

CAPITULO 5

Enfermedades de la Papa Diploide (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) en Colombia

José Luis Zapata Pareja,¹ Pedro David Porras Rodríguez,²
María del Socorro Cerón Lasso,³ Carlos Alberto Herrera Heredia³

Resumen

En Colombia el cultivo de la papa aportó el 3,3% del Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario en el año 2020. La papa diploide (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) ha sido una de las variedades más sembradas en el país y el cultivo se ha visto afectado por enfermedades de origen biótico de tipo bacteriano, vírico o fúngico, entre otros, representando aproximadamente el 14% de los costos, lo cual impacta la producción, el rendimiento y la calidad de los tubérculos. Lo anterior, como consecuencia de un ambiente favorable para las enfermedades, prácticas agronómicas inapropiadas y la baja adopción de nuevas variedades, entre otros factores. Por tanto, el objetivo de este capítulo consiste en describir los principales aspectos de las enfermedades de la papa diploide: el agente causal, la sintomatología y las recomendaciones de manejo integrado para cada patógeno. Los principales organismos que afectan el cultivo se agruparon en: los que causan daños en la parte aérea de la planta, de origen no viral y por virus, y los presentes en el suelo que son transmitidos especialmente por el tubérculo-semilla. Dicha revisión de las principales enfermedades de la papa diploide, permite mantener actualizado el estado de la investigación y el desarrollo fitosanitario para este importante cultivo en Colombia.

Palabras Clave: microorganismos, organismos patógenos, síntomas, fitopatología, sanidad vegetal.

¹ Ingeniero Agrónomo, Máster en Fitopatología, Consultor Particular.

² Ingeniero Agrónomo, Consultor Particular.

³ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca-Colombia.



Abstract

In Colombia, the potato crop contributed 3.3% of the agricultural Gross Domestic Product (GDP) in 2020. Diploid potato (*Solanum phureja* Juz. et. Buk.) has been one of the most widely planted varieties in the country and the crop has been affected by diseases of biotic origin of bacterial, viral or fungal type, among others, representing approximately 14% of the costs, which impacts production, yield and quality of the tubers. Above-mentioned, as consequence of one favorable environment for diseases, inappropriate agronomic practices, and low adoption of new varieties, among other factors. Therefore, the objective of this chapter is to describe the main aspects of diploid potato diseases: causal agent, symptomatology, and integrated management recommendations for each pathogen. Main organisms that affect the crop were grouped thus: those that cause damage to aerial part of the plant, non-viral and virus origin, and those present in soil that are transmitted especially by the tuber-seed. This review of main diseases of diploid potato allows to keep updated the state of research and phytosanitary development for this important crop in Colombia.

Keywords: microorganisms, phytopathogenic organisms, symptoms, phytopathology, plant health.

Introducción

Para el año 2020 se sembraron 125.426 ha de papa con 2,6 millones de toneladas cosechadas y un rendimiento de 20,9 t/ha, lo cual aportó en el Producto Interno Bruto (PIB) agropecuario de Colombia el 3,3% (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2021). Adicionalmente, en los últimos años se han mejorado y optimizado las técnicas empleadas en las explotaciones agrícolas y los sistemas de producción, con un notable incremento en el rendimiento. No obstante, en Colombia las enfermedades de las plantas constituyen un factor limitante en la producción, ocasionando en muchos casos grandes pérdidas de la calidad y del rendimiento.

Las enfermedades surgen como resultado de la interacción entre un hospedero susceptible, en este caso la papa diploide, con un patógeno virulento



que puede ser un hongo, un oomiceto, un virus, un viroide, una bacteria o un nemátodo en presencia de un ambiente favorable determinado por la temperatura, la humedad relativa, la precipitación o el tipo de suelo, entre otros elementos. Una enfermedad no aparece espontáneamente, sino que necesita de varios factores para expresarse; por lo tanto, su conocimiento es una herramienta necesaria para implementar un proceso de manejo y control. Además, los patógenos afectan diferentes partes de la planta como hojas, tallos, estolones, tubérculos y raíces, por lo que las estrategias para enfrentarlos son diferentes, según sea el caso.

Entre las enfermedades de importancia económica de origen biótico, se encuentran la gota o tizón tardío de la papa (*Phytophthora infestans*); la alternariosis (*Alternaria solani*); los virus: *Potato virus Y* (PVY), *Potato virus X* (PVX), *Potato leafroll virus* (PLRV) y *Potato virus S* (PVS); la costra negra o rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*); la sarna común (*Streptomyces scabies*) y la sarna polvosa *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea*. En cuanto a la papa diploide, los productores del Departamento de Cundinamarca demandan el 3 % de los costos de producción para el control de enfermedades en sus cultivos.

Dependiendo del patógeno y de las acciones tomadas para su control, se pueden presentar disminuciones leves del rendimiento (en este caso se dan cuando hay afección por virus) y pérdidas totales. Cuando se registran ataques tempranos de la gota de la papa, ésta es completamente destructiva en épocas de alta humedad ambiental más deficiente manejo agronómico; o de la sarna polvosa, ésta inhabilita lotes de producción comercial de papa por varios años. Por todo este contexto, se propuso como objetivo describir los principales aspectos de las enfermedades de la papa diploide: el agente causal, la sintomatología y las recomendaciones de manejo integrado para cada patógeno.

Para efectos del manejo fitosanitario, es importante recordar el concepto de enfermedad, la cual puede definirse como el deterioro del estado normal del organismo vegetal o de cualquiera de sus componentes, que interrumpe o modifica el desempeño de las funciones vitales, siendo una respuesta a factores



ambientales, a agentes infecciosos específicos, a defectos inherentes del organismo o a combinaciones de estos factores (Jiménez-Díaz, 2017; Martínez et al., 2004). Por otra parte, los agricultores centran su mayor atención en el control de las enfermedades basados en la observación de síntomas y signos, pero muchas veces de manera tardía para ejercer una intervención eficaz. Desde las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) se formulan las siguientes recomendaciones de manejo integrado en el cultivo de la papa para la prevención o manejos de las enfermedades, así:

- Usar semilla certificada.
- Evitar siembras en localidades marginales para el cultivo que presenten mayores riesgos de desarrollo de enfermedades por condiciones ambientales que las favorezcan, especialmente temperatura elevada y alta humedad relativa.
- Evitar el monocultivo en el tiempo y en el espacio. El inóculo de varios organismos fácilmente se disemina por el viento desde cultivos afectados a lotes sanos que se encuentran en diferentes estados de desarrollo, así mismo, se dispersa eficientemente en las herramientas de trabajo y por la acción del personal que se desplaza en diferentes lugares.
- Destruir los residuos de tubérculo abandonados de cosechas anteriores, toyas y otras plantas susceptibles pero diferentes al cultivo principal, que sirven como fuente de inóculo en el campo.
- Disminuir la densidad de siembra y evitar encharcamientos mediante drenajes.
- Monitorear constantemente el cultivo por lo menos tres visitas a la semana, revisando la parte aérea y la parte subterránea de las plantas.
- Evitar el uso excesivo de nitrógeno edáfico y foliar, el cual induce el exagerado desarrollo vegetativo y aplicar nutrientes como potasio y calcio que favorezcan la formación y fortalecimiento de las paredes celulares de los tejidos de la planta.



- Hacer uso eficiente de riego, si se dispone de este recurso, para superar el estrés hídrico y hacer menos susceptible el cultivo al ataque de enfermedades.
- Realizar aspersiones uniformes y completas de productos para la protección de cultivos cuando se observen los primeros síntomas en el campo, porque todo el cultivo tiene la misma oportunidad de estar infectado y la enfermedad se está incubando.
- Hacer la elección y la aplicación correcta de fungicidas de contacto o sistémicos. Cuando se utilicen productos de contacto, se debe cubrir el 100 % del follaje asegurando una buena cobertura, especialmente en el envés de las hojas y en la zona inferior de las plantas donde se localiza la fuente de inóculo para las enfermedades foliares.
- Rotar los ingredientes activos de los diferentes grupos químicos y mecanismos de acción de los productos para la protección de cultivos, así como utilizar adyuvantes y agua de buena calidad, conforme las recomendaciones emitidas en la asistencia técnica prestada por un ingeniero agrónomo.
- Evitar siembras en localidades marginales para el cultivo que presenten mayores riesgos de desarrollo de enfermedades por condiciones ambientales que las favorezcan, especialmente temperatura elevada y alta humedad relativa.
- Evitar el monocultivo en el tiempo y en el espacio. El inóculo⁴ de varios organismos fácilmente se disemina por el viento desde cultivos afectados a lotes sanos aún en diferentes estados de desarrollo, así mismo se dispersa eficientemente en las herramientas de trabajo y por la acción del personal que se desplaza en diferentes lugares.
- Destruir las fuentes de inóculo en el campo como los residuos de tubérculo abandonados de cosechas anteriores, de toyas y de otras plantas susceptibles pero diferentes al cultivo principal.

