

## Capítulo 9. Retos fitosanitarios en la producción de hortalizas y otros productos agropecuarios de la agricultura campesina familiar y comunitaria (ACFC) en Nariño

Andrea Paola Zuluaga Cruz, Alejandro Villabona Gelvez, Eliana Gisela Revelo Gómez, Carlos A. Marcillo Paguay, Lizeth Lorena Dávila Mora, Edwin Alirio Rodríguez Velásquez, Francy Liliana García-Arias, Donald Heberth Riascos Ortiz, Carlos Andrés Moreno-Velandia

### Introducción

A pesar de los avances en la producción de hortalizas, los agricultores se enfrentan hoy a grandes retos. Por un lado, los consumidores son cada día más exigentes, y demandan productos de alta calidad, libres de residuos de plaguicidas y que tengan una larga vida útil. Por otra parte, cada vez son menos los fungicidas para controlar los patógenos, los insecticidas para manejar las plagas y vectores de enfermedades, y los herbicidas para erradicar malezas que sean reservorios de patógenos y plagas. Esta reducción, si bien importante para la salud humana y el medio ambiente, hace que los programas de manejo deban buscar nuevas estrategias para un control integrado que no dependa exclusivamente de los plaguicidas, y que los extensionistas y agricultores deban conocer muy bien las enfermedades más comunes de sus cultivos y los métodos de control (Koike et al., 2007).

En el capítulo anterior se describieron las principales estrategias para llevar

a cabo este manejo integrado de plagas y enfermedades. En este capítulo, se exponen los problemas fitosanitarios más prevalentes en los sistemas productivos de la ACFC en Nariño, con base en los resultados de los análisis de las muestras tomadas para diagnóstico fitosanitario durante la ejecución del proyecto “Fortalecimiento de capacidades para la innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria tendiente a mejorar los medios de vida de la población vulnerable frente a los impactos del COVID-19, en la subregión centro del departamento de Nariño”. Se espera que los extensionistas y agricultores se familiaricen con cada uno de estos patógenos y cuenten con elementos adicionales cuando requieran diseñar programas de manejo de estos problemas fitosanitarios basados en el conocimiento, con el ánimo de implementar prácticas sostenibles y de reducir el uso de plaguicidas de síntesis química.

El estudio se llevó a cabo en 30 fincas de cinco municipios de Nariño (Pasto, Tangua, La Florida, Consacá y Guachucal), con el apoyo de productores asociados de nueve organizaciones: Asociación La Tulpa Familias nariñenses en la agricultura orgánica, colectivos de agricultura urbana de Pasto, Cooperativa Multiactiva de Agricultores de Hortalizas del Sur (COOPHSUR), Asociación Agroambiental Corazón de María, Cooperativa multiactiva de frutas y hortalizas orgánicas de Nariño (COHORFRUNAR), Asociación Productora de Verduras Gualmatán, Asociación FresCuy, Asociación Fuerza del Campo de las Mujeres Campesinas, y Asociación Municipal de Usuarios Campesinos del Municipio de Guachucal (ANUC). Las fincas se encuentran entre los 2.200 y 3.180 m s. n. m., en los municipios de Pasto, Tangua, La Florida y Guachucal, y entre los 1.200 y 4.260 m s. n. m., en el municipio de Consacá (figura 68). Esta diversidad de pisos térmicos permite el cultivo de hortalizas de clima frío y a su vez algunos de clima cálido como chirimoya, aguacate y café. La precipitación promedio en el departamento de Nariño es de 1.000 a 1.500 mm/año. Sin embargo, conviene precisar que el departamento tiene una precipitación bimodal,

con picos de alta pluviosidad en mayo y octubre y precipitaciones mínimas en febrero y agosto (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], s. f.; Guevara et al., 2016). En el presente estudio, se pudo determinar que los sistemas de ACFC tienen áreas de producción que van desde los 1.000 m<sup>2</sup> hasta una hectárea, y el área promedio de siembra por agricultor es de 2.000 m<sup>2</sup>.

En Nariño, el sector hortofrutícola aporta 17,3 % del producto interno bruto (PIB) nacional (653.542 millones de pesos) y equivale a 85,3 % del sector agrícola del departamento (Gobernación de Nariño, 2020). Tiene como principales cultivos de hortalizas las crucíferas: brócoli, repollo, coliflor y col. Por este motivo, se estableció en el departamento una cadena de valor para el brócoli, que contempla la meta de producir, procesar y comercializar 8.000 t/año. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), en Nariño se siembra el 16 % del brócoli del país (FAO & ADR, 2019). Aunque en menor proporción, también se cultiva lechuga, zanahoria, papa, haba, tomate, aguacate, uchuva y café, entre otros productos (figura 69).

## Principales problemas fitosanitarios encontrados en los sistemas de ACFC de Nariño

A continuación, se exponen los principales problemas fitosanitarios encontrados en los sistemas de ACFC visitados en los cinco municipios de influencia del proyecto en

Nariño. Se describe el agente causal de la enfermedad, las condiciones ambientales favorables para el desarrollo del patógeno y las posibles prácticas de manejo.



**Figura 68.** Municipios de Nariño donde se llevó a cabo el estudio. a. Guachucal ; b. Pasto (corregimiento de Gualmatán); c. Tangua; d. Pasto (corregimiento El Encano); e. Consacá; f. La Florida.  
Fotos: Eliana Gisela Revelo



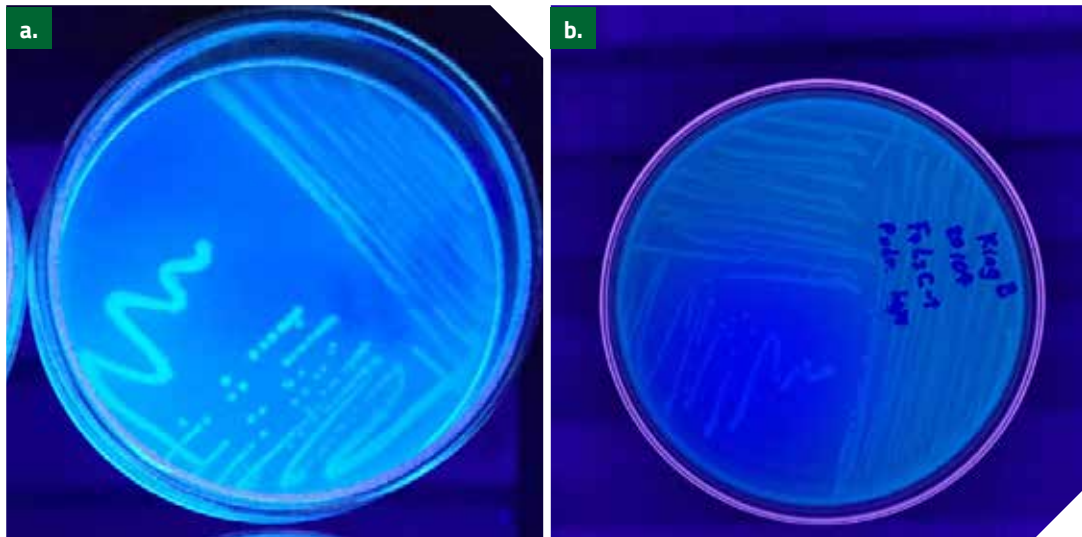
**Figura 69.** Diversidad de cultivos encontrados en el departamento de Nariño. a. Coliflor; b. Acelga de colores; c. Plantas aromáticas; d. Cebolla en rama; e. Fresas; f. Café.

