

ENFERMEDADES CAUSADAS POR *PHYTOPHTHORA* EN CÍTRICOS. DESCRIPCIÓN Y BASES PARA SU GESTIÓN INTEGRADA

Unidad de Micología
 Instituto Valenciano de Investigaciones
 Agrarias (IVIA)
 Moncada 46113 Valencia

Síntomas y daños

Las primeras referencias de las enfermedades causadas por *Phytophthora* en cítricos en España se remontan a finales del sXIX, cuando se detectó una muerte súbita de árboles cítricos en el valle de Sóller, en Mallorca, que posteriormente se extendió a las provincias de Castellón y Valencia. El Dr. Otto Wolfenstein, entonces Director de la Estación Agronómica de Valencia (antecedente del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias), realizó un detallado estudio sobre esta enfermedad (Wolfenstein, 1880; Zaragoza-Adriaensens, 2011). Si bien los medios y conocimientos disponibles en aquella época no le permitieron identificar correctamente el agente causal de la enfermedad, sí pudo definir las medidas de control adecuadas, como eran evitar los encharcamientos y sustituir los portainjertos de cidro (*Citrus medica* L.), limón (*C. limon* (L.) Burm.f.) y naranja (*C. sinensis* Osbeck) por el naranjo amargo (*C. aurantium* L.). De hecho, este fue el portainjerto predominante en la citricultura mediterránea hasta la aparición del virus de la tristeza (CTV) a finales de la década de los cincuenta.

En los cítricos se han descrito varias enfermedades causadas por *Phytophthora*. La **podredumbre del cuello y las raíces** afecta únicamente a los tejidos del portainjerto. Las raíces estructurales afectadas suelen presentar lesiones superficiales en forma de chancros circulares. En la base del tronco del patrón aparecen chancros rodeados por un callo cicatricial (Fig. 1). Los árboles afectados presentan un decaimiento generalizado, baja productividad, amarilleo de hojas y defoliaciones (Fig. 2a). En la mayoría de los casos, se observa una clorosis muy marcada en el nervio central de las hojas (Fig. 2b). Se han descrito también daños de *Phytophthora* en las raíces absorbentes (barbada). No obstante, estudios realizados en Florida indican que estas infecciones no siempre tienen efecto sobre la producción (Sandler *et al.*, 1989). La regeneración de la barbada en condiciones no limitantes de riego se ha indicado como un factor importante en la tolerancia a estas infecciones (Graham, 1995). En nuestras condiciones, la mayor parte de los problemas de pudriciones y falta de desarrollo en las raíces absorbentes están habitualmente asociados a factores de tipo abiótico (factores de compactación del suelo, asfixia radicular, etc), y sólo en algunas situaciones muy específicas están causados por *Phytophthora*.

La **gomosis** afecta al tronco y las ramas principales de la variedad. Los

síntomas de clorosis foliar y falta de desarrollo son los mismos que los descritos para la podredumbre del cuello y las raíces (Figs. 2a y 2b). Los primeros síntomas en el tronco y las ramas principales no son visibles externamente, ya que consisten en el oscurecimiento de los tejidos internos del floema y el cambium (Fig. 3a). A medida que avanzan las infecciones, las lesiones comienzan a emitir exudaciones gomosas, más o menos intensas dependiendo del estado del árbol y las condiciones ambientales (Figs. 3a y 3b). En sus fases finales, las lesiones desarrollan un callo cicatricial que rodea el perímetro de la zona afectada (Fig. 3c). Los daños causados por la gomosis son variables, ya que las lesiones pueden afectar a una rama concreta o rodear por completo el tronco provocando la muerte del árbol (Tuset, 1977).

La podredumbre de frutos o **aguado** se caracteriza por la aparición de pudriciones blandas de color marrón, que van avanzando progresivamente hasta afectar por completo todo el fruto (Fig. 4). La mayor parte de la fruta con síntomas de aguado en campo suele caer al suelo antes de la recolección. Cuando los frutos se recolectan con infecciones recientes, todavía asintomáticas, suelen desarrollar las pudriciones posteriormente durante su conservación en el almacén. Por lo general, los daños de aguado afectan a los frutos situados en la mitad inferior de

la copa del árbol, donde llegan más fácilmente las salpicaduras de lluvia. La presencia de aguado en una parcela no va necesariamente unida a los problemas de podredumbre del cuello y las raíces o gomosis (Tuset, 1987).