⁴Cantidad de microorganismos (patógeno) necesaria para iniciar la infección y provocar enfermedad en la planta hospedera.



- Disminuir la densidad de siembra y evitar encharcamientos mediante drenajes.
- Monitorear constantemente el cultivo por lo menos tres visitas a la semana, revisando la parte aérea y la parte subterránea de las plantas.
- Evitar el uso excesivo de nitrógeno edáfico y foliar, el cual induce el exagerado desarrollo vegetativo y aplicar nutrientes que favorezcan la estructura de la planta como potasio y calcio.
- Hacer uso eficiente de riego por aspersión, si se dispone de este recurso, puesto que se genera un ambiente de mayor humedad dentro del cultivo.
- Realizar aspersiones uniformes y completas de plaguicidas al cultivo cuando se observan los primeros síntomas en el campo, porque todo el cultivo tiene la misma oportunidad de estar infectado y la enfermedad se está incubando.
- Hacer la elección y aplicación correcta de fungicidas de contacto o sistémicos. Cuando se utilicen productos de contacto, se debe cubrir el 100% del follaje asegurando una buena cobertura, especialmente en la parte inferior de la planta donde se localiza la fuente de inóculo.
- Rotar los ingredientes activos de los diferentes grupos químicos y mecanismos de acción de los productos para la protección de cultivos. Utilizar adyuvantes y agua de buena calidad con la asistencia técnica de un Ingeniero Agrónomo.

Metodología

La literatura relacionada con investigación, desarrollo, extensión y transferencia afín a enfermedades de origen biótico en papa diploide, generada por diferentes fuentes públicas y privadas en Colombia se revisó y se consultó además especialistas sobre la importancia del tema y su pertinencia para la publicación. Así mismo, se tuvo en cuenta la experiencia investigativa de los autores en este campo.



Las principales enfermedades en el cultivo y en la semilla que afectan la papa diploide, se identificaron para priorizar las de mayor impacto económico. Estas enfermedades se dividieron en tres grupos, así:

- Primero, las enfermedades no virales.
- Segundo, las enfermedades producidas por virus.
- Tercero, las enfermedades presentes en el suelo y diseminadas por semilla.

Para cada enfermedad, se describe su efecto, el agente causal, la sintomatología y las estrategias de manejo y control. También se revisó el estado del arte sobre la biología para consolidar información útil y actualizada.

Productos Logrados

Enfermedades no Virales que Afectan el Follaje

La parte aérea de la planta de papa diploide es frecuentemente atacada por organismos fitopatógenos que causan daños en las láminas foliares y, en ocasiones tallos y ramas, con una consecuente reducción del rendimiento por la afectación del área fotosintéticamente activa (Bonilla y Pérez, 2010; Núñez López y Rodríguez Molano, 2020). El medio ambiente ejerce un significativo efecto en el desarrollo de las enfermedades, sumado a la susceptibilidad del genotipo sembrado. Condiciones de alta humedad en el campo, favorecen el desarrollo de la mayoría de las enfermedades de origen biótico (Federación Colombiana de Productores de Papa [Fedepapa], 2010) tales como la gota de la papa. En seguida, se presentan cuatro enfermedades foliares no virales que afectan la papa diploide en Colombia con recomendaciones específicas de manejo.

Gota, Tizón Tardío, Gotera, Chispeado, Lancha o Rancho. Principal enfermedad foliar que ataca la planta en Colombia por cuanto afecta diferentes órganos de la planta y en las diferentes etapas de crecimiento, tanto en hojas, tallos y tubérculos, influenciada por las condiciones ambientales existentes en la región donde se establecen los cultivares de papa (ICA, 2011).

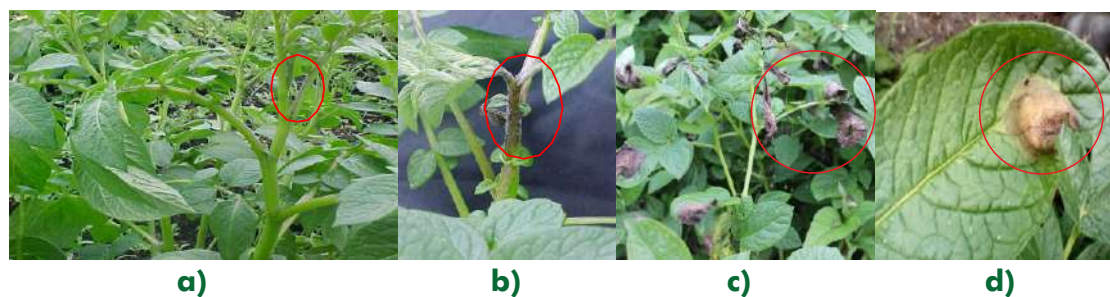


Agente Causal. *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. El oomiceto es el causante de la enfermedad que ocasiona las mayores pérdidas económicas en el cultivo de papa en el mundo. Se esperan fuertes ataques cuando se tiene una variedad susceptible y se presenta un período de tiempo con alta humedad relativa y temperaturas bajas (entre 12 y 18 ° C), seguido de días soleados. El patógeno no necesita períodos de abundante lluvia, sólo una pequeña fuente de inóculo en presencia de una humedad relativa superior a 95% durante 12 h. Además, el uso inapropiado (en dosis, frecuencias y mezclas) y permanente de fungicidas sistémicos, induce la formación de poblaciones naturales del patógeno resistente a dichos productos (Céspedes et al., 2013).

Síntomas y Signos. El patógeno ataca diferentes partes de la planta en cualquier estado de desarrollo del cultivo. Cuando afecta el follaje, después de pocas horas de infección, se desarrollan manchas pequeñas irregulares de color verde claro a oscuro, de apariencia húmeda y aceitosa, las cuales se convierten en zonas de manchas pardas a negras (como consecuencia de la necrosis del tejido) en el peciolo de la hoja. En condiciones de alta humedad, las manchas se convierten en lesiones necróticas grandes de color castaño a negro, que pueden ocasionar la muerte de la hoja y pasar al tallo; cuando la infección alcanza la parte basal del tallo, puede matar rápidamente la planta (Figura 5.1).

Figura 5.1

Síntomas iniciales de gota, a y b) en el tallo, c y d) en follaje



Nota. Fotografías a, c y d, tomadas por Isabel Cusgüen y b por José Luis Zapata



La enfermedad se disemina por el viento y por el tubérculo-semilla. Su presencia en el campo se manifiesta en las horas de la mañana cuando se observan pequeñas manchas irregulares de color verde claro a oscuro o, en estado más avanzados, una vellosidad de color blanco correspondiente a los esporangios del patógeno en el envés del folíolo de la hoja atacada. El patógeno también infecta los tubérculos-semilla, los cuales presentan decoloración superficial irregular con lesiones necróticas aparentemente secas y de color marrón, que muchos productores llaman comúnmente papas viraguadas (Figura 5.2).

Figura 5.2

Tubérculo de papa diploide afectado por la gota, a) piel o cáscara, b) carne



Nota. Navas et al. (2010)

Manejo. Para contrarrestar los efectos de esta enfermedad se recomienda:

- Sembrar nuevas variedades de papa diploide registradas ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) que presentan respuesta diferencial de resistencia/tolerancia a la enfermedad y alto rendimiento.
- Evitar la mezcla innecesaria de fungicidas sistémicos, cuando muchos de ellos presentan el mismo mecanismo de acción.
- Utilizar adyuvantes que mejoren la eficacia de los productos para la protección de cultivos.
- Rotar ingredientes activos y mecanismos de acción de los productos registrados para el control de la enfermedad en el cultivo.



Tizón Temprano, Alternariosis o Mancha Negra de la Hoja. Las hojas basales de las plantas de papa muestran manchas necróticas con un halo de color amarillento a su alrededor. Es importante la vigilancia del cultivo cuando se presentan condiciones húmedas y secas alternadas pues el hongo que se encuentra en los residuos de cosecha, en el suelo y en arvenses, se puede multiplicar rápidamente propagando la enfermedad (Avilés Chaves y Piedra Naranjo, 2017; Núñez López y Rodríguez Molano, 2020).

Agente Causal. *Alternaria solani* Sorauer. La enfermedad se encuentra en todas las zonas donde se cultiva papa; este hongo se presenta en planta adulta, mal nutrida y en hojas senescentes.

Síntomas y Signos. La infección comienza casi siempre por las hojas inferiores pudiendo ocasionar la senescencia prematura de las plantas y reducción del área foliar. Se presentan lesiones iniciales a manera de pequeñas manchas que luego se tornan ovoides, de color castaño negro. A menudo, presentan consistencia seca y anillos concéntricos formados por tejido necrótico hundido y levantado alternadamente dando apariencia de ojo de buey rodeado de un halo clorótico (Figura 5.3).

El patógeno también puede atacar los tubérculos en los cuales presenta lesiones oscuras hundidas de forma irregular, a veces rodeadas de bordes levantados de color bronceado. Esta enfermedad también ataca a diferentes solanáceas, diferentes al cultivo de papa como lo es el tomate de mesa (*Solanum lycopersicum* L.).