Fotos: Carlos Andrés Moreno y Eliana Gisela Revelo

## Enfermedades causadas por bacterias

Las bacterias más comunes encontradas en los sistemas nariñenses de ACFC que causan enfermedades en cultivos hortícolas pertenecen al género *Pseudomonas*.

También se aisló el patógeno *Curtobacterium flaccumfaciens*, el cual afecta a la acelga (figura 70).



**Figura 70.** Bacterias aisladas de tejidos vegetales, crecidas en diferentes medios para su identificación. a. Bacteria crecida en medio King B, el cual hace que las bacterias del género *Pseudomonas* produzcan pioverdina y sean luminiscentes bajo luz ultravioleta (UV); b. Bacteria crecida en medio King B que no pertenece al género *Pseudomonas*, sino a *Curtobacterium*, y por lo tanto no presenta fluorescencia bajo luz UV.

Fotos: Alejandro Villabona Gelvez

### Condiciones favorables

La infección de las plantas por bacterias por lo general se considera pasiva, ya que estos microorganismos entran por aberturas naturales como los estomas, los hidátodos o las lenticelas. También penetran por heridas causadas por insectos o daños mecánicos. Por lo general, las bacterias solo se vuelven activas y causan problemas en los cultivos cuando los factores ambientales son favorables para que se multipliquen. Algunos de estos factores son la alta humedad, la mala circulación del aire, el estrés de las plantas causado por

problemas hídricos (por riego excesivo o carencia de este), la mala salud del suelo y una deficiencia o exceso de nutrientes. Las bacterias se diseminan en semillas infectadas, material de propagación, residuos de cosechas, por salpicadura de agua (lluvia o riego) y en herramientas contaminadas (Vidaver & Lambrecht, 2004).

### Prácticas de manejo

Las siguientes son algunas medidas de manejo para los problemas causados por bacterias:

- Excluir el patógeno mediante la compra de semillas y material de siembra certificados.
- Reducir la población del patógeno por medio de rotaciones del cultivo.
- Remover plantas arvenses que puedan ser hospederas de la bacteria y enterrar adecuadamente los residuos de las cosechas que puedan tener la enfermedad.
- Usar variedades resistentes cuando estén disponibles.
- Minimizar el daño mecánico y el daño por insectos, para reducir posibles sitios de entrada (puntos de infección) de la bacteria a la planta.
- Evitar labores en los cultivos cuando hay exceso de humedad (lluvia o riego).

## Enfermedades causadas por virus

La prevalencia de virus en las unidades visitadas de ACFC de Nariño fue muy baja, con el virus del amarillamiento de las venas de la papa o PVV y el virus X de la papa o pvx

como los más comunes, aunque no representan una amenaza para el cultivo debido a su baja incidencia (figura 71).



**Figura 71.** Virus del amarillamiento de las venas de la papa o PVV encontrado en los sistemas de ACFC en Nariño.

Fotos: Eliana Revelo

## Prácticas de manejo

En la actualidad no es posible tratar o curar plantas infectadas por virus, tal como se tratan o curan las infectadas con bacterias u hongos (Rubio et al., 2020). Por lo tanto, el manejo de la enfermedad se basa en estrategias para minimizar los riesgos de infección. Una de ellas es la exclusión, que consiste en utilizar semilla certificada para evitar que el virus entre al cultivo, y controlar insectos vectores mediante insecticidas (cuando están disponibles) o trampas

con atrayentes como feromonas o trampas con pegante para monitorear y reducir la población (Tatineni & Hein, 2023). El uso de material vegetal resistente a virus es el mejor método de control (Tatineni & Hein, 2023). Sin embargo, una vez los virus están en el cultivo, se debe mitigar la propagación dentro del cultivo y a cultivos aledaños, removiendo las plantas enfermas y desinfectando las herramientas de trabajo (Agris, 2005).

## Enfermedades causadas por hongos

En el muestreo de los sistemas de ACFC se encontró una gran diversidad de hongos causantes de enfermedades en los sistemas hortícolas visitados. Entre los géneros más representativos están *Alternaria*, *Boeremia*, *Colletotrichum*, *Epicothium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Stemphylium*, *Nigrospora*, *Plectosphaerella*, *Puccinia*, *Stagonosporopsis* y *Uromyces* (figura 72). Aquí se presenta información importante para el reconocimiento y el manejo de las enfermedades mancha negra de las crucíferas y antracnosis, por encontrarse con mayor frecuencia y por el impacto económico que representan en las unidades de ACFC.

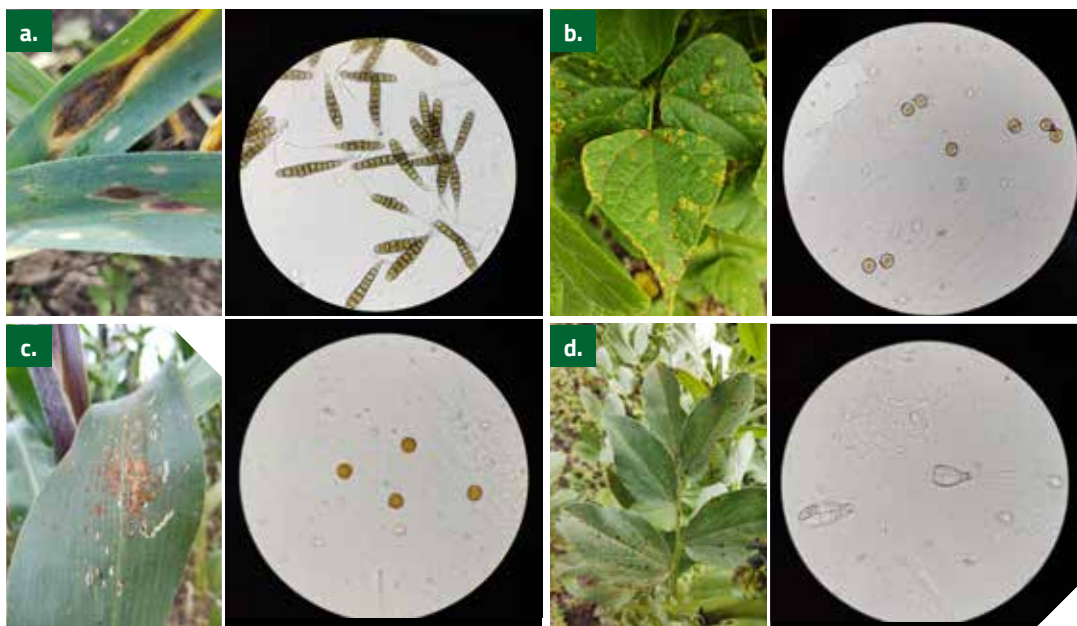
### Mancha negra de las crucíferas

Enfermedad causada por dos especies del género *Alternaria*, concretamente *A. brassicae* y *A. brassicicola*. Estos patógenos afectan hojas, pecíolos, tallos y cabezas florales de una amplia variedad de cultivos de crucíferas (mostaza, canola, col de Bruselas, brócoli, repollo y coliflor), y dañan las partes comerciales de la planta.

