manejada
2. Acotar la unidad de manejo: el agroecosistema
3. Definir la estrategia de manejo
 - a. Ecología del patógeno y epidemiología de la enfermedad
 - b. Relación entre diversidad y estabilidad
4. Determinar los umbrales de daño económico
5. Aplicar técnicas de monitoreo
6. Desarrollar modelos descriptivos y predictivos

En términos generales, el manejo de las enfermedades de las plantas, toma particularmente en cuenta las curvas de progreso de las epidemias. En las enfermedades monocíclicas el objetivo primario es la disminución del inóculo inicial, mientras que en las policíclicas se apunta a disminuir la tasa de infección.

Para aplicar los principios de manejo, se combinan estrategias y las prácticas asociadas a las mismas. Cada estrategia (genética, cultural, química, biológica, física, legal) puede estar relacionada con más de un principio. Las prácticas son numerosas y dependen de cada caso. Algunas se presentan a continuación.

Estrategias genéticas

El uso de la resistencia vegetal se encuentra entre los avances tecnológicos más significativos en el manejo sanitario agrícola. De hecho, el manejo de algunas enfermedades como royas, se basa principalmente en la práctica de utilizar cultivares de buen comportamiento. Como se ha presentado en capítulos anteriores, la respuesta de una planta a la infección depende de la interacción hospedante-patógeno-ambiente.

El comportamiento vegetal frente a patógenos está determinado por **características morfológicas** y **componentes químicos**, ya sea preexistentes o activados por la presencia del patógeno. Las plantas silvestres generalmente no muestran pérdidas significativas por enfermedades, por lo que se considera que las poblaciones naturales poseen mecanismos de defensa efectivos. Por otra parte, el proceso de selección natural elimina a los individuos más susceptibles. La identificación de genes de resistencia en especies cultivadas y en material emparentado silvestre, permite la obtención de genotipos con buena respuesta frente a enfermedades.

Una planta **resistente** posee propiedades que previenen o impiden el desarrollo de una enfermedad. La resistencia puede ser:

- **Horizontal:** efectiva contra todos los biotipos del patógeno. Es no específica, estable, poligénica. Se expresa en forma cuantitativa: escala de mayor a menor resistencia.
- **Vertical:** efectiva contra algunos biotipos del patógeno. Es específica, poco estable, monogénica. Se expresa en forma cualitativa: resistencia o susceptibilidad.

Una planta **susceptible** tiene predisposición a desarrollar una enfermedad.

Una planta **tolerante** tiene habilidad para soportar una enfermedad sin grandes pérdidas.

Una planta **inmune** presenta el grado máximo de resistencia.

Tanto resistencia como susceptibilidad son términos relativos, mientras que inmunidad es un concepto absoluto.

Con respecto al patógeno, **variabilidad** es la propiedad de cambiar sus características entre una generación y la siguiente. Una **variante** o **biotipo** aparece cuando la progenie muestra características distintas a sus padres. Si esa característica es la habilidad parasítica, el biotipo se denomina **patotipo**.

Los siguientes términos están relacionados con la **agresividad** de los patógenos:

Un patógeno **virulento** es altamente patogénico, con capacidad de causar enfermedades severas.

Un patógeno **avirulento** es incapaz de causar enfermedad.

Los términos relacionados con la **especialización fisiológica** de los patógenos son:

Forma especial (f. sp.): grupo dentro de una especie fúngica, que se caracteriza por infectar un hospedante determinado. Por ejemplo, *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* afecta al género *Dianthus* (clavel, clavelina).

Patovar (pv.): grupo dentro de una especie bacteriana, que se caracteriza por infectar un hospedante determinado. Por ejemplo, *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* afecta al género *Prunus*.

Raza: grupo dentro de una especie o forma especial fúngica, o de una especie o patovar bacteriano, que se caracteriza por su virulencia, expresión de síntomas o rango de hospedantes. Por ejemplo, *Ralstonia solanacearum* raza 3 o *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* raza 4.

Estrategias culturales

Material de propagación sano

Muchas enfermedades se transmiten a través de órganos de propagación. Las semillas o material vegetativo pueden estar infectados (inóculo en el embrión, en sus sistemas vasculares) o infestados (inóculo superficial). Esta localización determina la elección de los tratamientos a aplicar.

Es de fundamental importancia iniciar una producción con materiales sanos, ya sea producidos en el mismo establecimiento o provenientes de fuentes externas comerciales o de recolección silvestre.

Rotación

La rotación es la alternancia de especies vegetales cultivadas en un mismo suelo en la misma época del año, o la alternancia entre actividad agrícola y actividad ganadera. El objetivo fitosanitario de la rotación es evitar que los patógenos que sobreviven en el suelo y restos de cultivo, encuentren la misma especie vegetal en el ciclo siguiente.

La rotación no resulta efectiva para el manejo de patógenos con alta capacidad de dispersión por movimientos de aire, como es el caso de las royas. Es una práctica indicada para el manejo de patógenos con rango de hospedantes acotado. Esto permite disponer de una lista de cultivos no susceptibles entre los cuales seleccionar. Se debe analizar la susceptibilidad al patógeno, tanto de la especie, como del género y la familia a los cuales pertenece.

El tiempo requerido para la reimplantación del cultivo susceptible depende del tiempo de supervivencia de las estructuras del patógeno. En algunos casos se trata de años, por ejemplo, *Sclerotinia sclerotiorum* produce esclerocios con un extenso tiempo de sobrevivencia.

La práctica recomendada es el establecimiento de un programa de rotaciones plurianuales que alterne cultivos con distintas exigencias nutritivas y profundidad de raíces. Así se maneja la fertilidad del suelo mediante el mantenimiento o incremento de la actividad biológica. Y esto también influye sobre la sanidad.

Manejo de la fertilidad

Se considera que al menos 16 elementos son esenciales para el crecimiento y reproducción vegetal. Las plantas obtienen tres de los macronutrientes (carbono, hidrógeno y oxígeno) del aire y del agua. Los otros son tomados del suelo como cationes o aniones. La disponibilidad de algunos nutrientes para las plantas es determinada por la actividad de microorganismos del suelo y por reacciones químicas. El contenido de nutrientes del suelo tiene repercusión directa en la sanidad de los cultivos. La incorporación de materia orgánica mediante abonos determina el crecimiento vigoroso de las plantas y en consecuencia su menor predisposición a la mayoría de las enfermedades.

Plantas acompañantes, repelentes y atrayentes

La selección de plantas para un sistema de cultivo mixto es de gran importancia. En relación con el manejo de la sanidad tiene efectos beneficiosos. Tal es el caso de las “plantas insectario”, que atraen fauna benéfica que provee servicios de control biológico de plagas. Así, se pueden manejar en forma natural insectos transmisores de virosis.

Las plantas acompañantes también deben seleccionarse por su baja capacidad de ser reservorio de plagas animales y microorganismos patógenos. A mayor diversidad de especies vegetales, mejor sanidad. La presencia de corredores biológicos cumple esa finalidad en los cultivos.

Limpieza de herramientas

Toda herramienta puede ser vehículo para la diseminación de enfermedades. Los patógenos que colonizan los sistemas vasculares son fácilmente transmisibles mediante tijeras de podar con jugos de plantas infectadas. Los patógenos de suelo, son comúnmente movilizados por maquinaria agrícola y pequeñas herramientas como palas. También, hay que considerar a las manos, como herramientas de transmisión. Se recomienda una desinfección frecuente de todas las herramientas utilizadas.

Riego

Las características físicas y químicas del agua determinan en buena medida el crecimiento normal de los cultivos, que como ya se ha dicho, está íntimamente relacionado con su sanidad. La tecnología de riego cumple un rol determinante en la dispersión de estructuras de muchos patógenos. Adicionalmente, el tiempo de permanencia del agua sobre las superficies vegetales determina en forma marcada el éxito de la infección.

Estrategias químicas

Los productos de síntesis química deben estar registrados. Para su utilización es necesario seguir las instrucciones de los marbetes.

En el ámbito de la producción orgánica se permite el uso de formulados en base a azufre y cobre, con límites de aplicación de este último (6 kg/ha/año). Éstos pueden ser comerciales o de preparación intrapredial. El cobre tiene acción fungicida y también sobre plantas epífitas, mientras que el azufre es fungicida y acaricida. Otros fungicidas aceptados son: lecitina, hidróxido de calcio (frutales), bicarbonatos de sodio y potasio. Para el control de insectos vectores, están aceptados: bicarbonato de potasio, vinagre, jabón, aceites vegetales, piretro, quitosano. Como aditivos para captura, se utilizan aceites.

En relación con los extractos vegetales, los compuestos presentes dependen de la planta y el órgano vegetal y del solvente utilizado para la extracción (agua, etanol). Las preparaciones pueden ser adquiridas o elaboradas artesanalmente con, por ejemplo, cuasia, paraíso, neem, ajo, ortiga, manzanilla. Está excluido el tabaco por la posible transmisión del virus TMV. Tienen actividad para el control de insectos y también de hongos patógenos.

Estrategias biológicas

Este apartado se refiere a la acción de microorganismos benéficos sobre las plagas. En un sentido amplio, se considera estrategia biológica al uso de variedades de buen comportamiento, plantas acompañantes y aquellas que son fuente de compuestos activos.

Preparados caseros intraprediales

La actividad inhibitoria de plagas y estimuladora del crecimiento vegetal de los preparados artesanales se debe a una acción combinada de los componentes químicos de los materiales utilizados para su obtención y la actividad antagónica de hongos y bacterias que desarrollan durante la fermentación.

Según los ingredientes utilizados para la mezcla, el método de preparación y los tiempos de obtención, se obtienen preparados sólidos o líquidos como compost, bocashi, biol, purín, caldo. También, lixiviados denominados tés. Ingredientes como ajo, cebolla, manzanilla, ortiga y cenizas, son utilizados con frecuencia para la obtención de purines. Si son aplicados en cultivos destinados a la alimentación, deben cumplir con requisitos de inocuidad, como la ausencia de microorganismos patógenos para los consumidores.

Antagonistas

Las interacciones planta-microbio son asociaciones dinámicas. Las bacterias y hongos epífitos pueden evolucionar hasta establecer relaciones de **comensalismo** o **mutualismo** con las plantas, en las cuales uno o ambos se benefician sin efectos perjudiciales para ninguna de las partes. Las asociaciones a largo plazo también pueden dar lugar a ecto o endo **simbiosis** que pueden determinar una dependencia, beneficiando a la planta y al microorganismo por intercambio de factores necesarios para su crecimiento.

El **antagonismo** es la interacción entre organismos que interfiere en la vida o actividad de uno de ellos. Así como los patógenos son antagonistas de las plantas, existen microorganismos antagonistas de los patógenos. Los microorganismos antagonistas actúan a través de uno o varios mecanismos:

- **competencia:** lucha por el medio. El espacio y el sustrato son recursos escasos. El hierro, por ejemplo, puede ser capturado e inmovilizado por un microorganismo, impidiendo que sea utilizado por otros.
- **antibiosis:** fenómeno caracterizado por la liberación por parte de un organismo de metabolitos, que difundiéndose en el medio en que se desarrolla, son capaces de matar o inhibir el crecimiento de otro organismo que con él convive.
- **parasitismo:** fenómeno que caracteriza a un organismo que vive en íntima asociación con otro organismo, del cual depende para su vida. Como se trata de parásitos de parásitos, se los denomina frecuentemente “hiperparásitos”.
- **protección cruzada:** conocida como “pre-inmunización”, es la infección de una planta por un patógeno poco virulento, que impide o retrasa la infección por otro más agresivo. Asociada con virus, que actuarían por competencia y también desencadenando el silenciamiento de ácidos nucleicos. También con hongos, que pueden ser naturalmente poco agresivos o estar infectados con un micovirus.

Existen mecanismos alternativos que no implican antagonismo entre los microorganismos benéficos y patógenos:

- **Resistencia inducida:** capacidad de una planta de prevenir o impedir el desarrollo de una enfermedad, elicitada por estímulos abióticos o bióticos (antagonistas). Consiste en la activación de los mecanismos de resistencia presentes en las plantas. Incluye fenómenos de hipersensibilidad (el elicitor es el mismo patógeno), resistencia sistémica inducida y resistencia sistémica adquirida (el elicitor es un factor abiótico o un microorganismo, que ejerce una acción indirecta sobre el patógeno).