Figura 5.3

Síntoma típico del tizón temprano (Alternaria solani)



Nota. Fotografías tomadas por Isabel Cusgüen y Maria del Socorro Cerón



Manejo. Con relación a las acciones que se pueden desarrollar para mitigar el ataque de esta enfermedad se encuentran:

- Manejo y uso de semilla certificada.
- Control de los arvenses.
- Eliminación de toyas o rebrotes y residuos de cosecha.
- Realización de rotación de cultivos.

Cenicilla u Oidiosis. Esta es una enfermedad que afectan la parte aérea de la papa diploide (Bonilla y Pérez, 2010). En Colombia las zonas más afectadas son aquellas donde hay mayor humedad, su presencia se da en órganos juveniles de la planta como los tallos, botones y frutos, su sintomatología visualiza la presencia de un polvillo de color blancuzco (Herrera Ramírez, 2011).

Agente Causal. *Erysiphe cichoracearum* D.C. ex Merat. Es un hongo que puede llegar a constituirse de importancia económica si no se realiza una efectiva prevención y control en el cultivo antes de lograr la madurez comercial de los tubérculos.

Síntomas y Signos. Las plantas infectadas presentan en los tallos y hojas, manchas alargadas de color castaño claro que a menudo se unen para formar áreas grandes, húmedas y ennegrecidas. Inicialmente, las manchas son de color blanco pulverulento y luego se van oscureciendo. Generalmente, el patógeno se observa en épocas secas, en el envés de las hojas por lo que pasa inadvertido si no hay una continua y detenida observación. Las hojas se tornan de color grisáceo, acartonadas y se secan antes de caer, dejando únicamente las hojas terminales de los tallos que toman apariencia de roseta.

Manejo. Como control de esta enfermedad se tiene que:

- Eliminar residuos de cosecha.
- Utilizar fungicidas preventivos con base en azufre.
- Utilizar fungicidas curativos, cuando la enfermedad esté presente en el cultivo.
- Evitar altas densidades de siembra (Herrera Ramírez, 2011).
- Realizar rotación de cultivos.



Punta Morada (PMP). La Resolución 103325 del 13 de agosto de 2021 (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2021), reportó la presencia del vector asociado a la Punta Morada de la Papa (PMP) y Zebra Chip (ZC) en el Departamento de Nariño. Esta enfermedad de amplia presencia en el mundo y en el Ecuador se reportó desde el año 2013 (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2018), la cual es ocasionada por bacterias vasculares y se pueden generar pérdidas hasta del 100% del cultivo de la papa.

Agente Causal. Corresponde a las bacterias vasculares *Candidatus Phytoplasma* y *Candidatus Liberibacter solanacearum*, las cuales son transmitidas por *Bactericera cockerelli* (Hemíptera: Triozidae) (ICA, 2021).

Síntomas y Signos. Corresponden al enrollamiento de folíolos hacia arriba con presencia de coloración amarilla o púrpura (Figura 5.4), crecimiento abultado en el ápice de la planta, hinchamiento de los nudos en tallos principales, proliferación de yemas axilares, formación de tubérculos aéreos y pardeamiento de los tejidos internos del tubérculo (ICA, 2011; Pérez et al., 2021). En los tubérculos se producen brotes ahilados y ramificados (Pérez et al., 2021). Esta enfermedad conduce a la disminución en el rendimiento y la calidad de los tubérculos (Gutiérrez et al., 2012).

Manejo. Para tratarse la enfermedad es necesario dividirla en: el vector y el patógeno. En cuanto al vector, el cual es introducido al país desde Ecuador al Departamento de Nariño y con el potencial de llegar al resto del país, su manejo es a través de vigilancia fitosanitaria, control etológico y químico, sí hay reporte, mientras que se otorgan registros respecto a la enfermedad por el ICA. Además, seguir identificación en campo, estrategias de manejo cultural y demás recomendaciones referidas por el CIP (Torres, 2002) y el ICA (ICA, 2011).

Algunos manejos que se pueden llevar a cabo son:

- Evitar la dispersión de la enfermedad a regiones libres de ella, a través de semilla, equipos, personal, herramientas, maquinaria, entre otros.
- Utilizar semilla certificada.



- Monitorear síntomas de la enfermedad en campo y realizar seguimiento periódico.
- Evitar el uso de semilla que provenga de lotes que presenten la enfermedad.
- Hacer seguimiento periódico y control del vector.
- Evitar hospederos verdaderos del vector, entre ellos las solanáceas, como el tomate de árbol (*Solanum betaceum*), tomate de guiso o mesa (*Solanum lycopersicum*), uchuva (*Physalis peruviana*), lulo (*Solanum quitoense*), entre otros.

Figura 5.4

Síntoma de planta con punta morada (PMP)



Nota. Fotografías tomadas por Isabel Cusgüen y Maria del Socorro Cerón



Enfermedades Ocasionadas por Virus

Los virus son parásitos obligados, por lo cual la mayoría de las veces no producen la muerte de la planta hospedera, pero si pueden disminuir la producción y la calidad de los tubérculos. Generalmente, reducen el vigor de las plantas y su rendimiento (Salazar, 1995). Los virus fitopatógenos se pueden definir como partículas de nucleoproteínas compuestas por genomas de ácidos nucleicos de tipo ARN o ADN, protegidos por una o varias proteínas de cápside, que requieren infectar a la célula vegetal y así utilizar la maquinaria metabólica y ribosomas de esta, logrando la replicación viral. La infección viral causa alteraciones funcionales y morfológicas a la planta, con disminución del vigor y manifestaciones como clorosis, enanismo, enrollamiento o necrosis, entre otras, según sea el virus, el huésped y el órgano afectado (Guzmán-Barney, 2008).

Los virus se pueden transmitir por diferentes medios como: semillas contaminadas, injerto de un órgano o tejido infectado, inóculo de segmentos de material vegetal, de savia o de ácidos nucleicos, mecánicamente a través de herramientas, polinización natural, hongos o nemátodos y a través de diferentes especies de insectos (Guzmán-Barney, 2008). Como la propagación del cultivo de la papa diploide es vegetativa, la diseminación de las enfermedades ocasionadas por virus es relativamente fácil, una vez la planta adquiere el patógeno en condiciones de campo no hay una forma rentable que permita eliminarlo.

En condiciones de la zona productora de papa en Colombia, algunos cultivos se aprecian aparentemente sanos, pero al hacer una observación exhaustiva de los mismos, generalmente se aprecia un cierto porcentaje de plantas con síntomas virales. Este resultado puede depender del tipo de virus, de la altitud y del número de veces que el productor haya empleado descendencias de la misma semilla pues se ha encontrado que entre más veces se siembra la misma semilla, mayor es la incidencia de las enfermedades virales. Los síntomas más frecuentes son el amarillamiento de venas, el enrollamiento de hojas, además de los mosaicos suave y rugoso⁵

⁵ Consiste en zonas entre mezcladas de coloración normal y de color amarillento o verde claro.



Para la producción de semilla certificada de papa en Colombia, la presencia de virus es una de las principales causas de rechazo, por lo que se hace necesario mantener lotes libres de estas enfermedades, con aislamiento espacial en el tiempo, vigilancia fitosanitaria y pruebas para detectar su presencia.

A continuación, se presentan las características de los principales virus que afectan al cultivo de papa diploide.

Amarillamiento de Venas de la Papa - PVV (Potato Yellow Vein Virus por sus siglas en inglés). A la fecha este virus se encuentra en todas las regiones de Colombia, afectando la producción de papa hasta un 25 % en cultivares (Hernández-Guzmán y Guzmán-Barney, 2014). Así mismo, el virus se encuentra en Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela, donde es un patógeno cuarentenario y también fue reportado en invernadero en Inglaterra. En Colombia, su incidencia se encuentra entre 5 y 60 % y ocasiona pérdidas hasta del 50 % en el rendimiento (Guzmán-Barney, 2008). El virus se puede encontrar en forma asintomática en algunas arvenses como el barbasco (*Polygonum segetum* H.B.K.), lengua de vaca (*Rumex crispus* L.), corazón herido (*Polygonum nepalense*), yerbamora (*Solanum nigrum* L.) y en tomate de mesa (*Solanum lycopersicum* L.) (Zapata, 2000).

Agente Causal. El virus es transmitido por la mosca blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*) de forma semipersistente (Figura 5.5), cuando se alimenta de una planta infectada con el virus, luego se traslada y se alimenta nuevamente de una planta sana de papa (Guzmán-Barney, 2008; Osorio et al., 2016).