### Síntomas

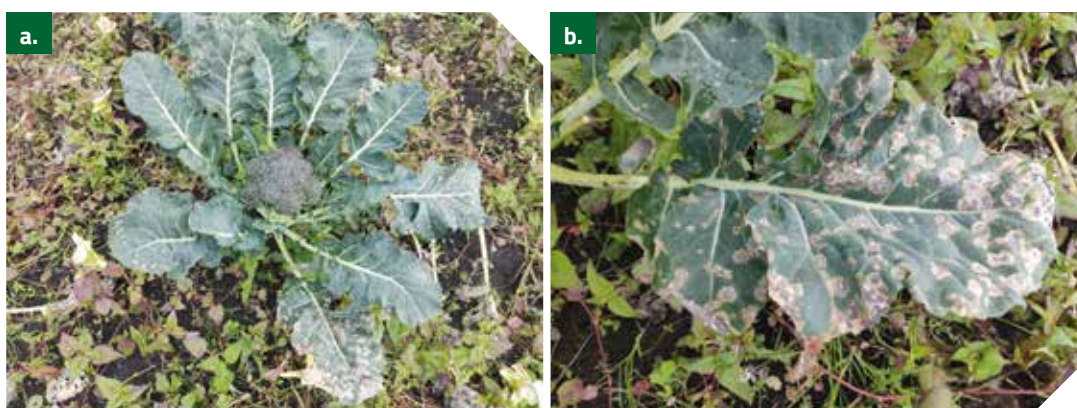
Inicialmente se presentan manchas oscuras pequeñas (1 a 2 mm de diámetro), y conforme avanza la enfermedad, aumentan de tamaño y se observan lesiones en forma de anillos concéntricos de color marrón oscuro, gris o negro, en ocasiones rodeadas de un halo amarillo (figura 73). Las lesiones de las hojas pueden provocar defoliación prematura y concluir con la pérdida de la planta. Es difícil diferenciar entre *A. brassicae* y *A. brassicicola* por los síntomas foliares, pero es posible distinguirlos a nivel microscópico por el tamaño y la forma de sus conidios.

La enfermedad también puede afectar las cabezas florales y causar su oscurecimiento (figura 73), lo que impide su comercialización. Esta enfermedad no suele afectar el tamaño y el peso de las cabezas florales, pero sí su apariencia y calidad de manera significativa.



**Figura 72.** Ejemplos de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos encontradas en los sistemas de ACFC con sus respectivos síntomas y signos. En la foto ampliada se pueden apreciar los conidios característicos de cada fitopatógeno. a. Conidios de *Alternaria* sp. aislados de cebolla puerro; b. Uredosporas de roya (*Uromyces phaseoli*) en fríjol; c. Uredosporas y teliosporas de roya (*Uromyces viciae-fabae*) en haba; d. Uredosporas de *Puccinia* sp. en maíz.

Fotos: Eliana Gisela Revelo



**Figura 73.** Sintomatología típica de la enfermedad mancha negra de las crucíferas, también conocida como ojo de pollo, causada por *Alternaria* sp. a. Estado avanzado de la enfermedad, con abundantes lesiones en la lámina foliar; b. Fuerte afección en la inflorescencia de la planta.

Fotos: Eliana Gisela Revelo

### Agentes causales

*Alternaria brassicae*: La longitud de los conidios oscila entre 150 y 122  $\mu\text{m}$ , con un ancho de 23 a 30  $\mu\text{m}$ . Los conidios en forma de botella presentan un máximo de 9 septos transversales y entre 0 y 2 septos longitudinales con una alta variabilidad en longitud y ancho. Las colonias del hongo crecido en medio de cultivo sintético en laboratorio pueden ser de color blanco, marrón oscuro a marrón claro y blanco-rosado (Saha et al., 2015).

*Alternaria brassicicola*: Es un hongo cosmopolita perteneciente al filo Ascomycota. Presenta conidióforos primarios cortos que originan cadenas ramificadas de 5 a 15 conidios, y conidióforos secundarios cortos o ausentes. Los conidios ovoides o elipsoides presentan de 2 a 7 septos transversales y entre 0 y 2 septos longitudinales con una extensión de 7 a 60  $\mu\text{m}$  y un ancho entre 7 y 29  $\mu\text{m}$ . Las colonias son de color verde oscuro en la zona central, verde oliva en la parte media (fuertemente esporulada), y con un halo blanco en el borde, donde solo aparecen hifas de 45  $\mu\text{m}$  de diámetro (Rodríguez-Roa et al., 2013).

### Condiciones ambientales favorables para el patógeno

Los conidios de *Alternaria* spp. pueden sobrevivir en residuos de cosecha, cultivos contiguos y malezas no descompuestas, y se dispersan por el viento y el agua. Incluso se ha reportado su transmisión por escarabajos crisomélidos *Phyllotreta cruciferae*, conocidos como *pulguillas de las crucíferas* (Dillard et al., 1998; Humpherson Jones & Maude, 1982).

La esporulación requiere un alto nivel de humedad en la superficie foliar, de 12 horas como mínimo, y la infección de 10

horas para que la enfermedad se desarrolle de forma considerable. Ambos patógenos muestran una escasa actividad por debajo de los 5 °C, pero la producción de esporas es óptima entre los 18 y 24 °C en *A. brassicae* y ligeramente más elevada en *A. brassicicola* (entre 20 y 30 °C). Por encima de 24 °C, se inhibe la esporulación de *A. brassicae*. La enfermedad tiene un ciclo de 5 a 7 días de duración y puede desarrollarse rápidamente con tiempo cálido y húmedo (Humpherson Jones & Maude, 1982).

### Prácticas de manejo

En vista de lo anterior, es necesario implementar un adecuado manejo integral que incluya control cultural, químico y biológico, como se describe a continuación:

- Uso de variedades resistentes a *Alternaria*.
- Rotación con cultivos distintos a crucíferas al menos cada 2 a 4 años.
- Control adecuado de malezas, en especial de las que pertenecen a la familia Brassicaceae, para reducir la cantidad de inóculo.
- Utilizar semilla certificada libre de patógenos.
- Enterrar o eliminar los residuos de cosecha.
- Evitar el riego en exceso y la aspersión, ya que el agua puede dispersar y ayudar al crecimiento del hongo.
- Realizar aplicaciones de fungicidas foliares recomendados para combatir la enfermedad o como método preventivo junto con las anteriores prácticas.

### Antracnosis

La antracnosis es una enfermedad típicamente foliar, que afecta el follaje, los tallos, las flores y los frutos de un amplio número de plantas cultivadas, lo que ocasiona

pérdidas importantes, del 50 al 100%, principalmente en frutales, hortalizas y ornamentales.

### Síntomas

De forma general, los síntomas de antracnosis se pueden describir como manchas de color oscuro o “ennegrecimientos”, o como lesiones necróticas hundidas de bordes definidos. En estados avanzados de la enfermedad, las lesiones se vuelven pudriciones y chancros (Cannon et al., 2012). En algunos cultivos frutales, como el mango, las lesiones son elevadas y tienen superficies corchosas, y a menudo provocan la caída y pudrición de la fruta.

### Agente causal

Los géneros *Diplocarpon*, *Elsinoe*, *Glomerella* y *Gnomonia* son responsables de la mayoría de antracnosis, aunque el más conocido y reportado es *Glomerella* (estado sexual o teleomorfo de *Colletotrichum*). Las especies de *Colletotrichum* se caracterizan porque producen conidios dentro de acérvulos, estructuras reproductivas asexuales que agrupan conidióforos. Generalmente, los conidios son las estructuras de dispersión y constituyen el inóculo principal que origina la infección en las plantas (Agrios, 2005).

*Colletotrichum* es un género de hongos pertenecientes al filo Ascomycota, que incluye un número importante de patógenos de plantas que causan enfermedad en una amplia variedad de cultivos del mundo (O’Connell et al., 2012). Las especies del género se relacionan de diferentes maneras con sus hospederos y pueden ser saprofiticas, patogénicas o endofíticas asintomáticas cuando producen infecciones quiescentes o latentes, las cuales se expresan sintomáticamente bajo ciertas

condiciones ambientales favorables (Guevara-Suárez et al., 2022). Como patógeno, la principal enfermedad que ocasiona es la antracnosis, que ocurre en cultivos de distribución global como cucurbitáceas, arveja, cebolla, pimientos, tomates, fresas, maíz, cereales, entre otros (Agrios, 2005). Complejos de especies de *Colletotrichum* causantes de enfermedad se han reportado en Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Algunos cultivos económicamente afectados en esta región de Suramérica son mango, guanábana, palma de aceite, caucho, aguacate, algodón, cacao, café, frijol, fresa, pimiento, tomate de árbol y papa (Guevara-Suárez et al., 2022).