Agente causal

Phytophthora es un género perteneciente a la clase de los oomicetos, que actualmente se ha segregado del reino de los hongos. Las especies de *Phytophthora* se desarrollan principalmente en el suelo, donde se mantienen en forma de micelio infectando a las raíces absorbentes y mediante estructuras específicas de supervivencia como las clamidosporas y oosporas. La reproducción se da principalmente en forma de esporangios, que contienen en su interior unos propágulos infectivos denominados zoosporas, un tipo de esporas con flagelo que pueden desplazarse de forma autónoma en el agua. De hecho, la presencia de agua es fundamental para la multiplicación, disseminación e infección en todas las especies de *Phytophthora*.

Se han descrito varias especies de *Phytophthora* afectando a los cítricos a nivel mundial, pero las más importantes son *P. citrophthora* (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian y *P. nicotianae* Breda de Haan (syn. *P. parasitica* Dastur). En la cuenca Mediterránea, *P. citrophthora* es la principal especie causante de gomosis y aguado, enfermedades ambas que afectan a la parte aérea de los árboles. En cambio, las dos especies tienen una importancia similar como causantes de la podredumbre del cuello y las raíces, enfermedad que afecta únicamente a los órganos subterráneos del árbol (Tuset, 1977; 1987; Ricci *et al.*, 1990; Álvarez *et al.*, 2008a). En las regiones occidentales de Sudáfrica, de clima Mediterráneo, se ha descrito también la especie *P. citrophthora* como predominante en las infecciones de tron-

cos y ramas (Schutte y Botha, 2010). Por su parte, en las regiones cálidas de clima húmedo subtropical como Florida o Brasil, la especie más habitual es *P. nicotianae*. Como veremos posteriormente, los requerimientos térmicos de cada especie determinan su prevalencia en las diferentes regiones climáticas.

Estudios realizados en Córcega asociaron la reemergencia de problemas de gomosis en clementinas con la aparición de nuevas cepas de *P. citrophthora*, aparentemente más agresivas sobre este grupo de variedades (Vernière *et al.*, 2004). Durante los últimos años, en España se ha detectado también un aumento de los problemas de *Phytophthora* en clementinas (Álvarez *et al.*, 2008a; Vicent *et al.*, 2012). Sin embargo, estudios de caracterización genética y patogénica realizados con una colección de cepas de diferentes zonas cítricas indicaron que la población de *P. citrophthora* en España era muy homogénea, sin diferencias sustanciales con las cepas antiguas conservadas en micotecas (Álvarez *et al.*, 2011). Por lo tanto, la reemergencia de *Phytophthora* en algunas variedades de clementinas en nuestro país no puede asociarse a un cambio en la población de *P. citrophthora*, siendo más probable la contribución de factores climáticos, varietales y/o agronómicos (Vicent *et al.*, 2012).

Epidemiología

En nuestras condiciones de cultivo, el inóculo de *Phytophthora* está ampliamente distribuido en las parcelas de cítricos. Los propágulos del patógeno presentes en el suelo pueden infectar directamente a las raíces y la base del portainjerto. Las infecciones en el tronco de la variedad, las ramas principales y los frutos vienen determinadas principalmente por las salpicaduras de lluvia, que diseminan los propágulos de *Phytophthora* desde el suelo. Se ha

señalado que los caracoles (*Helix aspersa*) pueden transmitir propágulos de *Phytophthora* en condiciones de infección artificial (Álvarez *et al.*, 2009a). No obstante, no existen estudios que demuestren su importancia epidemiológica en condiciones naturales, y es poco probable que jueguen un papel determinante en la dispersión de la enfermedad.

