

Resumen

Una enfermedad es toda alteración desfavorable que se produce en el normal funcionamiento de algún organismo. También se puede definir como la interacción entre un hospedante susceptible (papa) y un patógeno virulento (hongo, virus, viroide, bacteria, fitoplasma, nemátodo), influenciados por el medio ambiente que afecta dicha relación.

Los virus son partículas microscópicas, que se multiplican sólo en células vivas y tienen capacidad de afectar su normal funcionamiento. Todos son parásitos obligados y producen enfermedades en todas las formas vivientes, algunos atacan al hombre, otros a los animales, a las plantas y también a otros microorganismos como los hongos, las bacterias y los micoplasmas. En su forma más simple, los virus están constituidos sólo de ácido Ribonucleico (RNA) o sólo ácido Desoxirribonucleico (DNA), de hebra simple o doble y proteína; en la mayoría de los virus de las plantas, hay un solo tipo de proteínas; sin embargo, los virus más grandes pueden tener varias proteínas distintas, cada una con una función diferente.

Los virus que afectan la papa tienen distribución mundial y se presentan en todas las zonas dedicadas al cultivo. Pueden atacar al cultivo en forma individual o combinados con otros virus. En el caso del Potato Virus X (PVX), algunas razas provocan necrosis que pueden causar, en algunas variedades, pérdidas de más del 50%, siendo la infección múltiple con otros virus la más perjudicial. El Potato Virus Y (PVY) puede disminuir las cosechas hasta en un 80%. Las combinaciones con otros virus como el Potato Virus A (PVA) y el PVX provocan enfermedades graves que llegan a veces a destruir el cultivo. El Potato Yellow Vein Virus (PVV) en la papa Diacol Capiro ha ocasionado disminución del rendimiento hasta en un 28%, en condiciones del Centro de Investigación La Selva, localizado en Rionegro, Antioquia, Colombia, a una altura de 2.150 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 17°C.

Los métodos comúnmente empleados para la detección de los virus de las plantas incluyen la transmisión del virus de una planta enferma a una sana, ya sea por gemación, injerto o fricción con savia de la planta; también se incluye la transmisión por insectos vectores o la cúscuta, con su correspondiente expresión de síntomas. La prueba más confiable de la presencia de un virus en una planta se obtiene a través de la purificación del virus, la observación de éste al microscopio electrónico y las pruebas serológicas.

Los virus, después de ingresar a las células del huésped, se replican, trasladan a otras células y luego se acumulan en diversos tejidos de la planta. Durante el proceso, los virus utilizan el metabolismo normal del huésped y causan alteraciones, dando lugar a reacciones del mismo que son llamados comúnmente síntomas. Los síntomas más evidentes de las plantas infectadas con virus son regularmente los que aparecen en el follaje; sin embargo, algunos virus producen síntomas visibles sobre el tallo, frutos y raíces con o sin el desarrollo de síntomas foliares.

En la naturaleza, los virus se pueden transmitir de tres maneras diferentes: por contacto de plantas infectadas con plantas sanas (maquinaria infectada, herramientas, operarios e injerto); por organismos asociados de manera específica, tales como los vectores, que pueden ser insectos, ácaros, nematodos u hongos, y por partes de la planta usadas para la propagación como la semilla sexual y los tubérculos semilla.

¹ L.A. M.Sc. Fitopatología, Corpoica Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, jzapata@epm.net.co



Las enfermedades virales no pueden ser controladas por métodos curativos, como en el caso de las enfermedades fungosas; los métodos preventivos de control a ser aplicados dependen mucho del conocimiento de las diferentes enfermedades y de los factores ecológicos que determinan su prevalencia. En papa se conocen dos formas de control preventivo de virus: la producción de semilla libre del patógeno y el desarrollo de variedades resistentes.

Para el proceso de certificación de semilla de papa, en Colombia existe una reglamentación que permite un rango mínimo del porcentaje de plantas infectadas con virus, que va de 0 al 5%, dependiendo de la categoría de la semilla y del virus en cuestión.

Hasta hoy, la forma más empleada para la detección de los virus que afectan la papa es mediante procesos serológicos; sin embargo, paulatinamente se están implementando nuevas técnicas moleculares que son más eficientes y rápidas para la detección, pero requieren de laboratorios muy especializados, con personal altamente calificado, para que dicho proceso sea confiable.

Con respecto a las variedades de papa disponibles en el mercado colombiano, todas son afectadas en menor o mayor grado por los virus prevalentes en cada zona; por otro lado, la Colección Central Colombiana de Papa (CCC) a pesar de contar con más de 800 entradas, ellas no han sido evaluadas para resistencia a virus; sin embargo, se han observado materiales que no muestran síntomas de virus, creciendo con materiales completamente afectados y para los cuales nunca se ha limpiado su semilla. Estos pueden ser materiales promisorios para el programa de mejoramiento genético.

Introducción

La agricultura se inició cuando el hombre dejó de ser nómada y se estableció para producir sus propios alimentos provenientes principalmente de las plantas, pero también se ha registrado que, desde esa época, las plantas han sido afectadas por muchos agentes, produciendo diferentes tipos de daños, entre ellos las enfermedades ocasionadas por patógenos.

