



Prevenga y maneje la pudrición radical del aguacate causada por el *Oomycete Phytophthora cinnamomi* Rands.

El ICA alerta a los productores de aguacate para que prevengan en los lotes sanos y mitiguen en los lotes afectados la enfermedad de la pudrición radical del aguacate, implementando medidas de prevención y de manejo integrado en sus cultivos.

Bogotá



© Publicación del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA

**Prevenga y maneje la pudrición radical del aguacate
causada por el Oomycete *Phytophthora cinnamomi* Rands.**

Autores: Mónica Guerrero Rojas, I.A. M. Sc.
Andrea Ramos Portilla, I.A., PhD.

ISBN: 978-958-8779-37-9

Código: 00.02.124.16

Edición: 2016

Coordinación editorial
Oficina Asesora de Comunicaciones, ICA

Producción Editorial
Diseño, diagramación, impresión y encuadernación



Tel: 893 7710 Bogotá, DC, Colombia

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

Introducción

El aguacate es la quinta fruta tropical más importante, según el volumen de producción y el área cultivada en el mundo (Yabrudy, 2012). Los países latinoamericanos son los de mayor área cultivada, en donde se destaca México como el principal productor, seguido por República Dominicana, Colombia y Perú (FAO, 2014). Las proyecciones actuales en el mundo plantean oportunidades de mercado para el sector hortofrutícola y, de manera particular, para este fruto.

Según Agronet (2016), en Colombia el cultivo de aguacate tuvo un crecimiento importante en los últimos años; en 2010 se contó con 21.589 hectáreas (ha) establecidas y una producción que superó las 200.000 toneladas (t); en 2014, el área fue de 33.341 ha y la producción de 320.000 t, lo que indica un crecimiento de más de 11.000 ha en cuatro años.

En Colombia, el aguacate se cultiva en los departamentos de Antioquia, Bolívar, Caldas, Cesar, Cundinamarca, La Guajira, Meta, Quindío, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima y Valle del Cauca, entre otros; los de mayor producción son Antioquia, Bolívar, Tolima, Caldas y Santander (Agronet, 2016).

Las enfermedades de mayor importancia económica en el cultivo de aguacate en Colombia, por su frecuencia y afectación, son la pudrición de raíces, causada por el oomicete *Phytophthora cinnamomi* var. *cinnamomi* Rand, y la marchitez por *Verticillium* sp. (Tamayo, 2014).

Phytophthora cinnamomi causa una enfermedad de gran importancia económica para el aguacate y está presente en todas las zonas productoras de aguacate en el mundo (Hardham, 2005). Pese a que este patógeno es uno de los más investigados, las medidas efectivas de control son limitadas, por lo que el enfoque de manejo debe estar dirigido a la prevención de su llegada a lotes nuevos y mitigar su prevalencia integrando varias estrategias de manejo.

El objetivo de este boletín es comunicar y gestionar el riesgo asociado a la pudrición de raíces de aguacate vinculada al patógeno *Phytophthora cinnamomi* en las zonas productoras de este cultivo en Colombia.



Generalidades

Agente causal: la enfermedad conocida como pudrición radical del aguacate es causada por el oomycete *Phytophthora cinnamomi* var *cinnamomi* Rands (Zentmyer, 1980; Coffey y Guillement, 1987).

Los oomycetes son miembros del reino Chromista. Son conocidos como “mohos acuáticos” (Fry y Grünwald, 2012), prosperan y causan daño principalmente en ambientes húmedos del trópico (Drenth y Guest, 2004); agrupan a varios cientos de organismos, en donde se incluyen algunos de los patógenos más devastadores de la agricultura en el mundo (Fry y Grünwald, 2012). Su micelio contiene celulosa y glucanos, pero no tiene paredes transversales, excepto para separar las partes jóvenes de las hifas (citoplasmáticas) de las partes viejas (sin citoplasma) (Agrios, 2005). Tienen relación con algas y plantas verdes (Fry y Grünwald, 2012). Muchas especies producen esporas acuáticas (zoosporas) carentes de pared celular, biflageladas, contenidas en estructuras llamadas esporangios (Fry y Grünwald, 2012) (Figura 1).

Phytophthora cinnamomi presenta reproducción sexual y asexual, tiene capacidad para sobrevivir en forma de clamidosporas (estructuras de resistencia) por mucho tiempo, incluso años, sobre tejido de raíces del hospedante, en espera de condiciones óptimas para la infección (Zentmyer, 1980).



Figura 1. Esporangios de *P. cinnamomi* en 40X.

Fuente: Laboratorio de Diagnóstico del ICA, Santander.

Condiciones que favorecen su desarrollo

4

Según Marks y Smith (1991), la enfermedad es más severa cuando los suelos son poco profundos, sin drenaje, de textura arcillosa y con baja población de microorganismos antagónicos.