Entre los más estudiados y utilizados en el control biológico de patógenos se encuentran los géneros fúngicos *Trichoderma* y *Gliocladium* y bacterianos como *Pseudomonas*. En los últimos años se han intensificado los estudios sobre virus bacteriófagos. Para el control de insectos, los géneros fúngicos *Beauveria* y *Metarhizium* y bacteriano *Bacillus* son los más frecuentes.

Por otra parte, muchos microorganismos activos en el control de patógenos presentan la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas. Son los conocidos como rizobacterias promotoras del crecimiento y hongos promotores del crecimiento, cuyas siglas en inglés son, respectivamente, PGPR y PGPF.

Los microorganismos de suelo también cumplen una función estabilizadora de los ecosistemas a través de actividad micorrízica y fijadora de nitrógeno. Como consecuencia, las plantas se encuentran más vigorosas y menos susceptibles a enfermedades.

Compost

Los materiales compostados han sido usados en agricultura desde tiempos inmemoriales. El compostaje es una estrategia eficiente para transformar y reutilizar materia orgánica. Es un proceso aeróbico que transforma restos orgánicos en enmiendas de suelo. Es también frecuente la utilización de lombrices de tierra para obtener *compost* de lombriz. El resultado final tiene una alta carga microbiana, en ambos casos.

Las características químicas y físicas de los materiales compostados varían según el material original, las condiciones y el tiempo de obtención. Resultados de numerosas investigaciones indican que pueden mejorar las condiciones físico-químicas del suelo al cual se agregan, estimulando el crecimiento vegetal y suprimiendo enfermedades de los cultivos.

Biofumigación

Esta práctica utiliza los gases provenientes de la degradación de sustratos orgánicos como fumigantes de suelo para el control de hongos y nematodos patógenos de vegetales. Consiste en incorporar materia orgánica al suelo sobre la cual se desarrollan microorganismos que la utilizan como fuente de energía y nitrógeno. Productos secundarios de esta degradación como amonio, nitratos, ácido sulfhídrico, ácidos orgánicos y otros compuestos volátiles poseen actividad contra nematodos y patógenos de suelo.

Suelen utilizarse con alta eficiencia plantas pertenecientes a la familia botánica de las Brassicáceas. Éstas contienen glucosinatos que al hidrolizarse generan isotiocianatos, con gran actividad fungicida y nematocida.

Además de los efectos sobre las plagas de suelo, la incorporación de materia orgánica funciona como un abono verde, aumentando la actividad microbiana.

Estrategias físicas

Solarización

Es un proceso de naturaleza física, que tiene impacto en la biología de los suelos tratados. La prolongada exposición a la luz solar de un suelo húmedo cubierto con polietileno, produce aumentos de temperatura que controlan plagas. El mayor efecto se logra en las capas superficiales del perfil edáfico.

Esta práctica puede ser más o menos efectiva según las temperaturas alcanzadas, que a su vez dependen de la duración de la exposición, la humedad del suelo, la latitud a la que se realiza, etc. La inactivación térmica de diversos patógenos sigue un modelo exponencial, de manera que cuanto menor es la temperatura, requiere un mayor tiempo de exposición. Mayores niveles de humedad incrementan la transmisión de calor mejorando la conductividad del suelo.

Muchos microorganismos benéficos tienen capacidad de resistir altas temperaturas, condición que en general no poseen las plagas. De esta manera, a medida que la temperatura va descendiendo, los suelos solarizados suelen ser colonizados por organismos benéficos, alcanzando una alta carga microbiana que favorece la salud.

La solarización se puede aplicar a campo o en invernáculo. Basado en el mismo principio, el colector solar es un equipo que permite tratar por calor pequeños volúmenes de suelo. Es especialmente indicado para suelos destinados a almácigos.

Estrategias legales

El decreto ley 6704/63 estableció la defensa sanitaria de la producción agrícola en el país contra todo agente de cualquier origen biológico. El SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) puede declarar plaga a cualquier organismo por su carácter extensivo, invasor o calamitoso y determinar métodos de control. El SENASA define la lista de plagas cuarentenarias.

En aplicación de la Res. SENASA N°637/11 se implementó el Sistema de Control de Frutas y Hortalizas Frescas, que permitió detectar contaminantes químicos y microbiológicos en algunas muestras. Esto determinó la necesidad de que el sector implemente las buenas prácticas agrícolas (BPA). Las BPA están orientadas a la sostenibilidad ambiental, económica y social para los procesos productivos de la explotación agrícola que garantizan la calidad e inocuidad de los alimentos y de los productos no alimenticios.

A partir de la Res. Conjunta N°5/2018 de las Secretarías de Gobierno de Agroindustria y Salud se aprobó la incorporación de las BPA en la producción frutihortícola al Código Alimentario Argentino. Se fijaron como fechas de entrada en vigencia 2/1/2020 (fruticultura) y 4/1/2021 (horticultura). Se incorporó al Código Alimentario Argentino el Artículo 154 tris: toda persona física o jurídica responsable de la producción de frutas y hortalizas deberá cumplir con las BPA, desde la producción primaria (cultivo-cosecha) y almacenamiento hasta la comercialización dentro del establecimiento productivo.

Entre los requisitos mínimos de higiene e inocuidad para mitigar los peligros biológicos, físicos y químicos que pueden estar presentes en las frutas y hortalizas, se detallan:

1. Documentación obligatoria/trazabilidad

- Inscripción en el RENSPA (Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios)
- Identificación de los alimentos fruti-hortícolas con rótulo
- Traslado empleando DTV (Documento de Tránsito Vegetal)

2. Productos fitosanitarios

- Respetar recomendaciones y restricciones de uso indicadas en el marbete y registrar la aplicación.
- Usar fitosanitarios autorizados por SENASA, en sus envases originales y para los cultivos permitidos.
- Almacenar los fitosanitarios en un depósito específico, ventilado, iluminado, señalizado, cerrado con llave, separado de otros enseres y aislado de lugares donde se cultiva, manipula o conserva la cosecha
- Disponer los envases según reglamentación vigente

3. Agua

- Realizar un uso eficiente, seguro y racional
- Implementar medidas que garanticen que la destinada para higiene y consumo de personal cumpla con los requisitos del Código Alimentario Argentino
- Para la de uso agrícola, cumplir las legislaciones de cada provincia

4. Manipulación

- Durante la cosecha, acondicionamiento y empaque, respetar pautas de higiene básicas, principalmente el lavado de manos de todos los operarios
- El lavado de manos deberá realizarse con agua potable, antes de comenzar a trabajar, después de usar las instalaciones sanitarias y después de manipular residuos
- En el caso que no se cuente con agua potable, se deberá utilizar agua tratada por hervido, clarificación o cloración

5. Animales

- Impedir el ingreso de animales a las áreas cultivadas y a las zonas de manipulación de la cosecha
- Impedir el ingreso de animales domésticos, de granja y de trabajo (que no estén cumpliendo actividades)
- Los animales de trabajo deberán estar sanos, vacunados y desparasitados

6. Uso de fertilizantes orgánicos y enmiendas

- Adquirir fertilizantes orgánicos, enmiendas y sustratos registrados en SENASA
- Aquellos producidos por el responsable de la producción primaria deben someterse a tratamiento, compostaje u otros que minimicen el riesgo sanitario
- Se prohíbe expresamente la utilización de residuos provenientes de sistemas cloacales y pozos sépticos como enmiendas orgánicas, así como el uso de enmiendas orgánicas sin tratamiento

7. Asistencia técnica

- Un técnico/profesional deberá asesorar en la implementación de las BPA. La capacitación de los técnicos será obligatoria a través de un curso con certificado oficial y actualización periódica

CODEX ALIMENTARIUS

El programa de estándares alimenticios de la Comisión Conjunta FAO/OMS establece que el control de plagas en producción orgánica deben ser realizado mediante alguna/s de las siguientes prácticas:

- Elección de especies y variedades apropiadas
- Programas de rotación adecuados
- Protección de los enemigos naturales de las plagas mediante la provisión de un hábitat favorable (lugares protegidos, sitios de oviposición, zonas buffer vegetación que alberga predadores)
- Ecosistemas diversificados (zonas buffer para contrarrestar erosión, producción agrícola-forestal, rotación de cultivos)
- Enemigos naturales (incluye liberación de predadores e hiperparásitos)
- Preparados biodinámicos (estiércol de animales de granja, plantas)
- Coberturas
- Controles físicos (trampas, barreras, luz, sonido)
- Vaporización de suelo
- Elementos, extractos, preparaciones

Codex Alimentarius Commission (1999)

Referencias

- Agrawal, A. A., Tuzun, S. y Bent, E. (2000). *Induced plant defenses against pathogens and herbivores. Biochemistry, ecology and agriculture*. Minnesota, USA: The American Phytopathological Society.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2004). *Biodiversity and pest management in agroecosystems*. New York, USA: The Haworth Press.
- Apple, J. L. (1977). The theory of disease management. En: Horsfall, J. G., and Cowling, E. B. (Eds.). *Plant Disease. An Advanced Treatise. Vol. I. How disease is managed*. (pp. 79-101). New York, USA: Academic Press.
- Bello, A. 2000. Alternativas al bromuro de metilo como fumigante del suelo en España. En Labrada. R. (Ed.) Report on validated methyl bromide alternatives. Roma, Italia: FAO.
- Bettiol W., Rivera M.C, Mondino P. y Montealegre J.R., Colmenárez Y.C. (Eds.) 2014. Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay: Editorial Facultad de Agronomía Universidad de la República. <http://aafitopatologos.com.ar/control-biologico-de-enfermedades-de-plantas-en-america-latina-y-el-caribe/>
- Boland, G. J. y Kuykendall, L. D. (Eds.). (1997). *Plant-microbe interactions and biological control*. New York, USA: Marcel Dekker.
- Buttimer, C., McAuliffe, O., Ross, R. P., Hill, C., O'Mahony, J. y Coffey, A. (2017). Bacteriophages and bacterial plant diseases. *Frontiers in Microbiology*, 8- DOI: 10.3389/fmicb.2017.00034
- Camargo, L. E. A. y Bergamin Filho, A. (1995). Controle genético. En: Bergamin Filho, A., Kimati, H. y Amorin, L. Bergamin Filho, A., Kimati, H. y Amorin, L. (Eds.). *Manual de Fitopatologia. Volume I. Principios e conceitos*. (pp. 729-760). São Paulo, Brasil: Editora Agrônômica Ceres.
- Codex Alimentarius Commission. (1999). Guidelines for the production, processing, labeling and marketing of organically produced foods CAC/GL 32-1999. Rome, Italy: FAO/WHO Food Standards Programme. Recuperado de https://www.gfrs.de/fileadmin/files/gl99_32e.pdf
- Cook, R. J. (1985). Biological control of plant pathogens. Theory to application. *Phytopathology*, 75(1), 25-29.
- Cook, R. J. y Baker, K. F. (1983). *The nature and practice of biological control of plant pathogens*. Minnesota, USA: American Phytopathological Society.
- D'Arcy, C. J., Eastburn, D. M. y Schumann, G. L. (2001). Illustrated glossary of plant pathology. *The Plant Health Instructor* DOI: 10.1094/PHI-I-2001-0219-01
- Daroub, S. H. y Snyder, G. H. (2007). The chemistry of plant nutrients in soil. En: Datnoff, L. E., Elmer, W. H., and Huber, D. M. (Eds.). *Mineral nutrition and plant disease*. (Pp. 1-7). Minnesota, USA: APS Press.
- de Souza Guerra, M. (1985). *Receituário caseiro: alternativas para o controle de pragas e doenças de plantas cultivadas e de seus produtos*. Brasília, Brasil: Embrater.
- FAO. 2011. Normas internacionales para medidas fitosanitarias. Plagas no cuarentenarias reglamentadas: concepto y aplicación. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/007/y4223s/y4223s05.htm>
- Fischer, G. R. (1993). *Menos veneno no prato. Alternativas aos agrotóxicos*. Florianópolis, Brasil: Paralelo 27.
- Font Quer, P. (2009). *Diccionario de botánica*. Barcelona: Ediciones Península.
- Ghini, R. (1993). A solar collector for soil disinfection. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 99, 45-50.
- Goodman, R. N. y Novacky, A. J. (1994). The hypersensitive reaction in plants to pathogens. A resistance phenomenon. Minnesota, USA: APS Press.
- Horsfall, J.G. y Cowling, E.B. 1977. Prologue: how disease is managed. Pp. 1-10. En: Plant Disease. An advanced treatise. Volumen I. Academic Press. New York
- Horsfall, J. G. y Cowling, E. B. (1977). *Plant disease. An advanced treatise. Vol. I. How disease is managed*. New York, USA: Academic Press.
- Jeger, M. J. (2004). Analysis of disease progress as a basis for evaluating disease management practices. *Annual Review of Phytopathology*, 42, 61-82.
- Kado, C.I. (2010). Plant bacteriology. Minnesota, USA: APS Press.
- Maloy, O. C. (2005). *Plant disease management*. American Phytopathological Society. Recuperado de <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/topc/Pages/PlantDiseaseManagement.aspx>
- Martínez Rodríguez, F., Peña Turruea, E., Ferrán Santana, J., Calero Martín, B., García Ramos, C., Morales Valdes, A. y Martínez Rodríguez, V. (2012). *Guía metodológica para la producción de harina de lombriz en pequeños y medianos productores*. La Habana, Cuba: Editora Agoecológica.