Una enfermedad es toda alteración desfavorable que se produce en el normal funcionamiento de algún organismo. También, se define como la interacción entre un hospedante susceptible (papa) y un patógeno virulento (hongo, virus, viroide, bacteria, fitoplasma, nemátodo), influenciados por el medio ambiente, el cual afecta dicha relación. Una aproximación de la distribución de las enfermedades causadas por diferentes agentes patogénicos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Etiología y número de enfermedades que afectan los cultivos.

Cultivo	Origen de la enfermedad				
	Fungosos	Viral	Bacterial	Nemátodo	Otros
Papa	40	30	6	5	40
Otros cultivos importantes (300)	8.000	500	175	500	-



Para el caso de las enfermedades ocasionadas por virus, primero se debe entender que éstos son partículas microscópicas, que se multiplican sólo en células vivas y tienen capacidad de alterar el normal funcionamiento del huésped. Todos son parásitos obligados y producen enfermedades en todas las formas vivientes, algunos atacan al hombre, otros a los animales, a las plantas y también a otros microorganismos como los hongos, bacterias y micoplasmas. En su forma más simple, los virus están constituidos sólo de ácido Ribonucleico (RNA) o sólo ácido Desoxirribonucleico (DNA), de hebra simple o doble y proteína; en la mayoría de los virus de las plantas, hay un solo tipo de proteínas; sin embargo, los virus más grandes pueden tener varias proteínas distintas, cada una con una función diferente.

Los virus que afectan la papa tienen distribución mundial y se presentan en todas las zonas dedicadas al cultivo. Pueden atacar al cultivo en forma individual o combinados con otros virus. En el caso del *Potato Virus X* (PVX), algunas razas provocan necrosis que pueden causar en algunas variedades, pérdidas de más del 50%, siendo la infección múltiple con otros virus la más perjudicial. El *Potato Virus Y* (PVY), puede disminuir las cosechas hasta en un 80%. Las combinaciones con otros virus como el *Potato Virus A* (PVA) y el PVX provocan enfermedades graves que llegan a veces a destruir el cultivo. El *Potato Yellow Vein Virus* (PYVV) en la papa Diacol Capiro, ha ocasionado disminución del rendimiento hasta en un 28%, en condiciones del Centro de Investigación La Selva, localizado en Rionegro, Antioquia, Colombia, a una altitud de 2.150 m y una temperatura promedio de 17 °C.

Características de los virus fitopatógenos

Las partículas virales de la mayoría de las plantas son tan pequeñas que únicamente se pueden observar al microscopio electrónico, su tamaño se expresa en nanómetros (nm); tienen formas y tamaños diferentes de acuerdo al grupo al que pertenecen, pero la forma no varía entre los miembros del mismo grupo. Algunos tienen forma de varilla rígida, de filamentos flexuosos, en otros las partículas son casi esféricas (isométricas) y otros tienen forma baciliforme. Algunos virus tienen dos o más partículas de la misma forma, pero de diferente tamaño, cada una cumple una función determinada.

Los virus fitopatógenos carecen de habilidad para penetrar la cutícula sin heridas, por lo que requieren de un agente para dispersarse de una planta infectada a otra sana o libre de dicho virus; en consecuencia, su diseminación ocurre por diferentes formas que les permita superar esta barrera, como ciertos insectos vectores o cuando un grano de polen infectado se deposita en el óvulo. La partícula viral, al ingresar a la célula, pierde su cubierta proteica e ingresa el ácido nucleico, el cual puede inducir a la célula a sintetizar enzimas denominadas RNA polimerasas o RNA replicasas o tomar otros caminos para replicarse. La translocación o diseminación del virus dentro de la planta se realiza entre las células a través de los plasmodesmos.

El virus, al establecerse en la célula, inicia el proceso de infección y pueden ocurrir las siguientes reacciones:

- El movimiento del virus es restringido; los síntomas generalmente aparecen como lesiones locales sobre las hojas inoculadas.
- Los virus se mueven sistémicamente a otras partes del hospedante.
- No hay síntomas, a pesar de que el virus se encuentre invadiendo toda la planta, debido a que esta puede ser tolerante o los síntomas se encuentran enmascarados por las condiciones ambientales.
- A veces el virus ha penetrado la planta, pero no se ha multiplicado, posiblemente debido a que la planta es altamente resistente o es hipersensible al virus.



Defección

Los métodos comúnmente empleados para la detección de los virus de las plantas, incluyen la transmisión del virus de una planta enferma a una sana, ya sea por gemación, injerto o fricción con savia de la planta infectada; también se incluye la transmisión por insectos vectores o la Cúscuta, con su correspondiente expresión de síntomas. La prueba más confiable de la presencia de un virus en una planta, se obtiene a través de la purificación del virus, la observación de éste al microscopio electrónico y las pruebas serológicas.

Las partículas virales pueden ser observadas directamente al microscopio electrónico, su cubierta proteica puede ser detectada por serología y su ácido nucleico por medio de pruebas bioquímicas como la electroforesis o hibridación de ácidos nucleicos.

