





Título

Diáspora

Técnica

Fotografía de aproximación en fondo negro y agrupamiento de mínimo tres fotos, y microscopía en 4X con agrupamiento de 54 fotos. Colores propios del tejido.

Autora

Alejandro Moscoso Rojas
Jaime Wilches
Paola Andrea Hormaza Martínez
Juan Camilo Henao Rojas

Descripción

Colonias y estructuras de los hongos encontrados en la zanahoria. La fotografía muestra un fragmento de zanahoria sembrado en medio agar, con un

patrón de anillos concéntricos color marrón oliva grisáceo que rodea el fragmento de raíz, muy característico de microorganismos fúngicos.

Capítulo IX

Diagnóstico y manejo integrado de enfermedades de origen biótico en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) del Oriente de Antioquia

Rocío Alexandra Ortiz-Paz
Karen Lorena Ballestas-Álvarez
Albeiro de Jesús Macías Vivares
Mario Alonso Mesa-Gómez

Introducción

Una planta se considera enferma cuando sus funciones fisiológicas, como reproducción, desarrollo celular, absorción de agua, nutrientes, fotosíntesis, almacenamiento de alimento, sobrevivencia, entre otras, son anormales (Agrios, 2005). Las enfermedades de origen biótico se producen por la interacción de tres factores: planta hospedante susceptible, agente infeccioso y ambiente favorable (Castaño- Zapata, 1994). Para tener una noción sobre las interacciones de los tres factores, se recomienda leer los capítulos sobre requerimientos climáticos (capítulo VII), de suelo (capítulo VI), labores para el buen desarrollo (capítulo VI) y fenología del cultivo de zanahoria (capítulo VII), que se encuentran descritos previamente en este documento.

En este capítulo se dan a conocer los principales agentes patógenos de origen biótico, tales como nematodos, hongos y bacterias causantes de enfermedades en el cultivo de zanahoria, identificados en 20 fincas productoras de la subregión del Oriente de Antioquia, desde el año 2022. Se describen los principales síntomas que manifiestan y se integran recomendaciones de manejo de enfermedades para favorecer el desarrollo saludable del cultivo. Este análisis se enmarca en el campo de la fitopatología, ciencia que se originó a mediados del siglo XIX y que combina conocimientos de diferentes disciplinas básicas y aplicadas, con el fin de diagnosticar y controlar enfermedades en distintos cultivos, a través de diferentes estrategias y tácticas genéticas, culturales, biológicas y químicas (Jiménez, 2018).

Enfermedades ocasionadas por nematodos

Los principales géneros de nematodos que afectan el cultivo de zanahoria en el Oriente de Antioquia son *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, causantes de las agallas o nudos y de las lesiones en las raíces de la zanahoria, respectivamente (Ortiz-Paz et al., 2023).

Agallas o nudos radicales causados por *Meloidogyne* Göldi

Bajo el microscopio, los juveniles *Meloidogyne* (J2) poseen una cola cónica con una parte terminal hialina corta (figura 9.1a); los machos de *Meloidogyne* spp. son filiformes o alargados y de cola corta (figura 9.1b). Las hembras adultas son abultadas, sedentarias, con forma de pera, ovalada o redondeada, tienen un cuello saliente y carecen de patas u otros apéndices (figura 9.1c) (Decraemer & Hunt, 2006; Perry et al., 2009; Guzmán-Piedrahíta, 2016).

Síntomas

Las hembras inmaduras de *Meloidogyne* spp. penetran el tejido de la planta y desarrollan un sitio de alimentación fijo en la raíz, llamado sincitio, donde hacen que las células y los tejidos alrededor crezcan, y causan los síntomas primarios conocidos como agallas o nudos en las raíces (figura 9.2a) (Crow & Dunn, 2005; Ortiz-Paz et al., 2015). Las agallas se pueden observar en las raíces secundarias, que generalmente presentan la misma coloración que la zanahoria. Es común evidenciar distorsión de las raíces secundarias cuando la raíz comestible es afectada por estos nematodos (figura 9.2b) (Mosquera-Espinosa, 2016; Ortiz-Paz et al., 2023).

Como síntoma secundario, se evidencia un desarrollo pobre de la planta (figura 9.2c) (Ortiz-Paz et al., 2023). Además, se presenta amarilleamiento de los folíolos (figura 9.2d), tallos más cortos y menos gruesos de lo normal, y desarrollo pobre de las hojas. Asimismo, cuando el ataque es severo, la planta puede morir por la dificultad en la absorción de agua y nutrientes (Guzmán et al., 2012). Sin embargo, en la parte aérea de la planta es común que los síntomas secundarios mencionados tardan en aparecer, aunque la planta esté infectada; por este motivo, se recomienda que las decisiones de manejo se realicen luego de tomar muestras de las raíces, lo cual debe hacerse desde las etapas tempranas del desarrollo y de forma aleatoria en el lote (Ortiz-Paz et al., 2023). Los nematodos fitoparásitos, al tener estilete para alimentarse, pueden producir heridas en las raíces de las plantas, que facilitan la entrada de otros patógenos del suelo como hongos y bacterias (Guzmán et al., 2012; Ortiz-Paz et al., 2023).

Lesiones en las raíces asociadas a *Pratylenchus* Filipjev

Los nematodos del género *Pratylenchus* spp. son endoparásitos migratorios de raíces, que poseen cola conoide elongada (figura 9.1d), región cefálica baja, bien desarrollada y esclerotizada; con estoma-estilete fuerte y corto (Guzmán-Piedrahíta, 2016) (figura 9.1d).

En la parte anterior, los nematodos fitoparásitos tienen una estructura anatómica bucal afilada llamada estilete (figura 9.1e), que utilizan para penetrar las raíces y alimentarse (Agrios, 2005).



Síntomas

Los síntomas principales de zanahorias afectadas por nematodos del género *Pratylenchus* spp. son retraso en el crecimiento y formación excesiva de

raíces laterales (Teklu et al., 2016). Asimismo, se reporta que causan lesiones internas en las raíces y deformaciones (Hay & Pethybridge, 2005).



Figura 9.1. Nematodos que afectan el cultivo de zanahoria en el Oriente antioqueño. a. Juvenil (J2) de *Meloidogyne* spp.; b. Macho de *Meloidogyne* spp. observado en microscopio (aumento 10x). c. Hembra de *Meloidogyne* spp. observada en estereoscopio (aumento 40x); d. Nematodo *Pratylenchus* spp. observado en microscopio (aumento 40x); e. Parte anterior de *Pratylenchus* spp. con la estructura bucal llamada “estilete”.

Fotos: Mario Alonso Mesa-Gómez y Rocío Alexandra Ortiz-Paz

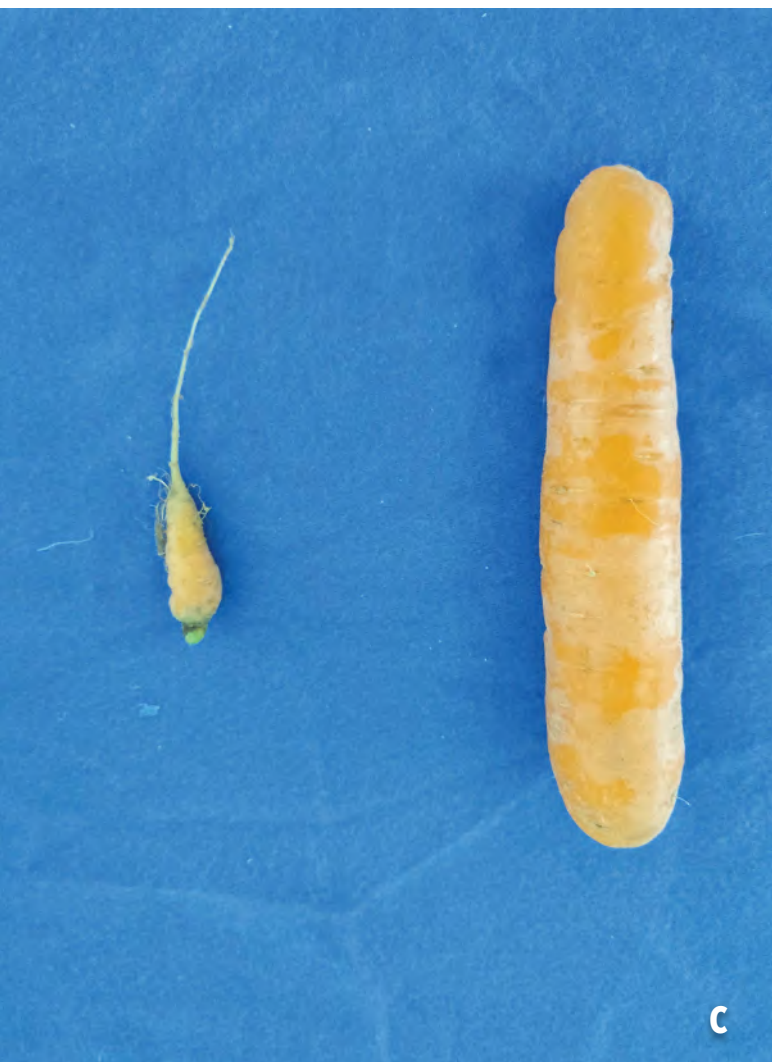


Figura 9.2. Daños ocasionados por *Meloidogyne* spp. en el cultivo de zanahoria de tres meses de edad. a. Agallas o nudos observados en el estereoscopio (aumento 40x); b. Distorsión de raíces secundarias; c. Desarrollo de una zanahoria saludable (izquierda), desarrollo pobre de una zanahoria afectada por nematodos (derecha) provenientes de una misma era de siembra y de la misma edad (cuatro meses); d. Amarillamiento de las hojas.

Fotos: Rocío Alexandra Ortiz-Paz

Manejo de las agallas y daños en raíces causados por nematodos

- » En lugares donde se presenta buena radiación solar, se sugiere voltear el suelo o hacer arado con rastra, para exponer a los nematodos y que estos se deshidraten. En localidades con menor radiación solar, se puede considerar realizar la inundación del lote antes de la siembra, con el fin de limitar la cantidad de oxígeno en el suelo y provocar la muerte de los nematodos (Suasnabar & Torres, 2022).
- » Realizar muestreo del cultivo de forma semanal en forma aleatoria y en zigzag en diferentes partes del lote. Deben sacarse algunas plantas para observar si hay presencia o no de agallas y lesiones en las raíces; además, debe observarse si existe evidencia de otros síntomas causados por otros patógenos como hongos o bacterias, que se pueden presentar al mismo tiempo (Ortiz-Paz et al., 2023).
- » Aplicar en forma directa al suelo hongos biocontroladores de *Meloidogyne* spp., como *Purpureocillium lilacinum* (equivalente a *Paecilomyces lilacinus*) y *Pochonia chlamydosporia*, en dosis de 2,5 g/L de agua, al momento de la siembra; continuar con dos aplicaciones cada ocho días; finalmente, realizar dos aplicaciones más cada mes (Ortiz-Paz et al., 2015, 2023). Los dos ingredientes mencionados se encuentran registrados ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2023), y su mezcla ejerce control sobre juveniles, adultos y huevos de *Meloidogyne* spp.; además, tienen efecto biofertilizante, pues las zanahorias que reciben la aplicación de la mezcla de *P. lilacinum* y *P. chlamydosporia* se desarrollan mejor que aquellas que no reciben la mezcla (Ortiz-Paz et al., 2023; Suasnabar & Torres, 2022; Souza & Pala, 2022). Otros ingredientes comerciales reportados para el control de nematodos son *Trichoderma viride* (2 a 2,5 g/L) y la bacteria *Pseudomonas fluorescens* (Nagachandrabose, 2018; Galindo & Saboyá, 2020; Viric et al., 2022).
- » En lotes con historial de presencia de *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp., se recomienda aplicar en el momento de siembra el producto Fluopyram (0,5 L/ha), y realizar una nueva aplicación 15 días después (Suasnabar & Torres, 2022; Nagachandrabose, 2018). Es importante tener en cuenta que este producto es tóxico para los organismos acuáticos y que se debe hacer uso de elementos de protección personal, ya que puede ser nocivo por ingestión, contacto con la piel o inhalación (Ortiz-Paz et al., 2023). Otra opción química para disminuir la población de nematodos en el suelo y en las raíces es aplicar *Ruta graveolens* L. (15 cc/l), desde el momento de siembra.
- » Realizar lavado de herramientas y elementos de labranza (machete, pala, azadón), así como de las botas, con detergente y abundante agua antes de pasar de un área infestada a una sana. Además, es importante el lavado de manos, ya que se ha encontrado que herramientas, botas y uñas son fuentes de diseminación o dispersión de nematodos (Cardona-Piedrahíta & Guzmán-Piedrahita, 2013). También se pueden usar desinfectantes antocorrosivos de herramientas, como yodo agrícola (10 cc/l de agua).