El complejo de especies de *Colletotrichum* establece un estilo de infección necrótrofo o hemibiótrofo, con este último como el más común en la mayoría de especies patógenas del género (De Silva et al., 2017). Las especies que usan la estrategia de infección hemibiótrofa penetran las células vegetales mediante un apresorio, que se origina tras la germinación de una espora. Usan enzimas de degradación y movimientos mecánicos para establecerse dentro de las células epidérmicas y luego entrar en una etapa necrotrófica, en la que el patógeno mata las células vegetales y destruye el tejido de la planta hospedera (O’Connell et al., 2012).

Uno de los cultivos afectados es el de la fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.), donde se han reportado las siguientes especies capaces de causar esta enfermedad: *C. fragariae* Brooks, *C. acutatum* J. H. Simmonds y *C. gloeosporioides* (Penz.). Estos hongos pueden infectar hojas, pecíolos, flores, pedúnculos y frutos, lo que ocasiona manchas oscuras. La especie *C. acutatum* es la asociada con más frecuencia a la antracnosis en fruto, con lesiones circulares

que se tornan oscuras, secas y hundidas (Urdaneta et al., 2013). En la figura 74 se presentan imágenes de síntomas típicos de antracnosis en frutos y hojas de cultivos de importancia agrícola en las unidades de ACFC de Nariño.

#### Condiciones ambientales favorables: ejemplos particulares

En Colombia, la antracnosis es uno de los factores más limitantes en la producción comercial de mora, y puede causar pérdidas en el rendimiento de entre 50 y 76 %. Las especies reportadas como agente causal de la

enfermedad en este cultivo son *C. gloeosporioides* y *C. acutatum* (Rueda-Hernández et al., 2013). Los síntomas que se observan son manchas oscuras en ramas y tallos, así como acérvulos y masas de conidios de color salmón. En condiciones de alta humedad, el patógeno ataca tallos y ocasiona lesiones de color oscuro que avanzan por el tejido y causan la muerte de la rama. Las condiciones reportadas como favorables para el desarrollo de la enfermedad son temperaturas entre 18,5 y 20,5 °C, y precipitación acumulada igual o superior a 25 mm por semana (López-Vásquez et al., 2013).



**Figura 74.** Síntomas de antracnosis en frutos de tomate de árbol. a y b. Pimentón; c. Fresa; d. En hojas y frutos de café; e. En hojas de mora.

Fotos: Eliana Gisela Revelo (a, b, c) y Carlos Andrés Moreno (d, e)

*C. lindemuthianum* (Sacc. & Magnus) Briosi & Cavara es el agente causal de la antracnosis del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). El hongo afecta pecíolos, tallos y vainas, y en estas últimas se observan lesiones circulares y hundidas que se convierten en chancros con centros de color marrón o salmón y masas de esporas (Martínez Pacheco et al., 2014). Las condiciones que favorecen la infección del hongo son humedad relativa alta, superior a 92 %; lluvias frecuentes, y temperaturas entre 13 y 26 °C (Pineda Giraldo et al., 2020).

*C. circinans* es el agente causal de la antracnosis de la cebolla *Allium* spp. Los síntomas en tejidos son manchas de color verde oscuro o negro que a veces se fusionan para formar anillos concéntricos, y acérvulos cuando hay condiciones de alta humedad. Las esporas viajan por agua o viento e infectan las hojas de la planta. Las condiciones favorables para su desarrollo

son alta humedad y temperatura de 20 °C (Pineda Giraldo et al., 2020).

### Prácticas de manejo

Las medidas de control de antracnosis incluyen prácticas culturales como recolección y remoción de frutos y tejidos vegetales infectados, uso de cultivares resistentes si los hay disponibles, e incluso empleo de enmiendas orgánicas dentro del cultivo (Agrios, 2005; Guevara-Suárez et al., 2022). La aplicación de agroquímicos como benomil, captan, procloraz, entre otros, también es una práctica común, pero dados los efectos negativos que pueden generar en el ambiente y la salud animal, se ha ampliado la investigación sobre métodos alternativos como los agentes biocontroladores (Agrios, 2005; Guevara-Suárez et al., 2022) *Trichoderma*, *Trichosporon*, *Bacillus* y *Pseudomonas*.

## Enfermedades causadas por protistas

230

Los protistas son microorganismos eucariotas, altamente diversos, con diferentes taxones en su respectivo árbol filogenético, y son muy pocos los que causan enfermedades en las plantas (Schwelm et al., 2018). De una forma sencilla se puede decir que los protistas son eucariotas que no son animales, plantas u hongos (Burki et al., 2020). Entre los fitopatógenos protistas más reconocidos se encuentran *Plasmodiophora brassicae* y *Spongopora subterranea*, causantes de la hernia de las crucíferas y de la sarna polvorienta de la papa, respectivamente. Además de los dos anteriores, en este grupo también se encuentran *Phytophthora infestans*, *Pythium* spp., responsables del tizón tardío en muchas especies de solanáceas y

del *damping-off* en varias especies cultivadas, respectivamente. Varias especies (por ejemplo, *Plasmopara viticola* y *Pero-*nospora sparsa**) causan mildes vellosos en distintas especies de plantas. Mientras que *P. brassicae* y *S. subterranea* pertenecen al mismo grupo filogenético (Rhizaria: Phytomyxea), *P. infestans*, *Pythium* spp. y las especies de mildes vellosos se ubican en un grupo diferente (Stramenopila: Oomycetes) (Burki et al., 2020).

### Hernia de las crucíferas (*Plasmodiophora brassicae* Wor.)

Se considera que la enfermedad conocida como hernia de las crucíferas, causada por *Plasmodiophora brassicae*, es la principal limitante de este grupo de especies

cultivadas en todo el mundo (Saharan et al., 2021a). Dixon (2006) mencionó de forma conservadora que las pérdidas en los cultivos a causa de la hernia de las crucíferas se encontraban entre el 10 y el 15 %. Sin embargo, a una escala global, *P. brassicae* se ha registrado en más de 88 países, con pérdidas de rendimiento en los cultivos de 10 a 100 %. En general, se sabe que la proporción de plantas afectadas y los síntomas aumentan con la intensidad y frecuencia de la producción de los cultivos susceptibles. Además, la presencia de este patógeno en el suelo y la evidencia de pérdidas agrícolas debido a la enfermedad pueden disminuir el valor de los suelos aptos para la producción de crucíferas (Dixon, 2009).

### Síntomas

Una vez ocurrida la infección del hospedero, *P. brassicae* induce cambios en el metabolismo primario y secundario de las células vegetales, lo que se traduce en una gran distorsión física de la raíz y en reducción del crecimiento de los órganos aéreos. Los plasmodios provocan un agrandamiento anormal de las células (hipertrofia) y una división celular descontrolada (hiperplasia), cuyo resultado es el desarrollo de agallas que obstruyen el transporte de nutrientes y agua dentro de la planta (Saharan et al., 2021b). El estrés hídrico provocado por la infección es evidente, con plantas poco turgentes que pueden exhibir clorosis foliar (figura 75).

