



MADUREZ TEMPRANA DEL CULTIVO DE PAPA, UNA ENFERMEDAD LIMITANTE QUE TODOS DEBEMOS CONOCER

Infecta tallos, tejido vascular y tubérculos, y está presente en Antioquia, Nariño y Cundinamarca, entre otros.

SANDRA GÓMEZ CARO, autor de correspondencia: sgomez@unal.edu.co
LUIS ALBERTO MENDOZA VARGAS, Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.



a Hoja con síntomas de clorosis y necrosis en los bordes.



b Plantas afectadas con tallos erguidos mostrando clorosis y necrosis.

1 Aspectos generales del problema

Actualmente factores antrópicos y condiciones de clima cambiantes han contribuido a que la problemática fitosanitaria en diversos cultivos alcance niveles que inciden negativamente en el rendimiento y la calidad de la producción (Ghini *et al.*, 2008; Iriti y Vitalini, 2020). En este contexto enfermedades que históricamente no se reportaban como limitantes, en los últimos años han cobrado importancia en muchas zonas productoras de Colombia y del mundo (Maldonado *et al.*, 2017; Cacciola y Gullino, 2019). *Verticillium* spp. agente causal de la enfermedad conocida como marchitez por *Verticillium*,

madurez temprana o muerte prematura de la papa (Stevenson *et al.*, 2001; Johnson y Dung, 2010), es un patógeno de suelo que ha cobrado importancia en zonas donde se cultiva papa (Li *et al.*, 2019).

Las enfermedades de suelo son en general de difícil manejo y tienen como característica que los patógenos que las causan forman estructuras de resistencia que permanecen en el suelo por largos períodos de tiempo (Powelson y Rowe, 1993; Katan, 2017); además, la cantidad de inóculo se incrementa progresivamente con ciclos sucesivos de siembra de la misma especie de cultivo y los síntomas son evidentes años después de la llegada inicial del patógeno



C Corte longitudinal de un tallo con haces vasculares color marrón claro (flecha).

al lote (Powelson y Rowe, 1993). Estos patógenos se pueden transmitir principalmente por el material vegetal de siembra, herramientas y maquinaria que transportan suelo contaminado entre lotes, lo que hace aún más difícil su manejo (Fry, 2012; Katan, 2017).

Numerosas especies de plantas son afectadas por patógenos del género *Verticillium* (Krikun y Orion, 1979; Klosterman *et al.*, 2009; Wheeler y Johnson, 2016). En papa, ocasionando madurez temprana, están reportadas *Verticillium dahliae* Kleb, *Verticillium albo-atrum* Reinke & Berthier y *Verticillium tricorpus*, infectando tallos, tejido vascular y tubérculos (Nair *et al.*, 2019). Sin embargo, *V. albo-atrum* y *V. dahliae* están am-

Estos patógenos se pueden transmitir principalmente por el material vegetal de siembra, herramientas y maquinaria que transportan suelo contaminado entre lotes, lo que hace aún más difícil su tratamiento.

pliamente distribuidas y son las especies más frecuentes (Powelson y Rowe, 1993; Klosterman *et al.*, 2009; Nair *et al.*, 2019). Estas especies son patógenos que invaden el xilema e interfieren con el transporte de agua, causando marchitamiento (Steffek *et al.*, 2006; Johnson y Dung, 2010). En Colombia, *V. albo-atrum* y *V. dahliae* se

El *Verticillium dahliae* tiene un amplio rango de hospederos que incluyen cerca de 200 a 300 especies de plantas leñosas, semileñosas y herbáceas, como tomate, papa, menta, pimienta, berenjena y lechuga.

han reportado asociadas a madurez prematura de papa en Antioquia, Boyacá, Nariño, Norte de Santander y Cundinamarca (Nieto, 1988; Buritica, 1999).