Para Zentmyer (1980), esta enfermedad se desarrolla mejor bajo las siguientes condiciones: i) en áreas con clima templado o subtropical: la temperatura óptima está entre los 21 y los 27 °C; fuera de este rango probablemente se reduce la producción de esporangios y de zoosporas; ii) en condiciones de alta humedad: el patógeno incrementa la producción de esporangios, la liberación de las zoosporas y la invasión en las raíces hospedantes; sin embargo, en suelos continuamente saturados con agua y con bajas concentraciones de oxígeno, el desarrollo del patógeno se detiene, y iii) la enfermedad se produce con mayor rapidez bajo condiciones de suelo con pH ligeramente ácido o neutro.

Según Shearer y Tippett (1989), bajo condiciones húmedas, las zoosporas pueden ser movidas pasivamente por el agua de riego y de escorrentía, desde raíces infectadas hasta considerable profundidad en el suelo. Así mismo, Coffey *et al.* (1984) indican que el movimiento físico de suelo húmedo, contaminado con raíces enfermas que pueden contener clamidosporas de *P. cinnamomi* (estructuras altamente infectivas), facilita la diseminación del patógeno dentro del lote o de un huerto a otro. Ramírez *et al.* (2014) manifiestan que esta enfermedad puede afectar las raíces de las plantas de aguacate sin importar su edad.

El mayor desarrollo de la enfermedad ocurre en condiciones del suelo húmedo. La lluvia abundante, el mal drenaje y las temperaturas entre 21 y 27 °C son condiciones óptimas para la manifestación de la enfermedad que causa la pudrición de raíces del aguacate.

Ciclo de la enfermedad

Según Agrios (1985), en el ciclo de la enfermedad ocasionada por *P. cinnamomi* (Figura 2) se presentan las siguientes estructuras:

- *Micelio*: hifa o masa de hifas que constituyen el soma o cuerpo de un hongo.
- *Zoospora*: espora flagelada que tiene la capacidad de nadar en el agua.
- *Quiste*: en los hongos, zoospora enquistada.

5

- *Oospora*: espora sexual que se produce por la unión de dos gametangios morfológicamente distintos (oogonio y anteridio). Es una estructura de supervivencia que puede resistir durante varios años.
- *Clamidospora*: espora asexual de pared gruesa que se forma por la modificación de una célula de las hifas de un hongo. Sobrevive en condiciones desfavorables.
- *Esporangio*: estructura que contiene esporas asexuales.

Según Hardham (1998), el ciclo de la enfermedad se desarrolla como sigue (Figura 2): los esporangios liberan zoosporas (principales estructuras de infección), las cuales se dirigen (con ayuda de flagelos) hacia las raíces jóvenes del hospedante, como respuesta quimiotáctica a los aminoácidos y azúcares liberados por las raíces; cuando llegan a la raíz del hospedante, se adhieren a las raicillas por medio de una secreción adhesiva y luego se enquistan para finalmente germinar (20-30 minutos después de la infección) formando tubos germinativos que penetran las células de la raíz.

Según Zentmyer (1961), la penetración ocurre alrededor de 24 horas después de la infección. Seis horas después de la penetración, el tejido de la raíz alimentadora muere (Coffey *et al.*, 1984). El Oomycete crece dentro de ese tejido necrótico por algunos días; sin embargo, cuando las reservas alimenticias del tejido de la raíz se agotan, el patógeno es estimulado a esporular y puede dar lugar a dos tipos de esporas: esporangios y clamidosporas (Coffey *et al.*, 1984). Dos a tres días después del inicio de la infección, el patógeno puede esporular otra vez, formando esporangios sobre la superficie de la raíz y liberando más zoosporas en la rizosfera, de esta manera el inóculo aumenta su población rápidamente (Hardham, 1998).

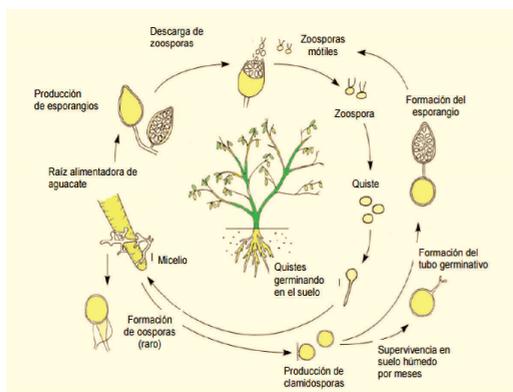


Figura 2. Ciclo de la enfermedad de la pudrición radical del aguacate causada por *Phytophthora cinnamomi* (Pegg, *et al.*, 2002).

Según Cahill (1998), *Phytophthora cinnamomi* puede sobrevivir en el material vegetal muerto en una fase saprofítica, lo cual puede generar aumento de la población del

patógeno. Zentmyer y Micetich (1966) afirman que también puede sobrevivir hasta por seis años en suelo húmedo, en forma de micelio, esporangios, quistes, clamidosporas y, ocasionalmente, oosporas, con presencia de sustrato orgánico. Cahill (1998) indica que este patógeno no infecta al material vegetal vivo ya colonizado por otros microorganismos.

El patógeno se puede propagar por medio del agua de riego y de escorrentía, y puede pasar de lotes afectados a lotes libres dentro de una misma finca. Por ello se debe evitar cualquier movimiento o traslado de tierra entre los lotes por medio de herramientas, calzado o el paso de animales.