Síntomas

Los virus después de ingresar a las células del huésped, se replican, se trasladan a otras células y luego se acumulan en diversos tejidos de la planta. Durante el proceso, los virus utilizan el metabolismo normal y causan alteraciones del huésped, dando lugar a reacciones del mismo, éstos son los comúnmente llamados síntomas. En ocasiones, éstos pueden ser muy complejos y a veces pueden ser confundidos con otras causas. Por lo tanto, para determinar cuáles síntomas son ocasionados por virus, es necesario eliminar cualquier otra causa de la enfermedad. Los virus tienen la particularidad de inducir síntomas diferentes en diversas plantas hospederas.

El hecho que la mayoría de los nombres de los virus obedezcan al síntoma típico que induce en el huésped principal, destaca la importancia de la sintomatología como criterio para su identificación, pero esta característica como única pauta de identificación puede ocasionar cierta confusión. Los síntomas más evidentes de las plantas infectadas con virus son regularmente los que aparecen en el follaje; sin embargo, algunos virus producen síntomas visibles sobre el tallo, frutos y raíces con o sin el desarrollo de los síntomas foliares.

Por otro lado, la presencia de infecciones virales latentes que aún pueden reducir el rendimiento o la calidad, hace que la sintomatología sea el método menos preciso para el diagnóstico; sin embargo, muchas veces es práctico y conveniente emplearla, como en las últimas etapas de la multiplicación de semilla.

En el caso particular de la papa, es común diferenciar dos tipos de síntomas, según la época en que se presente la infección. Una planta infectada, durante la estación de cultivo (infección primaria), puede desarrollar los síntomas llamados primarios. Los tubérculos de tales plantas pueden portar los virus. Las plantas que emergen de estos tubérculos en la próxima estación de cultivo, pueden mostrar la enfermedad (infección secundaria); estos síntomas se denominan secundarios. En general, los síntomas foliares son muy variables, básicamente son de dos tipos: locales y sistémicos. Los locales se presentan en las partes inoculadas; cuando la infección se presenta en las hojas, los síntomas pueden ser lesiones cloróticas o necróticas de tamaños y tipos diferentes, que dependen del huésped. Los síntomas sistémicos se expresan en las partes no inoculadas y resultan de la translocación y acumulación del virus en la planta.

La infección por virus de las plantas, así como el diagnóstico, la calidad y severidad de los síntomas, son afectados por varios factores de tipo ambiental, genético y/o agronómico, los cuales pueden interactuar entre sí.

Genotipo del huésped

La mayoría de los virus están especializados para infectar sólo algunos géneros o especies de plantas. Según el número de especies que el virus pueda infectar, se dice que el rango de hospederas es estrecho, moderado o amplio. Cuando un mismo género es afectado por el mismo virus, las especies pueden reaccionar con diferentes síntomas. Por ejemplo, el *Potato Leafroll Virus* (PLRV) infecta *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum* e induce síntomas diferentes a los inducidos en *S. tuberosum* ssp. *andigena*.



La resistencia a todas las variantes de un virus es una característica controlada por el genotipo del huésped y esta resistencia es usada como un método de control.

Efecto de la temperatura

La temperatura juega un papel importante en la expresión de síntomas ocasionados por virus. La mayoría de los virus tienen requerimientos estrictos de temperatura para la infección, replicación y expresión de síntomas. Ejemplo, los mosaicos ocasionados por PVX a una temperatura por encima de 28°C o por debajo de 12°C frecuentemente no expresan síntomas.

Efecto de la luz

Cuando a las plantas, antes de la inoculación, se les reduce la intensidad de la luz o se someten a períodos de oscuridad, se produce, según se ha encontrado, incremento de la susceptibilidad a varios virus. Las plantas que crecen en condiciones de alta iluminación en el invernadero, usualmente son menos susceptibles que aquellas que crecen en el campo durante días nublados. Sin embargo, los síntomas más severos del PSTVd, se presentan en condiciones de alta iluminación.

Condición nutricional de las plantas

Cuando las plantas se someten a un crecimiento con escaso nivel de nutrientes, expresan síntomas muy similares a los ocasionados por virus y pueden ser confundidos con éstos. Por ejemplo, la deficiencia de elementos menores puede causar síntomas muy similares a los de virus, es así como el amarillamiento intervenal está asociado con deficiencia de magnesio. Por otro lado, el exceso de nutrientes casi siempre tiende a enmascarar los síntomas virales por períodos cortos de tiempo.

Edad de las plantas

Durante el período vegetativo, una planta es susceptible a un virus determinado, pero en diferente grado. Las plantas muy jóvenes o muy viejas son, por lo general, menos susceptibles a la infección. Cuando las plantas se tornan más viejas, los virus se diseminan más lentamente de las hojas inoculadas a las otras hojas u otras partes de la planta; este fenómeno se llama "resistencia de planta adulta".

Interacción con otros patógenos

Las interacciones con otros virus pueden ocasionar enfermedades más severas que las causadas por un solo virus, lo cual se conoce como sinergismo, siendo esto muy común con otros tipos de patógenos. Por ejemplo, cuando el PVX y el PVY se presentan juntos, son generalmente destructivos. Pero, también se ha demostrado que plantas de papa infectadas con PVX, PLRV, PVY o PSTVd, son más resistentes a *Phytophthora infestans* y a la vez plantas de papa infectadas con PLRV, usualmente presentan incremento de manchas foliares causadas por *Phoma* sp.