Las infecciones de *Phytophthora* vienen determinadas principalmente por la presencia de lluvias intensas o aportes excesivos de agua (Fig. 5a), que provocan el encharcamiento del suelo y favorecen el desarrollo del patógeno (Vicent *et al.*, 2012). La temperatura óptima de crecimiento es de 24-28 °C para *P. citrophthora* y de 30-32 °C para *P. nicotianae* (Graham *et al.*, 1999). En el suelo, donde las fluctuaciones estacionales de temperatura son menores, tanto *P. citrophthora* como *P. nicotianae* encuentran períodos adecuados para su desarrollo, infectando las raíces y la base del tronco del portainjerto.

Como se ha indicado anteriormente, las salpicaduras de lluvia son necesarias para la disseminación aérea de *Phytophthora*. En las regiones de clima Mediterráneo, las lluvias suelen concentrarse en los meses de primavera y otoño, coincidiendo con temperaturas suaves próximas al óptimo de desarrollo de *P. citrophthora*. La mayor actividad de *P. citrophthora* durante las épocas de lluvia hace que sea la especie predominante en las infecciones en el tronco de la variedad, las ramas principales y los frutos (Tuset, 1987; Álvarez *et al.*, 2008a). En el caso de las ramas, la acumulación de agua tras las lluvias crea además unas condiciones muy favorables para la infección (Fig. 5b).



Figura 1. Síntomas de podredumbre del cuello y raíces causada por *Phytophthora* en citrange 'Carrizo'.



Figura 2. Síntomas foliares en árboles afectados por *Phytophthora*: a) Decaimiento generalizado, clorosis y defoliación; y b) clorosis marcada en el nervio central de las hojas.



Figura 3. Síntomas de gomosis: a) Pardeamiento interno y exudación gomosa causada por una infección de *Phytophthora citrophthora* en una rama principal de la variedad 'Hernandina'; b) Infección de *Phytophthora* en la variedad iniciada por un punto de injerto excesivamente bajo; y c) Callo cicatricial en la fase final de una lesión de gomosis.



Figura 4. Síntomas de aguado en un fruto de mandarina 'Nova'.

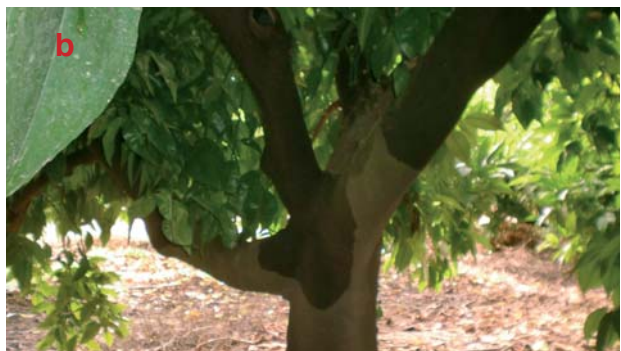


Figura 5. a) Encharcamiento del suelo en una parcela de cítricos; y b) Acumulación de agua en las ramas principales después de una lluvia.



Figura 6. Protecciones plásticas en plantones de cítricos: a) Protección impermeable; y b) Protección permeable que evita la acumulación de agua alrededor del tronco.



Figura 7. Punto de injerto alto que reduce los problemas de gomosis en el tronco de la variedad.



Figura 8. a) Cubierta vegetal de *Oxalis* para reducir las salpicaduras de lluvia y las infecciones de *Phytophthora* en los frutos; y b) Aplicación de fungicidas en el tronco y las ramas principales de la variedad para prevenir los problemas de gomosis (Foto: G.C. Schutte, Citrus Research International, Sudáfrica).

Si bien no existen estudios epidemiológicos que permitan determinar con exactitud los períodos de infección de *Phytophthora* en nuestras condiciones, todo indica que la mayor parte de las infecciones en el tronco y las ramas principales de la variedad se producen en primavera y otoño, cuando coincide la mayor actividad parasitaria de *P. citrophthora* (Álvarez *et al.*, 2009b) con lluvias intensas y temperaturas suaves. No obstante, encharcamientos por riegos excesivos o inundaciones ocasionales pueden inducir infecciones fuera de estos períodos. Los síntomas externos de la gomosis sólo son visibles transcurridos varios meses después de la infección, lo que en algunos casos puede dar lugar a confusión respecto a cuando se inició la enfermedad en la parcela. Por lo general, *Phytophthora* no esporula sobre las lesiones en el tronco o las ramas.