Síntomas

Según Tamayo (2008), la pudrición radical del aguacate causada por *P. cinnamomi* se presenta en cualquier etapa de desarrollo de los árboles: si las plantas son infectadas en almácigos, generalmente mueren de forma prematura, antes del prendimiento del injerto, debido a la necrosis del tejido del cuello del patrón; en otras ocasiones, las plantas infectadas presentan escaso crecimiento, menor desarrollo foliar, amarillamiento generalizado de hojas y, a medida que la infección progresa, la base del patrón se necrosa, los árboles se marchitan, se defolian y ocurre la muerte ascendente del patrón y descendente de la copa; las raíces secundarias presentan necrosis parcial (Figura 3a).

En condiciones de campo, la enfermedad se presenta en focos, en las zonas más húmedas del lote (Tamayo, 2008), debido posiblemente a que el oxígeno del suelo bajo estas condiciones es mínimo, generando mayor concentración de exudados en las raíces, atrayentes para las zoosporas del patógeno (Faber y Marais, 2001; Ribeiro, 1978).

Los síntomas son visibles tanto en las raíces (Figura 3b) como en la copa de árbol (Figura 3c). En condiciones avanzadas de la enfermedad, las pequeñas raíces



alimentadoras de los árboles se necrosan o se vuelven quebradizas, lo que imposibilita la absorción de nutrientes. Por esta razón, la planta enferma presenta follaje escaso, hojas pequeñas de color verde pálido, algunas veces con el ápice necrosado; ausencia de rebrotes; las ramas superiores sufren muerte progresiva; abundante producción de frutos pequeños, muchos de los cuales se caen o no llegan a la madurez y, finalmente, en muchas ocasiones, los árboles afectados por esta enfermedad presentan defoliación completa y marchitez total (Faber y Marais, 2001).

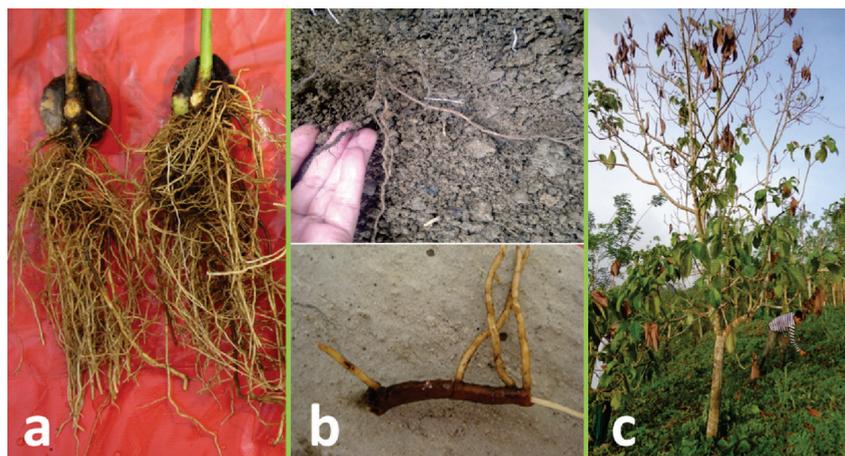


Figura 3. Síntomas de la pudrición radical en aguacate.

- a. Síntoma en la raíz de material vegetal enfermo (Fuente: O. Fuentes).
- b. Síntoma en raíces en campo (Fuente: O. Fuentes y M. Guerrero).
- c. Síntoma aéreo en árboles de aguacate criollo (Fuente: M. Guerrero).

Los síntomas en la copa del árbol se observan cuando hay alta afectación en raíces.

Distribución y pérdidas económicas

El patógeno se reportó por primera vez en el mundo en 1922, afectando a un árbol de canela (*Cinnamomum zeylanicum* Presl) en la isla de Sumatra y, desde

entonces, ha sido identificado ampliamente en todo el mundo (Pérez, 2008). Se puede encontrar naturalmente en el suelo y afectar a más de 3000 especies de plantas, causando pérdidas en la producción agrícola y forestal (Hardham, 2005).

Phytophthora cinnamomi var *cinnamomi* causa la enfermedad más devastadora del cultivo de aguacate en el mundo; es un factor económicamente limitante de la producción en Australia, México, Sudáfrica, EE.UU. y otros setenta países (Pegg *et al.*, 2002).

En Colombia, la enfermedad se encuentra en todas las zonas productoras; sin embargo, una de las más afectadas es la región de los Montes de María, en los departamentos de Bolívar y Sucre; en esta serranía existen bosques con árboles de aguacate sin distribución espacial definida, establecidos en alta pendiente, sin manejo agronómico, con más de 20 años de edad y 10 m de altura; este sistema productivo dificulta la implementación de prácticas de manejo. En el censo realizado por el ICA (2013) se encontró un área productora de 7000 ha de aguacate, de las cuales en la actualidad solo existe la mitad de la población de árboles por la alta prevalencia de la enfermedad y la falta de manejo.