Enmascaramiento de síntomas o latencia

El desarrollo de síntomas depende del huésped, del patógeno y de las condiciones ambientales. Por esto, se encuentran plantas susceptibles que no presentan síntomas. Si esta ausencia es permanente se conoce como latencia o inapariencia permanente. Esto, en ocasiones puede ser contraproducente para programas de mejoramiento, ya que cuando no se hace selección en el lugar adecuado, se pueden seleccionar materiales equivocados.

Alteraciones causadas por virus

Macroscópicas

Desviaciones de color.



Aclaramiento de nervaduras

El color de las venas es más claro que lo normal, es un síntoma fugaz y comúnmente precede a mosaicos.

Mosaico o moteado

Son alternancias de áreas de diferente color, áreas cloróticas en las hojas, dejando porciones de tejido normal a modo de islas o manchas. En el moteado, los bordes de las áreas pálidas están mejor definidas que en los mosaicos. Se pueden presentar mosaicos asociados con las venas: bandeamiento de venas, cuando hay tejido claro u oscuro a los lados de las nervaduras principales. Por último, en el mosaico intervenal, el tejido claro está restringido al área entre las venas principales de la hoja.

Amarillamientos

Cuando hay pérdida de clorofila en forma continua en toda la planta, además, se presenta incremento de carotenos y xantofilas. Se pueden presentar variaciones como las siguientes. Clorosis: el color verde normal, no es uniforme en el follaje; generalmente comienza en la parte apical de la planta. Cálico: Son áreas grandes de color amarillo brillante con bordes irregulares dispersos en todo el follaje. Aucuba: Son manchas pequeñas, a veces redondeadas, distribuidas en forma irregular en las hojas. Modelos en amarillo: Presencia de líneas amarillas con formas definidas, tales como anillos, arcos y líneas sinuosas. Amarillamiento de venas: Coloración amarillo brillante en las venas, lo cual contrasta fuertemente con el color verde de la hoja. Pigmentación anormal. La producción excesiva de algunas sustancias y su translocación irregular: antocianescencia y bronceamiento.

Desviaciones de forma, tamaño y textura

- Hojas pequeñas. El tamaño de las hojas de las plantas enfermas es pequeño cuando se compara con el de plantas sanas.
- Enrollamiento. Es un enrollado severo y hacia arriba de los folíolos que tiene como eje la vena central.
- Encrespamiento. Las márgenes de la hoja muestran apariencia ondulada. Está comúnmente asociado con mosaicos y moteados.
- Deformación. Las hojas pierden su forma normal por elongación o ensanchamiento de la lámina.
- Rugosidad. La superficie de la hoja es irregular, debido a la presencia de llagas o al crecimiento desproporcionado de las venas y láminas.
- Hojas coriáceas. Los folíolos se rajan fácilmente y crujen cuando se aprietan con los dedos.
- Enación. Es el crecimiento exagerado de los tejidos, especialmente a lo largo de las venas principales.
- Desviaciones en el ángulo de inserción de las hojas. Erectez y epinastia.
- Necrosis foliar
- Necrosis apical. Empieza en el ápice de las plantas y en los extremos de las ramas, al final puede afectar toda la planta.
- Necrosis sistémica. Se refiere a estrías necróticas, manchas o anillos distribuidos en el follaje, sin un patrón definido.
- Necrosis de venas. Necrosis sistémica de las venas, se observa principalmente en el envés de las hojas.
- Desviaciones del aspecto general de la planta
- Enanismo. Plantas con este síntoma emergen tardíamente y son más pequeñas que las sanas.





- **Detención del crecimiento.** Puede ser confundido con enanismo, pero las plantas no muestran deformación. Al parecer casi todas las enfermedades virales ocasionan también cierto grado de disminución en el rendimiento total y a veces el período de vida se acorta. Estos efectos pueden ser severos y fáciles de observar o pueden ser muy poco significativos y pasar inadvertidos con facilidad.
- **Debilidad.** Los tallos son delgados y débiles e incapaces de soportar el follaje.
- **Arrosetamiento (bouquet).** Las hojas son pequeñas y severamente encrespadas o rugosas, y crecen reunidas en ápículos terminales sobre el tallo.
- **Escoba de bruja.** Proliferación de ramas axilares en los tallos principales. Está asociada con clorosis, reducción del tamaño de las hojas y detección del crecimiento.
- **Alteraciones macroscópicas en los tubérculos.** Son desviaciones de la forma, textura, tamaño, entre otros. Se pueden mencionar varias alteraciones de esta tipo.
- **Tubérculo ahusado.** Disminución gradual del diámetro de los tubérculos.
- **Elongación.** Los tubérculos muestran el mismo ancho en toda su longitud, pero son más alargados de lo normal.
- **Tubérculos aéreos.** Tubérculos producidos en las axilas de las hojas.
- **Sobrecrecimiento.** Este síntoma representa abultamientos de las yemas de los tubérculos o desarrollo de otros tubérculos sobre el tubérculo principal.
- **Rajaduras.** Los tubérculos pueden presentar rajaduras superficiales o profundas.
- **Flacidez.** Los tubérculos se tornan blandos debido al cese repentino de la acumulación de almidón.