La enfermedad tiende a ser más severa durante el llenado y las plantas afectadas forman tubérculos pequeños lo cual disminuye la calidad de la producción (Steere y Kirk, 2015). En lotes severamente afectados, se han reportado pérdidas de rendimiento del 30% y 50% por la enfermedad (Powelson y Rowe, 1993; Klosterman *et al.*, 2009). Estudios preliminares en cultivos de Subachoque (Cundinamarca) realizados por Ramírez *et al.* (2019) permitieron evidenciar la presencia de los síntomas típicos de madurez temprana por *Verticillium* en plantas de papa variedad Capiro. La figura 1a-b-c muestra los síntomas observados en la parte aérea y el daño a nivel vascular en las plantas enfermas. A partir del material afectado, en laboratorio se aisló un hongo del género *Verticillium* con una alta frecuencia (Figura 1d). En este estudio se encontró agregación de las plantas enfermas y crecimiento a partir de focos. Con respecto a plantas sanas, las plantas enfermas presentaron una disminución significativa de la cantidad de follaje y raíces, menor rendimiento y menor proporción de tubérculos en categorías cero y gruesa (Figura 1e, f). El efecto observado de *Verticillium* sobre el desarrollo de las plantas de papa, el rendimiento y la calidad de la producción coincide con lo descrito por otros autores (Nair *et al.*, 2019; Steere y Kirk, 2015). Según los reportes que posicionan esta enfermedad como una de las principales limitantes del cultivo de papa, las observaciones recientes en cultivos en la Sabana de Bogotá y dado su difícil manejo, es necesario conocer aspectos del patógeno y la manifestación de los síntomas que causa con el fin de detectar su presencia en los cultivos.



2 Síntomas de la madurez temprana de la papa

La infección de *Verticillium* puede darse en etapas tempranas del cultivo, sin embargo, los síntomas se desarrollan de manera tardía en la etapa de llenado del tubérculo o después de la floración. La enfermedad se manifiesta como clorosis intervenal en las hojas del tercio inferior, que posteriormente se marchitan y necrosan desde la base del tallo hacia la parte superior de la planta (Fradine y Tomma, 2006). La clorosis en las hojas puede presentarse en la mitad de estas y en los tallos y plantas los síntomas también se pueden manifestar de



d Detalle del hongo aislado en laboratorio a partir del material vegetal afectado el cual correspondió a un hongo del género *Verticillium* (40X).

La infección de *Verticillium* puede darse en etapas tempranas del cultivo, sin embargo, los síntomas se desarrollan de manera tardía en la etapa de llenado de tubérculo o después de la floración.

forma unilateral. En estados más avanzados, los bordes de las hojas se necrosan y los tallos en las plantas afectadas se tornan necróticos, muestran senescencia temprana y pueden mantenerse en posición vertical (Johnson y Dung, 2010; Dung *et al.*, 2012).

En cortes transversales de la base del tallo se presenta una coloración marrón en los

haces vasculares y en los tubérculos también se puede evidenciar oscurecimiento del anillo vascular (Johnson y Dung, 2010; Dung *et al.*, 2012). Con respecto al tiempo de aparición de síntomas, bajo condiciones de Nariño (Colombia), Benavidez *et al.* (1985) observaron poca turgencia, enrollamiento, clorosis y muerte de hojas inferiores 90 días después de siembra (dds) en la variedad ICA Nariño y 100 dds en Parla pastusa, al inicio de la floración del cultivo.

Los síntomas avanzados incluyen decaimiento de plantas o la aparente maduración temprana del cultivo (Powelson y Rowe, 1993; Johnson y Dung, 2010). Si bien las alteraciones descritas pueden indicar la presencia de la enfermedad, se debe tener en cuenta que algunos de estos síntomas los pueden causar otras patologías o factores de estrés abiótico (Johnson y Dung, 2010). Por lo anterior, la ocurrencia de la madurez temprana por *Verticillium* en el cultivo debe ser evaluada inspeccionando varias plantas para confirmar que manifiesten los síntomas típicos en la enfermedad en su conjunto ya que estos pueden ser altamente variables (Fradine y Tomma, 2006; Steere y Kirk, 2015).