- » Se recomienda hacer rotaciones del cultivo de zanahoria con ajo (*Allium sativum* L.), arveja (*Pisum sativum* L.) y maíz (*Zea mays* L), o intercalar la zanahoria con flor de muerto (*Tagetes* spp.) y caléndula (*Calendula officinalis* L.) (Guíñez, 1990).
- » Realizar control de malezas o arvenses, teniendo en cuenta que estas pueden ser hospedantes de *Meloidogyne* spp. (Suasnabar & Torres, 2022). El nematodo ataca a casi todos los cultivos hortícolas (es polífago) y tiene muchos hospederos, incluyendo varias arvenses (Suasnabar & Torres, 2022).



Foto: Juan Camilo Henao-Rojas

Enfermedades causadas por hongos

Gota, tizón tardío o alternaria

El hongo *Alternaria dauci* (J.G.Kühn) J.W.Groves & Skolko presenta estructuras alargadas y ramificadas de color marrón llamadas conidióforos, que producen esporas ovaladas o elípticas con dos a 10 septos transversales, y de cero a dos septos longitudinales por segmento que presentan picos terminales filamentosos propios de la especie (Barnett, 1962) (figura 9.3a).

Síntomas

Alternaria dauci ataca primero las hojas senescentes de la parte inferior de la planta; sin embargo, a medida que se incrementa la infección, la enfermedad se extiende hacia la parte superior (Agrios, 2005). Las lesiones en los folíolos se manifiestan como manchas de color marrón claro a oscuro con un borde amarillo (figura 9.3b); al aumentar la infección se cubre una mayor área de los folíolos y estos terminan secándose (figura 9.3c). Cuando el hongo ataca el tallo, se presentan manchas necróticas de color marrón de uno a dos milímetros con los bordes irregulares (figura 9.3d); además, se pueden presentar manchas necróticas en las flores, los pecíolos, el raquis, los pedicelos y los pedúnculos (Acuña, 2008).



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia



Figura 9.3. *Alternaria dauci*, agente causal de la gota o la mancha foliar en zanahoria. a. Conidióforos de color marrón y un conidio (espora asexual) septado, en forma de muro, observados en el microscopio (aumento 40x); b. Lesiones de color marrón en los folíolos; c. Lesiones severas en la planta (marchitez general); d. Lesiones de color marrón sobre los tallos.

Fotos: Rocío Alexandra Ortiz-Paz y Germán Franco

Manejo de gota, tizón tardío o mancha foliar causada por *A. dauci*

- » Sembrar variedades comerciales con resistencia parcial a la enfermedad como las denominadas Amsterdam, Imperator y Kuroda, que han demostrado ser más resistentes a este patógeno (Coles et al., 2003).
- » Usar semilla certificada libre del patógeno (Töfoli et al., 2015), ya que el hongo puede sobrevivir por un periodo de hasta ocho años en semilla almacenada (Coles et al., 2003). También se pueden tratar 300 g de semillas con el fungicida Iprodiona (50 g de i.a), aplicado solo o en mezcla con el fungicida Triticonazol (2,5 g de i.a) (Suasnabar & Torres, 2022). Otras opciones de desinfección de la semilla consisten en sumergirlas en agua caliente a una temperatura de 50 °C por 15 minutos (Farrar et al., 2004) o sumergir las semillas en una solución de permanganato de potasio a 22 °C. Este último método reduce en un 75 % la transmisión por semillas, aunque puede reducir la germinación en un 4 % (Coles et al., 2003).
- » Tomar muestras de suelo para hacer análisis químico y, según los resultados arrojados, realizar la fertilización recomendada en el capítulo VI. Los cultivos son más tolerantes a la enfermedad cuando están bien nutridos (Agrios, 2005). Además, se realiza el uso eficiente del nitrógeno en el cultivo (sin excederse), puede aumentar el vigor de las plantas y la emergencia de hojas nuevas, para compensar a aquellas dañadas por la enfermedad (Töfoli et al., 2015).
- » Realizar inspecciones desde la etapa de plántula para detectar a tiempo la presencia de enfermedad (Ortiz-Paz et al., 2023).
- » Evitar sembrar en suelos con problemas de encharcamiento (Suasnabar & Torres, 2022) y reducir la humedad implementando eras o camas más elevadas (25 a 30 cm de altura), con canales de drenaje (Remesal, 2011). Se ha encontrado que temperaturas entre 22 y 26 °C y más de 36 horas de agua en las hojas son condiciones favorables para la enfermedad (Piccolo, 2007).
- » Regar, sin excederse, en horas de la mañana, con el fin de reducir la humedad en horas de la noche (Farrar et al., 2004).
- » Evitar la siembra en el mismo sitio de cultivos susceptibles a la enfermedad, como apio (*Apium graveolens* L.) y perejil (*Petroselinum crispum* [Mill.] Fuss), ya que estos aumentan la fuente de inóculo (Suasnabar & Torres, 2022; Farrar et al., 2004; Töfoli et al., 2015).
- » Aplicar bioinsumos registrados ante el ICA, que tengan el ingrediente *Bacillus subtilis* (2 g o 2 ml/L, según la presentación). Se reporta que la bacteria ayuda a romper las estructuras del hongo e induce los mecanismos de defensa de la planta al patógeno (Avenot et al., 2015). Es importante aplicar el producto en aspersión foliar cada siete días durante la fase vegetativa, prefloración, floración, llenado y cosecha. También se puede aplicar extracto vegetal de eucalipto (1,5 L/ha), debido a que reduce la incidencia de la enfermedad (Manzoor et al., 2017).



» Si la variedad cultivada es altamente susceptible a *Alternaria* spp., se recomienda implementar un plan de muestreo y monitoreo constante, con acompañamiento técnico en campo. Solo en casos donde el nivel de susceptibilidad y la presión de inóculo lo justifiquen, se podrá recurrir al uso de ingredientes activos (i.a) de síntesis química, siempre como último recurso y bajo uso responsable. Entre los fungicidas de acción preventiva se encuentra el Clorotalonil (2,1 L/ha), que puede aplicarse en rotación con productos de acción sistémica como Azoxystrobin (400 cc/ha), Difenconazol (300 cc/ha) o Boscalid (300 g/ha). También pueden emplearse formulaciones combinadas de acción preventiva y sistémica como Metiram y Piraclostrobin (2,4 kg/ha), o sistémicos como Azoxystrobin y Difenconazol (400 cc/ha), y Azoxystrobin y Tebuconazol (0,6 L/ha), que han mostrado un buen desempeño en campo y están autorizados para el control de *Alternaria* spp. (Ortiz-Paz et al., 2023). Las aplicaciones deben realizarse como máximo hasta cinco semanas antes de la cosecha, debido a la posible acción residual sobre la zanahoria destinada al consumo o comercialización.

Pata negra de la raíz causada por *Ilyonectria radicola*

El hongo *Ilyonectria radicola* (Gerlach & L. Nilsson) P. Chaverri & Salgado (Anamorfo: *Cylindrocarpon destructans* [Zinssm.] Scholten) presenta conidióforos con macroconidios y microconidios como estructuras de reproducción asexual (Mao et al., 2014). Los macroconidios presentan extremos redondeados, que se van estrechando ligeramente hacia la base y tienen de uno a tres septos. Los microconidios son ovalados o elípticos (Mao et al., 2014) (figura 9.4a).

Síntomas

Ilyonectria radicola es un patógeno del suelo que causa pudrición semiblanda y lesiones canchales de color marrón oscuro en la raíz comercial; generalmente, las lesiones se localizan en el ápice o en el centro de la raíz (figura 9.4b). El hongo también puede infectar la base de las hojas de las plantas, donde se desarrollan lesiones necróticas, hundidas y de color marrón (Acuña, 2008).