Transmisión de los virus

Los virus que infectan a las plantas no las abandonan espontáneamente. Pueden ser diseminados por el viento, el agua, la savia o en los restos de plantas. En la naturaleza los virus se pueden transmitir de tres maneras diferentes, que se señalan a continuación.

Por contacto de plantas infectadas con plantas sanas. A través de la maquinaria agrícola contaminada, las manos de los operarios o animales. Requiere de partículas muy estables y alta concentración en los tejidos. La transmisión por injerto se considera por contacto.

Por organismos asociados de manera específica. Tales como los vectores que pueden ser insectos, ácaros, nematodos u hongos. Las plantas parásitas como la cúscuta no se consideran vectores, porque realizan una transmisión pasiva.

Por partes de la planta usadas para la propagación como la semilla y los tubérculos.

Transmisión por contacto entre plantas

Ocurre cuando las heridas en las plantas infectadas liberan savia que puede contaminar las heridas de las plantas sanas. Mientras más alta sea concentración del virus en la savia, más eficiente es la transmisión, además, la planta receptora debe ser susceptible. Los virus PVX, PVS, APLV, APMV y el PSTVd, se transmiten por contacto. También ocurre transmisión por contacto entre raíces de plantas sanas y enfermas; por rozamiento entre follaje de plantas sanas e infectadas y por contacto entre tubérculos durante el almacenamiento.

Transmisión mecánica

El virus contamina de forma pasiva cualquier agente externo que pueda tener contacto con una planta sana. Las personas pueden diseminar los virus mecánicamente cuando manejan plantas sin tomar precauciones de higiene o accidentalmente, al frotar las plantas con ropa

contaminada. Los animales también pueden diseminar los virus de la misma forma, igualmente la maquinaria agrícola es un agente diseminador; el PVX se transmite de esta forma.

Transmisión por injerto

Experimentos han demostrado que el injerto es el único método que permite la transmisión de prácticamente todos los virus y agentes similares, tales como MLO y tiroides. Se requiere cierta compatibilidad entre el patrón y la púa.

Transmisión por vectores

De los 32 órdenes que componen la clase Insecta, ocho poseen vectores de virus. Entre los insectos que transmiten virus de papa, el orden Homoptera, que incluye los áfidos y los saltahojas, es el más importante y abundante. Se considera que unas 193 especies transmiten por lo menos un virus; los crisomélidos, las moscas blancas, las cochinillas y los trips, también pueden transmitir virus.

Transmisión por nemátodos

Las enfermedades virales transmitidas por nemátodos, no son numerosas en la papa. El TRV es transmitido por *Trichodorus sp.*, el TRSV por *Xiphinema amaricanum* y el ToBRV por *Longidorus sp.*

Transmisión por hongos

El PMTV y TNV son transmitidos por *Spongospora subterranea* y *Olpidium spp.*, Respectivamente.

Transmisión por semilla y polen

Es también conocida como transmisión vertical. En papa es recomendable que los experimentos de transmisión por semilla se realicen en plantas con infección secundaria del virus y no en plantas con infección primaria. Solamente se ha verificado que el viroide PSTVD y el PVT son transmitidos por semilla y polen.

Transmisión por ácaros

Se ha demostrado que nueve virus son transmitidos por ácaros de la familia Eriophyidae, además, de un ácaro de la familia Tetranychidae que transmite el PVY.

Defección de los virus

Una vez se ha establecido que un virus es la causa de una enfermedad, se requiere de una serie de pruebas para su identificación. La gama de hospederos del virus en los que induce síntomas, así como los tipos de síntomas producidos, son útiles para diferenciar un virus de otro. Los estudios de la transmisión de los virus deben indicar si se transmite mecánicamente y a qué hospedantes afecta o si necesita de vectores y cuáles son; cada propiedad es útil para caracterizar el virus. Propiedades como el punto de inactivación térmica, longevidad *in vitro* y punto final de dilución, pueden utilizarse para la identificación de algunos virus. En caso de que en esta etapa se sospeche la identidad de algún virus, se deben aplicar pruebas serológicas y si estas resultan positivas, puede darse una identificación tentativa del virus. La observación del virus al microscopio electrónico y su inoculación en ciertas especies vegetales, con frecuencia es suficiente para identificarlo de manera tentativa. Igualmente, se pueden detectar e incluso identificar los virus de RNA en plantas mediante el aislamiento y análisis por electroforesis de su dsRNA.

Métodos de control

Las enfermedades virales no pueden ser controladas por métodos curativos, como en el caso de las enfermedades fungosas; los métodos preventivos de control a ser aplicados dependen mucho del conocimiento de las diferentes enfermedades y de los factores ecológicos que determinan su prevalencia. En la papa, se conocen dos formas de control preventivo de los virus: la producción de semilla libre del patógeno y el desarrollo de variedades resistentes.



Producción de semilla

La producción comercial exitosa del cultivo de la papa sólo es posible mediante la producción de semilla libre de virus o con una baja proporción de plantas infectadas. Algunas alternativas para mantener la semilla libre son la selección positiva y negativa, el descarte o *rouging*, tipos o categorías de semillas, niveles aceptables o tolerancias de infección viral y erradicación de virus por termoterapia y cultivo de tejidos.