- Meyer, M. C., Mazaro, S. M., da Silva, J. C. (Eds.) (2019). *Trichoderma*. Uso na agricultura. Brasília, Brasil: Embrapa.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. 2011. Elaboración y uso del bocashi. 16 pp, FAO. <http://www.fao.org/3/a-at788s.pdf>.
- Mondino, P. y Vero S. (2006). *Control biológico de patógenos de plantas*. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía. Universidad de la República.
- Newhall, A. G. (1980). Herbert Hice Whetzel: pioneer American plant pathologist. *Annual Review of Plant Pathology*, 18, 27-36.
- Pechinger, K., Chooi, K. M., MacDiarmid, R. M, Harper, S. J. y Ziebell, H. (2019). A new era for mild strain cross-protection. *Viruses*, 11 DOI:10.3390/v11070670
- Primavesi, A. M. (1987). *Manejo ecológico de plagas e doenças*. San Pablo, Brasil: Nobel.
- Stackman, E. C. y Harrar, J. G. (1968). *Principios de patología vegetal*. Buenos Aires, Argentina: EUDEBA.
- Vega, D., Gally, M. E., Romero, A. M. y Poggio, S. L. (2019). Functional groups of plant pathogens in agroecosystems: a review. *European Journal of Plant Pathology*, 153, 695-713.
- Wright, E. R. y Pérez, B. A. (2001). Bases del mejoramiento genético para resistencia a oídios. En: Stadnik, M. J. y Rivera, M. C. (Eds.). *Oídios*. (pp. 119-144). Jaguariúna, São Paulo, Brasil: Embrapa Meio Ambiente.

Patologías específicas. Sintomatología, aspectos epidemiológicos y manejo

Para abordar este capítulo se han seleccionado algunas enfermedades, con fines didácticos. Las patologías que se presentan son causadas por patógenos de aire y de suelo con diferentes requerimientos nutricionales, que ocasionan enfermedades mono y policíclicas en cultivos para diversos fines. Estos casos permiten profundizar el conocimiento y análisis de las enfermedades que se caracterizan por causar necrosis, modificar el crecimiento, desarrollo o color de las plantas o dificultar el transporte de agua. Se presentan propuestas de manejo, basadas en las características de cada enfermedad.

Necrosis

Podredumbre gris, moho gris, podredumbre de los pimpollos, botritis

Agente causal: hongo

Botrytis cinerea (Deuteromycete), teleomorfo *Botryotinia fuckeliana* (Ascomycete, Sclerotiniaceae)

Las Figuras 13.1 y 13.2 muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad. *Botrytis cinerea* es uno de los patógenos más polífagos. Es capaz de infectar diversos órganos de las plantas, rara vez raíces. Se lo conoce especialmente por sus daños en pimpollos y flores en la producción florícola, frutos y brotes en la fruti-horticultura. Puede producir daños durante el cultivo y en la poscosecha. También forma parte del complejo de hongos que pueden ocasionar el mal de los almácigos. Es un patógeno muy importante en invernáculos.

Es una enfermedad sub-aguda. Las infecciones son favorecidas por la presencia de órganos maduros, tiempo fresco y húmedo. La esporulación del patógeno es estimulada por la senescencia de los tejidos.

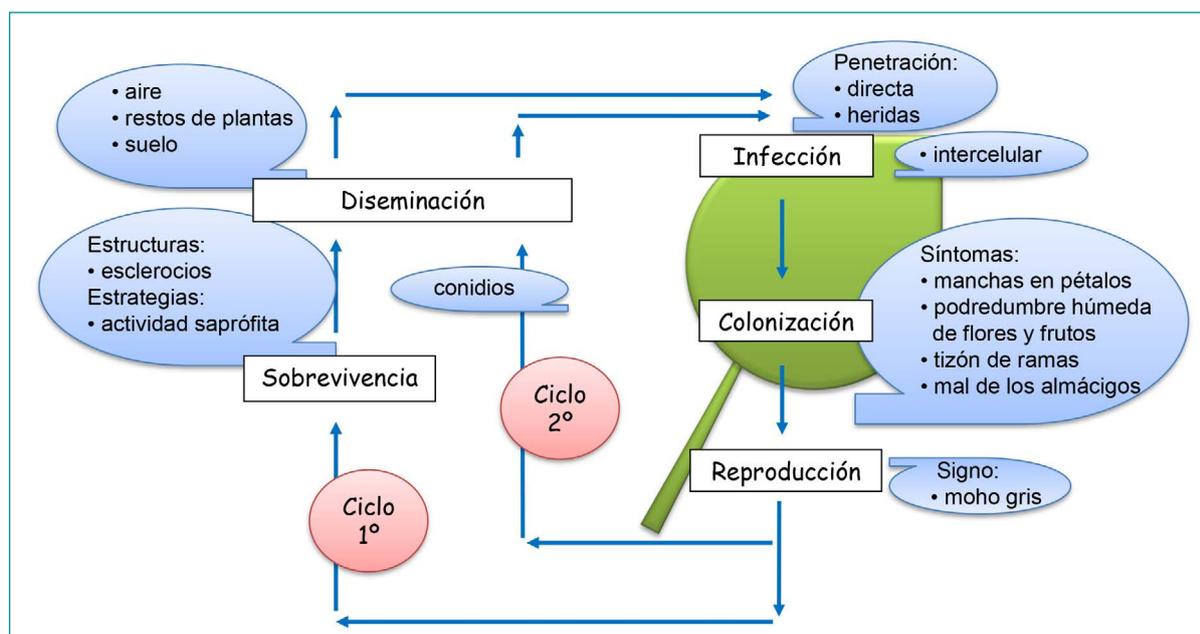


Figura 13.1. Podredumbre gris, esquema del ciclo.

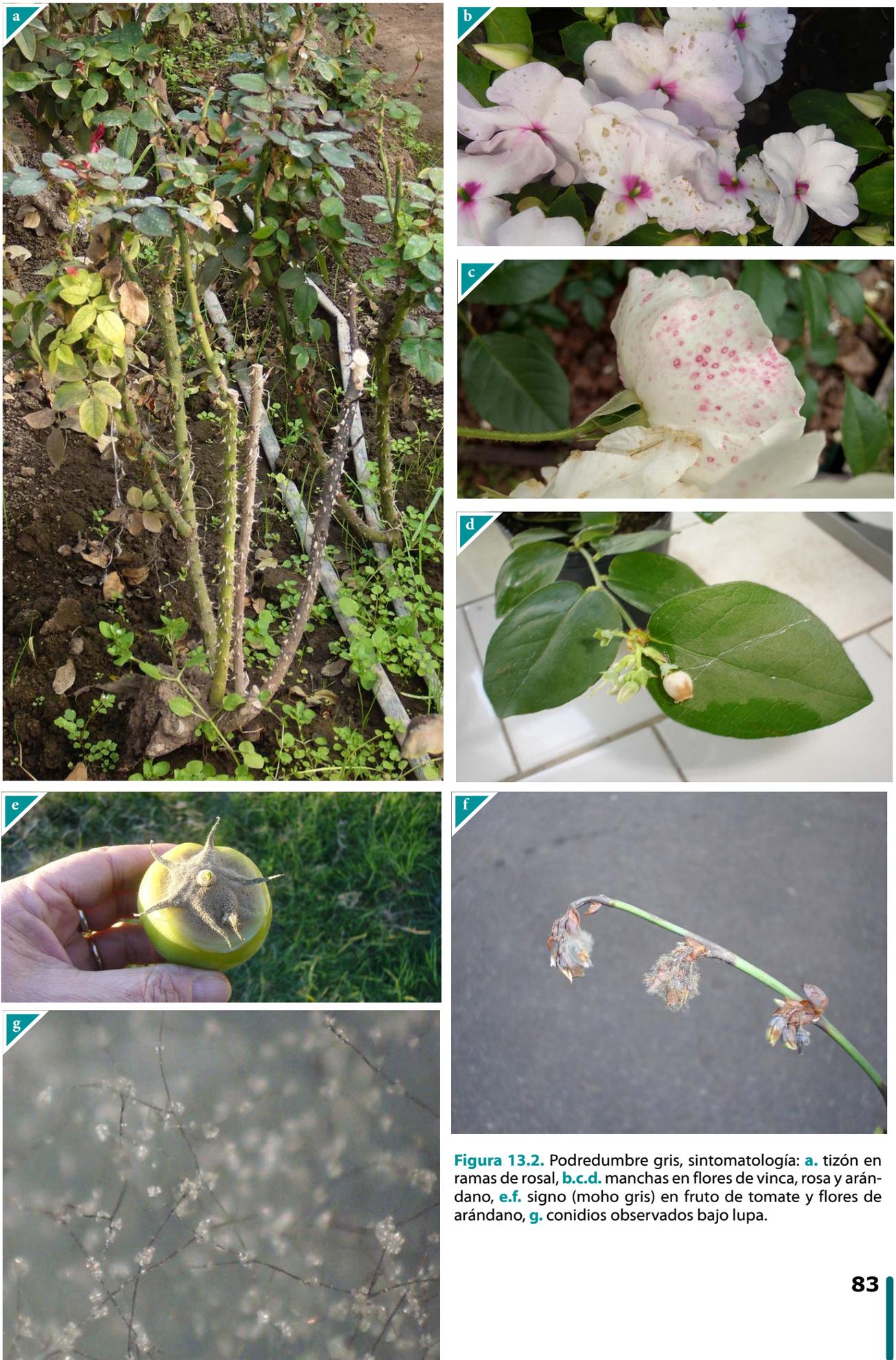


Figura 13.2. Podredumbre gris, sintomatología: **a.** tizón en ramas de rosal, **b.c.d.** manchas en flores de vinca, rosa y arándano, **e.f.** signo (moho gris) en fruto de tomate y flores de arándano, **g.** conidios observados bajo lupa.

El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- culturales: evitar alta densidad de plantas y de follaje, suspender riego por aspersión cuando coincide la floración con tiempo fresco y húmedo, mejorar ventilación de invernáculos, retirar plantas u órganos con síntomas
- químicas: aplicar cobre como preventivo
- biológicas: aplicar antagonistas

Necrosis

Mal de los almácigos, damping off

Agentes causales, hongos de varios géneros:

Sclerotinia, *Botrytis* (Ascomycota, Sclerotiniaceae)

Fusarium (Deuteromycota), teleomorfo Ascomycota, Nectriaceae

Rhizoctonia (Basidiomycota, Ceratobasidiaceae)

Pythium (Oomycota, Pythiaceae)

Phytophthora (Oomycota, Peronosporaceae)

Las **Figuras 13.3** y **13.4** muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad. Almacigo o semillero es el sitio donde se siembran y crían los vegetales que después han de trasplantarse. El mal de los almácigos afecta a la base de las plántulas y también a las semillas, o sea en post o pre-emergencia. Si bien el término está restringido a la propagación por semillas, los daños también pueden aparecer a nivel basal en los esquejes utilizados para propagar cultivos.

Puede estar presente en todos los cultivos que requieren la realización de almácigos y también en siembras a campo. En cultivos intensivos (hortícolas y florícolas) y ornamentales genera grandes pérdidas. Puede ser ocasionado por una diversidad de especies que habitan el suelo. Desde el punto de vista ecológico: algunas se han especializado en infectar órganos subterráneos mientras que otras han fortalecido su actividad saprófita.