Manejo integrado de la enfermedad

Para la FAO (2016), el manejo integrado de plagas (MIP) es “la cuidadosa consideración de todas las técnicas disponibles para combatir las plagas y la posterior integración de medidas apropiadas, que disminuyen el desarrollo de poblaciones de plagas y mantienen el empleo de plaguicidas y otras intervenciones a niveles económicamente justificados y que reducen al mínimo los riesgos para la salud humana y el ambiente”.

Bajo esta consideración, el control efectivo de la enfermedad de la pudrición radical del aguacate rara vez se logra a través de la aplicación de un único método de manejo; se requiere utilizar diferentes prácticas de manera integrada (Drenth y Guest, 2004). Las prácticas de manejo para esta enfermedad se enfocan generalmente en la prevención, la observación y la intervención.

1. Prevención

- Conocer el historial del lote sobre la presencia de esta enfermedad. Esta información permitirá la correcta toma de decisiones al momento de establecer un nuevo cultivo.
- Seleccionar lotes que tengan buen drenaje interno y textura franca (Mejía, 1999).

- Sembrar en balcones o montículos, para evitar la acumulación de agua en la zona de raíces (Mejía, 1999).
- Cercar el lote para evitar el tránsito innecesario de personas o animales que pueden diseminar el patógeno.
- Instalar y hacer uso efectivo de la desinfección del calzado del personal que realiza las labores, a la entrada y a la salida de los lotes. La desinfección del calzado se puede realizar en recipientes que contengan productos con base en carbonato de calcio + azufre (p. ej. caldo bordelés), hipoclorito de sodio (p. ej. límpido) o yodo agrícola (p. ej. Agrodyne SL) (Tamayo, 2014).
- Aplicar materia orgánica en forma de gallinaza, equinaza o bovinaza (de 4 a 5 kg/árbol) para favorecer el desarrollo y establecimiento de hongos y bacterias antagonistas de *P. cinnamomi* (Ploetz *et al.*, 1994).
- Usar material resistente. Algunos portainjertos comerciales, catalogados como resistentes, no presentan desempeño consistente cuando se siembran en ambientes diferentes a los que han sido probados; por lo tanto, se puede decir que, a la fecha, no existen portainjertos disponibles con resistencia completa a nivel comercial (Newett *et al.*, 2002). Existen algunos portainjertos que expresan resistencia parcial al patógeno, porque las raíces alimentadoras crecen a una tasa mayor que la afectación de la enfermedad; esta característica se puede complementar con un programa de nutrición balanceada que ayude al reemplazo de las raíces dañadas (Lee y Zentmyer, 1982).
- El material *Martín Grande*, resultado de una hibridación natural entre *Persea guatemalensis* y *P. schiedeana*, se considera el portainjerto más resistente (Ellstrand *et al.*, 1986). Sin embargo, al injertar la variedad *Hass* sobre él, los rendimientos son muy bajos (Newett *et al.*, 2002). Existen otros materiales portainjertos reportados como resistentes, tales como Thomas, Duke 6, Duke 7 y Barr Duke, todos de raza mexicana. Según Gillbin *et al.* (2005), el portainjerto *Velvick* ha mostrado buena tolerancia a la pudrición de la raíz, pero solo si la presión del patógeno es baja.
- La búsqueda de opciones de materiales de patrones resistentes sigue; en algunos casos, se emplean patrones que han sobrevivido a la presión del patógeno en zonas altamente afectadas, sin conocerse aún la razón de la posible tolerancia.
- Usar material de propagación sano (Figura 4). La exclusión de *P. cinnamomi* mediante el uso de material sano en áreas libres de la enfermedad se considera como la medida de control más importante que se puede tomar a corto plazo y permite que el manejo de la *Phytophthora* tenga mayores posibilidades de éxito a largo plazo.
- Tratar la semilla antes de llevarla al semillero (Neergaard, 1977). Corrales-Medina *et al.*, (2000) recomiendan tratar la semilla con hipoclorito de



calcio al 40 % (1,5 cc/l) durante 15 minutos y luego sumergirla en un producto con base en Carboxin + Captan (p. ej. Vitavax 300, en dosis de 2 a 6 g/l) durante el mismo periodo de tiempo.

- Evitar causar heridas en las raíces o tallos.
- Tratar el material de propagación antes de la siembra. Tamayo (2014) sugiere sumergir los árboles en una mezcla con fungicida, para prevenir ataques tempranos del patógeno en el campo.



Figura 4. Material de propagación sano:

a. Buen desarrollo de plantas en vivero (Foto: M. Guerrero).

b. Raíces sanas de aguacate (Foto: O. Fuentes).

2. Observación

Según Mitidieri y Polack (2012), esta actividad permite decidir el momento oportuno para implementar las medidas de manejo de una plaga. Específicamente hablando, el monitoreo tiene la siguiente finalidad: i) conocer el estado fitosanitario del cultivo, ii) conocer la evolución de la plaga, y iii) medir el efecto de las medidas implementadas en el caso de aplicar alguna de ellas.