Resistencia genética

En el caso de la papa y los virus, algunas especies y variedades son refractarias a la infección y reducen la multiplicación del virus, otras son tolerantes a la infección, pueden localizar la infección en tejidos necróticos o cloróticos, o son extremadamente susceptibles a los virus. Las principales ventajas de la resistencia genética radican en el hecho de ser heredable, no ser dañina al medio ambiente y tener pocos efectos indeseables en el huésped.

Tipos de resistencia

En papa se ha identificado una serie de reacciones controladas genéticamente frente a una infección con virus. Las principales son: resistencia a la infección, resistencia a la multiplicación, hipersensibilidad, tolerancia y resistencia al vector. La inmunidad o resistencia extrema, aparentemente es el resultado de la combinación de los diferentes mecanismos que actúan en los otros tipos de resistencia.

Tabla 2. Genes de resistencia los virus de la papa.

Especie	Genes	Tipo de resistencia	Virus o víroide
<i>S. tuberosum</i>	Nx tbr (Nx)	H	PVX grupos 1, 3
<i>S. sparsipilum</i>	Nx spl	H	PVX grupos 1, 3
<i>S. tuberosum</i>	Nb tbr	H	PVX grupos 1, 2
<i>S. chacoense</i>	Nx chc	H	PVX todos los grupos
<i>S. acaule</i>	Rx acl	RE	PVX menos HB
<i>S. andigena</i> USDA 41956	Rx adg	RE	PVX menos HB
<i>S. haugasii</i>	RY hou	RE	PVY todas las cepas
<i>S. andigena</i>	RY and	RE	PVY todas las cepas
<i>S. acaule</i> OCH 13823/24	Oligénica	Rm	PLRV
<i>S. brevidens</i>	Poligénica	ri, rm, vr	PLRV
<i>S. tuberosum</i>	Poligénica	RE	PVS
<i>S. andigena</i>	RS and	RE	PVS

Situación de los virus de papa en Colombia

Colombia tiene un Programa Nacional de Certificación de Semilla de Papa, dirigido por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, el cual ha sido reconocido a nivel internacional, por implementar y reglamentar todos los mecanismos fitosanitarios y comerciales que permiten al productor nacional disponer de material de siembra sano y confiable. Una de las principales características del Programa es su constante actualización respecto a la presencia de nuevas enfermedades cuarentenarias y a la normatividad que rige esta reglamentación. En la tabla 3 se presentan los niveles de tolerancia mínima permitida de porcentaje de virus en cada categoría de semilla producida.

Tabla 3. Tolerancias mínimas a enfermedades virales en Colombia

Virus	Estado	S. élite	Élite	Básica	Registrada	Certificada
PLRV, PVY, PVX, PVS	F	0	0	1	2	5
PVVV	F	0	0	0	1	1



Enfermedades de origen viral más comunes en Colombia

Las características de los principales virus que afectan al cultivo, en condiciones de la zona papera Colombiana, se enuncian a continuación.

Enrollamiento, enrollado de las hojas

Agente Causal: *Potato Leafroll Virus* (PLRV)

El enrollamiento de las hojas de papa ocasionado por virus es una de las enfermedades más importantes del cultivo de la papa. Tiene distribución universal. Se transmite en el campo únicamente por medio de áfidos o pulgones.

Síntomas

La enfermedad produce síntomas primarios, cuando se transmite directamente en el campo, y secundarios al sembrar semilla infectada con el virus.

Los síntomas primarios se manifiestan después que las plantas sanas han sido picadas por pulgones virulíferos provenientes de plantas afectadas por el virus y se hacen evidentes en las hojas jóvenes, que se muestran erectas, enrolladas y pálidas (Figura 1A). 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 que la planta emerge a partir de una papa infectada. Las hojas inferiores se muestran enrolladas (Figura 1B) y las hojas superiores tienen un color más claro. En general, las hojas se muestran rígidas y coriáceas y al tocarlas con la mano producen sonido crocante como de papel.



Figura 1. Síntomas de PLRV en plantas de papa. A. Planta afectada por PLRV. B. Síntomas primarios de PLRV.

Prevención

- Uso de semilla certificada o libre de la enfermedad.
- Uso de variedades resistentes.
- Control de pulgones con insecticidas sistémicos en la bodega o silo rústico y en el campo.
- Tratamiento de papas enfermas con termoterapia.

Mosaico rugoso

Agente causal: *Potato Virus Y* (PVY)

El PVY se considera uno de los virus más importantes de la papa, debido a que se disemina fácilmente y cuando está mezclado con otros virus, puede disminuir el rendimiento del cultivo hasta en un 80%. Es diseminado ampliamente por áfidos e inoculación mecánica. Su



corto tiempo de adquisición e inoculación es característico de la transmisión no persistente por *Myzus persicae* u otros áfidos.

Síntomas

La severidad de los síntomas en el follaje de la papa difiere ampliamente en relación con la raza (strain) y la variedad del cultivo, desde síntomas leves hasta necrosis graves 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 enanas, de hojas encarrujadas y moteadas (Figura 2), a veces se produce necrosis en las nervaduras de hojas y en los tallos.