Es una enfermedad aguda. Las infecciones son favorecidas por la humedad del suelo y la presencia de órganos jóvenes. El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- culturales: utilizar semilla sana, evitar alta densidad de siembra, manejar el riego equilibradamente, regar con agua segura
- químicas: aplicar preparados vegetales
- biológicas: incluir compost en la mezcla de sustrato, aplicar antagonistas, regar con preparados botánicos

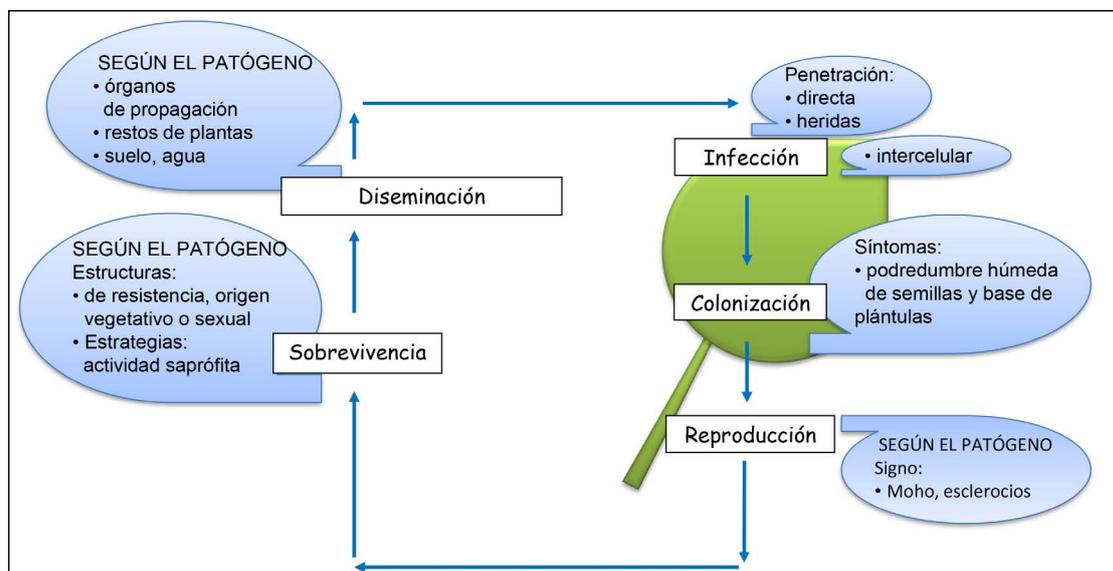


Figura 13.3. Mal de los almácigos, esquema del ciclo.

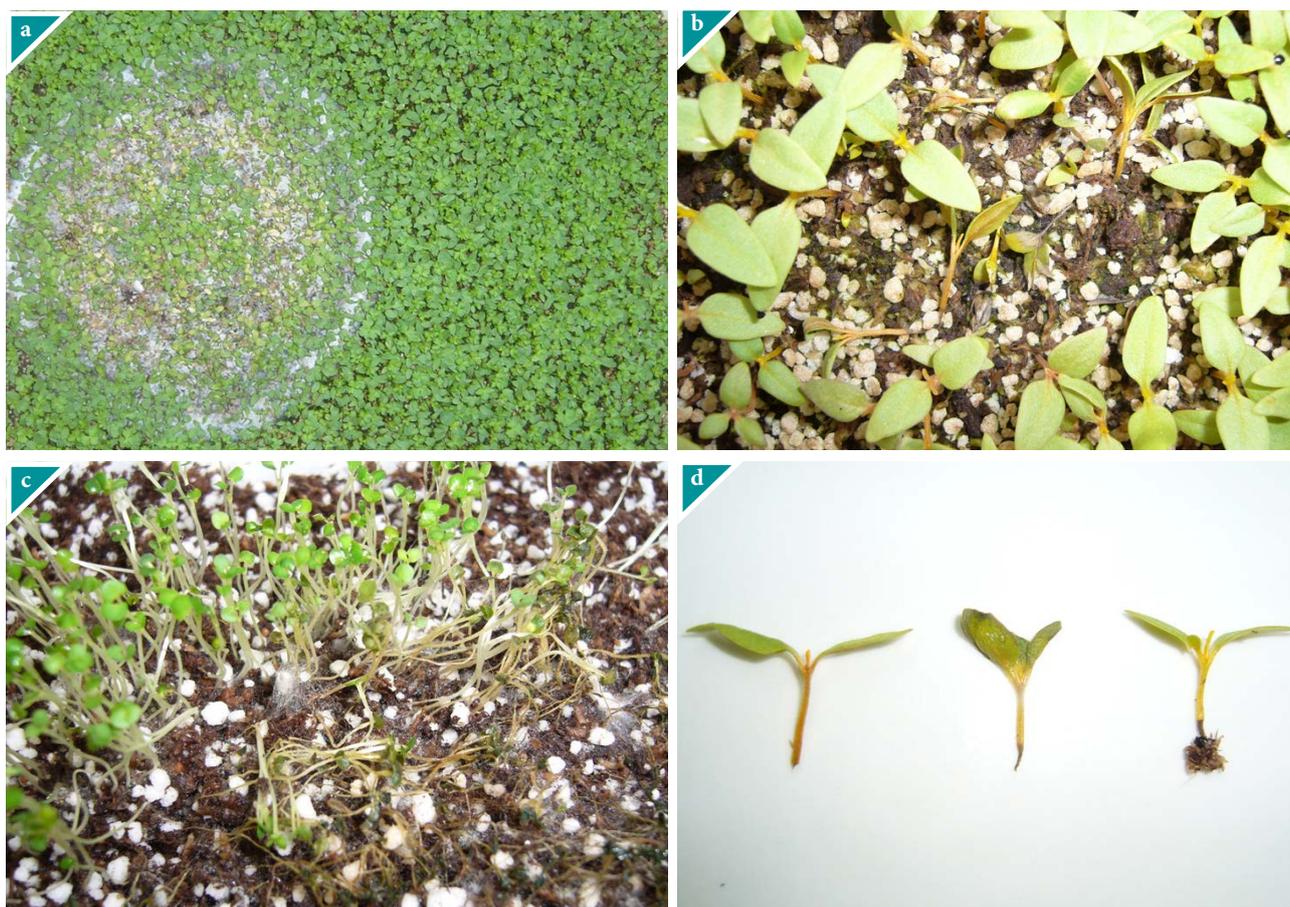


Figura 13.4. Mal de los almácigos, sintomatología: **a.** bandeja ornamental con foco de damping off en avance, **b.c.** plántulas volcadas de celosía y tomillo, **d.** síntomas basales en distinto grado de avance.

Necrosis

Mancha en V de las crucíferas, podredumbre negra de las crucíferas

Agente causal: bacteria

Xanthomonas campestris pv. *campestris* (Proteobacteria, Xanthomonadaceae)

Las **Figuras 13.5** y **13.6** muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad. Ataca a todas las Brassicáceas, en distintos órganos como cotiledones, hojas, brotes, pedúnculos, frutos y semillas. En plantas adultas, el primer síntoma consiste en la amarillez de los márgenes de las hojas, en forma de V. A medida que la enfermedad progresa, las nervaduras se tornan oscuras. El ennegrecimiento afecta los pecíolos y los elementos vasculares del tallo. Las hojas afectadas se vuelven amarillas y caen. Los síntomas siguen avanzando en la poscosecha.

Es una enfermedad sub-aguda. La infección es favorecida por elevada temperatura ambiente y alto porcentaje de humedad relativa en el aire.

El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- culturales: cultivar en suelos sin antecedentes de la enfermedad, usar semillas sanas, evitar alta densidad de plantas, disminuir la frecuencia de riego por aspersión cuando las condiciones del ambiente son conductivas, retirar plantas u hojas con síntomas
- químicas: aplicar cobre como preventivo, verificando que no cause fitotoxicidad
- biológicas: incorporar composts en el suelo de cultivo

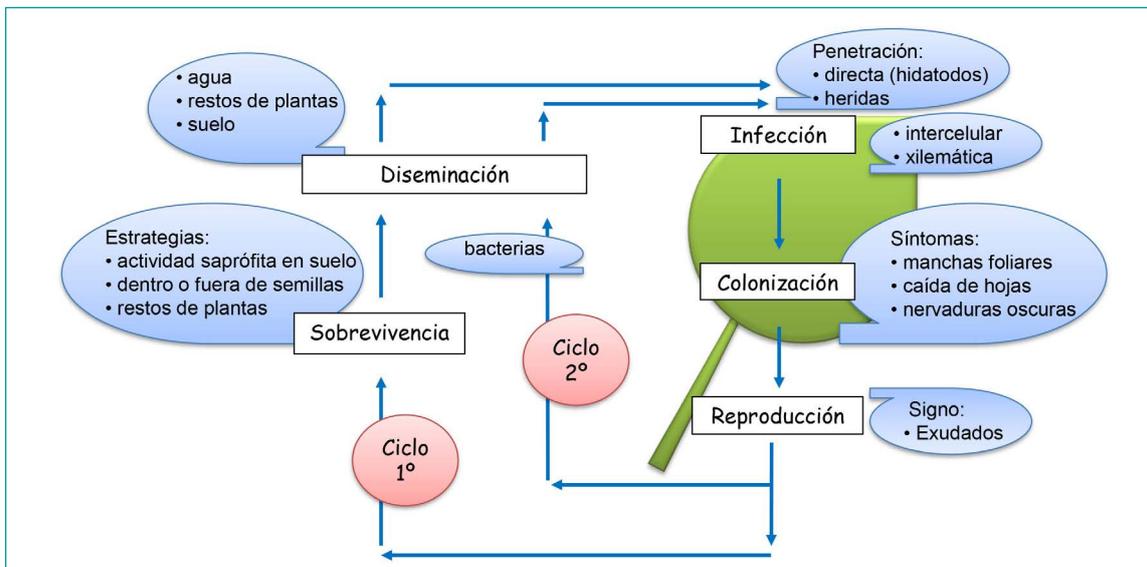


Figura 13.5. Mancha en V de las crucíferas, esquema del ciclo.



Figura 13.6. Mancha en V de las crucíferas, sintomatología: a.b. manchas foliares con forma de V en estado inicial y final, c. exudados de la bacteria.

Necrosis - Crecimiento modificado- Color modificado

Mosaico del rosal

Virus

Apple mosaic virus (ApMV) y *Prunus necrotic ringspot virus* (PNRSV) (género Ilarvirus)

Las Figuras 13.7 y 13.8 muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad. El mosaico es una enfermedad que produce pérdidas importantes en la producción de rosal, porque disminuye la calidad de las plantas y su vida útil.

Los virus ApMV y PNRSV pueden infectar a los rosales en forma individual o conjunta. Los síntomas son muy variables, dependiendo del virus, el cultivar de rosal y las condiciones ambientales. Los más comunes son áreas, bandas y anillos cloróticos. Las hojas pueden aparecer deformadas. Los síntomas aparecen principalmente en primavera y pueden desaparecer a medida que las hojas maduran. En ocasiones, las plantas infectadas no muestran síntomas. No se descarta la presencia de otros virus afectando rosal.

Una dificultad para el diagnóstico visual es que los síntomas pueden confundirse con daños por herbicidas o deficiencias nutricionales, como ocurre para muchas virosis.

Estos virus son polífagos. En rosal se ha verificado transmisión a través de la propagación; en otros hospedantes se conoce transmisión por polen, semilla e insectos.

