



ENFERMEDADES EN ESPECIES DE IMPORTANCIA ECONOMICA EN
COLOMBIA TRANSMITIDAS POR HONGOS VECTORES DE PARTICULAS
VIRALES

NATHALIE RODRIGUEZ PAIPILLA

MONOGRAFIA

Presentada como requisito parcial
Para optar el titulo de

Microbióloga Agrícola y Veterinaria

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE MICROBIOLOGIA AGRICOLA Y VETERINARIA
Bogotá, D.C. junio 2012

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION	3
2. JUSTIFICACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo general.....	4
3.2. Objetivos específicos	4
4. METODOLOGIA.....	4
5. RESULTADOS	4
6. CONCLUSIONES.....	19
7. RECOMENDACIONES	19
8. BIBLIOGRAFIA	19

1. INTRODUCCION

En Colombia existe un gran número de especies cultivadas que son de gran importancia para la economía del país entre ellas se encuentran las hortalizas que son un conjunto de plantas cultivadas para alimento, en las cuales están incluidas las verduras y las legumbres. Poseen una alta cantidad de agua y poseen un gran número de vitaminas y minerales importantes para la salud humana y animal. Los árboles frutales son aquellos que son capaces de producir frutas el cual se denomina a un fruto carnoso o fruto seco, son aptos para el consumo y poseen grandes cantidades de minerales y vitaminas.

Las plantas ornamentales son aquellas que se cultivan y se comercializan como decorativas, por sus múltiples generalidades, tienen un gran valor económico en la sociedad (Conti, 2001 y Agrios, 2005)

En la siguiente revisión bibliográfica, se reunirá información sobre la transmisión de virus que tienen como vector a los hongos en plantas que son destinadas al comercio nacional o internacional permitiendo ingresos a los productores y generación de divisas para el país.

2. JUSTIFICACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia no se encuentra información suficiente sobre estudios sobre la incidencia y severidad de las enfermedades de origen viral que afectan especies que son cultivadas en el país, desconociéndose en varios de los casos su forma de transmisión que permita implementar medidas de manejo integrado para disminuir las pérdidas en producción y en la calidad del producto comercializado.

Sin embargo, si existe numerosas investigaciones a nivel internacional, donde se han hecho estudios en diferentes países en cuanto respecta a una de las formas poco frecuentes de transmisión de las enfermedades de origen viral a través de hongos inferiores que habitan en el suelo y que tienen la capacidad de ocasionar en forma independiente alteraciones en el funcionamiento de las plantas.

Por lo anterior se hace necesario conocer las principales enfermedades que se presentan en las especies cultivadas en Colombia y que son de importancia económica, mediante una recopilación bibliográfica sobre los estudios relacionados con el tema, que además involucre la descripción de los síntomas asociados, el rango de hospedantes y las principales características que permitan sugerir medidas de manejo preventivo e iniciar nuevos trabajos de investigación.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Recopilar información bibliográfica de bases de datos, libros y revistas sobre la transmisión por los hongos *Polymyxa*, *Spongospora* y *Olphidium* de virus pertenecientes a las familias más representativas que se presentan en las plantas cultivadas en Colombia y en el exterior.

3.2. Objetivos específicos

- Conocer por medio de la bibliografía recopilada sobre el papel de los hongos del suelo en las enfermedades de origen viral que se presentan en los cultivos de Colombia y el exterior.
- Conocer mediante información recopilada los principales síntomas, rango de hospederos y mecanismos que utiliza el patógeno de origen viral para transmitir la enfermedad.

4. METODOLOGIA

Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos de la Pontificia Universidad Javeriana en las cuales se indagó información sobre virus transmitidos por hongos, una vez encontrados se procedió a buscar artículos relacionados con el tema propuesto en la monografía.

Para mas recopilación de información se procedió a buscar información bibliográfica en revistas tales como: American Phytopathological Society en la cual se buscaron artículos científicos publicados en las revistas, Phytopathology y Plant Disease, que se constituyeron en las principales fuentes de búsqueda.