En el cultivo de aguacate se hace necesario realizar monitoreo periódico en los lotes. Lo ideal es hacer observaciones de raíces; sin embargo, se debe evaluar permanentemente la presencia de síntomas aéreos asociados con la enfermedad de pudrición de raíces. En caso de encontrar árboles sospechosos, se debe proceder a la revisión de las raíces y a la respectiva toma de muestra para la corroboración en laboratorio. Los árboles con síntomas se deben marcar y aislar para evitar el tránsito de personas a su alrededor y prevenir la diseminación del patógeno de un sitio a otro.



3. Intervención

Prácticas de manejo cultural:

- **Restringir al máximo el ingreso y tránsito de personas y animales** (Figura 5) en lotes donde se sospeche la presencia de la enfermedad o se estén tratando árboles con síntomas iniciales de la enfermedad.



Figura 5. Marcación de árboles enfermos en el lote, para evitar el tránsito de personas por este lugar.

- **Usar enmiendas y organismos antagónicos.** Fierro *et al.* (2011) concluyen, con base en estudios en Michoacán (México), que el uso de Vermicompost, ácido fosforoso y *Trichoderma harzianum* reducen la severidad de la enfermedad del 37,9 al 6,6 % en ocho meses.
- **Mantener la sanidad del árbol.** La implementación de un programa nutricional balanceado permite aumentar la capacidad de reemplazo de raíces muertas por *Phytophthora*. Los elementos que más intervienen en la formación de raíces son fósforo (P), calcio (Ca) y boro (B) (Wolstenholme, 1981).

El tratamiento con ácido fosforoso ha producido resultados alentadores en el manejo de la enfermedad, especialmente en los ecosistemas naturales, ya que presentan baja toxicidad para invertebrados, organismos acuáticos o animales, incluyendo los humanos; ha sido aplicado en extensas áreas silvestres australianas invadidas por *P. cinnamomi* (Hardy *et al.*, 2001).

Los insumos con base en fosfitos son altamente solubles en agua, poco retenidos por coloides del suelo y se desplazan en forma ascendente y descendente en la planta vía xilema y floema (Coffey, 1987), lo cual ofrece variados métodos de aplicación como aspersión foliar, fertirriego, inyec-



ción y pintura del tronco (Young *et al.*, 1992). Las inyecciones de fosfitos en el tronco se pueden hacer aproximadamente a 40 cm de la base del árbol (Figura 6) y ascender en forma de hélice, con separación de 20 cm entre cada perforación. Para este procedimiento se requieren algunos materiales como: jeringa de aplicación (específica para la actividad o tradicional, con capacidad de 50-60 cc y cánula de 3,5 cm.), clavos, taladro y broca para perforación; atomizador con alcohol (u otro desinfectante), plastilina o parafina, guantes de nitrilo, agua limpia, uniforme y elementos para la aplicación. Es preferible realizar este tipo de aplicaciones en estado de reposo del árbol, después de la cosecha. Las inyecciones causan heridas en los tallos y por lo tanto se requiere sellar las perforaciones, generalmente con plastilina o parafina, para evitar la entrada de plagas. Cuando se emplea taladro u otro elemento para las perforaciones de los tallos, se deben desinfectar al pasar de un árbol a otro.

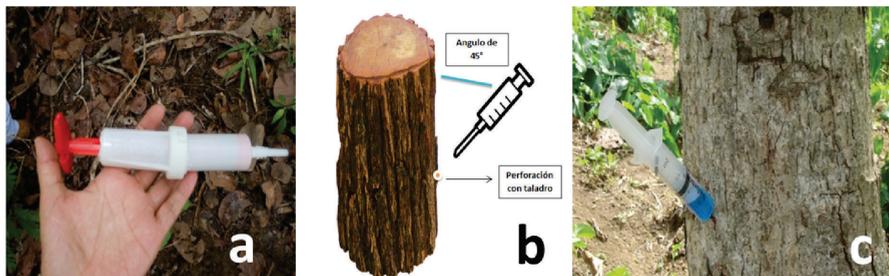


Figura 6. Inyección de fosfitos al tronco del árbol de aguacate.

- a. Jeringa que genera presión;
- b. Ángulo de aplicación adecuado.
- c. Jeringa perforada + clavo para generar presión.

La incorporación de calcio (Ca) al suelo (Figura 7) ha demostrado que disminuye la severidad de la enfermedad, porque, al mejorar la estructura de la pared celular, reduce la actividad de las enzimas producidas por el patógeno sobre ella y ayuda a estabilizar la permeabilidad de la membrana y a interferir con la exudación de carbohidratos y aminoácidos que atraen a las zoosporas hacia las raíces (Lee y Zentmyer, 1982).

Synmaim y Darvas (1982), Lee y Zentmeyer (1982) y Falcon *et al.* (1984) indican que niveles altos de calcio en el suelo reducen la pudrición de raíces por *Phytophthora* en aguacate; sin embargo, aclaran que excesivos contenidos de este elemento en el suelo (más de 100 mg/kg de suelo) pueden inhibir la absorción de boro y de otros micronutrientes.





Figura 7. Aplicación de cal en árboles de aguacate criollo.