Una planta infectada durante la propagación puede no manifestar síntomas durante toda su vida en cultivo. El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- culturales: multiplicación de material de sanidad controlada, eliminar plantas enfermas

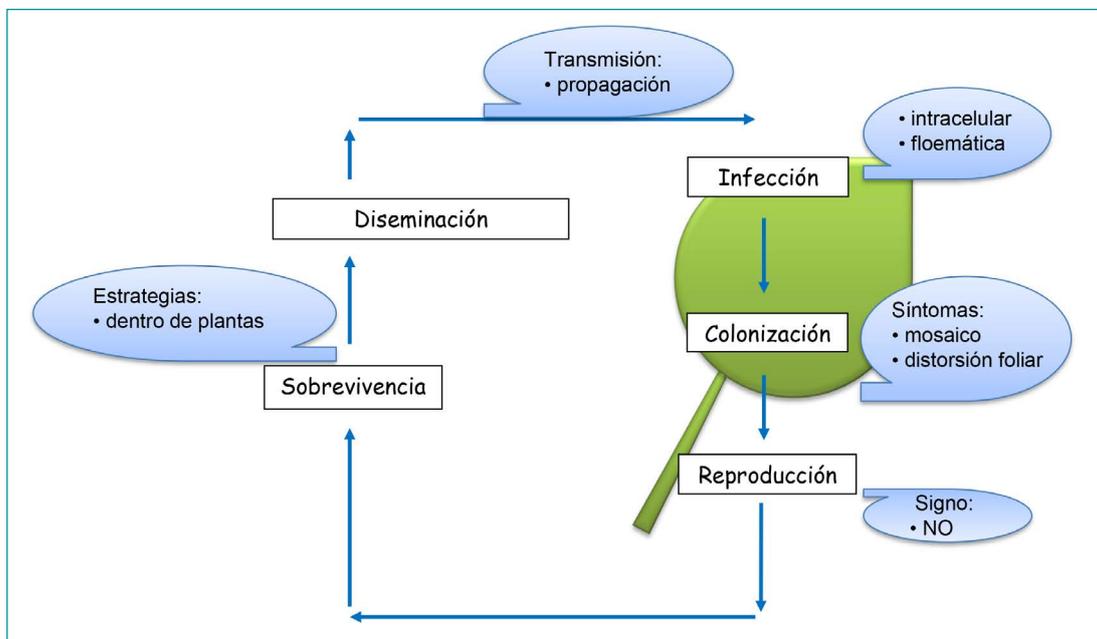


Figura 13.7. Mosaico del rosal, esquema del ciclo.

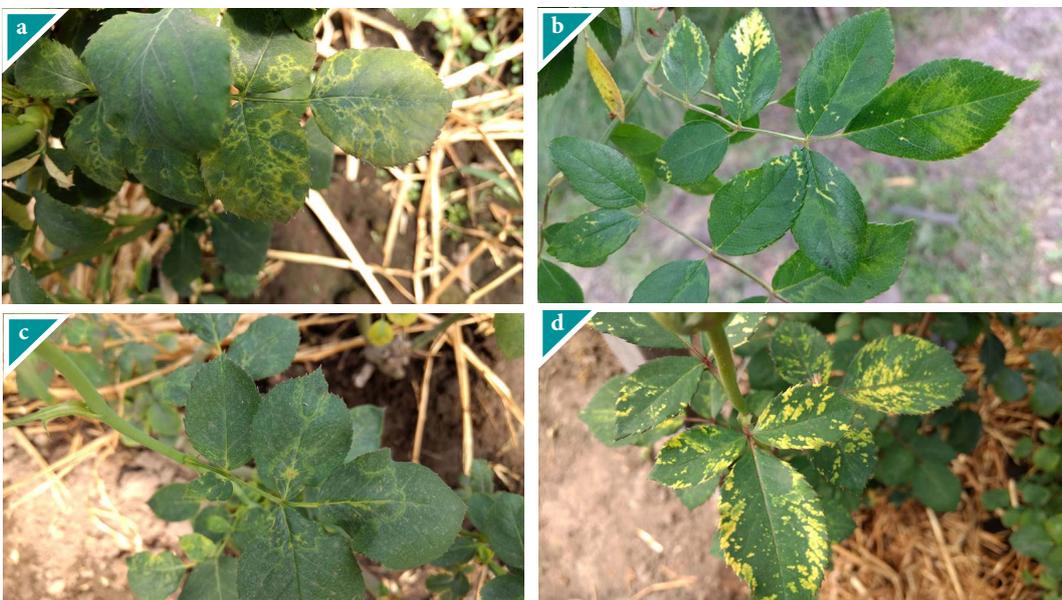


Figura 13.8. Mosaico del rosal, sintomatología: a.b.c.d. mosaico dispuesto en anillos, líneas, líneas que forman una hoja de roble, parches y deformación foliar.

Crecimiento modificado - Color modificado

Roya anaranjada del trigo

Agente causal: hongo

Puccinia recondita (Basidiomycota, Pucciniaceae). Sinónimo: *P. triticina*

Los hongos productores de royas son parásitos biótrofos que infectan tejidos aéreos. Pueden presentar hasta cinco tipos de esporas: **urediniosporas, teliosporas, picniosporas, ecidiosporas y basidiosporas**. Las royas denominadas “de ciclo completo” son aquellas para las que se conocen todos los tipos de esporas. Las urediniosporas presentan colores vivaces y se forman en el envés foliar, en pústulas urediniospóricas o uredosoros debajo de la epidermis vegetal, la cual rompen para liberar las esporas en forma de polvillo. Son muy eficaces en la generación de ciclos secundarios de enfermedad. Hacia el final del período de cultivo, se producen teliosporas en teliosoros, generalmente de colores oscuros. Estas esporas no son liberadas, sino que permanecen como estructuras de resistencia en los restos de vegetación.

Algunas royas transcurren todo su ciclo de vida sobre el mismo hospedante, por lo que se denominadas **autoicas**. En contraposición, las **heteroicas** -como la roya anaranjada del trigo- cumplen su ciclo alternando entre dos hospedantes. En muchos casos se registra una acumulación de hidratos de carbono alrededor de las pústulas que se observa como halos de tonalidad verde más intensa que el resto de la hoja. Esta captura de fotoasimilados genera un déficit en los destinos de la planta, como flores o frutos (hambre a distancia). La transpiración y la respiración de las plantas también pueden aumentar como consecuencia de la infección.

Las **Figuras 13.9 y 13.10** muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad. La roya anaranjada aparece a partir de macollaje, con días luminosos, temperaturas frescas y un mínimo de horas de mojado foliar. Se manifiesta con pústulas anaranjadas, pequeñas, distribuidas al azar en las hojas; en algunos casos también en vainas, tallos y espigas. Se forman teliosoros oscuros al final del ciclo del cultivo, que también se disponen al azar. Para completar su ciclo produciendo los cinco tipos de esporas, necesita especies del género *Thalictrum* (Ranunculaceae) que no se encuentran en Argentina. Por ello, las teliosporas no presentan importancia en el ciclo. Plantas voluntarias de trigo, que aparecen especialmente en siembra directa, son fuente de inóculo primario.

En monocultivo de trigo con antecedentes de la enfermedad, las plantas pueden mostrar infecciones tempranas en las hojas inferiores. En cambio, se manifiesta más intensamente en las hojas superiores cuando el inóculo proviene de fuentes externas. Además de trigo, esta roya puede afectar centeno.

Es una enfermedad sub-aguda. El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- genéticas: cultivares de buen comportamiento
- culturales: evitar siembra directa, no repetir trigo en el mismo lote, evitar alta densidad de siembra, evitar exceso de nitrógeno en el suelo.

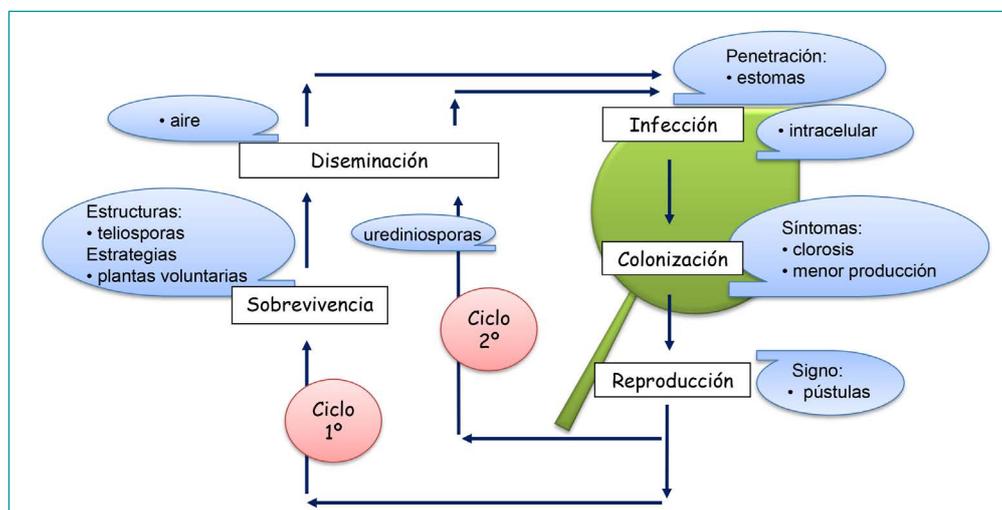


Figura 13.9. Roya anaranjada del trigo, esquema del ciclo.

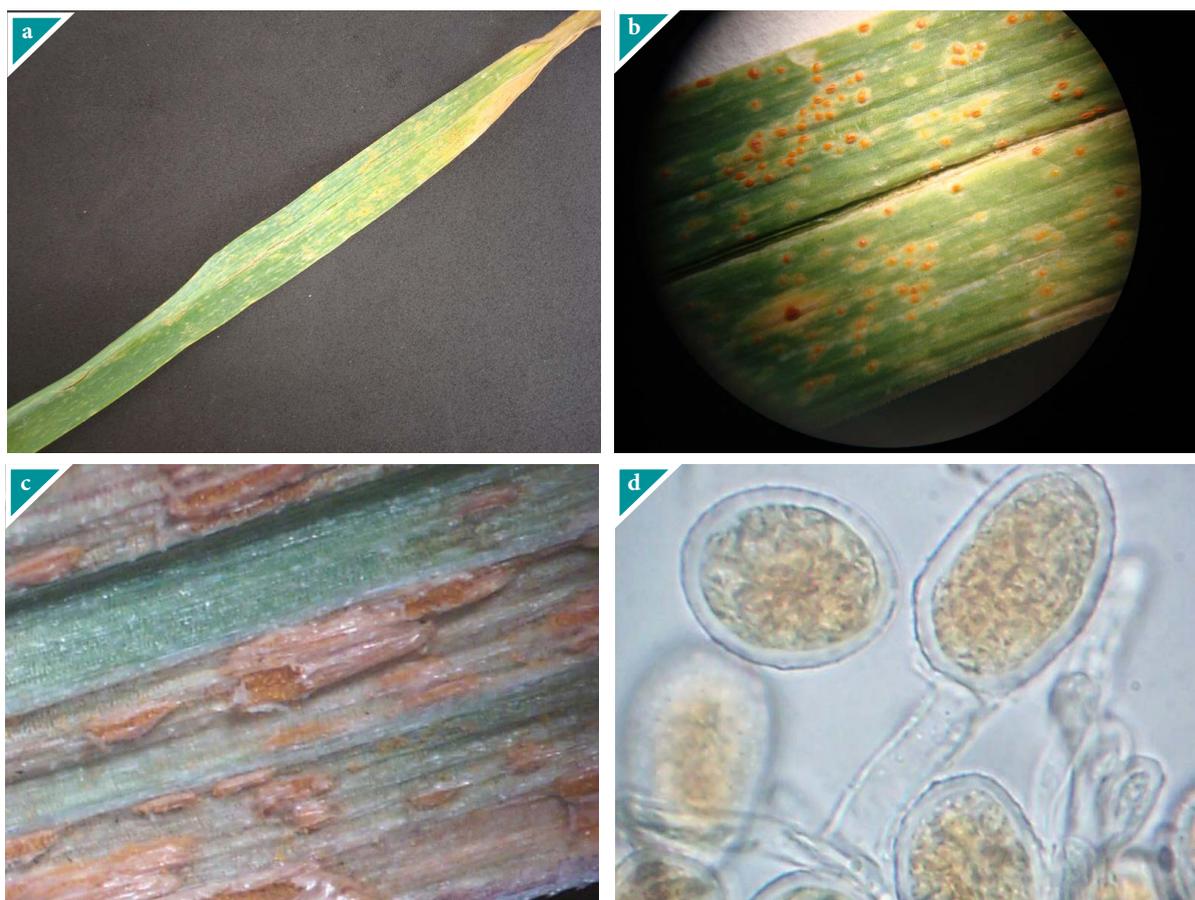


Figura 13.10. Roya anaranjada del trigo, sintomatología: **a.b.** disposición al azar de las pústulas y la clorosis, **c.** detalle de pústula, **d.** urediniosporas.