En nuestras condiciones, el período crítico para las infecciones de *Phytophthora* en frutos se da durante los meses otoño, cuando la fruta en el árbol coincide con lluvias intensas y temperaturas suaves (Tuset, 1987). Las salpicaduras provocadas por la lluvia diseminan los propágulos del patógeno desde el suelo hasta la copa de los árboles. Si persisten las condiciones adecuadas de temperatura y humedad, los propágulos germinan e infectan a los frutos. Los síntomas del aguado pueden aparecer directamente en el campo transcurridos 3-7 días desde la infección, o desarrollarse posteriormente durante la conservación en el almacén. En fases avanzadas de la enfermedad, el patógeno puede formar micelio y esporas en la superficie de los frutos infectados. Estas esporas pueden diseminarse por la acción de la lluvia y causar infecciones secundarias (Tuset, 1987).

Control

Prácticas agronómicas

El control integrado de *Phytophthora* en cítricos debe enfocarse considerando de forma conjunta las tres enfermedades descritas anteriormente. En el caso de la **gomosis** y la **podredumbre del cuello y las raíces**, el control es estrictamente preventivo, por lo que no existe un umbral de actuación. La erradicación de las infecciones ya establecidas en los árboles suele ser difícil y costosa. Las prácticas agronómicas son fundamentales para el control de prevenir estas dos enfermedades. Es muy importante evitar las situaciones que favorezcan los encharcamientos prolongados de la parcela. En este sentido, es necesario establecer un drenaje adecuado y un diseño de la plantación que facilite la escorrentía rápida de las aguas pluviales. En parcelas con suelos pesados hay que limitar el paso de maquinaria, ya que suele provocar la compactación del suelo, reduciendo su permeabilidad y aumentando con ello los problemas de encharcamiento. Para evitar el contacto directo del agua con el tronco del patrón se recomienda cultivar en mesetas y mantener los goteros separados de la base del árbol.

Las protecciones plásticas impermeables del tronco son muy habituales en plántones jóvenes, principalmente para protegerlos del frío, las aplicaciones herbicidas y de los ataques de conejos (Fig. 6a). Sin embargo, este tipo de protecciones favorecen la acumulación de agua alrededor del tronco y las posteriores infecciones de *Phytophthora*, especialmente en parcelas con riego a manta o tras lluvias intensas. Una vez los plántones tengan un cierto tamaño y la única finalidad sea la protección frente a conejos, se recomienda sustituirlas por otras de tipo permeable, igualmente eficaces frente a estos vertebrados pero que no acumulan agua alrededor del tronco (Fig. 6b).

La elección del portainjerto es clave para el control de la **podredumbre del cuello y las raíces**. La susceptibilidad de los patrones a *Phytophthora* es muy variable; desde los muy sensibles como el *Citrus volkameriana* Ten. & Pasq. hasta los resistentes como el citrumelo 'Swingle'. Por lo general, las variedades suelen ser mucho más sensibles a *Phytophthora* que los patrones. Las clementinas, y concretamente algunas variedades como 'Hernandina', son especialmente sensibles. El comportamiento del portainjerto frente a *Phytophthora* puede verse afectado indirectamente por el grado de susceptibilidad de la variedad (Ippolito *et al.*, 1997).

Un punto de injerto excesivamente bajo permite que el tronco de la variedad entre en contacto directo con el suelo y se infecte más fácilmente por *Phytophthora* (Fig. 3b). Aunque de difícil ejecución en la práctica, injertos como el mostrado en la Fig. 7 reducen considerablemente los problemas de **gomosis** en el tronco. En algunos casos, es posible regenerar los árboles afectados por *Phytophthora* mediante limpieza y tratamiento de los chancros, podas quirúrgicas y excavando las raíces. Aunque eficaces, el elevado coste de mano de obra de estas prácticas las hace poco viables en condiciones de cultivo comercial.