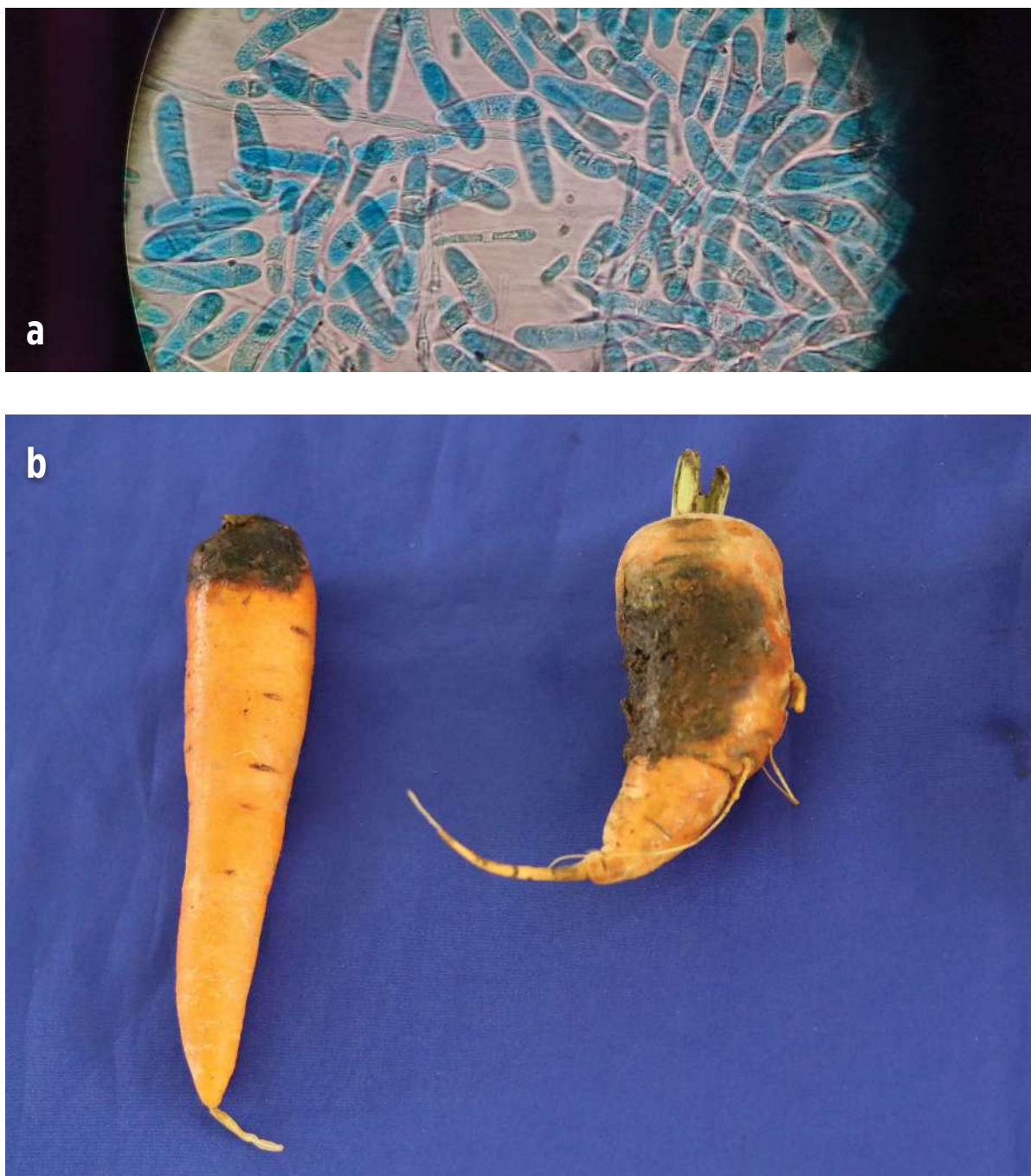


Figura 9.4. Hongo *Ilyonectria* spp. y síntomas de pata negra en zanahoria de cuatro meses de edad. a. Macroconidios y microconidios del hongo observados bajo el microscopio (aumento 20 x); b. Necrosis en la parte basal (izquierda) y necrosis en parte media (derecha) de la zanahoria.

Fotos: Rocío Alexandra Ortiz-Paz

Manejo de la pata negra de la raíz causada por *I. radicicola*

- » Realizar el manejo de manera similar al mencionado para *Alternaria dauci* e integrarlo con el manejo de los nematodos e insectos plaga (ver capítulo X), dado que su hábitat alimenticio puede causar heridas en la zanahoria y facilitar que *Illyonectria* entre e infecte la raíz (Probst et al., 2012).
- » Retirar los residuos de cosecha, debido a que el hongo puede sobrevivir durante largos periodos de tiempo (años), por la producción de las estructuras de sobrevivencia (clamidoporas) en la materia orgánica en descomposición (Halleen et al., 2004).
- » Implementar la desinfección del calzado con un pediluvio con cal, antes de entrar y salir del lote, para evitar la diseminación de los patógenos a través de este (Ortiz-Paz et al., 2023).

Moho negro de la raíz producido por *Stemphylium radicinum*

El hongo *Stemphylium radicinum* (Meier, Drechsler & E. D. Eddy) Neerg. produce conidióforos oscuros, en su mayoría simples con un solo conidio terminal engrosado o conidios sucesivos. El conidióforo prolifera a través de la cicatriz del conidio antiguo, frecuentemente es globoso, elipsoide u ovoide, a menudo constreñido en la parte mayor (figura 9.5a). El hongo es parásito o saprofítico (Barnett, 1962).

Síntomas

El hongo del suelo *S. radicinum* se presenta frecuentemente al final del ciclo del cultivo y en almacenamiento o poscosecha. Los síntomas se observan en la corona y sobre el cuerpo de la raíz comestible, inicialmente como micelio blanco de aspecto algodonoso, que se torna de color gris a negro (Acuña, 2008) (figura 9.5b).



Figura 9.5. *Stemphylium radicinum*, agente causal de moho negro en zanahoria. a. Estructuras de reproducción asexual (conidios) del hongo observadas en microscopio (aumento 40x): b. Micelio negro del hongo cubriendo la zanahoria.

Fotos: Rocío Alexandra Ortiz-Paz

Manejo del moho negro de la raíz producido por *S. radicum*

- » Usar semilla certificada (Tófoli et al., 2015), debido a que el hongo se transmite por medio de semilla infectada (Acuña, 2008). Además, se pueden tratar 300 g de la semilla con el fungicida comercial Iprodiona (50 g de i.a) en mezcla con Triticonazol (2,5 g) (Suasnabar & Torres, 2022), o sumergirlas en agua caliente a una temperatura de 50 °C por 15 minutos (Farrar et al., 2004).
- » Retirar los residuos de cosecha de zanahoria, ya que se ha encontrado que el hongo *S. radicum* sobrevive en ellos (Acuña, 2008).
- » Evitar la siembra de zanahoria en altas densidades y elaborar eras o camas elevadas (25 a 30 cm de altura), junto a canales de drenaje (si son necesarios), para prevenir encharcamientos (Remesal, 2011). Se ha encontrado que la humedad superior a 96 % favorece el desarrollo de la enfermedad (Acuña, 2008).
- » Usar herramientas de labranza (palas, picas, entre otras) desinfectadas con yodo agrícola (15 cc/l), como una forma de prevenir la diseminación de la enfermedad (Ortiz-Paz et al., 2023).
- » Aplicar Folpet (1,5 L/ha) como ingrediente activo de acción protectante sobre el cultivo.

Pudrición blanda causada por *Sclerotium rolfsii*

El hongo *Sclerotium rolfsii* Saac. (teleomorfo: *Athelia rolfsii* [Curzi] C.C.Tu & Kimbr) presenta micelio hialino de paredes delgadas con tabiques y proliferación de algunas hifas en ángulo recto, denominadas fíbulas (figura 9.6a).

Síntomas

La pudrición puede producirse en cualquier órgano de la planta, siempre que las condiciones ambientales sean favorables (Aycock, 1966).

El contacto de las hifas del hongo *S. rolfsii* con la planta estimula la producción de compuestos extracelulares, como el ácido oxálico y poliglacturonas, que ocasionan la muerte de los tejidos vegetales previa a la penetración micelial (Bateman & Beer, 1965). En general, transcurridos cuatro días después de la infección, suelen aparecer en la base de la raíz los primeros síntomas de lesiones acuosas que se extienden en el órgano carnoso, sobre el cual aparecen esteras miceliales blancas en la superficie (Domsch et al., 1980). En las áreas afectadas por la pudrición se producen múltiples esclerocios de forma redonda con uno a tres milímetros de diámetro, que en un inicio son blancos y después se tornan de color marrón oscuro (figura 9.6b) (Kwon et al., 2011). El hongo persiste en el suelo debido a los esclerocios y al micelio, que sobreviven sobre materia orgánica muerta. Las condiciones favorables para que se desarrolle este hongo son alta densidad de siembra, elevada humedad y alta temperatura (Kwon et al., 2011).



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de
la cadena de valor de zanahoria en el
Oriente departamento de Antioquia

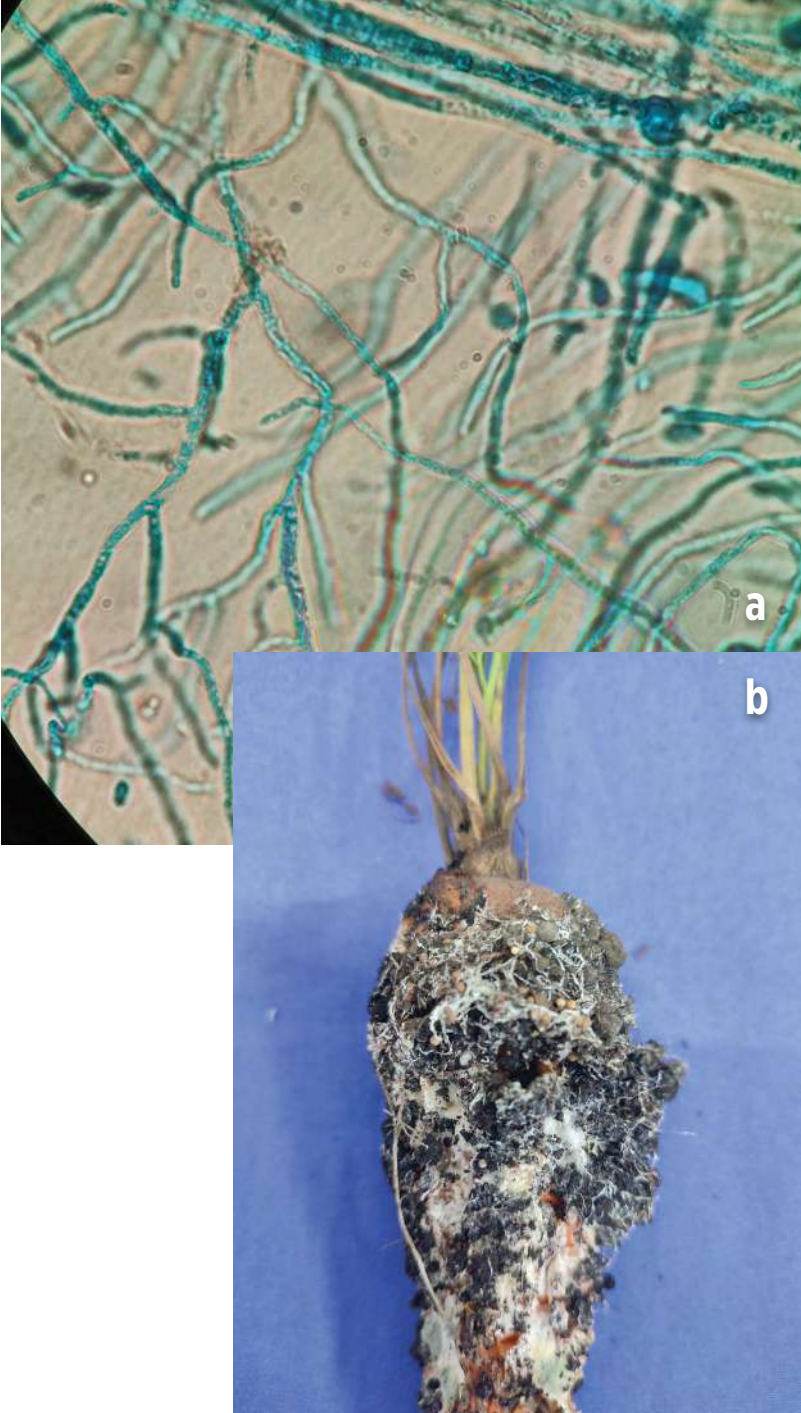


Figura 9.6. *Sclerotium rolfii*, agente causal de la pudrición blanda de la zanahoria. a. Micelio del hongo con fíbulas observado en microscopio (aumento 10x); b. Síntomas de la pudrición blanda ocasionada por *S. rolfii* en la raíz comestible, zanahoria cubierta de micelio blanco de aspecto algodonoso y esclerocios esféricos de color marrón.