5. RESULTADOS

Virus

Son patógenos infecciosos diminutos solo se pueden ver a través de un microscopio electrónico de luz. Las formas más simples de los virus contienen una porción de ácido nucleídeo y una cubierta proteica, y algunas partículas virales

poseen una cubierta de lípidos y proteínas. Los virus portan información genética en sus ácidos nucleicos, para lo cual codifican a 3 o más proteínas, se les conoce por ser parásitos obligados ya que dependen de un hospedero para sobrevivir y reproducirse (Gergerich, 2008).

Los virus representan una forma de vida diferente a otros organismos vivos, no son celulares, ellos se organizan a partir de sus propios componentes estructurales, no pueden ser mantenidos en medios de cultivo, necesitan de otro organismo para su transmisión y diseminación (Gergerich, 2008).

Hay varios tipos de viriones el helicoidal en donde el ácido nucleico está organizado y toma la misma forma helicoidal de la capsida, el otro tipo de partícula viral es la icosaédrica o redonda donde también ocurren viriones gemelos que se unen y forman un círculo con una ligera constricción en su parte media. En algunos casos, contar con un solo genoma resulta favorable para desarrollar una enfermedad ya que una sola partícula puede infectar y en otros no, dado que el genoma no puede variar y de esta manera dar origen a nuevas cepas del virus (Gergerich, 2008).

Los virus no se dividen ni poseen estructuras de reproducción como en otros organismos, su forma de propagarse es por medio de inducir las células hospedantes para que ellas formen más partículas virales, ellos no producen enfermedades al consumir células por medio de toxinas como lo realizan otros organismos, sino con sustancias celulares alteran el metabolismo del hospedero ocupando los espacios libres y alterando los componentes celulares. (Agrios, 2005)

Las características más importantes de los virus son su variabilidad, la gama de huéspedes y las vías de transmisión. Entre mayor sea su variabilidad tiene más amplia capacidad para poderse adaptar a nuevos ambientes y hospederos (Agrios, 2005 y Conti, 2000).

Virus - planta

La mayoría de los virus vegetales son transmitidos de una planta infectada a una planta sana por medio de un vector, por lo que la infección se da cuestión de minutos, horas o días, algunos virus son propagados cuando las plantas se reproducen vegetativamente, es decir por medio de tubérculos, injertos o de manera vertical por medio de las semillas o polen. La interacción entre el virus y su vector específico da como resultado una transmisión viral, es por esto que los virus pueden infectar todas las especies de las plantas cultivadas y silvestres,

aunque los rangos de hospederos sean variables, dependiendo el virus y las condiciones ambientales en las cuales se encuentren (Conti, 2000).

De acuerdo con el mismo autor los vectores son el medio más común de transmisión de los virus en las plantas, se les conoce como parásitos porque causan lesiones en los tejidos o cuando los insectos se alimentan de los tejidos vegetales. En el caso de los hongos durante el ciclo de la enfermedad, el microorganismo desarrolla las estructuras de reproducción o las zoosporas, que infectan el sistema radical de las plantas, produciéndose un periodo de latencia que se da cuando el vector se alimenta y adquiere el virus (Conti, 2000).

Los virus hacen que disminuya la fotosíntesis de la planta al reducir el nivel de clorofila por hoja, la eficiencia que tiene esta molécula fotosintética y el área foliar por planta. Los virus disminuyen el crecimiento por medio de las hormonas; la respiración en plantas aumenta significativamente al ser infectadas por un virus. Cuando infectan las plantas casi nunca abandonan la planta, por esto son diseminados por el viento o agua y no producen infecciones a menos que entren en contacto con los contenidos de las células vivas (Agrios, 2005)

Los hongos se reproducen mediante esporas, las cuales son estructuras reproductoras o para su propagación, constan de una o varias células. En los hongos inferiores las esporas asexuales se forman en el interior de un saco denominado esporangio y se diseminan en el momento que se rompe la estructura; algunas de estas estructuras se mueven mediante flagelos y se les denomina zoosporas. (Agrios, 2005)

La transmisión de los virus mediante hongos se produce por adherencia de las partículas virales sobre las superficies de las zoosporas o retención en el interior de ellas permaneciendo activos en los suelos durante meses o aun sin vegetación (Gergerich, 2008 y Xu, 2008).