### Agente causal

El microorganismo del suelo *P. brassicae* es el agente causal de la enfermedad denominada *hernia de las crucíferas* y que fue descrita por Woronin (1878/1934). Desde entonces, se han realizado avances importantes para conocer la relación parasítica,

pero varios aspectos aún permanecen desconocidos sobre la biología y el control de este fitopatógeno. *P. brassicae* es un habitante biótrofo del suelo, parásito obligado, que necesita el tejido del hospedero para su crecimiento y multiplicación.

Los análisis filogenéticos de los genes codificantes de la subunidad pequeña del ribosoma (*SSU rRNA*), de actina y de ubiquitina, sugieren que *P. brassicae* pertenece al grupo Rhizaria, uno de los miembros del supergrupo de Telonemia, Stramenopiles, Alveolata y Rhizaria (denominado TSAR), dentro del reino Protista (Cavalier-Smith et al., 2018). En resumen, la taxonomía de *P. brassicae* es la siguiente:

- Reino: Protista
- Grupo Rhizaria
- Filo: Cercozoa
- Clase: Phytomyxea
- Orden: Plasmodiophorida
- Familia: Plasmodiophoraceae

### Diseminación de *P. brassicae*

Existen varias fuentes que contribuyen a la dispersión en distancias cortas y largas, incluso a nivel continental. El trabajo de Rennie et al. (2011) demostró la posibilidad de diseminación de *P. brassicae* en las semillas de especies de brasicáceas. Por otra parte, se considera que el movimiento del suelo infestado con el patógeno es la principal fuente de dispersión, lo cual ocurre por el movimiento de maquinaria de labranza, herramientas utilizadas en labores culturales, agua de escorrentía, animale que estén presentes en el cultivo e incluso el viento, el cual transporta partículas de polvo con esporas en reposo (figura 76). Así mismo, insectos, nematodos y otros organismos del suelo pueden transportar el inóculo de un suelo infestado a otro. El agua de riego se convierte en fuente de



**Figura 75.** Síntomas de la hernia de las crucíferas en cultivos de pequeños productores del corregimiento de Gualmatán, Pasto, Nariño. a. Incidencia de la enfermedad en un cultivo de brócoli con amplia dispersión de *P. brassicae* en el suelo; b. Marchitamiento evidente de las plantas infectadas; c. Plantas de repollo infectadas con síntomas de clorosis y senescencia desde las hojas bajas hasta las jóvenes; d. Tumor de gran tamaño formado en las raíces principales de la planta de repollo que sugiere infección temprana y alta presión del inóculo en el suelo; e. Planta arvense (*Raphanus raphanistrum*) infectada por *P. brassicae* en un cultivo de repollo; f. Varios tumores o agallas formados en la raíz de la planta arvense.

Fotos: Carlos Andrés Moreno

diseminación cuando los reservorios del líquido se contaminan con el patógeno proveniente de suelos infestados. Además, el inóculo de *P. brassicae* se puede diseminar con el forraje animal o con estiércol de ganado alimentado con forraje contaminado (Sarahan et al., 2021b).

### Prácticas de manejo

La dinámica de dispersión de esta problemática fitosanitaria en Nariño, con alta probabilidad, representa lo que ocurrió en las demás zonas productoras de crucíferas del país y es un ejemplo del postulado de Dixon (2009) mencionado arriba. Es

necesario unir los esfuerzos de los institutos de investigación, la academia, los gremios, las entidades territoriales y los agricultores para desarrollar acciones e implementar medidas de control integrado del patógeno, a fin de recuperar los suelos infestados y rescatar la sostenibilidad de la producción de estas hortalizas en el país.

Al respecto, Tamayo M. y Jaramillo N. (2004) mencionan una serie de alternativas para disminuir la incidencia de este patógeno: solarización; evitar el uso de abonos orgánicos que provengan de material vegetal infectado; rotación con especies solanáceas (papa), leguminosas (arveja), cereales (maíz o cebada) u hortalizas que no pertenezcan

a la familia Brassicaceae, y aplicación de productos a base de microorganismos biocontroladores. No obstante, entre otras alternativas para manejar la enfermedad se encuentran la incorporación de enmiendas minerales de calcio, como el carbonato de calcio, el hidróxido de calcio, el carbonato de magnesio y el sulfato de calcio, para aumentar el pH del suelo; la remoción de raíces sintomáticas del suelo; y la implementación de protocolos de desinfección de herramientas agrícolas, equipos de arado y el calzado de los operarios que ingresan a las áreas de cultivo, para limitar la dispersión del patógeno y reducir la acumulación de inóculo en el suelo (Cao et al., 2019).



**Figura 76.** Mecanismos de dispersión de *P. brassicae*: el cultivo enfermo se deja a exposición, por lo tanto, el agua de escorrentía, los animales que visitan el cultivo e incluso el viento transportan partículas de polvo con esporas de *P. brassicae*.

Foto: Eliana Gisela Revelo

Adicionalmente, dado que una de las medidas más efectivas para el manejo de enfermedades es el empleo de variedades resistentes a los patógenos, para el caso de coliflor, brócoli (figura 77), repollo y col de Bruselas, existen variedades resistentes a hernia disponibles comercialmente en el mercado que proporcionan resistencia a las razas más comunes de *P. brassicae* (razas 0, 1 y 3), aunque no a la raza 2, y la resistencia a esta última podría encontrarse en campo, si bien es poco frecuente. Sin embargo, antes de su uso, se recomienda verificar su desempeño en pequeñas parcelas antes de sembrar en grandes extensiones, dado que la raza 2 del patógeno puede estar presente y/o pueden surgir nuevas razas que supriman la resistencia, tal como se ha reportado en variedades de repollo (Wesołowska, 2014).

### Gota de la papa (*Phytophthora infestans*)

Esta enfermedad ha tenido un gran impacto en el ser humano, ya que fue la causante de la hambruna que azotó a Irlanda en 1840 debido a la destrucción de los cultivos de papa, que causó la muerte de un millón de personas y que obligó a otro millón a emigrar, principalmente a Estados Unidos (Bourke, 1993; Fry, 2016). Se estima que aún hoy, el agente causal de esta enfermedad es uno de los fitopatógenos que más afecta la economía de los agricultores del mundo, con pérdidas anuales que ascienden a los 5 billones de dólares (Fry, 2016; Judelson & Blanco, 2005).

#### Síntomas

Este microorganismo afecta las hojas, los tallos aéreos y los tubérculos de la papa. Los

síntomas característicos en hojas de plantas susceptibles son lesiones irregulares o circulares, acuosas cuando las condiciones medioambientales son de alta humedad, mientras que el centro de las lesiones suele ser seco en condiciones de baja humedad. El centro de las lesiones es marrón oscuro generalmente y está rodeado de tejido clorótico o necrótico (figura 78a). Si las condiciones de humedad persisten, las lesiones foliares se agrandan rápidamente y se forman lesiones marrones en los peciolo de las hojas y los tallos de la planta (figura 78b). Comúnmente, los síntomas se desarrollan primero en las hojas bajas, pero cualquier parte de la planta puede desarrollar síntomas. En condiciones de alta humedad relativa, se pueden ver las esporas como un polvo blanco alrededor de las lesiones oscuras (figura 78b) (Fry, 2008).

#### Agente causal

*Phytophthora infestans* es el agente causal del tizón tardío o gota. Este patógeno afecta a plantas de la familia Solanaceae. Es un oomiceto heterotálico, por lo que requiere de ambos tipos de apareamiento para la reproducción sexual (A1 y A2). Si se da el apareamiento, ocurre la formación de oosporas, las cuales son esporas de resistencia y son una fuente de variación debido a la recombinación sexual. Es hemibiotrófico, por lo que tiene un periodo en la planta durante el cual se alimenta del hospedero sin presentar síntomas y posteriormente es necrótrofo, lo que causa la muerte celular. El ciclo asexual permite la proliferación rápida del patógeno. Bajo condiciones de humedad relativa alta y temperaturas moderadas, cada lesión puede producir hasta 300.000 esporangios (Fry, 2008).