Figura 2. Síntomas de mosaico rugoso

Prevención

- Uso de semilla certificada o libre de la enfermedad.
- Uso de variedades resistentes.
- Eliminación de plantas enfermas.
- Evitar altas poblaciones de pulgones en la bodega y en el campo mediante el control biológico o la aplicación de insecticidas específicos.
- Evitar la manipulación de plantas sanas después de manipular plantas enfermas.

Mosaico Latente o Mosaico Suave

Agente causal: *Potato Virus X* (PVX)

La enfermedad tiene distribución mundial, se disemina fácilmente en el campo por rozamiento entre plantas sanas y enfermas. Puede disminuir los rendimientos hasta en un 15%. Cuando está mezclado con otros virus puede reducir considerablemente el rendimiento.

Síntomas

La enfermedad puede ser del tipo latente, es decir, que no muestra síntomas evidentes en el follaje, con excepción de una ligera reducción



Figura 3. Síntomas de PVX

del vigor de la planta, puede también inducir mosaico rugoso con enanismo de la planta y reducción del tamaño de las hojas (Figura 3). Durante mucho tiempo se consideró como inofensivo. En combinación con otros virus puede provocar encarrujamiento, rugosidad o necrosis y afectar considerablemente el rendimiento.

Prevención

- Uso de semilla certificada o libre del virus.
- Evitar el contacto con plantas infectadas con el virus y evitar el contacto de tubérculos afectados con sanos en la bodega o lugar de almacenamiento.
- Uso de variedades resistentes.
- Eliminación de plantas con síntomas.
- Se recomienda lavar con jabón antes de tocar las plantas sanas al manipular plantas enfermas.

Amarillamiento de venas de la papa

Agente causal: *Potato Yellow Vein Virus* (PYVV)

Este virus es transmitido por la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) (Figura 4A), cuando se alimenta en una planta de papa enferma con amarillamiento y luego se alimenta en una planta sana. Inicialmente la enfermedad estaba circunscrita al Norte del Ecuador y al departamento de Antioquia en Colombia. En la actualidad, se ha reportado su presencia en toda la zona papera colombiana y en otros países como Perú y Venezuela.

Experimentos llevados a cabo en condiciones de campo del Centro de Investigación La Selva de CORPOICA, localizada en Rionegro, Antioquia, Colombia, a una altura de 2,150 m.s.n.m. y una temperatura promedio de 17 °C, determinaron una pérdida en el rendimiento del 28%, en parcelas sembradas con semilla de papa de la variedad Diacol Capiro procedente de plantas sintomáticas.

Síntomas

Los síntomas primarios de la enfermedad se manifiestan en forma de aclareo de las venas secundarias y terciarias de las hojas superiores, luego el color de las venas se torna amarillento y se notan los espacios intervenales de color verde, con frecuencia los síntomas se inician en los bordes de las hojas (Figura 4B). Cuando se siembra semilla infectada por el virus PYVV, los síntomas secundarios, en este caso, comienzan como pequeños puntos

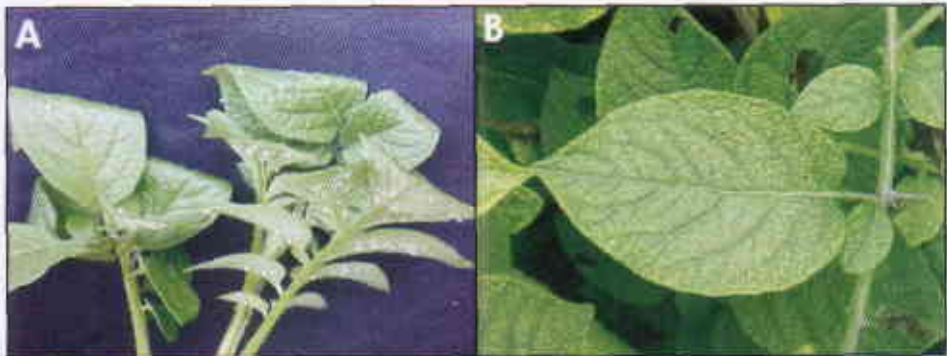


Figura 4. A. Mosca blanca alimentándose en papa. B. Síntoma primario del PYVV



amarillos en el limbo de la hoja que posteriormente aumentan en número y tamaño hasta juntarse y se aprecian nuevamente las venas amarillas y los espacios intervenales verdes. Cuando el ataque es muy severo y la variedad muy susceptible, el amarillamiento invade la totalidad de la hoja. El amarillamiento va desde amarillo intenso al principio, hasta claro y opaco al final del cultivo (Figuras 5A y 5B). Parece ser que la enfermedad es favorecida por las épocas de días largos y soleados.



Figura 5. Síntomas del virus PYV. **A.** PYV amarillo intenso. **B.** PYV amarillo pálido

El virus se puede encontrar en forma asintomática en algunas malezas como el Barbasco (*Polygonum segetum* H.B.K.), lengua de vaca (*Rumex obtusifolium* L.), corazón herido (*Polygonum nepalense* Meisn.), yerbamora (*Solanum americanum*) y en plantas de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum*).