Síntomas y Signos. Los primarios se manifiestan en forma de aclareo de las venas secundarias y terciarias de las hojas superiores, luego el color de las venas se torna en amarillento; con frecuencia los síntomas se inician en los bordes de las hojas. Los síntomas secundarios se presentan en plantas provenientes de semilla infectada por el virus, en este caso comienzan con pequeños puntos amarillos en el limbo de un folíolo de la hoja que posteriormente aumentan en número y tamaño hasta unirse, luego aparece el color amarillo de las venas y los



espacios intervenales permanecen verdes. Cuando el ataque es muy temprano en una variedad muy susceptible y las condiciones ambientales son favorables, el amarillamiento invade la totalidad de las hojas (Osorio et al., 2016).

Figura 5.5

Mosca blanca de los invernaderos sobre hojas de papa diploide



Nota. a) Zapata et al. (2006); b) Fotografía tomada por Isabel Cusgüen

Las primeras manifestaciones se evidencian sólo en las nervaduras de las hojas, que adquieren un color amarillo brillante para posteriormente generalizarse a toda la lámina foliar. El amarillamiento de las venas aparece de 10 a 15 días después de la inoculación con el vector; las venas secundarias se afectan y las hojas se vuelven amarillas. En condiciones ambientales apropiadas, la planta entera se amarilla; no obstante, las plantas infectadas no siempre producen síntomas visibles (plantas asintomáticas). Adicionalmente, los tubérculos pueden sufrir deformaciones (Guzmán-Barney, 2008) (Figura 5.6).

La enfermedad se disemina en el campo con el uso de semilla infectada con el virus, a través de su vector *T. vaporariorum* o mediante arvenses que sirven como hospedantes para el virus (Figura 5.7).



Figura 5.6

Síntomas del amarillamiento de venas en papa variedad Criolla Colombia



Nota. Fotografía tomada por José Luis Zapata

Figura 5.7

Cultivo de papa variedad Criolla Colombia afectado por el virus del amarillamiento de las venas de la papa



Nota. Fotografías tomadas por Isabel Cusgüen y Maria del Socorro Cerón

Manejo. La mejor estrategia de control de esta enfermedad se fundamenta en prevenir la llegada de esta, con las siguientes prácticas:

- Sembrar en lotes retirados de cultivos de fríjol y de otras especies de solanáceas que sirvan de albergue a la plaga o susceptibles a la enfermedad.
- Realizar control del vector en el campo.
- Controlar las arvenses hospederas de la mosca blanca.
- Evaluar la posibilidad de descartar plantas con síntomas iniciales con lo que se contribuye a retardar la diseminación de la enfermedad en el campo.



Mosaico Latente o Mosaico Suave. El *Potato virus X* (PVX) es uno de los virus más limitantes del cultivo de la papa en el mundo. Es transmitido solamente por contacto y por tubérculo-semilla. Su control se fundamenta en la siembra de tubérculos libres del virus y en la disponibilidad de metodologías de diagnóstico altamente sensibles (Guzmán-Barney et al., 2010). De igual manera en Colombia, el Género Potexvirus, Familia Alphaflexiviridae, es uno de los más importantes problemas fitosanitarios para la producción de semilla de papa (Kerlan, 2008; Salazar, 2006).

Agente Causal. *Virus X* de la papa - PVX (*Potato virus X* por sus siglas en inglés) o virus latente de la papa tiene distribución mundial y puede llegar a disminuir el rendimiento entre 10 y 50 % (Guzmán-Barney, 2008), pero cuando se presenta simultáneamente con otros virus como el *Virus Y* de la papa - PVY, las pérdidas pueden alcanzar hasta 80 % (Osorio et al., 2016; Salazar, 1995).

Síntomas y Signos. La enfermedad puede ser del tipo latente, que no muestra síntomas evidentes en el follaje, con la excepción de una ligera reducción del vigor de la planta; puede también inducir mosaico rugoso con enanismo de la planta y reducción del tamaño de las hojas. En combinación con otros virus puede provocar rugosidad o necrosis en el tejido vegetal y afectar considerablemente el rendimiento. El virus se disemina fácilmente en el campo por rozamiento entre plantas enfermas con sanas (Osorio et al., 2016; Salazar, 1995). La transmisión del virus se realiza sin involucrar un vector: se transmite mecánicamente por inoculación y no se transmite a través de semilla ni de polen (Guzmán-Barney, 2008).

Manejo. Se recomiendan realizar las siguientes acciones para impedir la aparición de este virus en el cultivo, como:

- Evitar el contacto con plantas infectadas con el virus o el contacto de tubérculos afectados con sanos en condiciones de bodega o lugar de almacenamiento para semilla.
- Evadir visitas a lotes sanos después de visitar un lote con presencia de la enfermedad.



- Lavar manos con jabón antes de tocar las plantas sanas, cuando se haya tenido contacto manual con plantas enfermas.

Mosaico Rugoso. Como los anteriores virus, el PVY o *Virus Y* de la papa es uno de los patógenos que inciden sobre manera en la producción de papa diploide en Colombia. Este virus ocasiona pérdidas considerables en el rendimiento (Medina et al., 2015).

Agente Causal. *Virus Y* de la papa - PVY (*Potato Virus Y* por sus siglas en inglés). Se considera como uno de los virus más importantes de la papa, debido a que se disemina fácilmente por áfidos o por la inoculación mecánica. Su tiempo de adquisición e inoculación es corto, lo cual es característico de la transmisión no persistente por áfidos (Medina et al., 2015; Salazar, 1995). Es endémico en todas las áreas donde se cultiva papa y puede infectar hasta 200 diferentes especies vegetales, siendo *Myzus persicae* el principal vector (Guzmán-Barney, 2008).

Síntomas y Signos. La severidad de los síntomas en el follaje de la papa difiere ampliamente en relación con el patógeno y el cultivar: van desde síntomas leves a manera de moteado, hasta necrosis fuerte y muerte de las plantas infectadas. Cuando la infección se produce tardíamente, el follaje puede no presentar síntomas, pero los tubérculos de estas plantas pueden llevar consigo la enfermedad. Los síntomas primarios se manifiestan en forma de necrosis o de amarillamiento de las hojas y a veces muerte temprana. Las plantas con infección secundaria son quebradizas, enanas, con hojas encarrujas y moteadas, a veces se produce necrosis en las nervaduras de hojas y en los tallos (Medina et al., 2015; Salazar, 1995). Los síntomas más severos resultan de la combinación con el *Virus X* de la papa (Guzmán-Barney, 2008).

Manejo. La mejor manera de enfrentar este virus es:

- Usar semilla certificada para disminuir la dispersión viral (Guzmán-Barney, 2008).
- Evitar la manipulación de plantas enfermas y después las sanas.
- Controlar poblaciones de pulgones en campo y almacenamiento de semilla.



Enrollamiento o Enrollado de las Hojas. Es una de las enfermedades más importantes del cultivo de papa en el mundo y se transmite únicamente por medio de áfidos, siendo *Myzus persicae* el vector en papa (Henao-Díaz et al., 2013).

Agente Causal. *Potato leafroll virus* (PLRV) es el agente causal. La especificidad de la transmisión viral resulta de la interacción entre la proteína del virión⁶ y el tracto alimentario del insecto (Guzmán-Barney, 2008; Henao-Díaz et al., 2013).

Síntomas y Signos. Las pérdidas en los cultivos oscilan entre 10 y 95 %. Las infecciones mixtas de PVY y PLRV tienen el potencial de reducir la producción más de 80 % mientras que para virus suaves como PVX, pueden causar pérdidas de 30 % (Guzmán-Barney, 2008). En el cultivo de papa los síntomas primarios se producen cuando se transmite directamente en el campo y los secundarios, al sembrar semilla infectada con el virus. Los síntomas primarios se manifiestan después de que las plantas sanas han sido atacadas por pulgones virulíferos, provenientes de plantas afectadas por PLRV y se hacen evidentes en las hojas jóvenes, que se tornan erectas, enrolladas y pálidas. En algunas variedades de papa, las hojas jóvenes tienen los bordes rojizos y otras enrollan la base de las hojas. Los síntomas secundarios se hacen evidentes después de que la planta emerge a partir de una semilla infectada: las hojas bajas se enrollan y las hojas superiores tienen un color más claro. En general, las hojas se muestran rígidas y coriáceas y al tocarlas producen sonido crocante como de papel (Medina et al., 2015; Salazar, 1995).

Manejo. Se sugiere seguir las siguientes recomendaciones:

- Utilizar semilla de categoría certificada.
- Controlar pulgones en campo y en bodega.

Enfermedades Ocasionadas por Patógenos Presentes en el Suelo

La principal estrategia de manejo integrado es la prevención. Para la mayoría de los organismos fitopatógenos, se deben evitar las siembras en suelos donde se hayan detectado las enfermedades, así como usar semilla certificada.

⁶ Virión es un conjunto estructural de un virus formado por la molécula de ácido nucleico y la cápsula proteica que lo envuelve.



La disminución o la supresión del inóculo inicial, se constituye en uno de los principales factores de éxito en el cultivo.