3 Aspectos de biología del *Verticillium* spp.

Verticillium dahliae tiene un amplio rango de hospederos que incluyen cerca de 200 a 300 especies de plantas, dentro de estas tomate, papa, menta, pimiento, berenjena y lechuga. Sobrevive en el suelo por períodos de 10 a 15 años a partir de la producción de estructuras de resistencia conocidas como microesclerocios (Fradine *et al.*, 2006; Steere y Kirk, 2015) y en ausencia de la especie hospedera puede mantenerse hasta 7 años en el suelo. El desarrollo de la enfermedad se favorece por temperaturas entre 24°C a 27°C (Stevenson *et al.*, 2001). Por otra parte, *V. albo-atrum* tiene un rango de hospederos más limitado con alrededor de 30 a 40 especies, sobrevive en el suelo a partir de hifas melanizadas que pueden permanecer viables por períodos de 3 a 5 años

La siembra de cultivares de papa resistentes a *Verticillium*, con los cuales el manejo de la enfermedad se enfocaría en restringir la infección vascular y el desarrollo de patógenos dentro de la planta, es una alternativa para tener presente (Johnson y Dung, 2010).

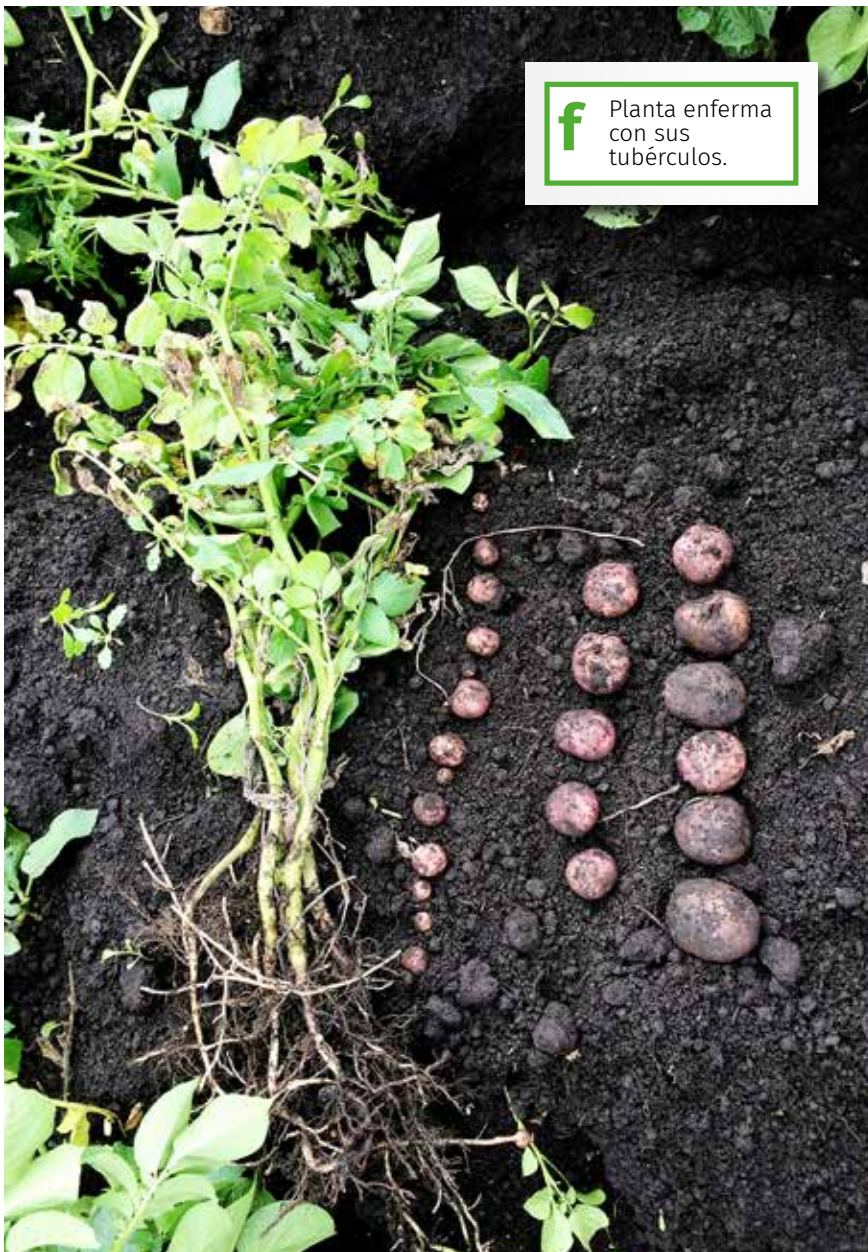
y la enfermedad se favorece por temperaturas entre 16°C a 21°C (Gudmestad *et al.*, 2007; Johnson y Dung, 2010).