Fotos: Rocío Alexandra Ortiz-Paz

Manejo de la pudrición blanda causada por *S. rolfii*

- » Elegir suelos o sustratos libres del patógeno con base en análisis microbiológico; además, reconocer el historial del estado fitosanitario del lote o el registro de enfermedades causadas por el patógeno en años anteriores (Remesal, 2011).
- » Evitar los encharcamientos sembrando sobre eras o camas elevadas (25 a 30 cm de altura) y realizar canales de drenaje. Tener en cuenta que la presencia de la enfermedad suele coincidir con periodos húmedos prolongados (Remesal, 2011).
- » Eliminar residuos vegetales de cultivos previos que hayan sido infectados por el hongo, ya que se reporta que este tiene gran capacidad saprofítica, y sobrevive y continúa su ciclo sobre los residuos de cosecha, los cuales se convierten en fuente de inóculo para epidemias en el siguiente ciclo de cultivo (Remesal, 2011).
- » Realizar arado profundo y aplicar cal en el suelo para mantener un pH cercano a 6,5. Estas prácticas permiten que los esclerocios no sobrevivan más de 45 días y disminuyen la proliferación del hongo (Mullen, 2001).
- » Realizar solarización del suelo dirigida a focos de infección. Regar en horas de la mañana el suelo a capacidad de campo y acondicionar con la mezcla de ingredientes comerciales *Trichoderma harzianum* (2 g/L), *Bacillus subtilis* (1,5 a 2,0 cc/l) o *Pseudomonas fluorescens* (2 cc/l o 2 g/L, según la presentación) (Meena

et al., 2024; Silva et al., 2025); posteriormente, colocar láminas de plástico transparente de 0,04 mm de espesor en el área a tratar durante un mes, en lo posible que reciba la luz solar directamente. La solarización del suelo reducirá significativamente los esclerocios que pueden permanecer viables durante cuatro años. Además, ayudará a controlar otras enfermedades transmitidas por el suelo, así como nematodos parásitos de plantas y algunas arvenses (Mullen, 2001).

- » Aplicar los ingredientes comerciales *Trichoderma harzianum* (2 g/L), *Bacillus subtilis* (1,5 a 2,0 cc/l) o *Pseudomonas fluorescens* (2 cc/l), de manera frecuente y continua (Remesal, 2011). Inicialmente, las aplicaciones pueden realizarse cada semana durante un mes, y después realizar dos aplicaciones de forma mensual, con el propósito de que los microorganismos colonicen la rizosfera y persistan en el suelo de forma eficiente (Ortiz-Paz et al., 2023; Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).
- » Evitar sembrar en una misma área de cultivo especies hospedadoras del hongo, como girasol (*Helianthus annuus* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), remolacha de mesa (*Beta vulgaris* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.) o melón (*Cucumis melo* L.). Puede hacerse rotación de cultivos con maíz (*Zea mays* L.), cebolla (*Allium cepa* L.) y ajo (*Allium sativum* L.) (Garren, 1961; Mullen, 2001).
- » Adelantar la fecha de siembra y de cosecha como escape a la enfermedad, para que el ciclo se complete antes de presentarse las condiciones de alta temperatura (27 a 35 °C) y humedad elevada, con el fin de pre-

venir la germinación de los esclerocios y el desarrollo de la enfermedad (Mullen, 2001).

- » Aplicar fungicidas sobre el suelo para inhibir la germinación de los esclerocios y el crecimiento del micelio del hongo (Punja, 1985), haciendo un uso racional de estos productos y siempre con los elementos de protección personal. En caso de historial de la enfermedad en el lote, se recomienda incluir aplicaciones con fungicidas como Metalaxyl (2 kg/ha), Azoxystrobin (400 cc/ha), o la mezcla de Trifloxistrobin y Ciproconazol (150 cc/ha), los cuales han demostrado reducir la incidencia de la enfermedad (Mullen, 2001).

Pudrición blanca asociada al complejo *Geotrichum* Link. y *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.

El hongo *Geotrichum* spp. (teleomorfo: *Dipodascus geotrichum* [E. E. Butler & L. J. Petersen] Arx) se caracteriza por poseer las hifas divididas o septadas, dispuestas en forma cilíndrica. Los conidios a veces permanecen cilíndricos y se forman lateralmente en las hifas (Domsch et al., 1980) (figura 9.7a). Por otro lado, el hongo *Fusarium solani* (teleomorfo: *Nectria haematococca* var. *breviconica* [Wollenw.] Gerlach) posee esporas pequeñas (microconidios), producidas en conidióforos. Las esporas más grandes (macroconidios) son producidas en cantidades variables en conidióforos ramificados más cortos, y poseen de tres a cinco septos (figura 9.7b). *Fusarium* es habitante natural del suelo, persiste en este por varios años en forma de micelio, esporas o clamidosporas; su diseminación se puede realizar a través del agua, herramientas, equipos agrícolas contaminados, así como por el transporte de sustratos infectados de una finca a otra (Domsch et al., 1980; Agrios, 2005).



Síntomas

Geotrichum spp. y *Fusarium solani* son patógenos del suelo, que penetran por heridas en las raíces de zanahoria; en general, sus síntomas se manifiestan en zanahorias rajadas al final del ciclo de cosecha o en almacenamien-

to. Las zanahorias presentan pudriciones recubiertas de abundante micelio blanco con zonas más oscuras, que corresponden a la formación de esporas de los hongos (Acuña, 2008) (figuras 9.7c y 9.7d).

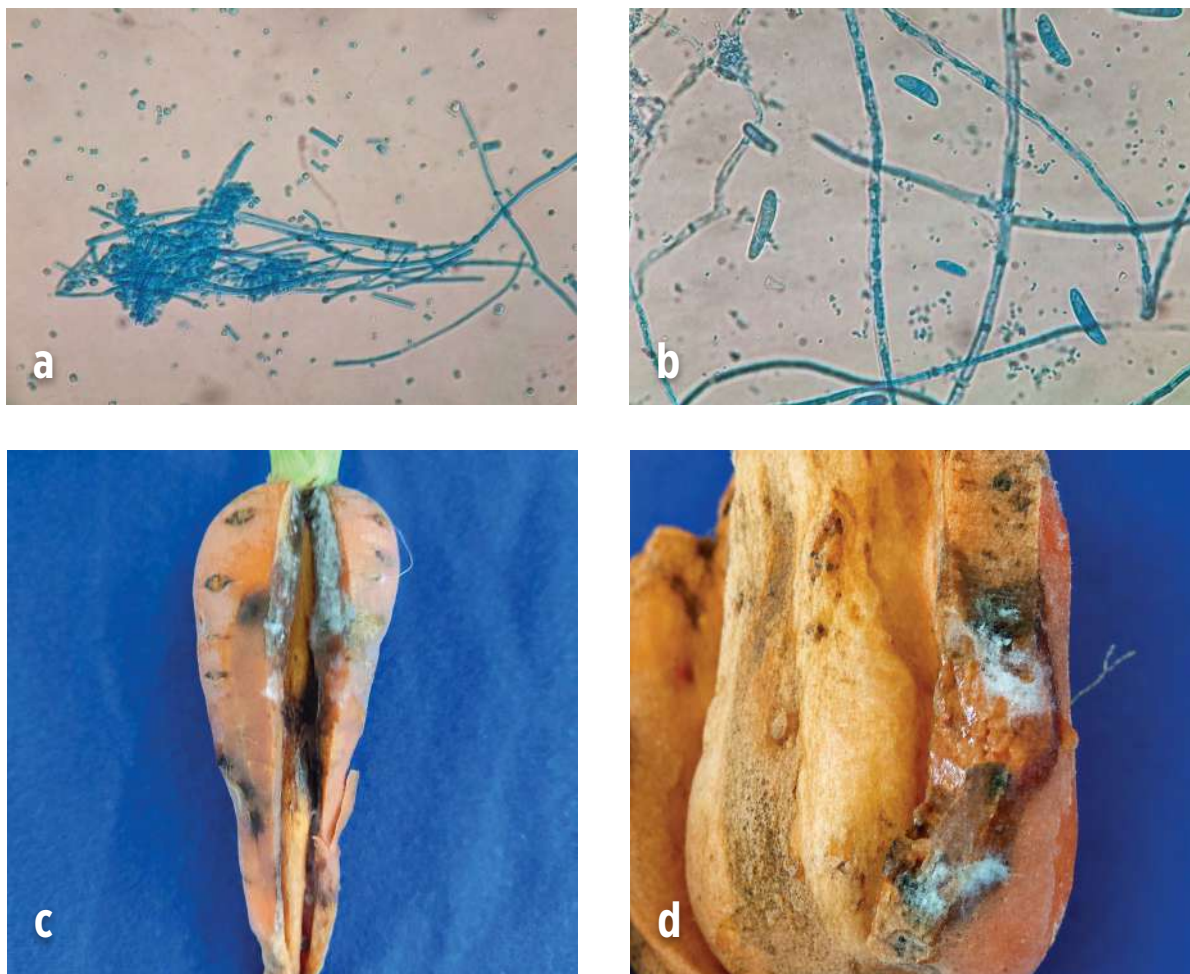


Figura 9.7. Hongos causantes de la pudrición blanca algodonosa en zanahorias. a. *Geotrichum* spp. observado en microscopio (aumento 20x); b. Microconidios de *Fusarium solani* observados en el microscopio (aumento 20x); c. Micelio blanco de *Geotrichum* spp. de aspecto algodonoso sobre zanahoria rajada; d. Micelio algodonoso blanco de *Fusarium solani* sobre zanahoria rajada.

Fotos: Rocío Alexandra Ortiz-Paz

Nota. Resolución de foto d mejorada con ayuda de Codex en ChatGPT.

Manejo de la pudrición blanca asociada al complejo *Geotrichum* spp. y *F. solani*

- » Tratar 100 g de semillas con 150 cc del fungicida *Pyraclostrobin* y Tiofanato metil, haciendo uso de elementos de protección personal. También se pueden sumergir las semillas en agua caliente a una temperatura de 50 °C por 15 minutos (Farrar et al., 2004).
- » Realizar canales de drenaje en el lote de cultivo, ya que el agua es fuente de dispersión de los hongos, que sobreviven a una humedad relativa mayor al 92 % en residuos vegetales (Acuña, 2008).
- » Aplicar una solución de ácido peracético en concentración de 40 ppm sobre zanahorias por 30 minutos de exposición, la cual ha sido efectiva para el control de las esporas de hongos que causan pudriciones como *Fusarium* y *Penicillium* en poscosecha (Kyanko et al., 2009).
- » Evitar movilizar raíces y suelo infectado, ya que pueden ser fuente de inóculo o de infección para otras plantas. Además, se recomienda recoger y eliminar del campo los residuos de material vegetal infectado, con el fin de reducir la fuente de inóculo presente en el área. Las zanahorias con síntomas de la enfermedad pueden ser enterradas a una profundidad de 80 cm en un sitio aislado, y aplicar fungicidas comerciales combinados como Cyprodinil y Difenconazol (1 L/ha), o Azoxystrobin y Difenconazol (375 cc/ha) en los focos de infección (Ortiz-Paz et al., 2023).
- » Usar sitios de almacenaje y contenedores desinfectados con ácido peracético en concentración de 200 ppm (Acuña, 2008) o yodo agrícola al 1,5 % (1,5 cc/l de agua).
- » Aplicar bioinsumos comerciales a base de *Gliocladium* y *Trichoderma* (2,0 a 2,5 g/L de agua) en forma directa en el suelo, pues se ha registrado que reduce hasta en 31 % la incidencia de *Fusarium* spp. (El-ddin & Haleem, 2021).
- » Refrigerar la zanahoria después de la cosecha a una temperatura de 3 a 5 °C, y a una humedad relativa de 98 a 100 %, es una estrategia que prolonga en tres semanas la calidad sanitaria (Izquierdo-García & Naranjo-Campos, 2006). Sin embargo, si existen raíces que presentan los síntomas de la pudrición blanca, estas deben ser retiradas y eliminadas (Robledo et al., 2019).