El suelo es un medio necesario que permite el crecimiento de los cultivos, por permitir el anclaje del sistema de raíces de las plantas y la provisión de agua y nutrientes durante el ciclo vegetativo; no obstante, también es un factor ideal para la presencia, persistencia y diseminación de organismos fitopatógenos, muchos de los cuales permanecen latentes por largo tiempo y su control puede llegar a resultar poco eficaz y económicamente inviable.

En un lote contaminado por patógenos, una semilla sana de papa diploide puede infectarse, generando signos superficiales perceptibles a simple vista como es el caso de la roña, la rizoctoniasis, el carbón o la dormidera. Los productores de tubérculo comercial y en particular de semilla, tienen la posibilidad de obtener con suficiente anticipación, información acerca del inóculo inicial en condiciones de campo realizando el análisis de laboratorio para la identificación de *Spongospora subterranea*, *Rhizoctonia solani* y *Streptomyces scabies*.⁷

Antes de la siembra de un cultivo comercial de papa diploide, es posible verificar la presencia de algunos patógenos en arvenses como es el caso de *Spongospora subterranea* en *Solanum nigrum* o *Rosellinia* sp. en *Poligonum segetum*). También es posible observar signos de enfermedades como *R. solani*, *S. subterranea* o *S. scabies*, entre otras, en tubérculos enterrados o en toyas que emergen de cosechas anteriores (Figura 5.8).

A la fecha no existe reporte de variedades de papa diploide con resistencia a organismos fitopatógenos presentes en el suelo. Así mismo, las siembras consecutivas a manera de monocultivo en lotes contaminados, sin dejar períodos prolongados de descanso, sin la debida rotación con otros cultivos no susceptibles o con permanente remoción del suelo, presentan una mayor posibilidad de daño con aumento paulatino en severidad e incidencia de las enfermedades.

La semilla es un insumo determinante en el comportamiento del cultivo, en razón a que el inóculo de buena parte de las enfermedades es diseminado a partir

⁷ Estos análisis se pueden realizar en los laboratorios de fitopatología de Agrosavia



del tubérculo sembrado. En esta siembra de papa diploide, los signos leves a moderados de las enfermedades resultan muchas veces imperceptibles como en el caso de *S. scabies* o pasan desapercibidos como en *R. solani*. Por lo tanto, la selección y el tratamiento de la semilla son prácticas que reducen el riesgo de dispersión en el cultivo.

Figura 5.8

Presencia de Spongospora subterranea en el sistema radicular de una planta de papa variedad Criolla Colombia



Nota. Fotografía tomada por Isabel Cusgüen

En general, el uso de materia orgánica parcialmente descompuesta de origen animal favorece la severidad de la mayoría de los fitopatógenos presentes en el suelo. En el caso de requerirse su aplicación como enmienda, ésta debe estar completamente compostada, preferiblemente con registro oficial de venta del ICA (MADR et al., 2006). El control químico para enfermedades como carbón, roña, caratoseo y verticiliosis para el cultivo de papa en Colombia, aún se encuentra en fase de desarrollo, mientras que para rizoctoniasis existen alternativas eficaces en el mercado para su aplicación para proteger la semilla y para condiciones de campo, siguiendo las recomendaciones de etiqueta como parte del manejo fitosanitario integrado. Para evitar el aumento en la severidad



del daño ocasionado por estos organismos patogénicos, es necesario realizar la cosecha del tubérculo de forma oportuna y sin demoras. La inspección semanal del tubérculo en las fases de llenado y maduración, es una labor necesaria para verificar tanto el rendimiento como la calidad del producto a recolectar (Figura 5.9).

Figura 5.9

Inspección de tubérculos próximos a maduración comercial de la variedad Criolla Colombia



Nota. Fotografía tomada por Pedro David Porras Rodriguez

Después de la cosecha, los tubérculos afectados no pueden ser utilizados como materia prima para la elaboración de ensilajes sólidos o líquidos; ni para compostajes en la alimentación de ganado vacuno, porque varios de los patógenos se encontrarán viables en el estiércol de los animales; tampoco, se recomienda el tubérculo atacado por enfermedades como insumo para la elaboración de abonos orgánicos.

Costra Negra o Rizoctoniasis. En Colombia esta enfermedad es importante de consideración en la producción de semilla certificada y en la producción comercial de papa, debido a que es un hongo del suelo, lo que hace imposible garantizar que la semilla está libre del patógeno (Ferrucho et al., 2012). La regulación sobre producción de semilla certificada de papa en Colombia permite hasta un 10 % del total de tubérculos con rizoctoniasis leve (ICA, 2015).



Agente Causal. *Rhizoctonia solani* Kühn. Es un hongo fitopatógeno habitante natural del suelo y la enfermedad tiene un amplio rango de hospederos, el cual es común en todas las zonas donde se cultiva la papa. Puede afectar los tubérculos y el cuello de las plantas recién emergidas.

Síntomas. En la superficie de los tubérculos se forman pequeñas costras duras de color negro llamadas esclerocios, que tienen apariencia de terrones pequeños de tierra adheridos a la piel que se forman en los días cercanos a la maduración, pero que se desprenden fácilmente al hacerles presión con el dedo (Figura 5.10).

Figura 5.10

Esclerocios de Rhizoctonia solani sobre tubérculos de papa variedad Criolla Colombia



Nota. Zapata et al., (2006)

La piel de la papa por debajo de los esclerocios no presenta anomalías, por lo cual los tubérculos no deberían perder su valor comercial para el consumo en fresco, pero si, para el procesamiento industrial, ya que estas costras son resistentes al lavado y disminuyen la calidad del producto al teñir la salmuera después del proceso de escaldado (Tsrer, 2010; Zapata et al., 2006).

En el campo, el daño principal se produce cuando en la siembra se emplea semilla contaminada con el inóculo. En infecciones tempranas, las plantas recién emergidas son afectadas por el patógeno por el estrangulamiento de los brotes subterráneos, trayendo como consecuencia la no emergencia o retardo de ésta, ocasionando desigualdad en el desarrollo del cultivo y reducción en la producción. No obstante, la muerte de un brote puede llegar a promover el



desarrollo de otro brote sano. Cuando ataca estolones, los tubérculos ya formados, quedan pequeños (Torres, 2002). Las plantas afectadas también presentan disminución en el vigor, acortamiento de entrenudos, hojas engrosadas de color púrpura y formación de tubérculos aéreos en las axilas de las hojas (Figura 5.11). Igualmente, se reporta la deformación de tubérculos y menor tamaño (Fedepapa, 2010).

Figura 5.11

Sintomatología de Rhizoctonia solani en condiciones de campo en papa variedad Criolla Colombia



Nota. a) Tubérculos aéreos; b) Detención del crecimiento y c) Entorchamiento de hojas apicales, d) detección en raíz. Fotografías a), b) y d), tomadas por Isabel Cusgüen y c) Porrás y Herrera (2015).

Manejo. Dentro de las principales recomendaciones para el manejo de esta enfermedad se tiene que:

- Usar semilla certificada, libre de la enfermedad y en lo posible, a las semillas sanas realizarles tratamiento preventivo con productos debidamente autorizados por el ICA.
- Evitar el uso de estiércoles parcialmente descompuesto sin compostar como fuente para la fertilización edáfica.
- Utilizar de manera adecuada los productos para la protección del cultivo en condiciones de campo, bajo las recomendaciones de etiqueta.
- Evitar demoras en la cosecha y el uso de tubérculos enfermos para la alimentación de animales de la finca.



Carbón de la Papa. El patógeno viene diseminándose rápidamente en la zona productora del tubérculo en el país, con reportes de daño en diferentes localidades en cultivos comerciales de papa diploide de los Departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Puede llegar a ocasionar pérdidas por encima del 80 % de la producción debido a la afectación del sistema subterráneo de la planta.

Agente Causal. *Angiosorus solani* O'Brien y Thirumalachar (1972) [Syn. *Thecaphora solani* Barrus y Müller (1944)]. El hongo puede sobrevivir en el suelo por períodos de más de siete años, principalmente por el uso de semilla infectada y a partir de suelo contaminado.

Síntomas y Signos. La enfermedad puede afectar tubérculos, estolones y tallos, sin manifestación de daño en la parte aérea de la planta ni en raíces. Los tubérculos afectados muestran superficialmente hinchamientos en forma de verrugas o tumores carbonosos que pueden confundirse con daños ocasionados por nemátodos; al cortar los tubérculos transversalmente, se observan estrías radiales que corresponden a las soras o bolsas donde se alojan las esporas de color marrón claro. De acuerdo con Torres (2002), en la base de los tallos también se forman tumores que pueden llegar hasta los 10 cm de diámetro en plantas susceptibles (Figura 5.12).

Figura 5.12

Presencia de la enfermedad de carbón de la papa en variedad Criolla Colombia



Nota. Porras y Herrera (2015)



Manejo. Con el fin de evitar esta enfermedad se sugiere realizar las siguientes acciones:

- Rotación con cultivos que no sean afectados por el patógeno cuando la enfermedad haya sido detectada en un lote.
- Uso de semilla certificada o libre de la enfermedad en lotes que no presenten el patógeno.
- Mantenimiento de los campos libres de arvenses hospederas como el estramonio o chamico (*Datura stramonium*).