**Figura 77.** Comparación de variedades de brócoli (ambas inoculadas con una concentración de  $1 \times 10^3$  esporas/g de suelo). a. Variedad de brócoli susceptible a la hernia de las crucíferas; b. Variedad de brócoli resistente.

Fotos: Carlos Andrés Moreno



**Figura 78.** Plantas de papa infectadas con *P. infestans*, agente causal de la gota de la papa. a. Síntomas iniciales en hoja; b. Síntomas avanzados en hojas, con lesión necrótica en el centro y bordes esporulados; c. Esporangios vistos bajo el microscopio.

Fotos: Eliana Revelo

### Condiciones ambientales favorables para la enfermedad

La esporulación de *P. infestans* sobre el tejido del hospedero ocurre cuando las partes de la planta infectada se exponen a condiciones de humedad relativa mayores a 90 % y cuando la temperatura está entre 10 y 20 °C (Andrade-Piedra et al., 2005). Como

consecuencia de lo anterior, en épocas de alta precipitación y bajas temperaturas, el ciclo de la enfermedad es más corto (4 a 6 días), mientras que, en épocas de baja precipitación y baja humedad relativa, el ciclo es un poco más largo (8 a 9 días) (Andrade-Piedra et al., 2005). Cuando la hoja está esporulada, los esporangios son dispersados por el viento a largas distancias (varios kilómetros)

si son favorables las condiciones medioambientales (descritas arriba) (Skelsey et al., 2009) (figura 75). A su vez, el patógeno tiene zoosporas móviles, las cuales se pueden dispersar por agua (Fry, 2008).

### Diseminación de *P. infestans*

Las grandes migraciones intercontinentales de este patógeno se han llevado a cabo a través de tubérculos de papa infectados; fue esta la manera como llegó a Europa, Asia, Sureste Asiático, Medio Oriente, y norte y sur de África (Fry et al., 1992). Sin embargo, recientemente se descubrió que *P. infestans* también puede ser transportado largas distancias en las plántulas de tomate, como se evidenció durante la pandemia de 2009 en el noreste de Estados Unidos (Fry et al., 2013). En Colombia, estudios sobre este microorganismo identificaron diferentes hospederos de la familia Solanaceae. Aparte del tomate (*Solanum lycopersicum*) y la papa común (*S. tuberosum*), en Colombia se ha encontrado en papa criolla (*S. phureja*), tomate de árbol (*S. betaceum*), lulo (*S. quitoense*) y uchuva (*Physalis peruviana*) (Vargas et al., 2009). La identificación de *P. infestans* en todos estos hospederos permitió determinar, mediante inoculaciones cruzadas, que las cepas aisladas de uchuva prefieren esta planta por encima de la papa y son más agresivas en la uchuva que las cepas aisladas de papa. Así mismo, las cepas aisladas de papa mostraron preferencia y mayor agresividad en papa que en uchuva. Sin embargo, debido a la alta adaptabilidad de este patógeno, y dado que varios de estos cultivos comparten los mismos requerimientos de temperatura y humedad, y se siembran en los mismos predios, es importante prestarles atención pues cualquiera puede ser reservorio del inóculo (Vargas et al., 2009).

### Prácticas de manejo

En los sistemas de ACFC de Nariño, el patógeno se identificó sobre todo en la papa, y su manejo se da con aplicaciones cada siete días de fungicidas sistémicos y preventivos. El ICA recomienda sembrar con semilla certificada para evitar la introducción del patógeno al campo, ya que, como se indicó anteriormente, los tubérculos son fuente de inóculo. Además, es importante tener en cuenta el calendario de siembra y la época de lluvia (se debe sembrar antes de que empiece la temporada de lluvias para evitar condiciones medioambientales favorables para el microorganismo). Las recomendaciones también incluyen sembrar genotipos resistentes o tolerantes siempre que sea posible; aumentar la distancia de siembra para disminuir la humedad dentro del cultivo, y tener drenajes en los lotes de cultivo para evitar la concentración de agua en el suelo y la posible dispersión de las zoosporas. Así mismo, es importante monitorear el cultivo de manera permanente y consultar la información meteorológica para tomar medidas preventivas con un ingeniero agrónomo o un técnico extensionista en caso de lluvias inminentes, y para disminuir la aplicación de fungicidas si las condiciones medioambientales no son favorables para el patógeno (ICA, 2012).

La caracterización del patógeno es importante para implementar las prácticas de manejo adecuadas. En Colombia, Olave-Achury et al. (2022) realizaron un estudio de caracterización fenotípica y genotípica a aislamientos de *P. infestans* obtenidos de plantas de papa y tomate. Adicionalmente, en este trabajo se hicieron pruebas de resistencia de los aislamientos del patógeno frente a tres fungicidas comúnmente usados en cultivos de papa del

país. Mefenoxam redujo el crecimiento de la mayoría (81 %) de los aislamientos de *P. infestans* hasta en 50 % ( $EC_{50}$  [concentración efectiva de 50]  $>10 \mu\text{g mL}^{-1}$ ), lo que sugiere resistencia a este fungicida en una alta población del patógeno. Con cymoxanil, 42 % de los aislamientos mostraron resistencia intermedia, con valores  $EC_{50}$  de 1 a  $10 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Por último, con fluopicolida, 90 % de los aislamientos mostraron alta

susceptibilidad, con una  $EC_{50} < 1 \mu\text{g mL}^{-1}$ . Lo anterior indica que se debe tener cuidado con el uso de fungicidas químicos para el control de *P. infestans*, mediante rotación de ingredientes activos de diferentes modos de acción; que no se debe sobredosificar, y que es necesario implementar medidas de control alternativas a los fungicidas químicos.

## Manejo integrado de plagas y enfermedades en cultivos hortícolas de Colombia

La producción de hortalizas en Colombia en gran parte es de economía campesina, destinada a satisfacer el mercado interno. El agricultor hortícola es considerado un pequeño productor, ya que 75 % de sus predios tienen un tamaño inferior a 3 ha y 40 % son menores de una hectárea (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2020). Unos de los mayores problemas que afrontan los productores de hortalizas del país son las épocas prolongadas de lluvias (fenómeno de La Niña). La humedad excesiva del suelo aumenta las epidemias por enfermedades como la antracnosis en arveja o el ataque de la *Sclerotinia* en lechuga (ICA, 2012). Dado que la mayoría de hortalizas son cultivos de ciclo corto, es necesario implementar mecanismos de control más intensos que en los cultivos anuales o perennes.

Jaramillo N. y Díaz (2006) proponen un esquema limpio de manejo de hortalizas (brócoli, coliflor, col china y repollo), con medidas fitosanitarias como desinfección de semilla con dazomet o bromuro de metilo, solarización del suelo, uso de trampas con feromonas para plagas de lepidópteros, aplicación de entomopatógenos

(*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*) y empleo de coberturas vivas.

Durante la ola invernal de 2010, muchos productores de hortalizas se vieron seriamente afectados por la alta incidencia de enfermedades y plagas. En respuesta a esto, el ICA (2012) emitió una serie de recomendaciones, entre las cuales se destacan desinfección de herramientas, eliminación de focos infectados y posterior incineración, uso de trampas adherentes, y aplicación de *Bacillus subtilis* spp., *Aureobasidium pullulans*, *Trichoderma* spp., *Botrytis cinerea*, *Alternaria* sp. y *Rhizoctonia* sp.