Figura 8. Tratamiento de solarización.

- **Solarizar el suelo.** La práctica de solarización consiste en atrapar el calor radiante del sol con películas de polietileno extendidas sobre la superficie del suelo bajo los árboles de aguacate (Figura 8); esta práctica incrementa la temperatura del suelo por encima de los 45 °C y ha resultado efectiva para tratar suelos infectados con *P. cinnamomi* (Pegg *et al.*, 2002). Además del efecto inhibitorio directo del calor sobre las estructuras del patógeno, la solarización también promueve una mayor población de microflora tolerante al calor y antagonista del patógeno, tales como hongos del género *Trichoderma* (Pegg *et al.*, 2002). Gallo y Rodríguez (2007) indican que el micelio de *P. cinnamomi* se inactiva después de una a dos horas bajo una temperatura de 38 °C; sin embargo, se necesitan de 1-2 horas a 40 °C para acabar con los propágulos, cuando se presentan clamidospo-



ras. Los mismos autores mencionan que la solarización del suelo presenta efectos positivos a largo plazo cuando se aplica como un tratamiento de presembrado. Tamayo (2014) agrega que es una práctica que también se puede emplear en el lugar de erradicación de un árbol afectado.

Prácticas biológicas de control

El uso de agentes biocontroladores resulta interesante y promisorio para disminuir la enfermedad de la pudrición radical, debido a que los propágulos de este patógeno sirven como alimento para varios organismos del suelo, incluyendo hongos y bacterias, y porque las especies de *Phytophthora* han mostrado limitada habilidad saprofita, con pobre crecimiento, por su baja habilidad competitiva en presencia de otros microorganismos del suelo (Pegg *et al.*, 2002).

En suelos supresivos de *P. cinnamomi* se han identificado algunos agentes de biocontrol como *Trichoderma aureoviride*, *T. harzianum*, *Gliocladium virens* e *Hyphodontia alutacea* afectando las clamidosporas del patógeno y reduciendo así la supervivencia del inóculo en el suelo, con lo que ayudan parcialmente a reducir el daño de la enfermedad a largo plazo; sin embargo, no son capaces de impedir la infección y la muerte de los árboles de aguacate de manera individual (Pegg *et al.*, 2002).

Menge *et al.* (2002) menciona que el control biológico de la enfermedad se puede utilizar para destruir estructuras reproductivas que quedan en el suelo, facilitando la recuperación de unidades productivas. Los mismos autores mencionan que las micorrizas arbusculares también pueden tener un efecto beneficioso en la protección de especies leñosas ante Oomycetes patógenos de raíz como *P. cinnamomi*.

Prácticas químicas de control

La erradicación o supresión de *Phytophthora cinnamomi* por medio de control químico es difícil y costosa, y con un gran impacto sobre el medio ambiente; por lo tanto, es necesario convivir con este patógeno por medio de estrategias de manejo integrado que mantengan la población del organismo por debajo del nivel de daño económico (Mora *et al.*, 2007).

Se ha reportado el uso de insumos con base de fosetil de aluminio y metalaxil+mancozeb, solos o combinados con abonos orgánicos, nutrición y agua de riego. Los fungicidas mencionados tienen acción supresora sobre el patógeno pero no erradican la enfermedad (Coffey, 1987). El fosetil aluminio es un ingrediente activo ampliamente



usado para el control de la pudrición radical del aguacate y su aplicación, en drench, en dosis de 0,4 g i.a. / m² ha resultado estadísticamente significativa (Darvas, 1983). El Metalaxyl también es un ingrediente activo ampliamente usado para el control de *P. cinnamomi* que mejora el estado de las raíces de los árboles afectados; sin embargo, según Darvas *et al.* (1984), el uso continuo por más de tres años puede deteriorar los árboles, posiblemente por una degradación del metalaxilo, además de posibilitar el desarrollo de resistencia.

Cuando se detecten los primeros síntomas de la enfermedad en las plantaciones establecidas y se decida recurrir a la aplicación de fungicidas, estos deben aplicarse en drench, empleando productos con registro ICA para el cultivo, el blanco biológico y después de la desyerba. Con la práctica de drench se procura mojar toda el área de las raíces del árbol (Figura 9).



Figura 9. Aplicación en drench (cubrimiento total del área de las raíces del árbol).

Prácticas de erradicación

Según Tamayo (2014), cuando un árbol muere a causa de *P. cinnamomi* se debe erradicar inmediatamente (incluyendo raíces), incinerar *in situ* y sacar del campo cultivado para evitar que se convierta en un foco de infección. En la unidad productiva que queda vacía y en los árboles vecinos se debe realizar un tratamiento de solarización durante 45 a 60 días y luego aplicar cal, en razón de 2-4 kg/sitio.