Crecimiento modificado - Color modificado

Oídio del trigo

Agente causal: hongo

Blumeria graminis f. sp. *tritici* (Ascomycota, Erysiphaceae). Sinónimo *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*

Los oídios son enfermedades ocasionadas por parásitos obligados. En su mayoría se localizan en forma exógena y obtienen su alimento mediante la penetración de haustorios en las células vegetales. El signo de los oídios es un moho blanquecino constituido por micelio y conidios, que desarrolla generalmente en el haz de las hojas, y también puede infectar otros órganos aéreos. Si aparece la forma perfecta, se visualiza como puntos oscuros que corresponden a chasmotecios. Algunas especies tienen gran capacidad de desarrollo en ambientes secos (por ejemplo las causantes de oídios en manzano y vid) pero muchas son favorecidas por condiciones de humedad (oídios del rosal y gramíneas). Los movimientos de aire intervienen en forma fundamental en su dispersión. En general, estos hongos penetran en los tejidos del hospedante a través de apresorios. Provocan severas pérdidas en el rendimiento, por hambre de las plantas infectadas.

Las **Figuras 13.11** y **13.12** muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad. En trigo, el signo desarrolla sobre las láminas, vainas foliares y espiguillas. Se observa como una masa pulverulenta blanca que con el transcurso del tiempo se torna de color grisáceo o castaño claro. Las hojas se vuelven cloróticas y en infecciones severas pueden necrosarse y morir. Al final del ciclo de la enfermedad aparecen los chasmotecios. La enfermedad es favorecida por temperaturas frescas, poca amplitud térmica, escasa radiación, alta humedad relativa ambiente y exceso de nitrógeno edáfico.

El hongo puede sobrevivir en el rastrojo. Las plantas guachas de trigo o gramíneas espontáneas son los huéspedes alternativos donde el patógeno (parásito obligado) permanece durante el verano y otoño.

Es una enfermedad sub-aguda. El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- genéticas: cultivares de buen comportamiento
- culturales: control de gramíneas hospedantes, incorporación del rastrojo, evitar exceso de nitrógeno en el suelo.

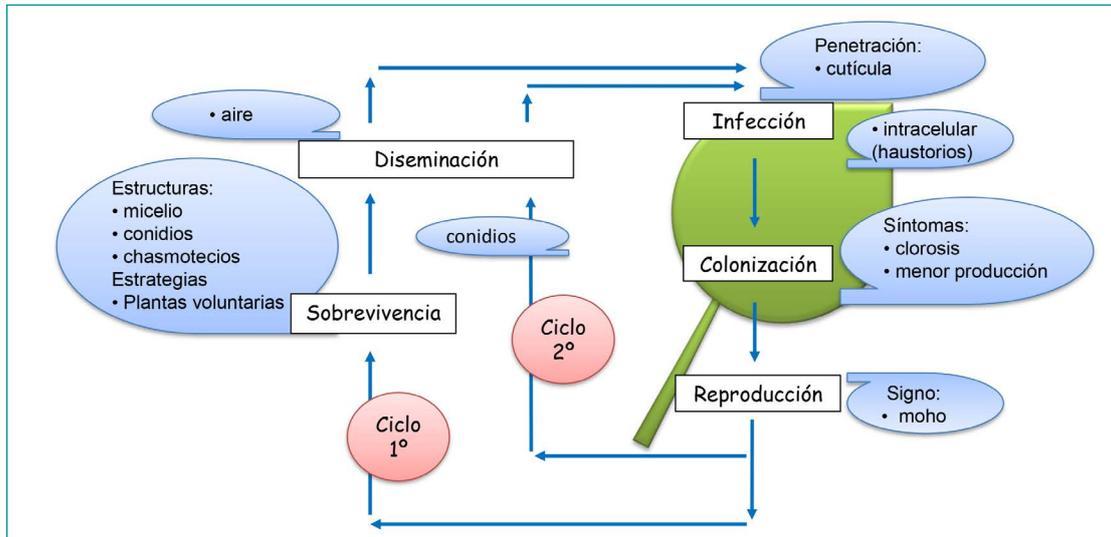


Figura 13.11. Oidio del trigo, esquema del ciclo.



Figura 13.12. Oidio del trigo, sintomatología: a.b.c. moho característico sobre la superficie de la hoja.

Crecimiento y desarrollo modificados - Color modificado

Torque del duraznero

Agente causal: hongo

Taphrina deformans (Ascomycota, Taphrinaceae)

Las Figuras 13.13 y 13.14 muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad. Se manifiesta con la torsión y ampollado de las hojas, que se vuelven más carnosas en las zonas infectadas,

alteraciones que obedecen a fenómenos de hipertrofia e hiperplasia. Aparece también una coloración rojo intenso, por cambios en el pH foliar que determinan la síntesis de antocianinas. En ocasiones, las zonas afectadas se tornan cloróticas. El signo es una capa de ascos, que aparece como una tenue felpilla de aspecto ceroso. Se desarrolla en la cara superior de las hojas, sobre las partes afectadas que se tornaron rojas.

Es una enfermedad subaguda. Las hojas enfermas caen y las plantas las restituyen. Se reduce la producción del año y se van debilitando las plantas. El torque puede ocasionar daños importantes al destruir la primera brotación primaveral. Las nuevas hojas, al igual que los frutos, no son habitualmente infectados, porque para esa época del año las temperaturas no son conductivas. En condiciones propicias, son susceptibles todos los órganos jóvenes de las plantas. Los brotes se engrosan y pueden morir.

La enfermedad aparece predominantemente en zonas húmedas. No solo ataca duraznero, también pelón y almendro. La predisponen la presencia de tejidos muy jóvenes y el tiempo fresco y lluvioso en primavera.

Es una enfermedad monocíclica. El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- genéticas: cultivares de buen comportamiento
- culturales: poda invernal
- químicas: aplicaciones preventivas de cobre o azufre

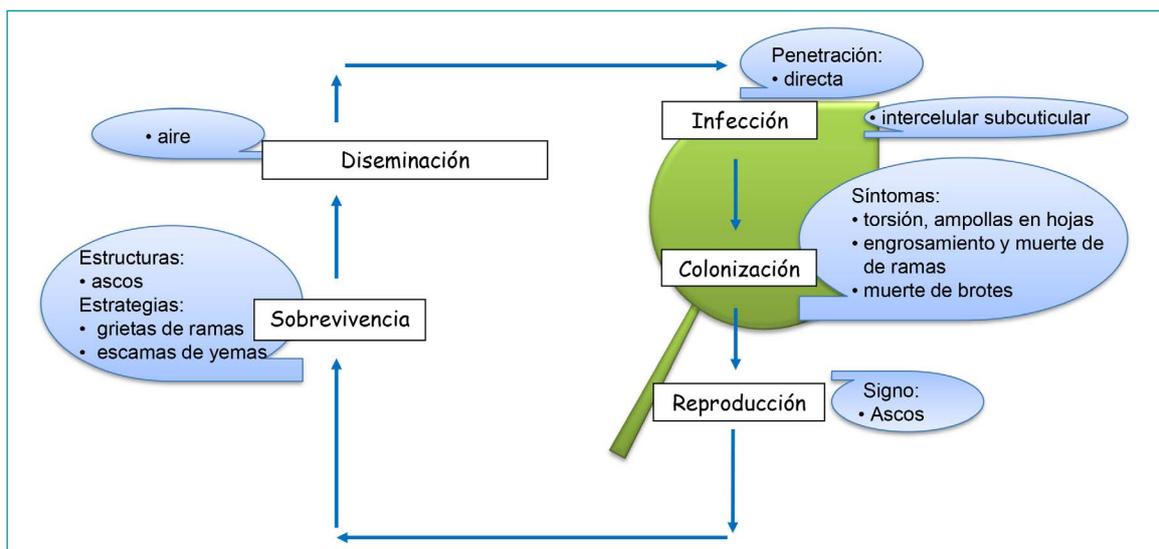


Figura 13.13. Torque del duraznero, esquema del ciclo.

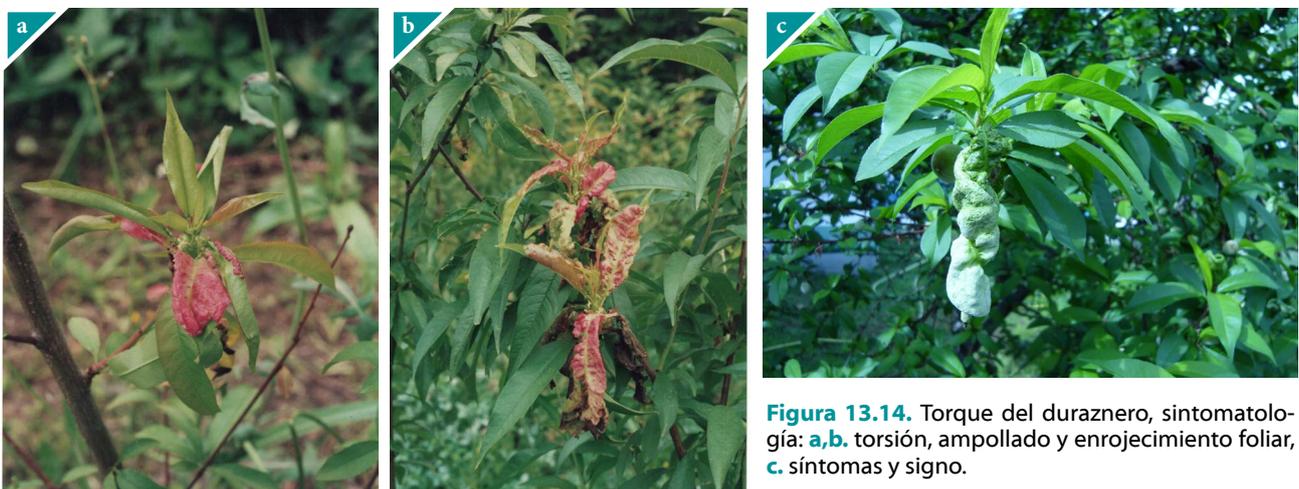


Figura 13.14. Torque del duraznero, sintomatología: a,b. torsión, ampollado y enrojecimiento foliar, c. síntomas y signo.

Necrosis - Crecimiento modificado

Cancrosis de los cítricos, cancrrosis bacteriana de los cítricos, cancro cítrico

Bacteria

Xanthomonas citri subsp. *citri* (Proteobacteria, Xanthomonadaceae) Sinónimo: *X. citri*

Las Figuras 13.15 y 13.16 muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad, que se presenta en la mayoría de las áreas de cultivo de cítricos. Puede atacar tanto a plántulas como a árboles jóvenes y adultos, del género *Citrus*. La mayor susceptibilidad es durante el crecimiento activo de vástagos y hojas desde finales del verano y durante el otoño. Se forman canchros en las ramas. Sobre frutos y hojas, aparecen síntomas particulares: erupciones de aspecto corchoso y agrietado, que van tomando color castaño. Adicionalmente, en las hojas aparece una clorosis marcada alrededor de las erupciones. Puede ocurrir caída de hojas y frutos. Debilita a las plantas.

Las heridas que facilitan la penetración pueden ser provocadas por roces de ramas con espinas, insectos o partículas de suelo transportadas por el aire. La bacteria produce xantomonadina, pigmento que da color amarillento a las colonias, y goma xántica, ambos compuestos importantes en la fase epifítica de vida.

Es una enfermedad sub-aguda. Los mayores daños los ocasiona por pérdidas en el valor comercial de la fruta. Existen restricciones para el comercio internacional. Por ejemplo, la Unión Europea ha declarado esta enfermedad como erradicada en 1947, actualmente presente con pocas ocurrencias. Solo permite ingreso de fruta proveniente de lotes de sanidad controlada.