En el mercado se ofrece una amplia variedad de semillas con diferentes características en cuanto a atributos, rendimientos y resistencia a patógenos. En lechuga existen más de 30 variedades, distribuidas en cinco tipos. Algunas de ellas son Elisa, con resistencia moderada al virus del mosaico de la lechuga estirpe 2 (LMV-2), y Bérnago, resistente a diferentes razas de *Bremia lactucae* (Jaramillo N. et al., 2014). Del fríjol están disponibles 38 variedades con resistencia al virus del mosaico común (BCMV), antracnosis (*Colletotrichum*

*lindemuthianum*) o la roya *Uromyces phaseoli*. Las siguientes son algunas de estas variedades: Corpoica 106, ICA Viboral,

ICA Llanogrande, ICA Bachué (Díaz Diez & Santana Fonseca, 2004).

## Avances tecnológicos en la producción de hortalizas

En años recientes se ha experimentado un gran avance en la producción de vegetales. Por un lado, existe mayor conciencia de los patógenos transmitidos por semillas. Debido a esto, las industrias del sector han hecho un gran esfuerzo por producirlas de alta calidad y libres de microorganismos nocivos. Esto se logra a través de diferentes medidas, como utilizar plantas libres del patógeno para producir semillas limpias, sembrar en zonas aisladas y sin contaminación, y usar métodos de limpieza de semillas y técnicas sensibles de detección de patógenos en estas y en plantas para permanecer vigilantes.

Los avances en estudios de fisiología de semillas también han sido importantes

para aumentar su vigor y calidad. Un ejemplo de lo anterior es el recubrimiento de semillas para un mejor manejo durante la siembra, la introducción de cambios en su germinación y el aumento de la protección contra plagas y patógenos. A su vez, los programas de mejoramiento genético se enfocan en producir variedades nuevas y más vigorosas, productivas y resistentes a algunos agentes causales de enfermedades. Por último, los estudios de manejo de vegetales en postcosecha han ayudado a la industria a mejorar los métodos de recolección, transporte y almacenamiento, para alargar su vida útil (Koike et al., 2007).

## Referencias

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (5<sup>th</sup> edition). Elsevier.
- Andrade-Piedra, J. L., Hijmans, R. J., Juárez, H. S., Forbes, G. A., Shtienberg, D., & Fry, W. E. (2005). Simulation of potato late blight in the Andes. II: Validation of the LATEBLIGHT model. *Phytopathology*, 95(10), 1200-1208. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-1200>
- Bourke, A. (1993). *"The visitation of God?": The potato and the great irish famine*. Lilliput Press.
- Burki, F., Roger, A. J., Brown, M. W., & Simpson, A. G. B. (2020). The new tree of eukaryotes. *Trends in Ecology and Evolution*, 35, 43-55. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.08.008>
- Cannon, P. F., Damm, U., Johnston, P. R., & Weir, B. S. (2012). *Colletotrichum*: current status and future directions. *Studies in Mycology*, 73(1), 181-213. <https://doi.org/10.3114/sim0014>
- Cao, T., Manolii, V. P., Zhou, Q., Hwang, S. F., & Strelkov, S. E. (2019). Effect of canola (*Brassica napus*) cultivar rotation on *Plasmodiophora brassicae* pathotype composition. *Canadian Journal of Plant Science*, 100, 218-225. <https://doi.org/10.1139/cjps-2019-0126>
- Cavalier-Smith, T., Chao, E. E., & Lewis R. (2018). Multigene phylogeny and cell evolution of chromist infrakingdom Rhizaria: Contrasting cell organisation of sister phyla Cercozoa and Retaria. *Protoplasma*, 255, 1517-1574. <https://doi.org/10.1007/s00709-018-1241-1>

- De Silva, D. D., Crous, P. W., Ades, P. K., Hyde, K. D., & Taylor, P. W. J. (2017). Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews*, 31(3), 155-168. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.05.001>
- Díaz Diez, C. A., & Santana Fonseca, G. E. (2004). *Revisión de las fichas técnicas de las variedades comerciales de frijol (Phaseolus vulgaris) en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35591>
- Dillard, H. R., Cobb, A. C., & Lamboy, J. S. (1998). Transmission of *Alternaria brassicicola* to cabbage by flea beetles (*Phyllotreta cruciferae*). *Plant Disease*, 82(2), 153-157. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.2.153>
- Dixon, G. R. (2006). The biology of *Plasmiodiphora brassicae* Worn.: A review of recent advances. *ISHS Acta Horticulturae*, 706, 271-282. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.706.32>
- Dixon, G. R. (2009). The occurrence and economic impact of *Plasmiodiphora brassicae* and clubroot disease. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28, 194-202. <https://doi.org/10.1007/s00344-009-9090-y>
- Fry, W. E. (2008). *Phytophthora infestans*: The plant (and R gene) destroyer. *Molecular Plant Pathology*, 9(3), 385-402. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x>
- Fry, W. E. (2016). *Phytophthora infestans*: New tools (and old ones) lead to new understanding and precision management. *Annual Review Phytopathology*, 54, 529-547. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095951>
- Fry, W. E., Goodwin, S. B., Matuszak, J. M., Spielman, L. J., Milgroom, M. G., & Drenth, A. (1992). Population genetics and intercontinental migrations of *Phytophthora infestans*. *Annual Review of Phytopathology*, 30, 107-29. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.30.090192.000543>
- Fry, W. E., McGrath, M. T., Seaman, A., Zitter, T. A., McLeod, A., Danies, G., Small, I. M., Myers, K., Everts, K., Gevens, A. J., Gugino, B. K., Johnson, S. B., Judelson, H., Ristaino, J., Roberts, P., Secor, G., Seebold, K., Snover-Clift, K., Wyenandt, A., Grünwald, N. J., & Smart, C. D. (2013). The 2009 late blight pandemic in the eastern United States: Causes and results. *Plant Disease*, 97(3), 296-306. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-12-0791-FE>
- Gobernación de Nariño. (2020). *Plan Departamental de Extensión Agropecuaria: PDEA Nariño 2020-2023*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36543>
- Guevara, O., Abud, M., Trujillo, A. F., Suárez, C. F., Cuadros, L., López, C., & Flórez, C. (2016). *Plan Territorial de Adaptación Climática del departamento de Nariño*. Corponariño; WWF-Colombia [https://corponarino.gov.co/expedientes/planeacion/Plan\\_Territorial\\_de\\_Adaptacion\\_Climatica%20\\_Corponarino.pdf](https://corponarino.gov.co/expedientes/planeacion/Plan_Territorial_de_Adaptacion_Climatica%20_Corponarino.pdf)
- Guevara-Suárez, M., Cárdenas, M., Jiménez, P., Afanador-Kafuri, L., & Restrepo, S. (2022). *Colletotrichum* species complexes associated with crops in Northern South America: A review. *Agronomy*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy12030548>
- Humpherson Jones, F., & Maude, R. (1982). Studies on the epidemiology of *Alternaria brassicicola* in *Brassica oleracea* seed production crops. *Annals of Applied Biology*, 100(1), 61-71. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1982.tb07192.x>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de la papa (Solanum tuberosum subsp. andigena y S. phureja): medidas para la temporada invernal*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/b2645c33-d4b4-4d9d-84ac-197c55e7d3d0/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-papa-nbsp;-asp>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam]. (s. f.). *Atlas climatológico de Colombia 1981-2010*. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasClimatologico.html>
- Jaramillo N., J. E., Aguilar, P. A., Espitia Malagón, E. M., Tamayo Molano, P. J., Argüello, O., & Guzmán Arroyave, M. (2014). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el oriente*

antioqueño. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13758>

Jaramillo N., J. E., & Díaz, C. A. (2006). *El cultivo de las crucíferas: brócoli, coliflor, repollo, col china* [Manual técnico 20]. Corporación Colombiana de Investigación. Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13457>

Judelson, H. S., & Blanco, F. A. (2005). The spores of *Phytophthora*: Weapons of the plant destroyer. *Nature Reviews Microbiology*, 3, 47-58. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1064>

Koike, S. T., Gladders P., & Paulus, A. O. (2007). *Vegetable diseases: A color handbook*. Manson Publishing.