Bibliografía:

- Agrios, G. N. (1985). *Fitopatología*. Ed. Limusa, 756 p.
- Agronet. (2016). *Estadística del cultivo de aguacate*. En: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>. Consulta: septiembre del 2016.
- Cahill, D. (1998). General biology and ecology of *Phytophthora* with special reference to *Phytophthora cinnamomi*. En: Gadek, P. A. 1998 (ed.). *Patch deaths in tropical Queensland rainforests: association and impact of Phytophthora cinnamomi and other soil borne pathogens*. Coop. Research Centre for Tropical Rainforest Ecology and Management, Technical report, Cairns Australia, 98 p.
- Coffey, M. D. (1987). *Phytophthora* root rot of avocado: an integrated approach to control in California. *Plant Diseases*. 71: 1046-1052.
- Coffey, M., Klure, L. y Bower, L. (1984). Variability in sensitivity to metalaxyl of isolates of *Phytophthora cinnamomi* and *Phytophthora citricola*. *Phytopathology* 74, 417-422.
- Coffey, M. D. y F. B. Guillemet. (1987). Avocado rootstocks. *Calif. Avocado Soc. Yearbook* 71: 173-179.
- Corrales-Medina, D. M.; Lozano, J. C. y Ríos-Castaño, D. (2000). Tratamiento de la semilla de aguacate *Persea americana* con hipoclorito de calcio, p. 12-13. En: Resúmenes del XXI Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, Ascolfi. CIAT, Palmira, del 30 de agosto al 1° de septiembre del 2000, 64 p.
- Darvas, J. M. (1983). Five years of continued chemical control of *Phytophthora* root rot of avocados. South Africa avocados growers. *Association yearbook*, 6: 72-73.
- Darvas, J. M.; Toerien, J.C. y Milne, D. L. (1984). *Control of avocado root rot by trunk injection with Phosethyl-Al general manager*. Research Department, Westfalia Estate. Plan diseases, agosto de 1984, 3 p.
- Drenth, A. y Guest, D. (2004). *Diversity and Management of Phytophthora in Southeast Asia*. Australian Centre for International Agricultural Research Canberra 2004, 101 p.
- Ellstrand, N.; Lee, J.; Bergh, B.; Coffey, M. y Zentmyer, G. (1986). Isozymas confirm hybrid parentage for "G755" selections. *Calif Avocado Soc. Yearbook* 70: 199-203.
- Faber, B. y L. Marais. (2001). *UC IPM Pest management guidelines: Avocado diseases*. University of California ANR Publication 3436. En: <http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/r8100111.html>. Consulta: septiembre del 2016.
- Falcon, M. F.; Fox, R. C. y Trujillo, E. E. (1984). Interaction of soil moisture on *Phytophthora* root rot of avocado. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, *Journal Series N° 2801*, 12 p.
- FAO. (2016). *Manejo integrado de plagas en zonas extensas*. <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0506sp1.htm>. Último ingreso: 26 de noviembre del 2016.
- FAO. (2014). *Estadística de producción de aguacate a nivel mundial*. En: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Consulta: septiembre del 2016.
- Fierro, D.; Téliz, D.; Mora, J.; Beltrán, H.; Pérez, M.; Soria, J. y Lara B. (2011). *Manejo integrado de la tristeza del aguacatero Phytophthora cinnamomi (Rands) en Uruapan, Michoacán, México*. Colegio de posgraduados, Montecillo, México 2011, 25 p.