Dentro de los hongos vectores de partículas virales se han identificado los géneros *Olphidium*, *Polymyxa* y *Spongospora* como los más conocidos y que causan importantes enfermedades en los cultivos, se les considera hongos inferiores y son parásitos obligados. Pertenecen a una sola familia y causan distintas enfermedades, pero actúan de igual manera y poseen un ciclo de vida similar.

Clasificación taxonómica de los hongos vectores (Agrios, 2005)

Reino: *Protozoa*

Phylum: *Mixomycota*: forman un plasmodio o estructura parecida a un plasmodio

Clase: *Mixomycota*: carecen de micelio. Su soma es un plasmodio amorfo y desnudo

Orden: *Plasmodiophorales*: los plasmodios se forman en el interior de las células de las raíces y tallos de las plantas. Producen zoosporas que tienen dos flagelos

Familia: Plasmodiophoromycetes

Género: *Polymyxa*: parasita al trigo y a otros cereales

Spongospora: causa la sarna polvorienta de los tubérculos de papa

Phylum: *Mastigomytina*: producen zoosporas

Clase: *Chytridiomycetes*: tienen un micelio redondeado o alargado que carece de septos

Orden: *Chytridiales*: tienen pared celular pero carecen de un micelio verdadero; la mayoría de ellos forma un rizomelio. Sus zoosporas tienen un solo flagelo.

Género: *Olpidium*: parasita raíces de la col y de otras plantas

Producen protoplastos multinucleados y sin pared celular al cual se le denomina plasmodio, el cual no es capaz de moverse y no realiza la fagocitosis, se encuentra únicamente en las células del hospedero. Estos hongos son mucilaginosos y endoparásitos de plantas vasculares, en algunas plantas pueden causar hipertrofia o hiperplasia de las células del hospedero.

Ciclo de vida: el hongo produce zoosporas con dos flagelos insertados en la parte anterior de la zoospora, estas son capaces de infectar la planta, se adhieren a la raíz y los flagelos se retraen y hay un enquistamiento de la espora. Dentro de la zoospora existe una cavidad tubular en donde se encuentra una estructura como una espina la cual perfora la pared del hospedero y el protoplasto del quiste pasa al interior de la célula.

En el hospedero aparecen plasmodios que aumentan de tamaño por una unión entre ellos, cuando el plasmodio alcanza un tamaño adecuado se divide y da lugar a los zoosporangios, en ellos se producen zoosporas las cuales se descargan en el tejido de la planta para realizar la infección. Algunas zoosporas se enquistan y sobreviven largo tiempo en el suelo (Pérez, 2010).

Las esporas de reposo de *Olpidium* pueden sobrevivir durante muchas décadas en la naturaleza es el caso de las esporas de resistencia que poseen en su interior

el virus; por esta razón la erradicación del virus y la enfermedad se hace muy difícil y por lo general se hacen permanentes (Rochon, 2004)

El control es difícil porque *Ospidium* infecta a una gran variedad de especies de malas hierbas que pueden actuar como hospederos, varias especies de *Ospidium* afectan diferentes cultivos tales como pepino, lechuga, zanahoria y brócoli. (Hartwright, 2010)

En estudios realizados por Díaz (2003) y Akita (2010) con el hongo *Ospidium borovanus*, el cual es el vector del virus de las manchas necróticas del melón, que afecta exclusivamente a especies de la familia Cucurbitáceas, las plantas presentan manchas necróticas o lesiones grandes necróticas en las hojas y tallos, al ser un virus endémico se encuentra en todos los cultivos del mundo.

En estudios realizados por Smith (2011) se conoció, la naturaleza de *Polymyxa spp.*, y las interacciones que tiene con las plantas, de esta manera se utilizó la especie *Arabidopsis thaliana* la cual tiene unas importantes características para su uso en investigación como un tiempo de germinación más corto, gran número de progenie, capacidad de crecer en espacios reducidos y facilidad de transformación genética, por esta razón se prefirió utilizar esta planta, ya que las raíces de los cereales es difícil visualizar el microorganismo por microscopía electrónica por su diámetro grueso, a diferencia de *Arabidopsis*.

En estudios realizados por Ward (2004) se observó que *Polymyxa* es un organismo infectivo de la raíz y se ha encontrado en muchos cereales y pastos del mundo, sobrevive en el suelo por medio de grupos de paredes gruesas de esporas de resistencia, la cual germina para producir zoosporas biflageladas que infectan la epidermis de las plantas en su raíz, en la célula infectada el citoplasma es convertido en un saco multinucleado irregular llamado plasmodio y de este se genera los zoosporangios.