Estas dos especies de *Verticillium* tienen la capacidad de producir conidios durante la senescencia de la planta que pueden sobrevivir en el suelo hasta por dos semanas (Gudmestad *et al.*, 2007; Johnson y Dung, 2010). Las estructuras de resistencia, microesclerocios o hifas melanizadas formadas por *V. dahliae* y *V. albo-atrum* respectivamente, tienen la habilidad de colonizar las raíces en respuesta a los exudados de la planta, los cuales usa como señal para reconocer a su hospedero y comenzar el proceso de infección. El hongo penetra las raíces directamente o través de heridas (Klosterman *et al.*, 2009). Posteriormente coloniza el córtex y el micelio avanza a los vasos del xilema obstruyendo el movimiento del agua por la producción de conidios que causan el taponamiento (Steere y Kirk, 2015). Como consecuencia, se desarrollan los síntomas de clorosis, necrosis y marchitez. Cuando la planta muere, se generan nuevas estructuras de resistencia (microesclerocios o micelio melanizado) que permanecen adheridas a los residuos de las plantas de papa muertas, mientras otras son liberadas, aumentando la cantidad de inóculo en el suelo (Fradine y Tomma, 2006).

Nieto (1988) reporta la madurez temprana por *Verticillium* spp. como una enfermedad difícil de predecir por su estrecha dependencia



de la temperatura y la humedad. En épocas húmedas con bajas temperaturas genera síntomas leves, mientras que en épocas secas y de temperaturas altas la severidad de la enfermedad es mayor. En cultivos de papa afectados por *V. dahliae* se ha reportado la infección con el nematodo lesionador de raíz *Pratylenchus penetrans*, provocando una mayor incidencia y severidad de la enfermedad. El asocio *Verticillium-Pratylenchus* ocasiona un complejo conocido como muerte temprana de la papa (*potato early dying*, PED) que en algunos casos no se puede diferenciar de la senescencia normal de la planta (Powelson y Rowe, 1993).



4 Manejo de la madurez temprana de la papa

De acuerdo con diferentes autores, el manejo de la madurez temprana causada por *Verticillium* requiere de una estrategia integrada centrada en el uso de prácticas culturales, donde el objetivo principal sea evitar su llegada o reducir la cantidad de inóculo del patógeno en el suelo (Powelson y Rowe, 1993; Johnson y Dung, 2010; Steere y Kirk, 2015). Para las condiciones de Colombia, en el estudio de Nieto (1988) las principales

medidas de control propuestas fueron el uso de variedades tolerantes, en ese momento, ICA Tequendama y Parda Pastusa, el uso de semilla sana para evitar el ingreso de la enfermedad a lotes libres del patógeno, la rotación de cultivos y la eliminación de malezas y residuos vegetales.

Dado que en el país los estudios sobre el manejo de esta enfermedad son limitados, es necesario tener como referente avances reportados por investigadores en otros países. Johnson y Dung (2010) citan el potencial de prácticas como rotación de cultivos, solarización y uso de abonos verdes, destacando que la implementación de estas prácticas se debe enfocar en una mejor comprensión de la sanidad del suelo. Larkin *et al.* (2011) también señalan el uso potencial de rotaciones de cultivo, pero aclaran que esta práctica puede requerir varios años para reducir de manera importante la enfermedad en suelos altamente infestados por el patógeno.