- Fry, W. y Grünwald, N. (2012). *Introducción a los Oomycetes*. Trans. Alberto J. Valencia-Botín. 2012. The Plant Health Instructor. Cornell University y USDA-ARS. En: <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/PathogenGroups>. Consulta: 18 de noviembre del 2016.
- Gallo, S. y Rodríguez, M. (2007). Thermal sensitivity of *Phytophthora cinnamomi* and long-term effectiveness of soil solarisation to control avocado root rot. *Annals of applied biology*. Volume 150, Issue 1. February 2007. P. 65-73. En: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi>. Consulta: 21 de septiembre del 2016.
- Giblin, F.; Pegg, K.; Willingham, S.; Anderson, J.; Coates, I. y Cooke, T. (2005). *Phytophthora revisited*. New Zealand and Australia Avocado Growers Conference 05. September 2005. En: http://avocadosource.com/Journals/AUSNZ/AUSNZ_2005/GiblinFiona2005.pdf. Consulta: 23 de septiembre del 2016.
- Hardham, A. R. (2005). *Phytophthora cinnamomi*. *Molecular Plant Pathology*. 6 (6): 589-604.
- Hardham, A. R. (1998). Cell biology of *Phytophthora cinnamomi*. In: Gadek, P. A. 1998 (ed.). *Patch deaths in tropical Queensland rainforests: association and impact of Phytophthora cinnamomi and other soil borne pathogens*. Coop. Research Centre for Tropical Rainforest Ecology and Management, Technical report, 98 p. Cairns, Australia. En: <http://link.springer.com/article/10.1071/AP01006>. Consulta: 22 de septiembre del 2016.
- Hardy, G.; Barrett, S. y Shearer, B. (2001). The future of phosphite as a fungicide to control the soilborne pathogen *Phytophthora cinnamomi* in natural ecosystems. *Australasian Plant Pathology* 30: 133-139.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2013). *Encuesta sobre las condiciones fitosanitarias del cultivo del aguacate en los Montes de María*. Informe técnico final, 50 p.
- Lee, B. y Zentmyer, G. (1982). Influence of calcium nitrate and ammonium sulfate on *Phytophthora* root rot of *Persea indica*. *Phytopath*. 72: 1558-1564.
- Marks, G. C. y Smith, I. W. (1991). The cinnamon fungus in Victorian forests. *Lands and Forests. Bulletin No. 31*, Victorian Department of Conservation and Environment, 33 p.
- Mejía, E. (1999). Agronomía del cultivo del aguacate en Colombia. P. 231-249. En: *Memorias del Curso Nacional de Frutas Tropicales*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Sede Palmira. Del 27 de septiembre al 2 de octubre de 1999, 421 p.
- Menge, J.; Crowley, M.; Pond, E.; Borneman, J.; Mckee, B.; Tabor, B.; Bender, G.; Mauk, P.; Downer, J.; Clark, P.; McDonald, V. y Tombe, B. (2002). *Biocontrol of Phytophthora root rot of avocado with mulch and biocontrol agents*. Proceedings of California Avocado Research Symposium 2002. University of California, Riverside, pp. 21-24.
- Mitidieri, M. y Polack, L. (2012). *Guía de monitoreo y reconocimiento de plagas y enfermedades de enemigos naturales de tomate y pimiento*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, 89 p.
- Mora, A.; Téliz, O.; Mora A. y Etchevers, B. (2007). Tristeza del aguacate (*P. cinnamomi*) En: El aguacate y su manejo integrado, 2da. Edición. Ed. Mundi-Prensa. México, pp. 192-196.
- Neergaard, P. (1977). *Seed Pathology*. Vols. 1 y 2. Macmillan, London, 1187 p.
- Newett, S. D.; Crandy, J. H. y Balerdi, C. F. (2002). Cultivars and rootstocks. En: Whiley, A.; Schaffer, W. and Wolstenholme, B. *Avocado: Botany, Production and Uses*. BN. (eds.). CABI Publ., pp. 161-187.



- Pegg, K. G.; Coates, L. M.; Korsten, L. y Harding, R. M. (2002). Foliar, fruit and soilborne diseases. En: Whaley, A. W., Schaffer, B. y Wolstenholme B. N. (eds.), *Avocado: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing, pp. 299-338.
- Pérez, M. (2008). Significant Avocado Diseases Caused by Fungi and Oomycetes. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2 (1), 1-24.
- Ploetz, R. C.; Zentmyer, G. A.; Nishijima, W. T.; Rohrbach, K. G. y Ohr, O. D. (1994). *Compendium of Tropical Fruit Diseases*. The American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota, EE.UU., 88 p.
- Ramírez, J.; Castañeda, D. y Morales, J. (2014). Estudios etiológicos de la marchitez del aguacate en Antioquia, Colombia. *Rev. Ceres* Vol. 61, No.1. Viçosa Jan./Feb. 2014. En: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid. Consulta: septiembre del 2016.
- Ribeiro, O. (1978). *A source book of the genus Phytophthora*. J. Gramer, Vadus, Lechtenstein, 417 p.
- Shearer, B. y Tippett, J. (1989). Jarrah Dieback: The dynamics and management of *Phytophthora cinnamomi* in the jarrah (*Eucalyptus marginata*) forests of south-western Australia. Department of Conservation and Land Management. *Res. Bull No. 3*: 1-76.
- Synmair, C. P. y Darvas, J. M. (1982). Die uitwerking van kalsium op wortelvrot by avokado. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 5: 80-4.
- Tamayo, P. (2008). *Tecnología para el cultivo del aguacate: enfermedades y desórdenes abióticos*. Corpoica. Promedios, pp. 155-194.
- Tamayo, P. (2014). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate: enfermedades y desórdenes abióticos*. Corpoica, Gobernación de Antioquia, pp. 286-313.
- Wolstenholme, B. N. (1981). Root, shoot or fruit? *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 4: 27-29.
- Yabrudy, J. (2012). *El aguacate en Colombia: estudio de caso de los Montes de María, en el Caribe colombiano*. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de la república. Cartagena, Colombia, agosto del 2012, 45 p.
- Young, S.; Tepper, B.; Mercer, R.; Pelizzo, G. y Anelich, R. (1992). *Fosetil-al, a magnament tool for control of Phytophthora root rot*. En: Second World Avocado Congress. 21-25 April 1991, Orange, California, EE.UU., pp 69-74. Second World Avocado Congress. Orange, California, EE.UU., 21-25 April 1991, pp 79-87.
- Zentmyer, G. A. (1961). Chemotaxis of zoospores for root exudates. *Science*. 133, 1595-1596.
- Zentmyer, G. A. (1980). *Phytophthora cinnamomi and the Diseases It Causes*. American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, EE.UU.
- Zentmyer, G. A. y Micetich, S. M. (1966). Saprophytism and persistence in soil by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopathology* 56: 710-712.



Terminó de imprimirse en



Tel: 8937719
Bogotá, D.C., Colombia