GENERO:

VIRUS DE LA VENA NECROTICA AMARILLA DE LA REMOLACHA (BNYVV)

Enfermedad conocida como rizomanía, en su rango de hospederos se encuentran las especies, remolacha (*Beta vulgaris*) y espinaca (*Spinacia oleracea*). Es una enfermedad que causa más pérdidas económicas, se ha detectado a nivel mundial en los cultivos de remolacha azucarera, los síntomas más comunes en Europa son el atrofiamiento de la raíz principal, pudrición y pequeñas raicillas y hojas

amarillentas lo que le dio el nombre de venas amarillas el termino de rizomania se debe a que en la raíz es donde hay mayor concentración del virus (Barr, 1996; Belén, 1999; Mehrvar, 2009)

La enfermedad se observo por primera vez en 1959 los casos observados se presentaron al norte de Italia, siendo un gran problema dado que fue necesario que varios cultivos fueron abandonados, el primer síntoma de la enfermedad rizomanía es la presencia de parches color verde o amarillo distribuidos de forma irregular en el campo. Las plantas individuales muestran proliferación de raíces fibrosas alrededor de la raíz. (Mcgrann, 2009)

Transmisión:

Se da por el hongo vector *Polymyxa betae*, que pertenece a los *Plasmodiophorales*, el cual es un parasito obligado, que durante su ciclo biológico forma estructuras de resistencia conocidas como cistosoros o esporas que pueden sobrevivir en el suelo por mucho tiempo sin necesidad de un huésped vivo y cuando las condiciones le permiten parasitar las plantas hospederas, produce zoosporas, las cuales inician el ciclo de una enfermedad (Verchot, 2007; Kingsnorth, 2003; Wang 2011)

El patógeno también puede transmitirse por inoculación mecánica, sin embargo la enfermedad no se transmite por contacto entre plantas por semilla o polen (Adams M.J. 1990 y Akca, 2005).

Síntomas:

En las hojas se observa una clorosis generalizada y un porte erecto de apariencia coriácea, acompañadas de marchitamiento repentino. En el sistema radical se observa proliferación de raíces, y la principal puede presentar un oscurecimiento en el anillo vascular. También puede observarse deficiencias nutricionales especialmente de microelementos (Koenig, 2000)

En algunas plantas se presentan decoloraciones amarillentas de las nervaduras, aunque este síntoma no es característico en todas las plantas (Manzano, 2000).

Para diagnosticar esta enfermedad se realizan inoculaciones en plantas indicadoras como *Chenopodium quinoa* y se estudian los síntomas de las plantas enfermas, a las cuales se les realizan pruebas inmunológicas como ELISA, PCR. Por medio de estos estudios se ha podido identificar que el virus es un furovirus el cual se divide en dos fragmentos de viriones ya que su composición es diferente en el ARN lo cual permite que se puedan separar y tener una caracterización específica de actividades para la enfermedad. En estudios realizado por Belén

(1999), en España, se analizó el virus mediante la reacción de la cadena de la polimerasa con transcripción inversa; utilizando 36 muestras de remolacha de 3 zonas diferentes.

Los resultados fueron positivos para la detección de rizomanía mediante la prueba de ELISA, luego mediante la prueba de IC-RT-PCR confirmaron que se trataba del virus BNYVV dado que, el tamaño de las bandas eran los esperados para el virus.

Mediante estas pruebas se pudo confirmar la existencia del virus BNYVV en las remolachas azucareras infectadas de forma natural y en las hojas inoculadas; no se encontró diferencia en tamaño de las hojas infectadas con respecto a las que eran de manera natural.

Sin embargo concluyen que la enfermedad de la rizomanía presenta unos síntomas diferentes en la zona centro de España y podrían presentarse nuevas poblaciones de este virus y sería necesario nuevos estudios.