Moho verde producido por *Penicillium* Link

El hongo *Penicillium* spp. (teleomorfo: hongo de la familia Eurotiaceae) posee conidióforos de paredes lisas, con cadenas de conidios unicelulares llamadas fiálides. Los conidios se encuentran en largas cadenas o en columnas, son globosos, elipsoidales, cilíndricos, sin color (hialinos) o verdosos, de paredes lisas o rugosas (figura 9.8a). Algunas especies producen esclerocios o estructuras de sobrevivencia (Domsch et al., 1980).



Síntomas

Las colonias del hongo suelen crecer rápidamente, en tonos verdes, a veces blancos, y en su mayoría consisten en una densa capa de estructuras del hongo (Domsch et al., 1980). Sobre la

zanahoria se puede observar pudrición de cosecha o poscosecha, con micelio sobre los tejidos afectados (figura 9.8b), de color verde o azul (Acuña, 2008).

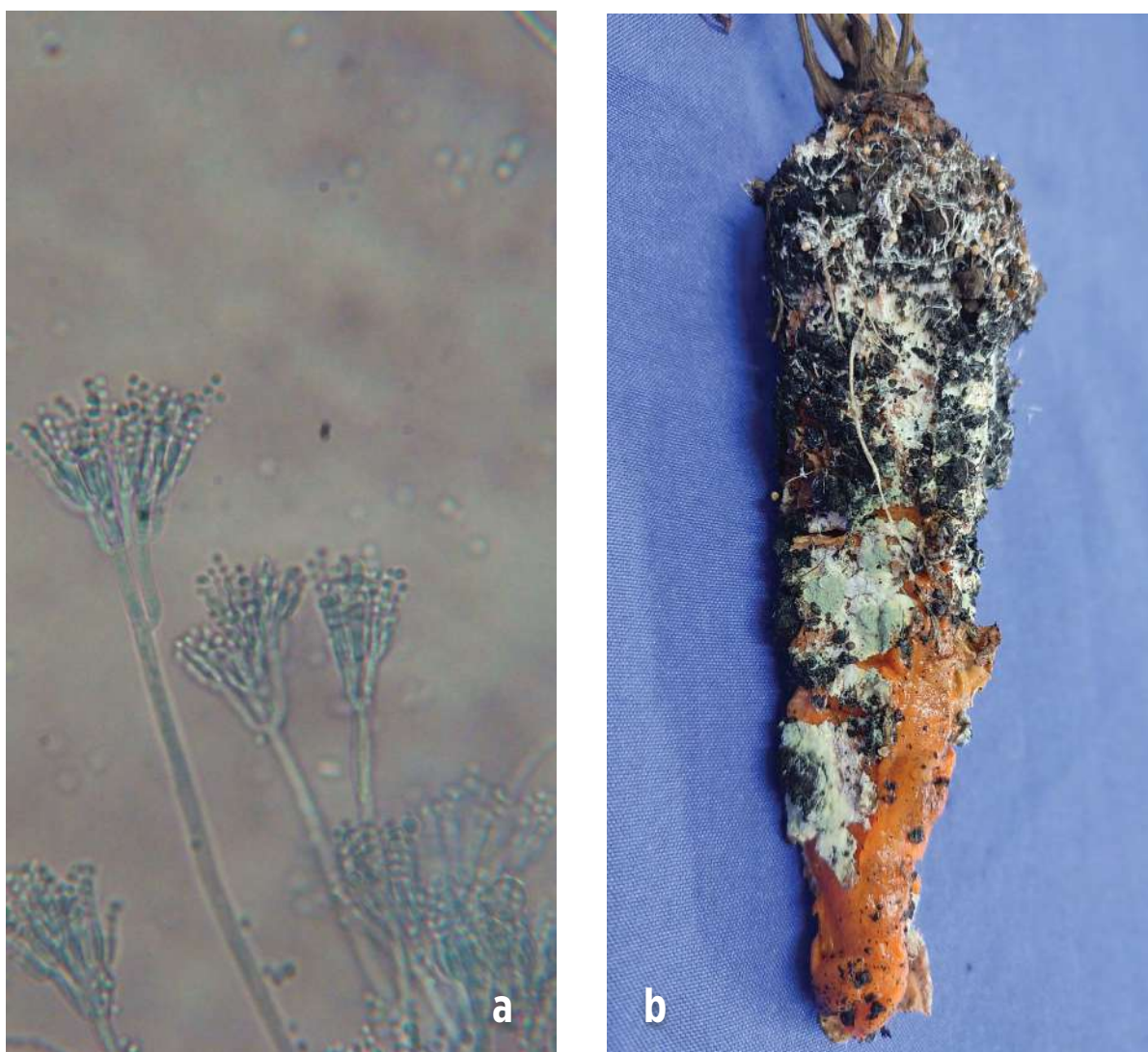


Figura 9.8. Hongo *Penicillium* spp., agente causante del moho verde de la zanahoria. a. Estructuras reproductivas del hongo (conidióforos y conidios hialinos) observadas en microscopio (aumento 40x); b. Zanahoria cosechada con síntomas de moho verde.

Fotos: Rocío Alexandra Ortiz-Paz

Manejo del moho verde producido por *Penicillium* spp.

- » Utilizar semilla libre del patógeno, tratada con fungicidas como Imazalil (1 cc/l), o también Carboxín más Thiram (4 g/kg de semillas), pues el hongo se disemina por medio de la semilla y puede sobrevivir en el suelo, asociado a residuos de cultivos infectados (Piccolo, 2007).
- » Si la enfermedad es severa, se puede sembrar en época seca, cuando la temperatura elevada del suelo se encarga de reducir la presencia del hongo (Acuña, 2008).
- » Aplicar una solución de ácido peroxiacético (200 ppm) en drench al suelo y sobre residuos de cosecha, en los sitios de remoción de zanahorias con síntomas; para el lavado de zanahorias en poscosecha, se recomienda una dosis de 40 ppm, con el propósito de controlar las esporas del hongo (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA], 2021).
- » Manejar en forma adecuada el riego, para evitar condiciones de alta humedad en el suelo en los días posteriores a la siembra de la semilla, ya que el daño es más severo en suelos con exceso de humedad y durante periodos de alta humedad relativa y bajas temperaturas (Acuña, 2008).
- » Aplicar desde la siembra el ingrediente comercial *Trichoderma harzianum* Cepa BTh-02 en concentración $2,0 \times 10^8$ UFC/g, en dosis de 1,5 g/L directamente al suelo, cada 10 o 15 días.

Mildiu polvoso causado por *Oidium* Link

El hongo *Oidium* Link (teleomorfo: *Erysiphe heraclei* DC.) se alimenta de tejido vegetal vivo y sobrevive en residuos vegetales o en hospedantes alternos. El diagnóstico bajo microscopio incluye la observación de estructuras asexuales llamadas conidios, que son libres, transparentes (hialinos), elipsoides a ovoides con cuerpos de fibrosina cilíndricos que producen un tubo germinativo claviforme ancho y un pie cilíndrico, además de conidióforos rectos no ramificados (figura 9.9a). El estado sexual *Erysiphe heraclei* produce cuerpos fructíferos de forma globosa llamados cleistotecios, que son de color oscuro a negro.

Síntomas

Los síntomas se presentan en las hojas, pecíolos, flores y frutos. En las hojas, se observa clorosis, luego estructuras de color blanco a gris claro de aspecto pulverulento, producto del micelio y las esporas del hongo (Acuña, 2008) (figura 9.9b). Las hojas y pecíolos infectados se vuelven quebradizos, distorsionados y, eventualmente, pueden tornarse de color marrón, se marchitan y mueren (Cotes, 2018). La enfermedad es un problema serio en climas cálidos y secos, ya que estas condiciones favorecen su desarrollo (Piccolo, 2007). El hongo detiene la formación de semillas en las flores, se transmite por semilla y en hospedantes alternos (Acuña, 2008).



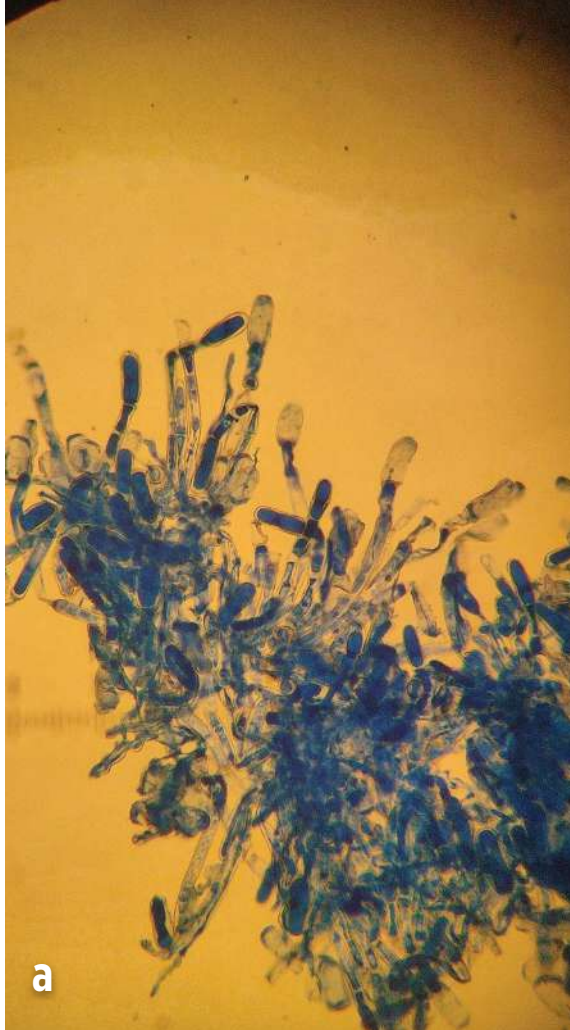


Figura 9.9. Hongo *Oidium* spp., agente causal de mildew polvoso de la zanahoria. a. Conidios en conidióforos libres del hongo (aumento 20x); b. Hojas de zanahoria de tres meses de edad con estructuras blancas de aspecto pulverulento.

Fotos: Albeiro de Jesús Macías y Rocío Alexandra Ortiz-Paz

Manejo del mildiu polvoso causado por *Oidium* spp.

- » Usar semilla libre del patógeno o en su defecto tratarlas con agua caliente a 50 °C durante 20 minutos (Acuña, 2008).
- » Aplicar preferiblemente bioinsumos con los ingredientes comerciales *Trichoderma afroharzianum* y *Ampelomyces quisqualis* (2 g/L) (Cotes, 2018).
- » Aplicar foliarmente 1,5 l/1.000 l de agua/ha de *Rheum officinale* (Ruibarbo) para el control de mildiu polvoso. Solo cuando la enfermedad sea muy recurrente, pueden emplearse fungicidas a base de azufre, como Piraclostrobin, Azoxystrobin y Tebuconazol en las dosis indicadas en la etiqueta, ya que han mostrado un control efectivo sobre el mildiu polvoso en zanahoria (Piccolo, 2007; Watson et al., 2017).

Enfermedades ocasionadas por bacterias

Pudrición blanda causada por *Pectobacterium carotovorum* (Waldee)

La bacteria *Pectobacterium carotovorum* es un bacilo Gram-negativo, que mide de 0,7 a 1,0 μm de ancho y de 1,0 a 2,5 μm de largo (figura 9.10a); no es esporulada, es motil y tiene flagelos peritricos; sus colonias muestran elevación convexa y son de color blanco cremoso; las células pueden aparecer de manera individual o en parejas (Czajkowski et al., 2015; Botero et al., 2013).