Sarna Común, Manchado del Tubérculo, Carate o Caratoseo. La enfermedad la ocasiona una bacteria, patógeno del suelo que está en todo el mundo, aún no se ha encontrado el control para disminuir la población en el suelo, por ello se estudia resistencia genética en cultivares (Zuluaga et al., 2014). En casi todos los suelos donde se cultiva papa se encuentra esta enfermedad, excepto en los muy ácidos.

Agente Causal. *Streptomyces scabiei* (Thaxter) Wakeman y Henrici [*Syn. Streptomyces scabiei*]. Es una bacteria que provoca pérdida de calidad en la piel del tubérculo para daños iniciales, provocando disminución de la calidad para el mercado especializado y para el procesamiento industrial, lo que genera menor valor comercial para el mercado de consumo en fresco; al aumentar la severidad del daño compromete no solo la piel sino la carne del tubérculo, hasta generar excoriaciones profundas. Aunque el rendimiento de producto cosechado no se ve afectado, existen pérdidas por disminución del valor comercial por defectos visuales de la piel del tubérculo, daños en la carne y descarte de tubérculos severamente afectados.

Síntomas y Signos. Hasta ahora no se han encontrado y descrito manifestaciones de la enfermedad en la parte aérea de la planta. Las lesiones en los tubérculos se observan inicialmente como puntos oscuros superficiales dispersos que se van ampliando y profundizando hasta convertirse en



excoriaciones⁸ reticulares de color café que pueden ser superficiales a poco profundas (Figura 5.13). A medida que la enfermedad avanza, el daño va profundizando a manera de grietas hasta comprometer parcialmente la carne. La presencia de la enfermedad es común a medida que se repite el número de siembras de papa en un mismo lote, con lo que aumenta la incidencia y severidad del daño en los tubérculos. Para el caso del cultivo de papa diploide, la aplicación alta de materia orgánica parece estar asociada al aumento de la incidencia de la enfermedad (Torres, 2002). En la etapa de llenado del tubérculo y madurez comercial del cultivo se debe evitar los excesos de humedad en el suelo para evitar el incremento del manchado de la piel por la bacteria.

Manejo. Para impedir el ataque de esta enfermedad se recomienda:

- Evitar encalamiento innecesario, es decir, aplicación de compuestos con calcio al suelo, así como la aplicación de materia orgánica de origen animal parcialmente descompuesta.
- Prevenir excesos de humedad en el suelo en la etapa de maduración del cultivo.
- Evitar el tiempo de demora en la cosecha.

Figura 5.13

Manchado del tubérculo de papa variedad Criolla Colombia asociado a Streptomyces scabiei



Nota. Fotografía tomada por Isabel Cusgüen

⁸Consiste en erosiones en forma de red que se producen en la piel del tubérculo de la papa.



Roña, Sarna Polvosa o Camanduleo. Es una de las enfermedades más significativa de este cultivo en Colombia. El efecto negativo de la presencia de este patógeno no solo es por la pérdida de la calidad del tubérculo; sino que, en algunos casos, las zoosporas de la enfermedad pueden transmitir el *Potato mop-top virus* (PMTV, Pomovirus) (Arcila et al., 2014). Se ha detectado esta enfermedad donde se cultiva papa en todos los departamentos del país de Colombia como consecuencia del flujo de semillas contaminadas entre zonas productoras. La roña ataca varias especies de la familia Solanácea que producen tubérculos y otras que no los producen como la Yerbamora (*Solanum nigrum*) y algunos tabacos como *Nicotiana rustica* (Osorio et al., 2012).

Agente Causal. *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh. f. sp. *subterranea* Tomilson. En condiciones de campo, el protozoo patógeno se ha encontrado afectando las raíces de la variedad Criolla Colombia. Se considera que esta enfermedad es la más importante del cultivo, por el desconocimiento del comportamiento del patógeno, por la falta de estrategias validadas para su manejo y por las pérdidas que puede ocasionar, tanto en producción y calidad como en contaminación de lotes. Esta enfermedad puede llegar a ser la más destructiva, si la distribución e intercambio de semilla no se maneja apropiadamente.

Síntomas y Signos. Las variedades comerciales de papa comúnmente cultivadas, incluyendo la papa diploide, son susceptibles a la enfermedad y son las principales diseminadoras de la misma a través de semilla que porta estructuras reproductivas en su piel. La infección más común y fácil de detectar, se observa en la variedad Criolla Colombia, con manifestación de daño en la raíz y los estolones. Inicialmente, son manchas muy pequeñas, que posteriormente se transforman en verrugas grandes o protuberancias de color blanco lechoso, que dan un aspecto de camándula; como se observa en la Figura 5.14.



Figura 5.14

Aspecto del camanduleo por *Spongospora subterranea* en papa variedad Criolla Colombia



Nota. Fotografía tomada por Isabel Cusgüen

Cuando las verrugas maduran, se tornan de color castaño oscuro y en esta etapa ya se han formado las esporas de descanso o quistosoros. Estas camándulas maduras se desintegran fácilmente, y el polvillo oscuro se confunde con el suelo y son la fuente del inóculo de la enfermedad. Si la infección es temprana y se producen muchas protuberancias, la planta puede marchitarse y morir rápidamente debido a la necrosis de las raíces o a la obstrucción de los vasos conductores.

Manejo. Aunque es una enfermedad que sigue en investigación y de difícil manejo, se han logrado reducciones de presencia de camanduleo por control biológico y algunas prácticas como:

- Emplear biocontroladores o microorganismos potenciales de los géneros *Trichoderma* spp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp. y *Streptomyces* spp. (Mesa et al 2017).
- Realizar rotaciones de cultivos y período de descanso por varios años.
- Utilizar semilla de categoría certificada.



- No alimentar el ganado con tubérculos contaminados por esta enfermedad, ya que en las deposiciones de sus heces se disemina fácilmente el patógeno.
- Evitar la excesiva remoción del suelo que promueve la dispersión de la enfermedad en el lote de cultivo.
- Evitar el uso de maquinaria que haya sido utilizada en lotes contaminados sin previa desinfección.
- No se debe sembrar papa donde se conozca la presencia de la enfermedad.
- Realizar un análisis microbiológico del suelo.

Moko, Dormidera o Marchitez Bacteriana. Es una de las enfermedades más destructivas del cultivo de la papa y es una limitante de la producción, especialmente cuando se destina para semilla. En Colombia está catalogada como cuarentenaria presente y sujeta a control oficial (ICA, 2014). Afecta a más de 30 familias de plantas tanto cultivadas como silvestres. Entre las más susceptibles están solanáceas como la papa (*S. tuberosum* L.), el ají (*Capsicum* sp.), la berenjena (*Solanum melongena*), el pimentón (*Capsicum annuum*) y la uchuva (*Physalis peruviana*) (Carreño et al., 2007).

Agente Causal. *Ralstonia solanacearum* (Smith). Esta bacteria se transmite por el tubérculo-semilla puede permanecer en el suelo hasta por un año, dependiendo de la raza fisiológica, la capacidad de resistencia del hospedero y las condiciones del suelo. Los suelos infestados con nematodos favorecen la severidad de la enfermedad y su diseminación.

Síntomas. En el campo se observa marchitez y muerte de la planta, y algunas veces se aprecia amarillamiento del follaje. Inicialmente, sólo un tallo se marchita, pasados 2 o 3 días todos los tallos y las ramas de la planta se marchitan; este fenómeno se acelera en días calurosos. Este marchitamiento es muy rápido y puede ser similar al ocasionado cuando se presenta estrés por deficiencia de agua o cuando hay daño mecánico en el tallo con lo que se imposibilita el flujo de agua y



de nutrientes. Al hacer un corte del tallo atacado, se observan manchas o rayas oscuras que corresponden a los haces vasculares infectados y obstruidos por la bacteria (Centro Internacional de la Papa [CIP] y Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2016).

Para comprobar la presencia de la enfermedad en una planta sospechosa en condiciones de campo, se obtiene una porción de la base del tallo enfermo y se sumerge en un vaso de vidrio transparente con agua limpia. A través de la pared del vaso se puede observar el flujo bacteriano que se desprende del tallo que queda flotando, formando hilos de color lechoso y que se proyectan hacia el fondo del vaso (Martín, 1981).