La siembra de cultivares de papa resistentes a *Verticillium* se reporta como una de las medidas más efectivas y económicas para el manejo de *Verticillium* (Powelson y Rowe, 1993; Klosterman *et al.*, 2009; Johnson y Dung, 2010; Katan, 2017). Sin embargo, cultivares comerciales de papa resistentes al patógeno no están disponibles en muchos países, por lo cual la aplicación de esta práctica es limitada.

La siembra de semilla sana, remoción de residuos de cosecha y la implementación de buenas prácticas de cultivo tendientes a reducir el estrés abiótico del cultivo e incrementar el contenido de material orgánica en el suelo pueden limitar el desarrollo de la enfermedad (Steffek *et al.*, 2006). El manejo de la fertilidad del suelo y del riego evitando el estrés por agua después de la floración también deben ser tenidos en cuenta. Finalmente, el monitoreo y el control de nematodos que indirectamente favorecen la infección de *V. dahliae* son necesarios dentro del manejo integrado del problema (Powelson y Rowe, 1993; Steere y Kirk, 2015).

Recomendaciones

La madurez prematura de la papa ocasionada por *Verticillium* está reportada en Colombia y en la actualidad está cobrando importancia en las zonas productoras del país. Es una enfermedad de difícil manejo que es causada por

En su estudio, Nieto (1988) encontró que la enfermedad se transmite a partir de tubérculos semilla provenientes de plantas infectadas y que el hongo es capaz de sobrevivir en el suelo por varios años a partir de las estructuras de resistencia mencionadas.

un patógeno que forma estructuras de resistencia que permanecen en el terreno y que se diseminan por vías que implican movimiento de suelo contaminado. A pesar de su relevancia, los estudios sobre *Verticillium* en el país son limitados. Sin embargo, tener presente medidas como el uso de tubérculo semilla libre del patógeno y la limpieza de implementos y equipos de preparación del suelo antes de su ingreso al lote, así como el adecuado drenaje del terreno, contribuyen al manejo de la enfermedad. Finalmente, el monitoreo de las poblaciones de nematodos fitoparásitos como *Pratylenchus* en el suelo y el adecuado reconocimiento de los síntomas de la enfermedad también contribuyen a la toma oportuna de las decisiones de manejo. 