Síntomas

El nombre *carotovorum* significa devoradora de zanahorias, pues esta especie se aisló por primera vez de raíces de zanahoria (Acuña, 2008). La bacteria produce enzimas que desintegran la pared celular vegetal, con lo que las células se rompen y liberan su contenido, siendo entonces utilizadas como alimento. Provoca pudrición de los tejidos vegetales, causa lesiones acuosas y deprimidas (figura 9.10b), los tejidos afectados se observan de color marrón oscuro a negro (figura 9.10c), que se vuelven viscosos, desprenden un olor fétido, pero mantienen la epidermis intacta (Piccolo, 2007; Acuña, 2008). Se presenta en almacenamiento, cuando las condiciones de humedad relativa y temperatura son elevadas (98 % y 25 °C, respectivamente) (Acuña, 2008). La bacteria sobrevive en el suelo en los residuos vegetales y penetra en las raíces por heridas (Piccolo, 2007).

Manejo de la pudrición blanda causada por *P. carotovorum*

- » Usar semilla libre del patógeno (Van Gijsegem et al., 2021).
- » Desde el momento de la siembra, aplicar bioinsumos en el suelo a base de microorganismos como *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* (concentración de $1,0 \times 10^8$ UFC/cc y dosis de 1,5 cc/l), *Trichoderma harzianum* (concentración de $2,0 \times 10^8$ UFC viables/g, dosis de 1,5 g/L), así como extractos vegetales acuosos de *Cymbopogon citratus* (limoncillo), que pueden aplicarse antes de la siembra para controlar la pudrición blanda bacteriana (Abdel et al., 2020). También se ha reportado que el uso de extractos acuosos de *Ricinus communis* (higuerilla) disminuye la incidencia de esta bacteria (Hernández et al., 2022).
- » Aplicar una dosis de 1 l/ha del ingrediente activo *Streptomyces racemochromagenes* registrado por el ICA, para el control de *Pectobacterium*, que en general se comercializa en una concentración de 1×10^8 UFC/l. Además, como última medida, pueden aplicarse productos comerciales de antibióticos combinados, de acción protectante y sistémica como kasugamicina (1,5 cc/l de agua, tres aplicaciones cada 10 días) o el bactericida sistémico sulfato de gentamicina en combinación con clorhidrato de oxitetraciclina (1 g/L), aplicado por inyección a plantas enfermas en una dilución de 50 a 100 cc de agua/por planta, y al suelo en dosis de 40 a 80 litros de agua por foco, con el fin de disminuir el inóculo de *P. carotovorum* (Hernández et al., 2022; Oulghazi et al., 2021). Estos productos deben usarse de forma racional y siempre con elementos de protección personal.
- » Evitar heridas en las raíces de la zanahoria (Piccolo, 2007).



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia

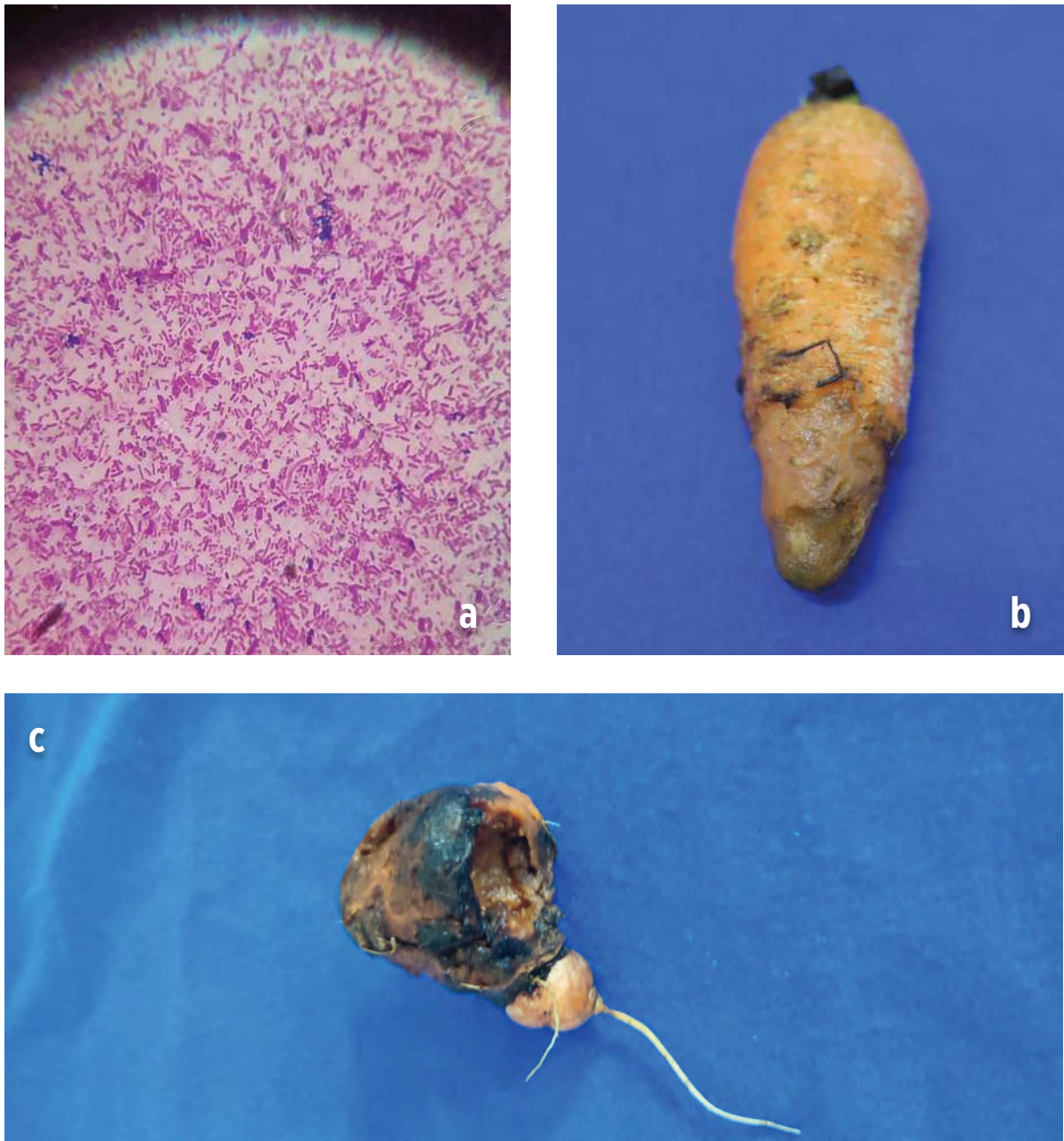


Figura 9.10. Bacteriosis de la zanahoria causada por *Pectobacterium carotovorum*. a. Bacterias teñidas de color rosado luego de la tinción de Gram (Gram-negativa), que tienen forma de bacilo en observación bajo el microscopio (aumento 100x, con aceite de inmersión); b. Pudrición blanda en la punta de la zanahoria; c. Pudrición blanda de la zanahoria con daño interno, tejido superficial de color negro y olor fétido fuerte.

Fotos: Karen Lorena Ballestas-Álvarez & Rocío Alexandra Ortiz-Paz

Sarna común causada por *Streptomyces* spp. (Waksman & Henrici)

La sarna común de la zanahoria es causada por varias especies de bacterias aerobias, Gram-positivas del género *Streptomyces*, habitantes naturales del suelo y de vegetación en descomposición. Su morfología se parece a la de un hongo (figura 9.11a), debido a que se caracteriza por tener un crecimiento aéreo filamentososo y ramificado que produce esporas en cadenas (Botero et al., 2013). El micelio está compuesto por hifas delgadas, ramificadas, con pocas o ninguna pared transversal. Las esporas cilíndricas (más de veinte) son liberadas desde las puntas de las hifas y producen cadenas espirales maduras. Las esporas de *Streptomyces* spp. son menos resistentes a condiciones adversas, pero pueden sobrevivir durante veinte años (Herbario Virtual de Fitopatología de la Universidad de Buenos Aires, 2023).

Síntomas

Streptomyces spp. produce lesiones de apariencia corchosa en la raíz, superficiales y profundas. Las lesiones superficiales tienen aspecto elevado (figura 9.11b). Entretanto, las lesiones profundas ingresan en la raíz produciendo agujeros de dimensiones variables, que en ocasiones se asemejan a galerías producidas por insectos; son de color marrón con un diámetro de unos pocos milímetros. En ocasiones se pueden observar los dos síntomas, generando una disminución de la calidad de la zanahoria. La enfermedad no produce síntomas observables a nivel foliar (Agrios, 2005).