López-Vásquez, J. M., Castaño-Zapata, J., Marulanda-Ángel, M. L., & López-Gutiérrez, A. M. (2013). Caracterización de la resistencia a la antracnosis causada por *Glomerella cingulata* y productividad de cinco genotipos de mora (*Rubus glaucus* Benth.). *Acta Agronómica*, 62(2), 174-185. [http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/33109/43007](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/33109/43007)

Martínez Pacheco, L., Vanegas Berrouet, K. M., Salazar Yepes, M. A., Gutiérrez Sánchez, P. A., & Marín Montoya, M. A. (2014). Detección por PCR de *Colletotrichum lindemuthianum* en cultivos y semillas de frijol en Antioquia, Colombia. *Acta Agronómica*, 63(4), 377-387. <https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.42035>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2020). *Cadena de las hortalizas*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20sectoriales.pdf>

O'Connell, R. J., Thon, M. R., Hacquard, S., Amyotte, S. G., Kleemann, J., Torres, M. F., Damm, U., Buiate, E. A., Epstein, L., Alkan, N., Altmüller, J., Alvarado-Balderrama, L., Bauser, C. A., Becker, C., Birren, B. W., Chen, Z., Choi, J., Crouch, J. A., Duvick, J. P. ... Vaillancourt, L. J. (2012). Lifestyle transitions in plant pathogenic *Colletotrichum* fungi deciphered by genome and transcriptome analyses. *Nature Genetics*, 44(9), 1060-1065. <https://doi.org/10.1038/ng.2372>

Olave-Achury, A., Cárdenas, D., Restrepo, S., Lucca, F., Fry, W. E., Myers, K. L., Danies, G., & Soto-Suárez, M. (2022). Phenotypic and genotypic characterization of *Phytophthora infestans* isolates associated with tomato and potato crops in Colombia *Phytopathology*, 112(8), 1783-1794. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-04-21-0158-R>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] & Agencia de Desarrollo Rural [ADR]. (2019). *Plan integral de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial: departamento de Nariño* (Tomo II). <https://www.adr.gov.co/wp-content/uploads/2021/07/NARINO-TOMO-II.pdf>

Pineda Giraldo, J. M., Calderón Quintero, A., & Castaño Zapata, J. (2020). *Guía ilustrada de enfermedades y patógenos en cultivos hortícolas*. Editorial Universidad de Caldas. <https://doi.org/10.2307/j.ctv18dvtrr>

Rennie, D. C., Manolii, V. P., Cao, T., Hwang, S. F., Howard, R. J., & Strelkov, S. E. (2011). Direct evidence of surface infestation of seeds and tubers by *Plasmodiophora brassicae* and quantification of spore loads. *Plant Pathology*, 60(5), 811-819. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02449.x>

Rodríguez-Roa, J. H., Cárdenas, M., & Jiménez, P. (2013). Especies de *Alternaria* de la sabana de Bogotá, Colombia. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 9(2), 228-247. <https://doi.org/10.18359/rfcb.361>

Rubio, L., Galipienso, L., & Ferrol, I. (2020). Detection of plant viruses and disease management: Relevance of genetic diversity and evolution. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01092>

Rueda-Hernández, K. R., Saldarriaga Cardona, A., Cadavid-Restrepo, G. E., Saldamando Benjumea, C. I., Cañas Gutiérrez, G. P., & Arango Isaza, R. E. (2013). Differential organ distribution,

- pathogenicity and benomyl sensitivity of *Colletotrichum* spp. from blackberry plants in northern Colombia. *Journal of Phytopathology*, 161(4), 246-253. <https://doi.org/10.1111/jph.12040>
- Saha, S., Garg, R., Venkataravanappa, V., Mishra, P. K., Rai, A. B., & Singh, R. P. (2015). Molecular and cultural characterization of *Alternaria brassicae* infecting cauliflower in Uttar Pradesh, India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 86(2), 485-495. <https://doi.org/10.1007/s40011-014-0472-y>
- Saharan, G. S., Mehta, N. K., & Meena, P. D. (2021a). The disease: Clubroot. In G. S. Saharan, N. K. Mehta & P. D. Meena (Eds.), *Clubroot disease of crucifers* (pp. 47-85). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-2133-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-16-2133-8_2)
- Saharan, G. S., Mehta, N. K., & Meena, P. D. (2021b). The pathogen: *Plasmodiophora brassicae*. In G. S. Saharan, N. K. Mehta & P. D. Meena (Eds.), *Clubroot disease of crucifers* (pp. 86-120). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-2133-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-16-2133-8_3)
- Schwelm, A., Badstöber, J., Bulman, S., Desoignies, N., Etemadi, M., Falloon, R. E., Gachon, C. M. M., Legreve, A., Lukeš, J., Merz, U., Nenarokova, A., Strittmatter, M., Sullivan, B. K., & Neuhauser, S. (2018). Not in your usual top 10: Protists that infect plants and algae. *Molecular Plant Pathology*, 19(4), 1029-1044. <https://doi.org/10.1111/mpp.12580>
- Skelsey, P., Kessel, G. J. T., Holtslag, A. A. M., Moene, A. F., & Van der Werf, W. (2009). Regional spore dispersal as a factor in disease risk warnings for potato late blight: A proof of concept. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149(3-4), 419-430. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.09.005>
- Tamayo M., P. J., & Jaramillo N., J. E. (2004). *Enfermedades de las crucíferas en Colombia: guía para su diagnóstico y manejo* [Boletín técnico 24]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17189/41507\\_41468.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17189/41507_41468.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tatineni, S., & Hein, G. L. (2023). Plant viruses of agricultural importance: Current and future perspectives of virus disease management strategies. *Phytopathology* 113(2) <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-22-0167-RVW>
- Urdaneta, L., Sanabria, M. E., Rodríguez, D., & Pérez de Camacaro, M. (2013). Antracnosis causada por *Colletotrichum acutatum* Simmonds en frutos de fresa en los estados Lara y Trujillo, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Zulia*, 30(4), 504-528. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27138>
- Vargas, Á. M., Quesada Ocampo, L. M., Céspedes, M. C., Carreño, N., González, A., Rojas, A., Zuluaga, A. P., Myers, K., Fry, W. E., Jiménez, P., Bernal, A. J., & Restrepo, S. (2009). Characterization of *Phytophthora infestans* populations in Colombia: First report of the A2 mating type. *Phytopathology*, 99, 82-88. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-99-1-0082>
- Vidaver, A. K., & Lambrecht, P. A. (2004). *Bacteria as plant pathogens*. The Plant Health Instructor. <https://doi.org/10.1094/PHI-I-2004-0809-01>
- Wesołowska, M. (2014). Identification of *Plasmodiophora brassicae* Wor. isolate suppressing clubroot resistance in "Kilaxy" F<sub>1</sub> white cabbage. *Folia Horticulturae*, 26(1), 57-62. <https://doi.org/10.2478/fhort-2014-0006>
- Woronin, M. (1934). *Plasmodiophora brassicae, the cause of the cabbage hernia, 1878* (C. Chupp, Trans.). American Phytopathological Society. (Obra original publicada en 1878).