El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- genéticas: pomelo, limón y lima son los cítricos más susceptibles.
- culturales: poda invernal, en lo posible retirar hojas y frutos caídos, evitar heridas
- químicas: aplicar preventivamente cobre
- físicas: cortinas rompeviento
- legales: plantas certificadas

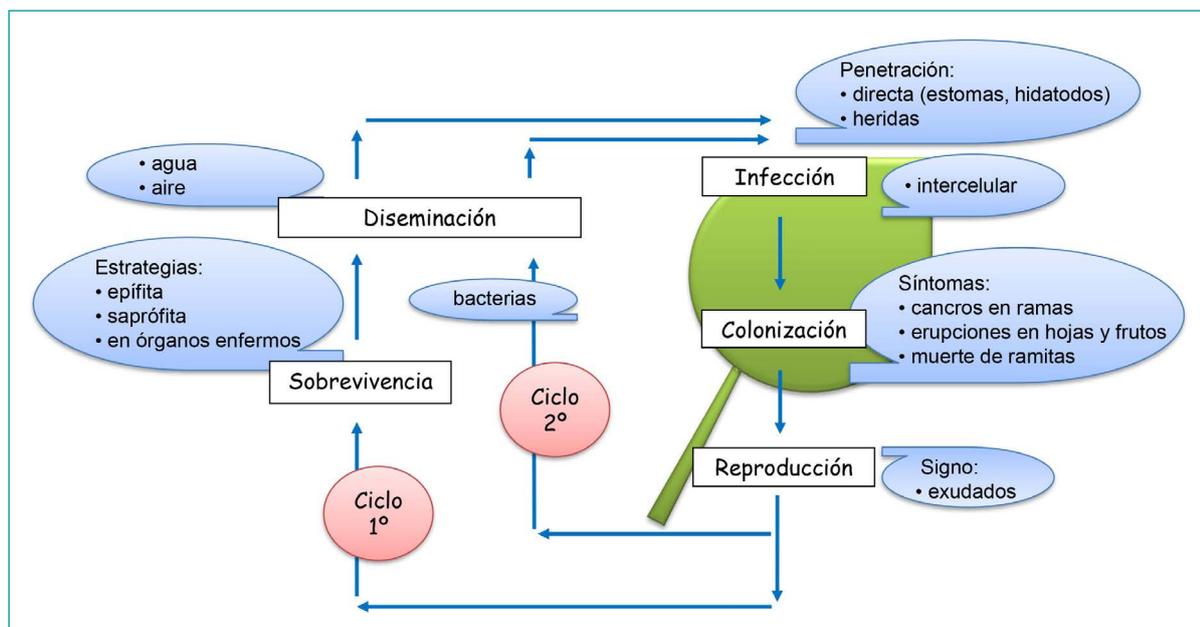


Figura 13.15. Cancrosis de los cítricos, esquema del ciclo.

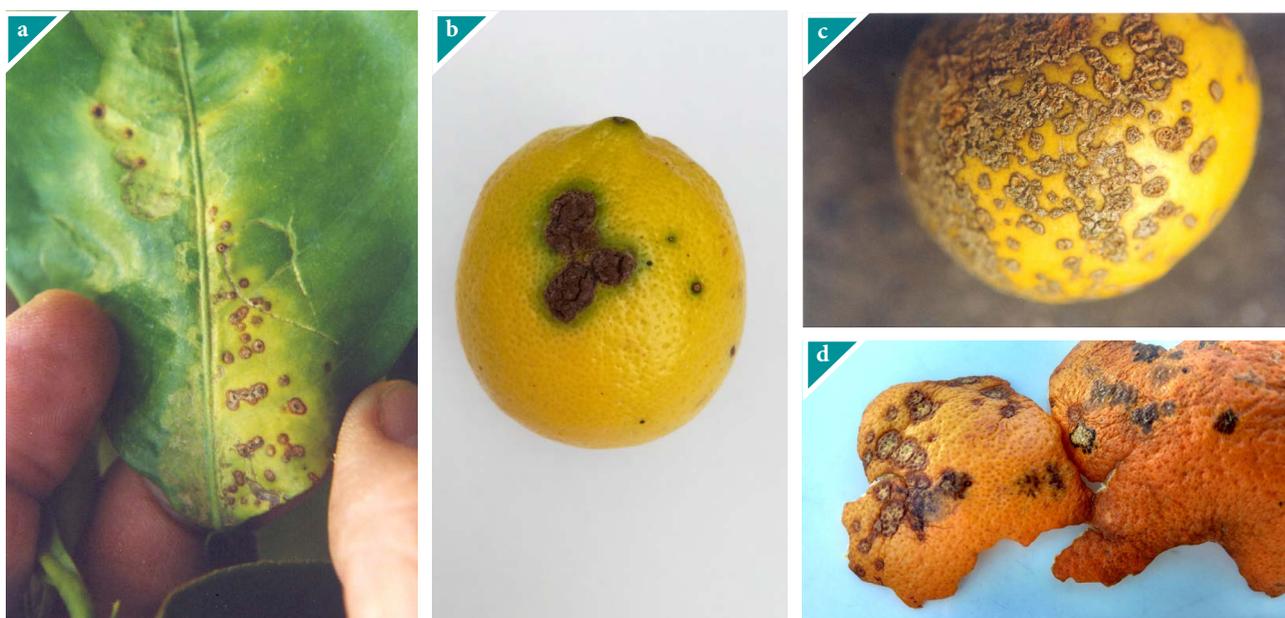


Figura 13.16. Cancrosis de los cítricos, sintomatología: **a.** erupciones corchosas en hojas, **b.c.d.** erupciones corchosas en superficie de limón, pomelo y mandarina.

Crecimiento modificado

Agalla de corona, agalla de cuello, tumor vegetal

Bacteria

Agrobacterium radiobacter (Proteobacteria, Rhizobiaceae) Sinónimos: *A. tumefaciens*, *Rhizobium radiobacter*

Las **Figuras 13.17** y **13.18** muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad cosmopolita. Presenta un sinnúmero de hospedantes pertenecientes a diversas familias y géneros de Dicotiledóneas. Afecta particularmente a las Rosaceae. El síntoma primario se localiza en el cuello de las plantas, donde se forman tumores globosos a alargados, con grietas, de tamaño variable. Al inicio son blanquecinos y luego adquieren el color del tejido que los rodea. En plantas perennes, los tumores maduros presentan consistencia similar a la madera; mientras que en herbáceas suelen ser blandos. Como síntomas secundarios, se observa clorosis y pérdida de vigor.

El género *Agrobacterium* es habitante de suelo. La infección es condicionada por la presencia de heridas en la base de las plantas. La especie más polífaga y dañina es *A. tumefaciens*. La especie *rhizogenes* produce superabundancia de raíces. Estas especies presentan, respectivamente, plásmidos inductores de tumores y de raíces. Estos plásmidos contienen genes de virulencia y codifican para la producción de opinas y factores de crecimiento (auxinas y citoquininas). Una porción de esos plásmidos ingresa en la célula del hospedante y se integra a su genoma. La célula vegetal modificada, comienza a segregar opinas, que *Agrobacterium* utiliza como fuentes de nutrientes y como señales de activación del *quorum sensing*.

La enfermedad fue estudiada en detalle por Smith y Townsend, quienes aislaron la bacteria de plantas de margarita (Asteraceae) con tumores basales. Mediante el aislamiento, la inoculación a través de heridas y re-aislamiento comprobaron la patogenicidad de la bacteria, que denominaron *Bacterium tumefaciens*. Estos estudios publicados en 1907 contenían información sobre la dificultad del aislamiento, la susceptibilidad de tejidos jóvenes de margarita y de otras especies como tabaco, tomate, papa y remolacha azucarera. Y plantearon la posibilidad de que la misma bacteria sea la causante de agallas en duraznero, que había sido atribuida por otro autor a un hongo. Estos estudios y subsiguientes sobre el mecanismo de infección, sentaron las bases de la biotecnología vegetal.

El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- culturales: suelos sin antecedentes de la enfermedad, órganos de propagación vegetativa sanos, evitar heridas en la base de las plantas, evitar escurrimiento superficial de agua, desinfectar herramientas, retirar plantas con síntomas y tierra circundante, acidificar el suelo, rotar con gramíneas.
- químicas: control de insectos de suelo
- biológicas: cepas no virulentas
- legales: control obligatorio en viveros

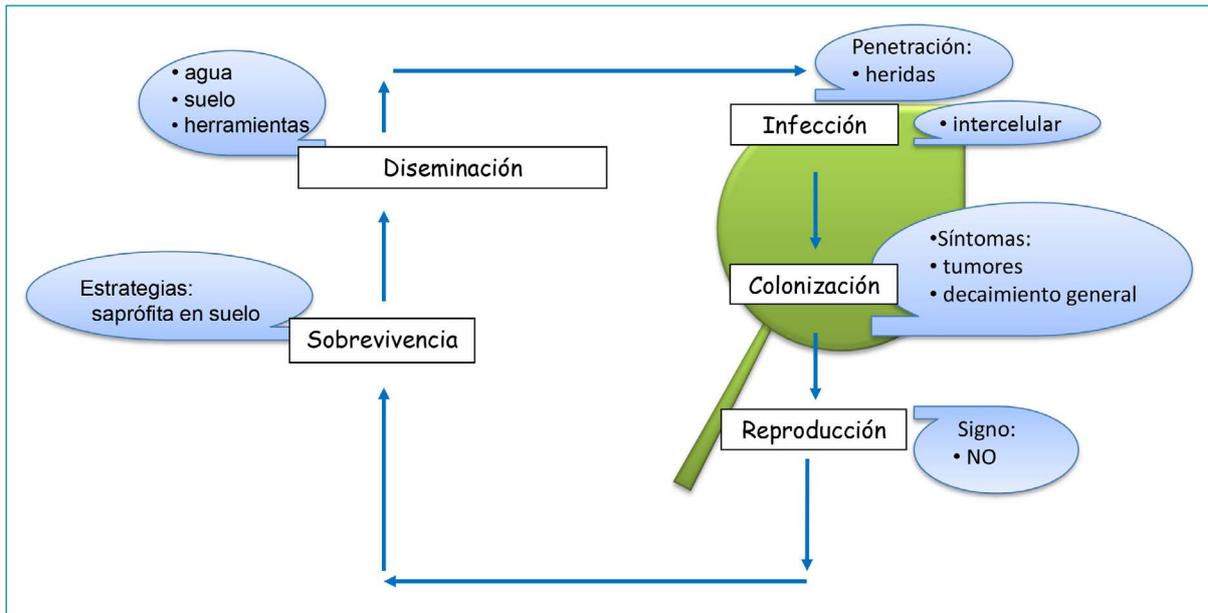


Figura 13.17. Agalla de corona, esquema del ciclo.

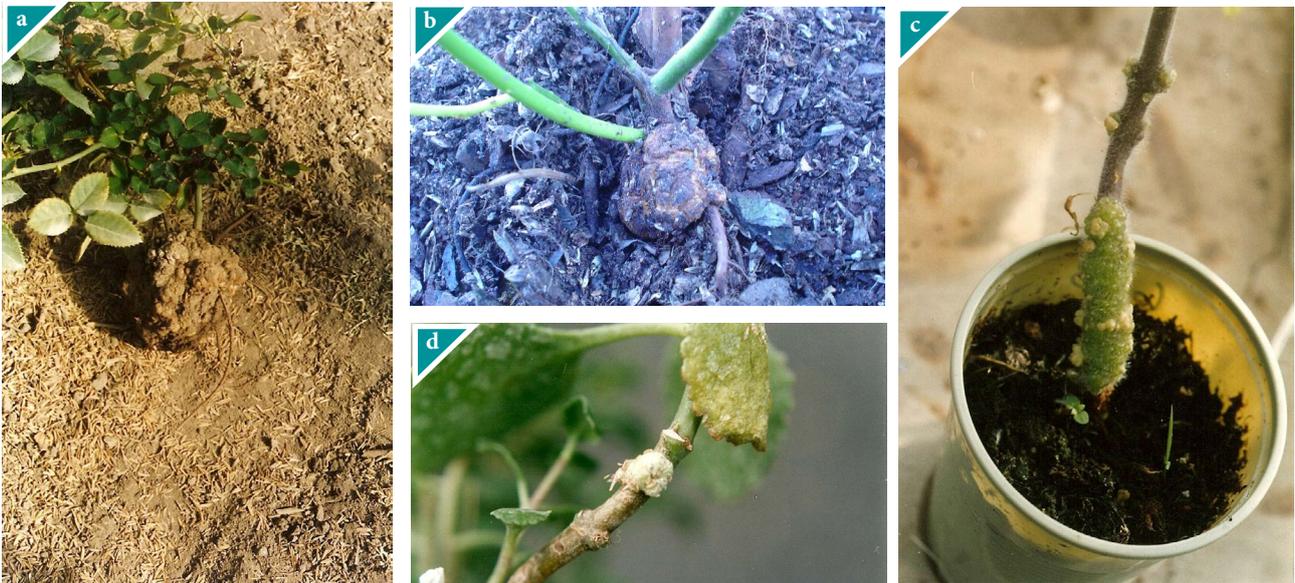


Figura 13.18. Agalla de corona, sintomatología: a.b. agallas leñosas basales en rosal y arándano, c.d. agallas carnosas aéreas en plantas de tomate y kalanchoe inoculadas.