En el caso del **aguado**, las prácticas agronómicas deben procurar que las salpicaduras de lluvia, que diseminan los propágulos infectivos de *Phytophthora* desde el suelo, no alcancen a los frutos de la parte baja de la copa. Para aumentar la distancia entre los frutos y el suelo se recomienda podar las faldas de los árboles o elevar las ramas inferiores mediante tutores (Phillips *et al.*, 1990). La presencia de una cubierta vegetal (e.g. *Oxalis*) durante los meses de otoño reduce el impacto de la lluvia en la superficie del suelo, disminuyendo notablemente la formación de

salpicaduras y la diseminación de *Phytophthora* (Fig. 8a). Esta práctica agronómica puede tener un interés especial en las parcelas de producción ecológica, donde las posibilidades de control químico son más limitadas.

Aplicación de fungicidas

Los fungicidas a base de cobre y mancozeb son productos de contacto efectivos para el control de la **gomosis**. Estos productos carecen de actividad sistémica y su acción es estrictamente preventiva, por lo que deben aplicarse directamente sobre el tronco y las ramas principales con antelación al inicio de las infecciones, por lo general en primavera y otoño (Fig. 8b). Los fungicidas sistémicos, fosetil-Al y metalaxil (metalaxil-M), presentan muy buena eficacia aplicados de esta forma (Álvarez *et al.*, 2008b).

Tanto foseil-Al como metalaxil (metalaxil-M) tienen capacidad de translocación vascular ascendente, por lo que pueden aplicarse por vía radicular a través del sistema de riego para el control de la **gomosis**. Foseil-Al puede aplicarse también mediante pulverización foliar, ya que posee sistemía descendente. Metalaxil (metalaxil-M) puede desarrollar problemas de resistencias, por lo que se recomienda alternarlo con foseil-Al (Timmer *et al.*, 1998; Graham *et al.*, 1999; Eskalen y Adaskaveg, 2013).

Las aplicaciones de fungicidas sistémicos son efectivas también para el control de la **podredumbre del cuello y las raíces**. Hay que tener en cuenta que, para una translocación adecuada de estos productos, los tratamientos deben coincidir con los momentos de mayor actividad vascular de la planta, generalmente durante las brotaciones de primavera, verano y otoño. La estrategia de aplicaciones fungicidas para el control de estas dos enfermedades

deberá tener en cuenta el grado de susceptibilidad del patrón y la variedad, así como las condiciones edafoclimáticas y los antecedentes de la parcela.

Las aplicaciones foliares de fungicidas a base de cobre y mancozeb son efectivas para el control del **aguado** de los frutos. Su actividad es únicamente preventiva, por lo que deben realizarse con antelación al inicio de las infecciones, que suelen producirse durante los períodos de lluvias en otoño. Las aplicaciones foliares de fungicidas sistémicos, foseil-Al y metalaxil (metalaxil-M), tienen acción tanto preventiva como curativa, por lo que son efectivas también sobre infecciones recientes todavía asintomáticas. Metalaxil (metalaxil-M) debe aplicarse siempre en mezcla con cobre o mancozeb para reducir el riesgo de aparición de resistencias. En cualquier caso, los tratamientos deben cubrir especialmente los frutos situados en la parte baja de la copa, ya que son los más expuestos a las salpicaduras de lluvia y las infecciones de *Phytophthora*.

Bibliografía

Álvarez LA., Gramaje D., Abad-Campos P., García-Jiménez J. 2009a. Role of the *Helix aspersa* snail as a vector of *Phytophthora citrophthora* causing branch cankers on clementine trees in Spain. *Plant Pathology* 58: 956-963.

Álvarez LA., Gramaje D., Abad-Campos P., García-Jiménez J. 2009b. Seasonal susceptibility of citrus scions to *Phytophthora citrophthora* and *P. nicotianae* and the influence of environmental and host-linked factors on infection development. *European Journal of Plant Pathology* 124: 621-635.