VIRUS DE LA REMOLACHA TRANSMITIDO POR EL SUELO (BSBV)

Este virus tiene síntomas similares a la rizomanía en la remolacha azucarera el cual se describió anteriormente y algunos investigadores consideran que se trata de la misma enfermedad sin embargo las plantas enfermas no presentan síntomas secundarios, y si ocurren son leves; es transmitida por el suelo en remolacha azucarera y , el virus causante es BSBV. Covelli, 2009 y Lee, 2001 analizaron las relaciones entre la ocurrencia del virus transmitido por el suelo, su vector y las propiedades físico-químicas del suelo.

La remolacha azucarera es un cultivo de gran importancia por su producción de azúcar en las zonas templadas y se producen variedades a través de cruces entre las plantas por medio de su genotipo, realizando combinaciones provenientes de diferentes padres, es por esto que las características que más apasionan a los agricultores son el contenido de azúcar y el rendimiento de la remolacha como tal (Smulders, 2010)

En estudios realizados por Stich (2008), se habla de un marcador por el cual se puede observar una secuencia que muestra los parámetros de calidad del rendimiento del azúcar en diferentes lugares y se hizo mediante la genética de la planta, de esta manera se logró verificar el rendimiento del cultivo de remolacha azucarera, lo cual indica un problema de interés económico para los cultivadores de la misma.

Transmisión:

Se da en condiciones naturales por el vector fúngico *Polymyxa betae*, el cual es un parásito obligado y posee una estructura de resistencia llamada cistosoro por medio del cual sobrevive largas temporadas, también es transmitido por inoculación mecánica y por contacto entre plantas (Adams, 1990 y Rush, 2003 y Koenig, 2008).

Síntomas:

Las plantas infectadas presentan en su mayoría lesiones locales y anillos necróticos; en algunas especies como la remolacha azucarera se observan anillos cloróticos, en otras especies como espinaca anillos necróticos y cloróticos, y a veces manchas cloróticas en todas las hojas de las plantas enfermas (Adam, 1990 y Koenig, 2000).

En estudios realizados por Langen (2008), se menciona que BSBV infecta solamente a las especies de la familia *Chenopodiaceae* y que este virus se encuentra solo en regiones áridas donde las temperaturas alcanzan los 40°C, donde normalmente impiden una esporulación de *P. betae* y por lo tanto una infección con rizomanía. Por medio de un microscopio electrónico se detectaron las esporas de reposo en las raíces y por medio de pruebas de ELISA se diagnosticó la enfermedad, que también se detectó en las plantas que fueron inoculadas con el virus, a pesar de que no tenían una población elevada de partículas virales con respecto a las que naturalmente se encontraban enfermas.

Los residuos de las raíces de la remolacha azucarera infectadas pueden durar en el suelo por muchos años, además es necesario tener en cuenta la importancia de la interacción entre el virus y el vector para comprender la propagación de la enfermedad (rizomanía) y entender su forma de transmisión que debe analizarse principalmente por pruebas de ELISA. En esta investigación se encontró la presencia de cistosoros en las raíces de varias plantas monocotiledoneas cuando eran cultivadas en suelos donde anteriormente la enfermedad estaba presente (Langen, 2008).

De acuerdo con el estudio se observó que el pH afecta la capacidad que tiene el vector para infectar las raíces de las plantas de remolacha, se ha confirmado que para que el hongo vector actué mejor el suelo debe tener un pH neutro ya que los cistosoros se inhiben a un pH de 5,5 (Kutluk, 2010).

POTATO MOP-TOP (PMTV)

En Colombia se ha visto PMTV en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), también puede afectar plantas de las familias *Chenopodiaceae*, *Solanaceae* y *Tetragoniaceae*, entre ellas *Nicotiana* y *Chenopodium*. Es una enfermedad que puede causar pérdidas de 25% en el rendimiento del cultivo y puede llegar hasta un 70% o 80% de daño, generando pérdidas económicas importantes para la comercialización de la papa, por lo cual ha sido un problema que se ha extendido a nivel mundial (Adams, 1990 ; Gil, 2011 ; Vásquez, 2006)

Este virus fue detectado en Europa, China, Japón, Australia y en el continente Americano; fue reportada por primera vez en el norte de Irlanda en el Reino Unido por Calvert y Harrison en el año 1966 en cultivos de papa (*S. tuberosum*). En Colombia es transmitido por zoosporas de *S. subterranea*, el cual es conocido como el causante de la sarna polvosa de la papa (Wanner, 2010 y Sandgren, 2001)

Transmisión:

Se realiza por medio del hongo vector *S. subterranea* conocido como el agente causal de la enfermedad “sarna polvosa de la papa” se conoce que el virus se mantiene en las esporas del hongo, pero el virus solo no ha sido experimentalmente infectado. El virus también es transmitido por la inoculación mecánica y por injertos (Adams, 1990 y Claxton, 1996).