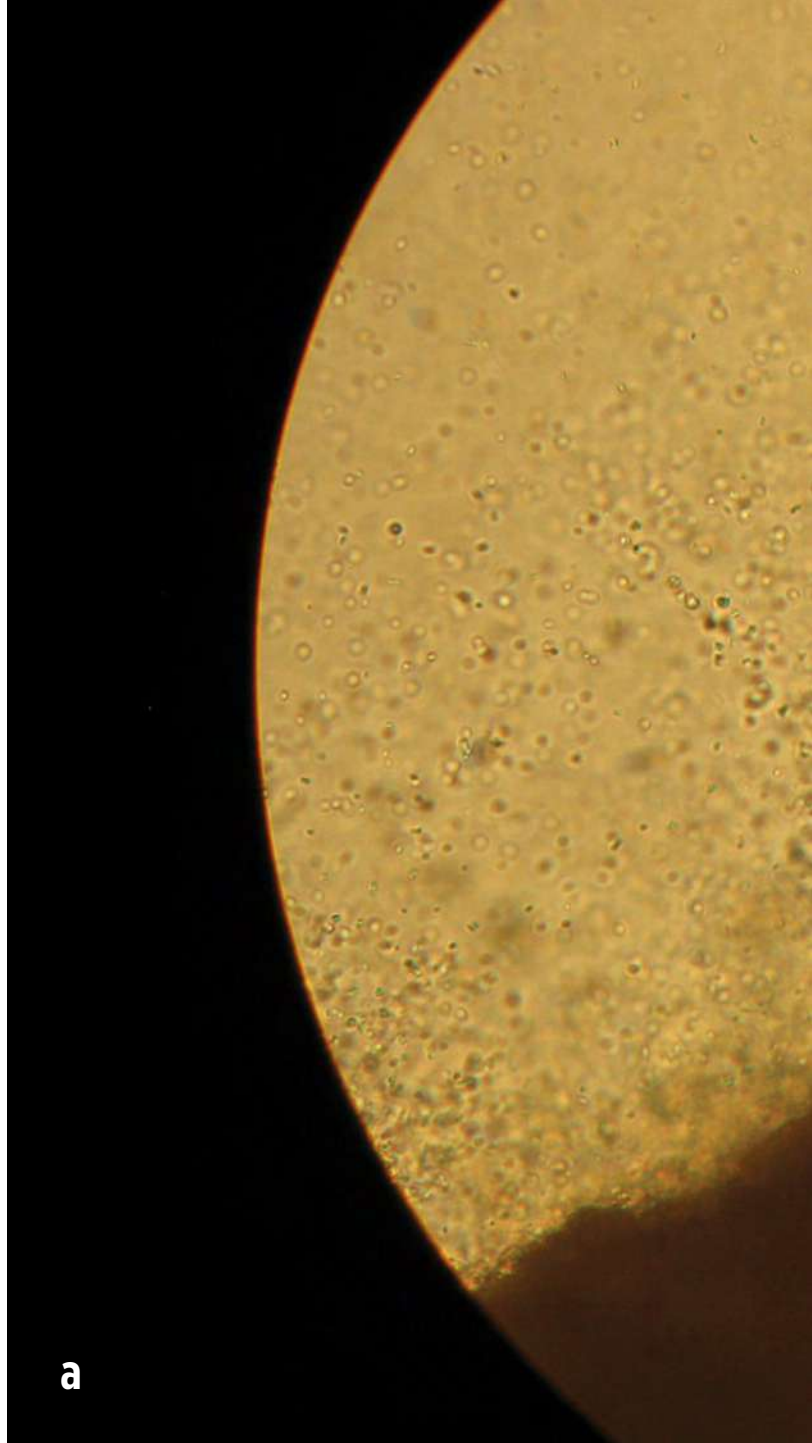


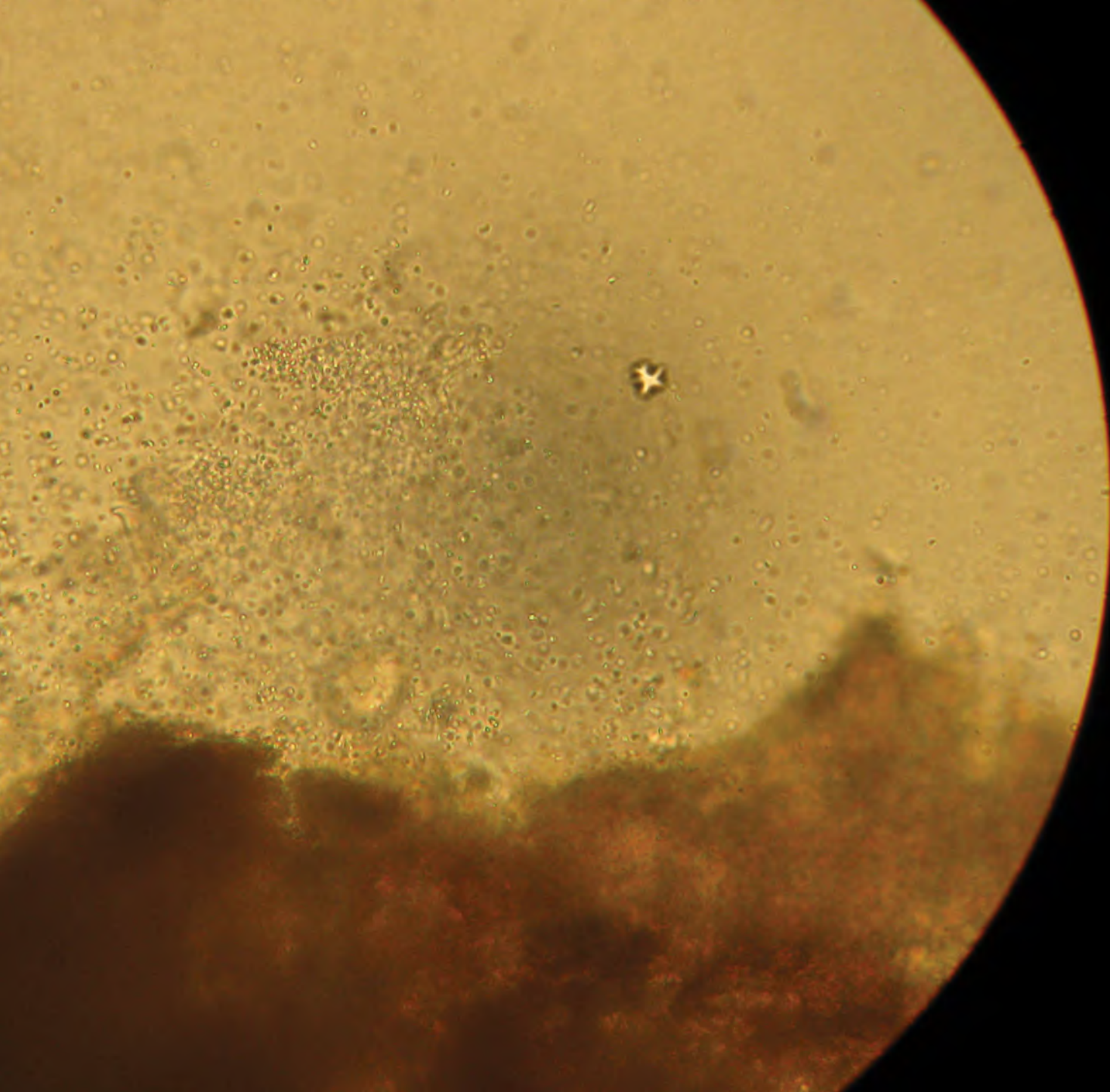
Figura 9.11. *Streptomyces* spp., agente causal de la sarna común de la zanahoria. a. Observación de un corte de tejido vegetal de sarna a través del microscopio (aumento 20x); b. Síntomas de sarna común, tejido superficial elevado con apariencia de corcho de color marrón sobre una zanahoria comestible.

Fotos: Rocío Alexandra Ortiz-Paz



**CAROTA
360°**

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia



b



Clarke et al. (2022) confirmaron que la fitotoxina Taxtomina A es el principal determinante de la virulencia de la enfermedad de la sarna causada por *Streptomyces* en la zanahoria.

Las condiciones favorables para que se presente la enfermedad son pH del suelo superior a 5,2, temperatura de 20 a 22 °C y bajo contenido de humedad en el suelo durante las primeras semanas de desarrollo de la raíz, siendo en este periodo más susceptible al ataque de la bacteria, que puede penetrar a través de heridas, estomas y lenticelas (Agrios, 2005).

Manejo de la sarna común causada por *Streptomyces* spp.

- » Usar semilla sana. Aplicar a la semilla fungicidas y/o bactericidas específicos como Carboxín más Thiram (4 g/kg de semillas) o Metalaxyl más hidróxido de cobre (0,8 g/L) (Sabhikhi & Hunjan, 2021).
- » Mantener a capacidad de campo el suelo durante el primer mes después de la siembra del cultivo. Esta actividad disminuye la incidencia de la enfermedad, debido a que el factor más importante para la reducción de la enfermedad es el alto contenido de humedad del suelo durante las primeras semanas de desarrollo de la raíz (Herbario Virtual de Fitopatología de la Universidad de Buenos Aires, 2023).
- » Restringir las aplicaciones de enmiendas calcreas (cal agrícola o dolomita) en ataques

severos de la bacteria (Herbario Virtual de Fitopatología de la Universidad de Buenos Aires, 2023).

- » Reducir el pH del suelo mediante la aplicación gradual de azufre, para mantenerlo entre 5,0 y 5,2 (Herbario Virtual de Fitopatología de la Universidad de Buenos Aires, 2023).
- » Aplicar directamente en el suelo bacterias promotoras de crecimiento vegetal, tales como *Bacillus subtilis* o *Bacillus amyloliquefaciens* (1,5 a 2,0 kg/ha). Esta actividad reporta una reducción en la incidencia de la enfermedad de entre el 17 y el 50 %, cuando se aplica con una frecuencia quincenal durante el ciclo del cultivo (Sabhikhi & Hunjan, 2021).



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de la cadena de valor de zanahoria en el Oriente departamento de Antioquia



Para no olvidar...

- » El uso de semilla certificada o tratada previene muchas enfermedades transmitidas por semilla, como *Alternaria dauci*, *Oidium* o *Penicillium*.
- » Para detectar la presencia de nematodos como *Meloidogyne* y *Pratylenchus*, el muestreo de raíces desde etapas tempranas es estratégico.
- » Para la reducción de la población de patógenos persistentes en el suelo como nematodos, *Fusarium* o *Sclerotium* la rotación de cultivos con especies no hospedantes (ajo, maíz, arveja) es determinante.
- » Las eras altas con drenaje previenen enfermedades que prosperan en suelos húmedos, como *Alternaria*, *Pectobacterium* y *Sclerotium rolfsii*.
- » La higiene del operario es esencial: lavar botas, machetes y manos entre lotes evita diseminar nematodos y bacterias como *Streptomyces* o *Pectobacterium*.
- » El uso de fungicidas y nematicidas debe ser estratégico, respetando dosis, tiempos de carencia y rotación de ingredientes activos, para evitar resistencias y proteger el ambiente.

Conclusiones y perspectivas de los autores

» Las visitas a fincas de productores del Oriente de Antioquia, junto con los diagnósticos realizados, evidenciaron que el cultivo de zanahoria enfrenta importantes amenazas fitosanitarias, como nematodos, hongos y bacterias, que pueden afectar su rendimiento, calidad y vida útil.

» Los nematodos *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. afectan gravemente este cultivo, por lo que un manejo integrado, basado en el monitoreo temprano, las buenas prácticas agrícolas, las labores culturales y la aplicación de extractos vegetales y bioinsumos, resulta esencial para minimizar su impacto.

» Hongos como *Alternaria dauci*, *Fusarium solani* y *Sclerotium rolfsii* pueden causar daños foliares, pudriciones o afectar la con-

servación del producto. Su manejo requiere medidas preventivas como el uso de semillas sanas o tratadas, la erradicación de residuos vegetales, la rotación de cultivos, el control de la humedad y aplicaciones oportunas de bioinsumos.

» Las enfermedades bacterianas también comprometen la calidad de la zanahoria. Su control implica el uso de semillas sanas, un manejo adecuado del suelo, la prevención de heridas por daños mecánicos y la aplicación de bioinsumos. Solo cuando estas prácticas no sean suficientes y la presión de la enfermedad sea elevada, se recomienda recurrir, como última medida, al uso de productos agroquímicos registrados ante el ICA, aplicados de forma racional y siempre utilizando los elementos de protección personal requeridos.



Foto: Carolina Ortiz

Referencias

- Abdel-Gaied, T., Mikhail, M., Abdel-Alim, A., Seif El-Nasr H., & Abd El-Khair, H. (2020). Field application of bio-control agents and aqueous plant extracts for controlling bacterial soft rot and enhancement yield quality of *Solanum tuberosum* L. cv. Diamond. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(82). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00338-4>
- Acuña, R. P. (2008). *Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas*. Servicio Agrícola y Ganadero de Chile. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/4a887893-ecec-4e72-b018-5014360d5274/content>
- Agrios, G. N. (2005). *Fitopatología* (2.ª ed.). Limusa.
- Aycock, R. (1966). *Stem rot and other diseases caused by Sclerotium rolfsii: or The status of Rolfs' fungus after 70 years*. North Carolina Agricultural Experiment Station. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65ddf99663b8185d9ca64056>
- Barnett, H. L. (1962). *Illustrated genera of imperfect fungi* (2.ª ed.). Burgess Publishing Company.
- Bateman, D. F., & Beer, S. V. (1965). Simultaneous production and synergistic action of oxalic acid and polygalacturonase during pathogenesis by *Sclerotium rolfsii*. *Phytopathology*, 55, 204-211, PMID: 14274523. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14274523/>
- Botero, M. J., Castaño, J., Saldarriaga, A., & Castro, A. (2013). *Manual práctico de bacteriología vegetal*. Universidad de Caldas.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual zanahoria*. <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14309/Zanahoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cardona-Piedrahíta, L. F., & Guzmán-Piedrahíta, O. A. (2013). Mecanismos de diseminación de nematodos fitoparásitos en plátano (*Musa acuminata* Simmonds) grupo AAB, cultivariedad dominico hartón. *Agronomía*, 21(1), 26-36. <https://catalogo.ucaldas.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=71995>
- Castaño, J. (1994). *Principios básicos de fitopatología* (2.ª ed.). Zamorano Academic Press.
- Clarke, C. R., Kramer, C. G., Kotha, R. R., & Luthria, D. L. (2022). The phytotoxin Thaxtomin A is the primary virulence determinant for scab disease of beet, carrot, and radish caused by *Streptomyces scabiei*. *Phytopathology*, 112(11), 2288-2295. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-03-22-0072-R>
- Coles, R., Wicks, J. J., & Hall, B. H. (2003). *Managing Alternaria Blight in carrots HAL final report VG0001A*. Horticultural Australia. <https://ausveg.com.au/app/data/technical-insights/docs/VG00014.pdf>
- Cotes, A. M. (Ed.). (2018). *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.investigation.7402537>
- Crow, W. T., & Dunn, R. A. (2005). *Introduction to plant nematology*. University of Florida. <https://vegetablegrafting.eu/wp-content/uploads/2021/04/TECNICA-IFAS-Introduction-to-plant-Nematology-LR.pdf>