Los tubérculos recién infectados no siempre muestran síntomas, pero cuando son destinados al procesamiento industrial, después del escaldado un exudado blanco se acumula en los ojos del tubérculo, lo cual disminuye su calidad. Posteriormente, el agua del medio se enturbia con la bacteria y esto es motivo de descarte. Cuando la infección en el campo es muy severa, el exudado bacteriano se aglutina en los ojos del tubérculo o en la cicatriz del estolón donde se adhieren partículas de suelo. La semilla puede presentar infección latente, es decir, el patógeno en estado de reposo sin multiplicarse, siendo la forma más común y fácil para diseminar la enfermedad. Cuando se efectúa la siembra y la temperatura ambiental aumenta o se siembra en lotes de baja altitud sobre el nivel del mar, la enfermedad se expresa rápidamente; por lo tanto, se debe evitar su presencia en lotes destinados a la producción de semilla de papa. La sobrevivencia de la bacteria en el campo depende de la raza fisiológica⁹, del rango de hospederos presente en el campo, de las condiciones ambientales (temperatura, humedad del suelo, precipitación y radiación solar, entre otros) y de las condiciones del suelo como presencia de capas compactas, texturas arcillosas o suelos de baja fertilidad. Dentro del mismo campo, la enfermedad se puede diseminar por el agua de riego, el calzado de las personas y las herramientas de trabajo. La bacteria penetra únicamente por heridas en la raíz, tubérculos o tallos. La infección generalmente empieza por el sistema radical.

⁹Representa una población de patógenos de la misma especie que son similares estructuralmente, pero diferentes en sus características fisiológicas y patológicas sobre el hospedero.



Manejo. Para controlar y erradicar la marchitez bacteriana (Pérez y Forbes, 2011), se propone:

- Usar semilla certificada.
- Sembrar en suelos libres del patógeno.
- Hacer rotaciones con cultivos no hospedantes.
- Realizar en las prácticas culturales control de nemátodos.
- Eliminar rastrojos de papa contaminada por esta enfermedad después de su cosecha.
- Desinfectar los utensilios y los zapatos empleados en campos infestados.
- Evitar transporte de tubérculos con esta enfermedad a campos no contaminados.

Lanosa, Mortaja Blanca, Palomillo, Peste Nieve, Tocineta, Macana o Lana. Esta enfermedad se manifiesta por un recubrimiento miceliano de color blanco que causa pudrición a los tubérculos y muerte de brotes (Torres, 2002), por lo cual la planta no emerge.

Agente Causal. *Rosellinia* sp. Este patógeno es muy importante en zonas altas y húmedas, en suelos de alto contenido de materia orgánica. También, se ha encontrado en suelos donde antes había bosque o lotes recién talados. Inicialmente, la enfermedad se presenta en focos que pueden aumentar de tamaño hasta cubrir gran parte del lote, a medida que se emplea maquinaria e implementos para la remoción del suelo. Los focos detectados se deben marcar y no sembrar con papa y, en lo posible, implementar las medidas de manejo integrado como la solarización¹⁰. La semilla de papa es uno de los principales vehículos de diseminación del patógeno, al igual que el estiércol de ganado vacuno alimentado con papas afectadas por la enfermedad (Andrade Bolaños y Domínguez Arias, 2015).

Síntomas. En infecciones graves no emerge la planta y sí están recién brotadas, se detiene su desarrollo y las mata rápidamente. Antes de su floración se marchitan con amarillamiento de hojas y mueren lentamente. Los tallos pueden

¹⁰Proceso de desinfección del suelo empleando el calor generado por la energía solar capturada.



llegar a presentar chancros, las raíces y estolones toman coloración oscura y se cubren con una capa algodonosa blanca. Los tubérculos enfermos se encuentran parcial o totalmente cubiertos con esta capa, al momento de la cosecha (Figura 5.15).

Al cortar los tubérculos se observa una faja de hilos blancuzcos que se inician en la superficie y penetran hasta el centro (Andrade Bolaños y Domínguez Arias, 2015). La enfermedad también afecta los cultivos de zanahoria (*Daucus carota*), remolacha (*Beta vulgaris*) y yuca (*Manihot esculenta*); arvenses como lengua de vaca (*Rumex sp.*), barbasco (*Poligonum segetum*) y corazón herido (*P. nepalense*).

Figura 5.15

Aspecto de la superficie del tubérculo de papa variedad Criolla Colombia con Rosellinia sp.



Nota. Porras y Herrera (2015)

Manejo. Es importante prevenir esta enfermedad por lo cual se sugiere:

- Evitar el uso excesivo de maquinaria agrícola para la remoción del suelo, que dispersa el inóculo en el terreno al cultivar y genera focos de mayor tamaño.
- Evitar el uso de semilla infectada y adquirir semilla certificada.
- Hacer limpieza de maquinaria, equipos, implementos y herramientas antes como después de su uso en diferentes lotes.
- Mantener los suelos libres de arvenses.



Marchitez por *Verticillium* o Verticiliosis. Es una enfermedad que genera en las plantas la producción de tubérculos pequeños o muerte temprana de las plantas, lo que genera una pérdida en el rendimiento por menor peso de los tubérculos (Torres, 2002). Además de afectar la papa, también ataca la berenjena (*Solanum melanongera*), el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y arvenses como el cenizo (*Gamochaeta americana*) y el diente de león (*Taraxacum officinali*).

Agente Causal. *Verticillium* spp. Reinke y Berth. Se ha encontrado afectando más de 50 especies correspondientes a 23 familias, excepto las gramíneas que no son consideradas hospedantes del patógeno.

Síntomas. La sintomatología en los tubérculos se ha confundido con problemas fisiológicos y la magnitud del daño se ha subestimado. Causa senescencia prematura de la planta y la parte aérea se torna de color verde claro o amarillo y muere joven. Las plantas pueden mostrar marchitamiento especialmente en días soleados y calurosos o en cualquier época del cultivo. Los síntomas generalmente se observan en las hojas de un solo lado del tallo o en la mitad de los folíolos de una hoja. Cuando se corta el tallo, se observa el tejido de color castaño claro, muy similar al producido por *Ralstonia solanacearum* (Smith). Los tubérculos de las plantas afectadas al ser partidos muestran decoloración castaño claro o estrías de color castaño en el sistema vascular. El punto de inserción del tubérculo con el estolón también se decolora. Para la papa diploide, la cual es generalmente de forma redonda y su diámetro es el mismo, por esto se sugiere hacer el corte por su ecuador puesto que los polos son sus extremos basal y apical.

El patógeno permanece en el suelo por un tiempo más o menos prolongado. Las rotaciones por más de tres años con pastos u hortalizas disminuyen la cantidad de inóculo en el suelo; así mismo, puede adherir a la superficie de los tubérculos, el cual sirve como fuente de inóculo para la próxima siembra. La enfermedad se disemina por la semilla infectada, la maquinaria agrícola y el agua de riego.



Manejo. En el control de la marchitez por *Verticillium*, Torres (2002) recomienda:

- Usar semilla certificada.
- Rotar cultivos en los suelos infestados por pastos o cereales que no se afectan por la enfermedad durante cuatro a cinco años.
- Incorporar al suelo abonos verdes.
- Limpiar el suelo del cultivo de papa de arvenses hospedantes del hongo.

Conclusiones

La prevención es uno de los métodos más efectivo para evitar la diseminación de organismos fitopatógenos en el cultivo comercial de papa diploide, así como para disminuir el inóculo inicial de las enfermedades y su aumento de severidad e incidencia en las diferentes zonas productoras del tubérculo. El principal insumo que condiciona la multiplicación de patógenos en este cultivo es la semilla. La calidad genética y fitosanitaria del tubérculo destinado a semilla se constituye en eje principal del manejo integrado de enfermedades. Lastimosamente, muchos patógenos pasan inadvertidos a simple vista y la semilla se convierte en la primera fuente de dispersión de enfermedades entre zonas, muchas de ellas libres donde se constituyen en factor de pérdidas económicas para los agricultores.

Las labores culturales que se efectúan a lo largo del cultivo son herramientas de manejo que contribuyen a la dinámica fitosanitaria de la papa diploide en el país. El control de arvenses, de toyas, del manejo de focos, de la evaluación temprana de daños y de la decisión de cosecha; permiten a los agricultores disminuir el impacto de la mayoría de las enfermedades. El uso del control químico debe atender los parámetros establecidos en las BPA y del uso seguro de plaguicidas que genere entre otros, el menor impacto ambiental, el cuidado de las personas y la inocuidad del alimento.



Referencias

- Andrade Bolaños, H.J. y Domínguez Arias, M.V. (2015). *Evaluación de la calidad de dos categorías de semilla (Prebásica y Seleccionada) con fertilización química y organomineral en la variedad de papa Superchola (Solanum tuberosum) Pintag, Pichinchacha*. UCE.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6524>
- Arcila, I.M., González, E.P., Zuluaga, C.M., Marín, M.A. y Cotes, J.M. (2014). Efecto de la Infección de *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* en hospederos alternos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*. 67(2). 7261-7269. <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v67n2.44167>
- Avilés Chaves, J. y Piedra Naranjo, R. (2017). *Manual del cultivo de papa en Costa Rica (Solanum tuberosum L.)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Bonilla, C.R. y Pérez, Y.M. (2010). *Papa criolla (Solanum phureja) producción y manejo poscosecha*. Universidad Nacional de Colombia.
- Carreño, N., Vargas, A., Bernal, A.J. y Restrepo, S. (2007). Problemas fitopatológicos en especies de la familia Solanaceae causados por los géneros *Phytophthora*, *Alternaria* y *Ralstonia* en Colombia. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 25(2), 320-329.
- Centro Internacional de la Papa [CIP] y Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA]. (2016). *¿Qué es la marchitez bacteriana de la papa?* Centro Internacional de la Papa (CIP). <https://hdl.handle.net/10568/72901>
- Céspedes, M.C., Cárdenas, M.E., Vargas, A.M., Rojas, A., Morales, J.G., Jiménez, P., Bernal, A. y Restrepo, S. (2013). Physiological and molecular characterization of *Phytophthora infestans* isolates from the Central Colombian Andean Region. *Revista iberoamericana de micología*, 30(2), 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2012.09.005>
- Ferrucho, R.L., Cifuentes, J.M., Ceresini, P. y García-Domínguez, C. (2012). *Rhizoctonia solani* GA-3PT es el principal patógeno asociado con el chancro del tallo y la sarna negra de la papa en Colombia. *Agronomía Colombiana* 30(2), 204-213.