REFERENCIAS

- Benavidez, A. J., Rodríguez, R. P., Arteaga, G., & Guerrero, O. (1995). Comportamiento de dos variedades de papa a la inoculación de *Verticillium albo-atrum* Reinike y Berk y *Globodera pallida* (Stone) Beherens. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 13, 103-122.
- Burítica, P. (1999). *Patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)-Universidad Nacional de Colombia sede Medellín-Ed. Producción.
- Cacciola, S. O., & Gullino, M. L. (2019). Emerging and re-emerging fungus and oomycete soil-borne plant diseases in Italy. *Phytopathologia Mediterranea*, 58(3), 451-472.
- Dung, J. K. S., Ingram, J. T., Cummings, T. F., & Johnson, D. A. (2012). Impact of seed lot infection on the development of black dot and *Verticillium* wilt of potato in Washington. *Plant Disease*, 96, 1179-1184.
- Fradin, E. F., & Thomma, B. P. H. J. (2006). Physiology and molecular aspects of *Verticillium* wilt diseases caused by *V. dahlia* and *V. albo-atrum*. *Molecular Plant Pathology*, 7(2), 71-86. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2006.00323.x>
- Fry, W. (2012). *Principles of plant disease management*. Academic Press.
- Ghini, R., Hamada, E., & Bettioli, W. (2008). Climate change and plant diseases. *Sci. Agric.*, 65, 98-107.
- Gudmestad, N. C., Taylor, R. J., & Pasche, J. S. (2007). Management of soil-borne diseases of potato. *Australasian Plant Pathology*, 36, 109-115.
- Iriti, M., & Vitalini, S. (2020). Sustainable crop protection, global climate change, food security and safety. Plant immunity at the crossroads. *Vaccines*, 8, 42.
- Johnson, D., & Dung, J. (2010). *Verticillium* wilt of potato. The pathogen, disease and management. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 32, 58-67. <https://doi.org/10.1080/07060661003621134>
- Katan, J. (2017). Diseases caused by soilborne pathogens: biology, management and challenges. *Journal of Plant Pathology*, 99, 305-315.
- Klosterman, S. J., Atallah, Z. K., Vallad, G. E., & Subbarao, K. V. (2009). Diversity, pathogenicity, and management of *Verticillium* species. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 47, 39-62.
- Krikun, J., & Orion, D. (1979). *Verticillium* wilt of potato: importance y control. *Phytoparasitica*, 7, 107. <https://doi.org/10.1007/BF02981584>
- Larkin, R. P., Honeycutt, C. W., & Olanya, O. M. (2011). Management of *Verticillium* wilt of potato with disease-suppressive green manures and as affected by previous cropping history. *Plant Disease*, 95, 568-576.
- Li, H., Wang, Z., Hu, X., Shang, W., Shen, R., Guo, C., Guo, Q., & Subbarao, K. V. (2019). Assessment of resistance in potato cultivars to *Verticillium* wilt caused by *Verticillium dahliae* and *Verticillium nonalfalfae*. *Plant Disease*, 103(6). <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-18-1815-RE>
- Maldonado, G., Ligarreto, G., & Gómez, S. (2017). *Etiología de la enfermedad volcamiento del maíz en el valle de Ubaté (Cundinamarca, Co)*. Ponencia presentada en el Congreso Colombiano de Fitopatología y Ciencias Afines, Ascolfi, Palmira, Colombia.
- Nair, P. V. R., Wiechel, T., Nigel, C., & Taylor, P. (2019). Seed tuber incidence, identification and pathogenicity of *Verticillium* species infecting potatoes in South East Australia. *Australasian Plant Pathology*, 48, 637-650. <https://doi.org/10.1007/s13313-019-00667-7>
- Nieto, L.E. (1988). La madurez prematura de la papa causada por *Verticillium* spp. en Colombia. *Revista ICA*, (4), 334-340.
- Powelson, M. L., & Rowe, R. C. (1993). Biology and management of earl and dying of potatoes. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 31, 111-126.
- Ramírez-Gil, J., García, C., Navas, J., León, J., & Gómez-Caro, S. (2019). Implicaciones epidemiológicas y económicas de *Verticillium* spp. en una región productora de papa en Cundinamarca. Ponencia presentada en el XXXIV Congreso Colombiano de Fitopatología y Ciencias Afines, Ascolfi.
- Steere, L., Rcsenzweig, N., & Kirk, W. (2015). Conditional probability and integrated pest management. Using a nonlinear kriging technique to predict infectious levels of *Verticillium dahliae* in Michigan potato fields. In *Proceedings of the 1st International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications y Management (Gistam-2015)* (pp. 195-200).
- Steere, L., & Kirk, W. (2015). *Potato early die complex*. Michigan State University. Extension Bulletin E-3207. [https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/potato_early_die_complex_\(e3207\).pdf](https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/potato_early_die_complex_(e3207).pdf)
- Steffek, R., Spornberger, A., & Altenburger, J. (2006). Detection of microclerotia of *Verticillium dahliae* in soil samples and prospects to reduce the inoculum potential of the fungus in the soil. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71, 145-148.
- Stevenson, W., Loria, R., Franc, G., & Weingartner, D. (2001). *Compendium of potato diseases* (2nd ed.). Amer Phytopathological Society APS Press.
- Wheeler, D. L., & Johnson, D. A. (2016). *Verticillium dahliae* infects, alters plant biomass, and produces inoculum on rotation crops. *Phytopathology*, 106, 602-613. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-15-0174-R>