Comportamiento de la enfermedad

La enfermedad se disemina en el campo mediante varias formas que se pueden complementar. Una de estas ocurre por el uso de semilla vegetativa de papa (tubérculos, esquejes, brotes, entre otros) infectada con el virus; otra a través de su vector, la mosca blanca de los invernaderos, *T. vaporariorum*, y por último, mediante malezas que sirven como hospedantes o reservorios del virus.

La aparición de nuevas plantas sintomáticas en el campo, es directamente proporcional al número inicial de tubérculos o semillas infectados con el virus y a la población de la mosca blanca. Se ha encontrado que las épocas de sequía, durante el ciclo del cultivo de papa, favorecen el incremento de la población de mosca blanca y, por lo tanto, la diseminación de la enfermedad.

En condiciones de campo, el virus puede permanecer en forma natural en algunas malezas que no muestran síntomas, tales como el corazón herido (*Polygonum nepalense* Meisn.), barbasco (*P. segetum* H.B.K.), lengua de vaca o remasa (*Rumex obtusifolium* L.), ruda amarilla (*Tajetes* sp.) y cortejo o vinca (*Vinca rosea*).

Manejo de la mosca blanca

Una de las alternativas para el manejo de la mosca blanca es el control biológico. Se han registrado algunos enemigos naturales que ayudan al control del insecto. Igualmente, algunos factores abióticos ayudan a regular las poblaciones.

En condiciones de campo, se han encontrado algunos enemigos naturales como los parasitoides *Amitus* sp., *Encarsia formosa* Gahan, *E. pergandiella*, *Eulophus* sp., el depredador *Delphastus pusillus* Le Conte y el hongo *Verticillium lecanii* Zimm.

Encarsia formosa Gahan es un endoparasitoide solitario que ataca las ninfas de la mosca blanca. El adulto oviposita dentro de las ninfas, las cuales toman un color negro, siendo esto una señal de la acción del parasitoide. El adulto de la mosca blanca, también es depredado por *E. formosa*.

El coccinélido *D. pusillus* ha sido reportado consumiendo ninfas, pupas y adultos de la mosca blanca, pero no se alimenta de ninfas parasitadas. También se han reportado otros depredadores de ninfas y adultos de la mosca blanca, entre ellos se encuentran *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae); *Orius* sp. (Hemiptera: Anthracoridae) y *Crysopa* sp. (Crysopidae). *Verticillium lecanii* es un hongo entomopatógeno que ataca muchas especies de insectos de los órdenes Homoptera, Coleoptera y Lepidoptera.

Manejo de la enfermedad

La mejor estrategia de control del amarillamiento de venas de la papa, se fundamenta en la prevención de la enfermedad.

En el campo se pueden presentar varias situaciones.

La primera, ocurre cuando se siembra papa con destino al consumo en fresco o industrial, pero se quiere dejar semilla para otras siembras

- En este caso, preferiblemente se debe emplear semilla certificada o sana, proveniente de lotes donde no se haya observado la enfermedad.
- Revisar el cultivo semanalmente y cuando aparezcan plantas con síntomas, si son pocas inmediatamente retirarlas del cultivo y destruirlas.
- Controlar las malezas hospederas del virus, tales como el corazón herido (*Polygonum mepalense* Meisn.), barbasco (*P. segetum* H.B.K.), lengua de vaca o remasa (*Rumex obtusifolium* L.), ruda amarilla (*Tajetes* sp.), cortejo o vinca (*Vinca rosea*), batatilla (*Ipomoea trifida* (H.B.K.)), *G. cardamine* (*Cardamine flacida*), cenizo (*Gomochaeta americana* Mill), diente de león (*Cacelia sonchifolia* L.), nudillo (*Panicum zizanoide* H.B.K.), uchuva (*Physalis peruviana* L.), venadillo (*Erechites valerianifolius*), yantén liso y peludo (*Plantago major* L.), yerbamora (*Solanum americanum* L.) y curazao o veranera (*Bougainvillea glabra*), porque éstas mantienen el virus en forma latente.
- Sembrar el cultivo retirado de lotes de frijol, uchuva, tomate de mesa, tomate de árbol, ya que éstos son hospederos principales de la mosca blanca que es el único vector conocido del virus.
- Cuando se presenta una alta cantidad de plantas con síntomas que no se eliminan en cultivos comerciales, se recomienda no dejar semilla de estos lotes y destinar toda la producción para el consumo en fresco o la industria. La otra situación se produce cuando el cultivo de papa está destinado para la producción de semilla.
- En este caso se debe sembrar semilla de la categoría básica o registrada, por lo tanto libre de la enfermedad.
- Sembrar en lotes nuevos y aislados de cultivos hospederos de la mosca blanca.
- La mosca blanca tiene muchos enemigos naturales, por lo cual, en lo posible, se recomienda no hacer control químico de la plaga para mantener el equilibrio natural.
- Revisar el cultivo al menos una vez por semana. Se debe tener en cuenta que se puede presentar plantas enfermas que no muestran síntomas del virus.
- Controlar las malezas hospederas del virus (enunciadas anteriormente), con lo cual se reduce la posibilidad de infección.
- Defoliar el cultivo después del llenado de los tubérculos para evitar las moscas blancas y áfidos que pueden transmitir otras enfermedades víricas.



Nombre Archivo: 64855.pdf. Extens. Archivo: pdf. Medida Archivo: 25026 K