Pérdida de turgencia

Fusariosis de la violeta de los Alpes, traqueomicosis del ciclamen, marchitamiento vascular del ciclamen Hongo

Fusarium oxysporum f.sp. *cyclaminis* (Deuteromycete), teleomorfo Ascomycete, Nectriaceae

Fusarium es un género cosmopolita, con muchas especies de suelo. Los síntomas que causan son marchitez y marchitamiento. Los órganos aéreos manifiestan clorosis y pérdida de turgencia, pudiendo llegar a la muerte.

La marchitez es debida a podredumbres basales (de raíces y bases de los tallos). Es un síntoma secundario de esas podredumbres. Es causada por especies generalistas, no específicas, de *Fusarium* por ejemplo *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. equiseti*, etc., que infectan plantas que han sufrido algún estrés.

El marchitamiento es debido a la colonización de los haces vasculares. Es causado por formas especiales, es decir restringidas en su capacidad patógena a un hospedante. Por ejemplo, *F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis*. El hongo llega a los vasos del xilema, los coloniza y los va degradando. Tiene alta capacidad de sobrevivencia por la formación de clamidosporas.

Las Figuras 13.19 y 13.20 muestran aspectos distintivos del ciclo y sintomatología de esta enfermedad. En violeta de los Alpes (*Cyclamen persicum*), *F. oxysporum* f.sp. *cyclaminis* produce un marchitamiento típico. Las hojas se vuelven amarillentas y pierden turgencia. Aparece decoloración en la base de los pecíolos. Inicialmente, los síntomas se observan de un solo lado de las plantas. Continúa el colapso y las plantas finalmente mueren. Los cormos permanecen firmes, pero en cortes transversales se observa necrosis del sistema vascular. La enfermedad puede producir pérdidas muy elevadas. Rara vez se observan síntomas en plántulas, aunque éstas pueden ser infectadas.

El patógeno tiene capacidad de sobrevivir en los sustratos de cultivo durante años. Estudios de la estructura de la población muestran que presenta alta variabilidad. Penetra por las puntas de las raíces, invade la corteza y desde allí llega a los vasos del xilema donde llega a interrumpir el movimiento del agua. Puede aparecer un moho blanco rosado en la base de los pecíolos. Los síntomas suelen aparecer repentinamente luego del estrés del trasplante o al inicio de la floración. Si bien no se transmite por semillas, los restos de flores que acompañan a las partidas pueden contener inóculo. El riego puede intervenir en la diseminación mediante el transporte de conidios en gotas de agua que salpican de una planta a otra.

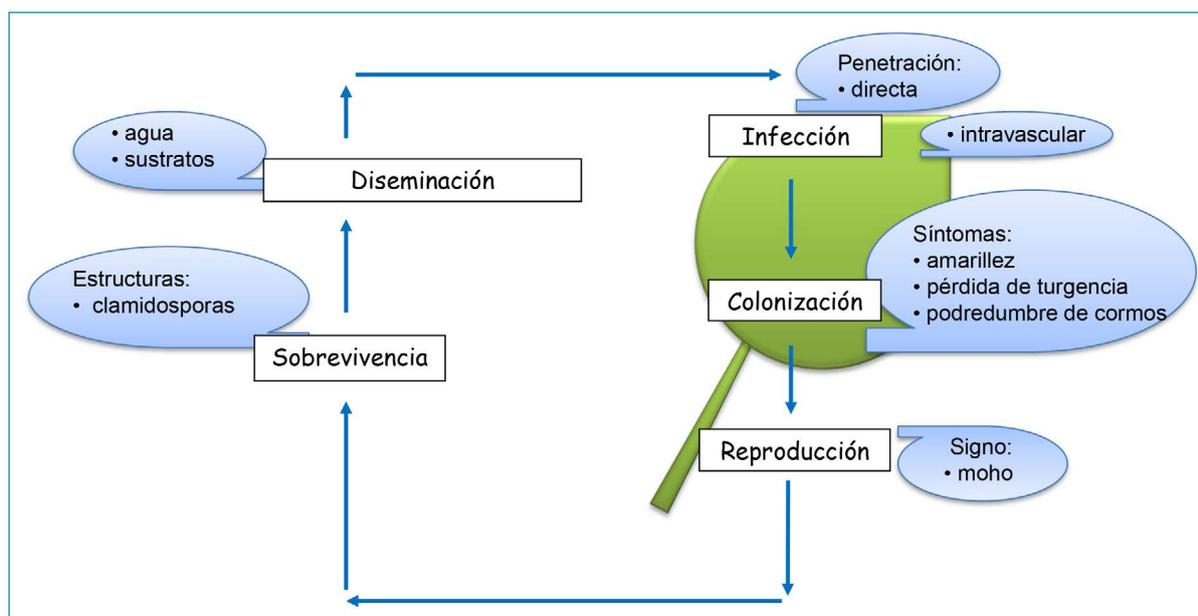


Figura 13.19. Marchitamiento de la violeta de los Alpes, esquema del ciclo.

El tiempo de incubación puede variar de varias semanas a varios meses. El manejo se enfoca principalmente a aplicar las siguientes estrategias y prácticas:

- culturales: proveer buenas condiciones de crecimiento durante todo el ciclo del cultivo, sustratos y macetas libres de inóculo, semillas de calidad, limpieza en los invernáculos, monitoreo, evitar incremento de la temperatura, eliminar plantas enfermas.
- biológicas: cepas no virulentas



Figura 13.20. Marchitamiento de la violeta de los Alpes, sintomatología: **a.** pérdida de turgencia foliar, **b.** avance unilateral de los síntomas, **c.** plantas muertas, **d.** micelio y clamidosporas del patógeno **e.** necrosis del xilema observada en corte transversal de un corno.

Referencias

- Alford, D. V. (Ed.) (2000). *Pest and disease management handbook*. Oxford, UK: Blackwell Sciences.
- Anikster, Y., Bushnell, W. R., Roelfs, A. P., Eilam, T. y Manisterski, J. (1997). *Puccinia recondita* causing leaf rust on cultivated wheats, wild wheats, and rye. *Canadian Journal of Botany*, 75(12), 2082-2096.
- Arroyo, L. E. (2013). Virosis del rosal y estrategias para la obtención de plantas de sanidad controlada. En: Mitidieri, M. S. y Francescangeli, N. (Eds.). *Curso Sanidad en cultivos intensivos. Módulo 4. Flores y ornamentales: el difícil arte de la belleza*. (pp. 23-26). San Pedro, Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Atlas de Gotuzzo, E. (1975). *Bacterias*. En Fernández Valiela, M.V. (Ed.). *Introducción a la Fitopatología. Volumen II: Bacterias, fisiogénicas, fungicidas, nematodos* (pp. 3-368). Buenos Aires, Argentina: Colección Científica del INTA.
- Canteros, B. I. (2009). *Guía para la identificación y el manejo de las enfermedades fúngicas y bacterianas en citrus*. Corrientes, Argentina: INTA.
- Conti, M., Gallitelli, D., Lisa, V, Lovisolo, O., Martelli, G. P., Ragozzino, A., Rana, G. L. y Vovlas, G. (2000). *Principales virus de las plantas hortícolas*. Madrid, España: Ediciones Mundiprensa.
- EPPO. (2020). *Xanthomonas citri* pv. *citri* (XANTCI). Recuperado de <https://gd.eppo.int/taxon/XANTCI/categorization>
- Ference, C. M., Gochez, A. M., Behlau, F., Wang, N., Graham, J. H. y Jones, J. B. (2018). Recent advances in the understanding of *Xanthomonas citri* ssp. *Citri* pathogenesis and citrus canker disease management. *Molecular Plant Pathology*, 19(6), 1302-1318.
- Fernández Valiela, M. V. (1995). *Virus patógenos de las plantas y su control*. Buenos Aires, Argentina. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria.

- Fernández Valiela, M.V. (1978). *Introducción a la Fitopatología. Vol III. Hongos*. Buenos Aires, Argentina. Colección Científica INTA.
- Fernández Valiela, M.V. (1979). *Introducción a la Fitopatología. Vol IV. Hongos y Mycoplasmas*. Colección Buenos Aires, Argentina: Colección Científica INTA.
- Jin, Y., Szabo, L. J. y Carson, M. (2010). Century-old mystery of *Puccinia striiformis* life history solved with the identification of *Berberis* as an alternate host. *Phytopathology*, 100(5), 432–435.
- Lecomte, C., Edel Hermann, V., Cannesan, M. A., Gautheron, N., Langlois, A., Alabouvette, C., Robert, F. y Steinberg, C. (2016). *Fusarium oxysporum* f. sp. *cyclaminis*: underestimated genetic diversity. *European Journal of Plant Pathology*, 145, 421-431.
- Lindquist, J. C. (1982). *Royas de la República Argentina y zonas limítrofes*. Buenos Aires, Argentina: INTA.
- Lori, G. A., Petiet, P. M., Malbrán, I., Mourellos, C. A., Wright, E. R. y Rivera, M. C. (2012). Fusarium wilt of cyclamen: pathogenicity and vegetative compatibility groups structure of the pathogen in Argentina. *Crop Protection*, 36, 43-48.
- Mondino, P., Alaniz, S. y Leoni, C. (2010). Manejo integrado de las enfermedades del duraznero en Uruguay. En Soria, J. (Ed.). *Manual del duraznero. Manejo integrado de plagas y enfermedades. Boletín de divulgación 99*. (pp.45-76). Montevideo, Uruguay: INIA.
- Nester, E., Cordon, M. P. y Kerr, A. (Eds.) (2005). *Agrobacterium tumefaciens. From plant pathology to biotechnology*. Minnesota, USA: APS Press.
- Nome Huespe, S. F., Docampo, D. M. y Conci, L. R. (Eds.) (2020). *Atlas Fitopatológico Argentino*. INTA. Recuperado de <http://rian.inta.gov.ar/atlas/>
- Pape, H. (1977). *Plagas de las flores y de las plantas ornamentales*. Barcelona, España: Oikos-tau.
- Peksa, I. y Bankina, B. (2019). Characterization of *Puccinia recondita*, the causal agent of brown rust: a review. *Research for Rural Development*, 2, 70-76.
- Powell, C. C., Lindquist, R. K. (1997). *Ball pest & disease manual. Disease, insect and mite control on flower and foliage crops*. Illinois, USA: Ball Publishing.
- Schumann, G. L. y D'Arcy, C. J. (2012). *Hungry planet. Stories of plant diseases*. Minnesota, USA: APS Press.
- Stadnik, M. J. y Rivera, M. C. (2001). *Oídios*. Jaguariúna, San Pablo: Embrapa.
- Wright, E. R., Moriguie, D. E., Rivera, M. C. y Palmucci, H. E. (2001). *Las enfermedades de los rosales en la República Argentina*. Buenos Aires, Argentina: CETEFFHO-JICA.
- Yarwood, C. E. (1955). Mechanical transmission of an *Apple mosaic virus*. *Hilgardia*, 23(15), 613-628.

Actividades sugeridas

1. Investiga sobre las siguientes enfermedades: hernia de las crucíferas, mildiu de la vid, podredumbre de la base de la soja, podredumbre de la base del tallo y capítulo del girasol, pietín, viruela de la acelga, oídio de las cucurbitáceas, roya del álamo, roya negra del trigo, carbonos del trigo, caries de los árboles, cancrrosis del tomate, cancrrosis del ciruelo, tizón de fuego de las Rosáceas, HLB de los cítricos, sarna común de la papa, amarillamiento del paraíso, achaparramiento del maíz, mal de Río Cuarto, peste negra del tomate, enanismo amarillo de los cereales, mosaico severo de la papa. Compila información sobre las fases del ciclo, realiza un esquema ilustrativo y propone prácticas de manejo.

Marta C. Rivera y Eduardo R. Wright, son Profesores de Fitopatología en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires y dictan la asignatura para distintas carreras. La Dra. Rivera también se desempeña en INTA como investigadora.

El desarrollo profesional de los autores en la investigación, extensión y docencia les ha permitido reunir suficiente información y experiencia como para presentar de modo claro los diferentes aspectos relacionados con las patologías de las plantas. Han editado varios libros como Oídios, Las enfermedades de las plantas -Sintomatología, Biología y Manejo, Control biológico de enfermedades de las plantas en América Latina y el Caribe.

Estos Apuntes, que pueden servir de base para estudiar Fitopatología a diferentes niveles, están especialmente dirigidos a estudiantes de la Tecnicatura en Producción Vegetal Orgánica. Por su lenguaje simple y abundantes ilustraciones, el texto es también comprensible por productores y aficionados

ISBN 978-987-3738-30-2



9 789873 738302