Álvarez LA., León M., Abad-Campos P., García-Jiménez J., Vicent A. 2011. Genetic variation and host specificity of *Phytophthora citrophthora* isolates causing branch cankers in Clementine trees in Spain. *European Journal of Plant Pathology* 129: 103-117.

Álvarez LA., Vicent A., De la Roca E., Bascón J., Abad-Campos P., Armengol J., García-Jiménez J. 2008a. Branch cankers on citrus trees in Spain caused by *Phytophthora citrophthora*. *Plant Pathology* 57: 84-91.

Álvarez LA., Vicent A., Soler JM., De la Roca E., Bascón J., García-Jiménez J. 2008b. Comparison of application methods of systemic fungicides to suppress branch cankers in clementine trees caused by *Phytophthora citrophthora*. *Plant Disease* 92: 1357-1363.

Eskalen A., Adaskaveg JE. 2013. UC IPM Pest Management Guideline. Citrus diseases. University of California Agriculture & Natural Resources. UC

Statewide Integrated Pest Management Program. Publication 3441. 206 pp.

Graham JH. 1995. Root regeneration and tolerance of citrus rootstocks to root rot caused by *Phytophthora nicotianae*. *Phytopathology* 85: 111-117.

Graham JH., Menge J., Timmer LW., Duncan LW. 1999. Root diseases. In: Citrus Health Management. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, pp 126-135.

Ippolito A., Nigro F., Lima G. 1997. Influence of the scion on the susceptibility of sour orange rootstock to *Phytophthora gummosis* and root rot. *Phytopatologia Mediterranea* 36: 81-86.

Phillips AP., O'Connell NV., Menge JA. 1990. Citrus skirt pruning-a management technique for *Phytophthora* brown rot. *California Agriculture* 44: 6-7.

Ricci P., Pope-de-Vallavieille C., Panabieres F. 1990. Caractères comparés des espèces de *Phytophthora* pathogènes des agrumes. *Bulletin OEPP/EPPO* 20: 19-28.

Sandler HA., Timmer LW., Graham JH., Zitko SE. 1989. Effect of fungicide applications on populations of *Phytophthora parasitica* and on feeder root densities and fruit yields of citrus trees. *Plant Disease* 73: 902-906.

Schutte GC., Botha WJ. 2010. *Phytophthora citrophthora* trunk and branch canker on Clementine mandarins in the Western Cape province of South Africa. *South African Journal of Plant and Soil* 27: 215-220.

Timmer LW., Graham JH., Zitko SE. 1998. Metalaxyl-resistant isolates of *Phytophthora nicotianae*: Occurrence, sensitivity, and competitive parasitic ability on citrus. *Plant Disease* 82, 254-261.

Tuset JJ. 1977. Contribución al conocimiento del género *Phytophthora* en España. *Anales INIA Serie Protección Vegetal* 7: 11-106

Tuset JJ. 1987. Podredumbres de los frutos cítricos. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Agricultura i Pesca, Valencia. 206 pp.

Vernière C., Cohen S., Raffanel B., Dubois A., Venard P., Panabières F. 2004. Variability in pathogenicity among *Phytophthora* spp. isolated from citrus in Corsica. *Journal of Phytopathology* 152, 476-483.

Vicent A., Botella-Rocamora P., López-Quílez A., de la Roca E., Bascón J., García-Jiménez J. 2012. Relationships between agronomic factors and epidemics of *Phytophthora* branch canker of citrus in southwestern Spain. *European Journal of Plant Pathology* 133: 577-584.

Wolffenstein O. 1880. Descripción y clasificación de la enfermedad que ataca al naranjo y demás ácidos, su origen y medios prácticos y eficaces que aconseja la ciencia para precaver y curar dicha enfermedad. Imprenta de N. Rius, Valencia. 39 pp.

Zaragoza-Adriaensens S. 2011. Origen y actividades del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias 1868-2000, Moncada. 241 pp.