- Czajkowski, R., Pérombelon, M. C. M., Jafra, S., Lojkowska, E., Potrykus, M., Van der Wolf, J. M., & Sledz, W. (2015). Detection, identification, and differentiation of *Pectobacterium* and *Dickeya* species causing potato blackleg and tuber soft rot: a review. *Annals of Applied Biology*, 166(1), 18-38. <https://doi.org/10.1111/aab.12166>
- Decraemer, W., & Hunt, D. (2006). Taxonomy and principal genera. Structure and classification. En R. Perry, & M. Moens (Eds.), *Plant nematology* (pp. 3-32). CAB International. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/9781845930561.0003>
- Domsch, K. H., Gams, W., & Anderson, T. H. (1980). *Compendium of soil fungi*. Academic Press.
- El-ddin, S. N., & Haleem, R. A. (2021). Pathogenicity of *Fusarium solani* and *Ilyonectria macrodidyma* on olive seedlings roots and the efficacy of soil microbial community against infection. *Journal of Duhok University*, 24(2), 81-94. <https://doi.org/10.26682/ajuod.2021.24.2.9>
- Farrar, J., Pryor, B., & Davis, M. (2004). Alternaria diseases of carrot. *Plant Disease*, 88(8), 776-784. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.8.776>
- Galindo, J. R., & Saboyá, F. (2020). *Zanahoria (Daucus carota L.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca - Bogotá, D. C.* Corredor Tecnológico Agroindustrial (CTA-2). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87660>
- Garren, K. H. (1961). Control of *Sclerotium rolfsii* through cultural practices. *Phytopathology*, 51, 120-124.
- Guíñez, A. (1990). Cultivos que reducen poblaciones de nematodos parásitos. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina*, 57, 20-24. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/ef88f0dc-9a5b-4dc2-9573-72e9fde4ee69/content>
- Guzmán-Piedrahíta, O. (2016). *Manual para la identificación de nematodos fitoparásitos*. Universidad de Caldas.
- Guzmán, O., Castaño, J., & Villegas, B. (2012). Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. *Agronomía*, 20(1), 38-50. <https://catalogo.ucaldas.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=74296>
- Halleen, F., Schroers, H. J., Groenewald, J. Z., Crous, P. W. (2004). Novel species of *Cylindrocarpon* (Neonectria) and *Campylocarpon* gen. nov. associated with black foot disease of grapevines (*Vitis* spp.). *Studies in Mycology*, 50, 431-455. <https://edepot.wur.nl/44249>
- Hay, F. S., & Pethybridge, S. J. (2005). Nematodes associated with carrot production in Tasmania, Australia, and the effect of *Pratylenchus crenatus* on yield and quality of Kuroda-type carrot. *Plant Disease*, 89, 1175-1180. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PD-89-1175>
- Herbario Virtual de Fitopatología de la Universidad de Buenos Aires. (2023). *Sarna común de la papa*. <https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/>
- Hernández, Y., Mejías, R., Madriz, P., Paiva, B., & Rodulfo, P. (2022). Alternativas de control de *Pectobacterium carotovorum* Jones, causante de la pudrición blanda de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Universidad Central de Venezuela*, 45(1), 20-31. https://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/20-31



CAROTA
360°

Modelo integral para el desarrollo de
la cadena de valor de zanahoria en el
Oriente departamento de Antioquia

- Izquierdo-García, D., & Naranjo-Campos, C. (2006). *Estandarización de las condiciones de proceso de zanahoria (Daucus carota) y lechuga (Lactuca sativa) como productos mínimamente procesados refrigerados (MPR) obtenidos a partir de cultivos convencionales y orgánicos en la empresa JC Asociados*. [Tesis de grado, Universidad de La Salle]. Ciencia Unisalle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/4fe4d0f1-2b65-4936-bce7-eb8f2453ec2a>
- Jiménez, R. (2018). Las enfermedades de las plantas: impactos, amenazas y control. *Boletín de la Real Academia de Córdoba*, 166, 111-130. <https://storage.e.jimdo.com/file/931f2ac9-9d2f-4857-b970-933faaf837d8/BRAC-166-07.pdf>
- Kwon, J. H., Lee, Y. H., Shim, H. S., & Kim, J. (2011). First report of root rot caused by *Sclerotium rolfsii* on *Daucus carota* var. sativa in Southern Korea. *Plant Disease*, 95(12), 1585-1585. <https://doi.org/10.1094/pdis-03-11-0233>
- Kyanko, M., Russo, M., Fernández, M., & Pose, G. (2009). Efectividad del ácido peracético sobre la reducción de la carga de esporas de mohos causantes de pudrición poscosecha de frutas y hortalizas. *Información Tecnológica*, 21(4), 125-130. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642010000400016>
- Manzoor, M. A., Naeem, M., Asif, M., Jallani, M., Javaid, A., Danish, M., & Mehran, M. (2017). Efficacy of different plant extracts against bacterial leaf blight of carrot (*Daucus carota* L.). *World Rural Observations*, 9(4), 6-10. https://www.sciencepub.net/rural/rural090417/02_33082wro090417_6_10.pdf
- Mao, Z. S., Long, Y. J., Zhu, Y. Y., Zhu, S. S., He, X. H., & Chen, Z. J. (2014). First report of *Cylindrocarpon destructans* var. *destructans* causing black root rot of sanqi (*Panax notoginseng*) in China. *Plant Disease*, 98(1), 162-162. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-12-1104-PDN>
- Mosquera-Espinosa, A. (2016). Fitonematodos asociados a *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn., *Solanum quitoense* Lam. y *Daucus carota* L. en el departamento de Boyacá, Colombia. *Acta Agronómica*, 65(1), 87-97. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n1.45180>
- Mullen, J. (2001). Southern blight, southern stem blight, white mold. *Plant Health Instructor*, 1. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2001-0104-01>
- Nagachandrabose, S. (2018). Liquid bioformulations for the management of root-knot nematode, *Meloidogyne hapla* that infects carrot. *Crop Protection*, 114, 155-161. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.022>
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA]. (2021). *Manual de limpieza y salud animal* (2.a ed.). <https://www.oirsa.org/contenido/2020-2/2021/Manual%20Limpieza%20Desinfección%20V5.pdf>
- Ortiz-Paz, R. A., Ballestas, K., Macías, A., & Mesa, M. (2023). *Informe técnico de avance trimestral (octubre): Identificación de los principales patógenos asociados a cultivos de zanahoria (Daucus carota L.) de la subregión Oriente de Antioquia*. [Documento interno]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).
- Ortiz, R. A., Guzmán, Ó. A., & Leguizamón, J. (2015). Manejo integrado del nematodo del nudo radical [*Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood y *Meloidogyne mayaguensis* Rammh & Hirschmann] en almácigos de guayabo (*Psidium guajava* Linneo), variedad Palmira ICA-1. *Boletín Científico del Museo de Historia Natural de la Universidad de Caldas*, 19(2), 104-138. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.2.7>
- Oulghazi, S., Sarfraz, S., Zaczek-Moczyłowska, M., Khayi, S., Ed-Dra, A., Lekbach, Y., Campbell, K., Novungayo-Moleleki, L., O'Hanlon, R., & Faure, D. (2021). *Pectobacterium brasiliense*: genomics, host range and disease management. *Microorganisms*, 9(1), 106. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010106>

- Perry, R., Moens, M., & Starr, J. (Eds.). (2009). *Root knot nematodes*. CAB International.
- Piccolo, R. (2007). *Enfermedades de la zanahoria. Manual de producción de la zanahoria*. Instituto Nacional de Tecnología (INTA).
- Probst, C., Jones, E. E., Ridgway, H. J., & Jaspers, M. V. (2012). *Cylindrocarpon* black foot in nurseries - two factors that can increase infection. *Australasian Plant Pathology*, 41, 157-163. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13313-011-0103-5>
- Punja, Z. K. (1985). The Biology, Ecology, and Control of *Sclerotium rolfsii*. *Annual Review of Phytopathology*, 23, 97-127. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.000525>
- Remesal, G. E. (2011). Diversidad genética y patogénica de *Sclerotium rolfsii* Sacc. como factor determinante de epidemias de Podredumbres de raíces. [Tesis doctoral, Universidad de Córdoba]. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. <https://helvia.uco.es/xmlui/handle/10396/6326>
- Riley, M. B., Williamson, M. R., & Maloy, O. (2002). Plant disease diagnosis. *The Plant Health Instructor*. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2002-1021-01>
- Robledo, J., Aguirre, C. A., & Castaño- Zapata, J. (2019). *Guía ilustrada de enfermedades en postcosecha de frutas y verduras y sus agentes causantes en Colombia*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. <https://repositorio.accefyn.org.co/entities/publication/680c845a-23ad-4dd3-8926-e5953fd2f37e>
- Sabhihi, H. S., & Hunjan, M. S. (2021). Management of potato scab (*Streptomyces scabies*) by seed treatment with chemical and biocontrol agents. *Plant Disease Research*, 36(2), 188-195. <https://doi.org/10.5958/2249-8788.2021.00030.5>
- Souza, R., & Pala, P. R. (2022). Control Biológico de *Meloidogyne* spp. con hongos nematófagos en el cultivo de zanahoria. *Research, Society and Development*, 11(12). <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34301>
- Suasnabar, C., & Torres, G. (2022). *Fitosanidad del cultivo de zanahoria*. Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9f0e0855-07cc-4ba9-9a47-e2549f8abeec/content>
- Teklu, M. G., Meressa, B. H., Radtke, E., Been, T. H., & Hallmann, J. (2016). Damage thresholds and population dynamics of *Pratylenchus penetrans* on carrot (*Daucus carota* L. cv. Nerac) at three different seed densities. *European Journal of Plant Pathology*, 146, 117-127. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0898-6>
- Tófoli, J. G., Domínguez, R. J., & Ferrari, J. T. (2015). *Alternaria* spp. en oleráceas: síntomas, etiología, manejo y fungicidas. *Biológico*, 77(1), 21-34. https://biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/bio/v77_1/tofoli1.pdf
- Van Gijsegem, F., Van der Wolf, J., & Toth, I. K. (Eds.). (2021). *Plant Diseases Caused by Dickeya and Pectobacterium Species*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61459-1>
- Viric, H., Jurković, A., & Lemić, D. (2022). Integrated pest management approaches for two major carrot pests - the carrot root fly and carrot cyst nematode. *Journal of Central European Agriculture*, 23(1), 69-81. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.1.3380>
- Watson A., Pung, H., & Hall, B. (2017). Managing leaf diseases of carrots with traditional and alternative fungicides including baseline sensitivity studies. *Crop Protection*, 93, 52-59 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.017>