- Gutiérrez, A., Laguna, A., Rojas, R., González, R. y Salgado, M. (2012). Molecular detection and classification of the phytoplasma that causes purple top in potatoes (*Solanum tuberosum*) in the State of Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria*, 39(2), 339-346.
- Guzmán-Barney, M.M. (2008). *Manual de protocolos para la detección de algunos virus que infectan la papa (Solanum spp.)*. Centro Virtual de investigación de la Cadena Agroalimentaria de la Papa (Cevipapa) y Universidad Nacional de Colombia.
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/32815>
- Guzmán-Barney, M.M., Román, V., Franco L. y Rodríguez, P. (2010). Presencia de cuatro virus en algunas accesiones de la Colección Central Colombiana de papa mantenida en campo. *Agronomía Colombiana* 28(2), 225-233.
- Henao-Díaz, E., Gutiérrez-Sánchez, P. y Marín-Montoya, M. (2013). Análisis filogenético de aislamientos del Potato virus Y (PVY) obtenidos en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y tomate de árbol (*Solanum betaceum*) en Colombia. *Actualidades Biológicas*. 35(99), 219-232.
- Hernández-Guzmán, A.K. y Guzmán-Barney, M.M. (2014). Detección del virus del amarillamiento de las nervaduras de la hoja de la papa en diferentes órganos de *Solanum tuberosum* Grupo Phureja cv Criolla Colombia utilizando RT-PCR convencional y en tiempo real. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 16(1), 74-85.
<https://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n1.44226>
- Herrera Ramirez, C.D. (2011). Adaptabilidad de clones de papa *Solanum tuberosum* y sus características agronómicas en la hacienda experimental San Francisco. *SATHIRI* (1), 65-76.
<https://doi.org/10.32645/13906925.205>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de papa (Solanum tuberosum subsp. andigena y S. phureja)*. Medidas para la temporada invernal. ICA y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.



- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2014). *Resultados de la vigilancia fitosanitaria hasta el año 2014, Ralstonia solanacearum (Smith, 1986), Yabuuchi et al., 1996 Raza 3 Biovar 2 (R3Bv2) en los departamentos de Antioquia, Córdoba, Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Norte de Santander (Boletín epidemiológico)*. <https://n9.cl/e7tv>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2015). Resolución 003168. 7/09/2015. Reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento. ICA. <https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2021). Resolución 103325. 13/08/2021. “Por la cual se establecen medidas fitosanitarias para la vigilancia y control del insecto *Bactericera cockerelli* Sulc (Hemiptera: Triozidae), vector de microorganismos fitopatógenos asociados a las enfermedades Punta Morada y Zebra Chip, en cultivos de papa del departamento de Nariño”. ICA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2018). *INIAP ejecuta un plan emergente frente a la presencia de Punta Morada de la Papa en Ecuador*. <https://www.iniap.gov.ec/>
- Jiménez Díaz, R.M. (2017). Las enfermedades de las plantas: impactos, amenazas y control. *Boletín de la Real Academia de Córdoba*. 96(166), 111-130.
- Kerlan, C. (2008). Potato viruses. En B. W. Mahy y M. H. van Regenmortel (Eds.), *Desk encyclopedia of plant and fungal virology* (pp. 458-471). Academic Press.
- Martín, C. (1981). *La marchitez bacteriana en la papa Pseudomonas solanacearum*. Centro Internacional de la Papa (CIP). <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/TIBes20919.pdf>



- Martínez, L., Ortiz, C.F., Osorio-Osorio, R., Ruíz, P., Alberto, W., García, R., Arredondo, H.C., Lagunes, A., Rodríguez, J.C., Cibrian, J., Ruelas, J., Ortega, L.D., Rocha, M.A., Philips, W., Phillips-Mora, W., Oropeza, C.M., Ramirez del Ángel, M., Becerra, E.N. y Maldonado, H. (2004). *Simposio Nacional de Manejo Fitosanitario de Cultivos Tropicales*.
https://www.researchgate.net/publication/305479253_Simposio_Nacional_de_Manejo_Fitosanitario_de_Cultivos_Tropicales
- Medina, H.C., Gutiérrez, P.A. y Marín, M. (2015). Detección del potato virus y (PVY) en tubérculos de papa mediante TAS-ELISA y QRT-PCR en Antioquia (Colombia). *Bioagro*, 27(2), 83-92.
- Mesa, P. E., García-Domínguez, C. y Cotes, A.M. (2017). En búsqueda de una alternativa de manejo del camanduleo de la papa ocasionada por *Spongospora subterranea*. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(2), 378-386. <http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2017v11i2.6150>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], Gobernación de Antioquia, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola [FNFH], Asociación Hortifrutícola de Colombia [Asohofrucol], y Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca [SAG]. (2006). *Plan Frutícola Nacional, Desarrollo de la Fruticultura en Antioquia*.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2021). *Cadena de la papa Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales junio 2021. El Campo es de todos*. MADR.
- Navas, G.E, Díaz, C.A., Tamayo A.J. y Zapata, J.L. (2010). *Manejo técnico del cultivo de papa criolla con fines industriales. Experiencia en el Departamento de Antioquia*. (Cartilla Divulgativa). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/2257>
- Ñústez, L., C.E. y Rodríguez, M. L.E. (2020). *Papa criolla (Solanum tuberosum Grupo Phureja): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca*. Corredor Tecnológico Agroindustrial, CTA-2.



- Osorio, I., Gutiérrez, P.A. y Marín, M. (2012). Revisión: *Spongospora subterranea* f.sp. *subterranea* y su Virus Asociado *Potato mop-top virus* (PMTV), dos patógenos reemergentes en los cultivos de papa de Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 65(1), 6361-6378.
- Osorio, M., Marques, A., Romay, G., Roa, S., Demey, J. y Vegas, A. (2016). Adaptación de la técnica RT-PCR para el diagnóstico del virus del amarillamiento de las venas de papa en Venezuela. *Bioagro* 28(1), 047-052.
- Pérez, W.A. y Forbes, G.A. (2011). *Guía de identificación de plagas que afectan a la papa en la zona andina*. Centro Internacional de la Papa (CIP). <http://www.fao.org/3/as407s/as407s.pdf>
- Pérez, W., Castillo Carrillo, C., Navarrete, I., Gamarra, H., Arango, E., Naccha, J. y Andrade-Piedra, J. L. (2021). *Cartilla para la identificación de síntomas de la punta morada de la papa. Serie: Plagas emergentes del cultivo de papa en Latinoamérica. Material de capacitación 3*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). <https://doi.org/10.4160/9789290606161>
- Porras, P.D. y Herrera, C.A. (2015). *Modelo productivo de la papa criolla para los departamentos de Cundinamarca y Boyacá*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13752>
- Salazar, L.F. (1995). *Los virus de la papa y su control*. Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Salazar, L.F. (2006). Emerging and re-emerging potato diseases in the Andes. *Potato Research*, 49(1), 43-47. <https://doi.org/10.1007/s11540-006-9005-2>
- Torres, H. (2002). *Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú*. Centro Internacional de la Papa (CIP).



- Tsrer, L. (2010). Biology epidemiology and management of *Rhizoctonia solani* on potato. *Journal of Phytopathology*, 158 (10), 649-658.
- Zapata, J. (2000). Manejo Integrado de las enfermedades de la papa. En C. Herrera, L. Fierro, y J. Moreno (Eds.), *Manejo integrado del cultivo de la papa* (Manual técnico, pp.130-141). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/34707>
- Zapata, J.L., Navas, G.E., Tamayo, A.J. y Díaz, C.A. (2006). *Manejo agronómico de la papa criolla para el procesamiento Industrial* (Boletín Técnico). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/32759>
- Zuluaga, C.M., González, E.P. y Cotes, J.M. (2014). Ganancia genética esperada de la resistencia a sarna común (*Streptomyces* spp.) en una población de *Solanum phureja* Juz. et Buk. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 10(2), 142-155. <https://doi.org/10.18359/rfcb.326>