Síntomas:

Algunos síntomas varían según la estación del año. En algunas plantas produce enanismo y puede ser persistente, se presentan lesiones cloróticas y necróticas que se observan a simple vista: en los tubérculos se encuentran manchas, grietas y necrosis de las primeras capas, especialmente cuando las temperaturas están alrededor de 15°C. Las especies que son susceptibles a las infecciones comunes se dan en la región andina de sur América (Adams, 1990 y Nielsen, 2003 y Qu, 2007).

Presenta síntomas característicos dependiendo de la variedad del cultivo las cuales son amarillamiento foliar, anillos necróticos y en algunos cultivos se observa la presencia de cuarteamiento de los tubérculos y también se evidencia moteado, otras variedades se observan síntomas tales como enanismo y amarillamiento foliar (Gil, 2011). Este investigador menciona que en el país, los síntomas en los cultivos de papa, incluyen moteados amarillos y mosaicos en las hojas nuevas; la enfermedad parece estar presente solo en climas de temperatura muy baja y la semilla debe estar infectada también. En este estudio

no se pudo detectar el virus mediante la prueba de ELISA o RT-PCR las cuales fueron realizadas a partir de tejidos de afectados posiblemente porque PMTV se presenta esporádicamente y su distribución es altamente irregular por lo tanto no es predecible saber si se puede o no encontrar. Los bajos niveles de virus que se encontraban presento un problema para el diagnostico en este estudio ya que las características genotípicas no pudieron ser profundizadas. Por lo anterior se sugiere realizar nuevos estudios que contengan mayor presencia del virus para su detección (Gil, 2010).

En los estudios realizados con el fin de conocer las características genotípicas de las cepas virales del PMTV en Colombia, se menciona que se transmite de manera persistente por el vector y posee unas estructuras de resistencia llamadas quistosoros, dentro de las cuales las partículas virales pueden sobrevivir largos periodos, la infección se inicia cuando los quistosoros liberan las zoosporas que se adhieren a los pelos radicales e inician la penetración, después se forma un plasmodio primario multinucleado, para luego formar un zoosporangio el cual produce zoosporas secundarias que también tienen la capacidad de transmitir el virus (Gil, 2010).

VIRUS DEL ENTORCHAMIENTO DEL ARROZ O NECROSIS RAYADA (RSNV)

Esta enfermedad representa un problema socioeconómico por el gran valor que tiene el arroz en Colombia en estudios realizados por Morales se conoció la etiología de la enfermedad, asociada con un virus de origen fungoso.

El arroz es uno de los cultivos más importantes para la humanidad y se considera que es un modelo para las nuevas investigaciones genéticas a nivel molecular en plantas monocotiledoneas, los estudios recientes han proporcionado herramientas muy útiles porque utilizan su secuencia para generar un genoma de alta calidad, por lo cual se han aprovechado los avances en los cultivos y así mismo su producción, y se han generado nuevos tipos de población y son similares entre si. (Gonzalo, 2010)

Transmisión:

Es transmitido por el vector hongo conocido con el nombre de *P. graminis*, el cual posee unas estructuras de resistencia conocidas con el nombre de cistosoros, en los cuales las zoosporas pueden durar largo tiempo y cuando se encuentren las condiciones favorables para su desarrollo se producen nuevas infecciones (Adams, 1990 y Morales, sf).

Síntomas:

Se observan bandas cloróticas en el tallo y en las hojas necrosis, también se puede observar en la mayoría de las plantas un retraso del crecimiento y el síntoma principal es el enrollamiento de la hoja bandera o principal (Adams, 1990).

En estudios realizados por Morales (sf) se encontraban síntomas como fusión del tejido foliar y apariencia de un pseudotallo en el cual la hoja bandera se presenta enrollada y en forma de zigzag, en las hojas de la planta de arroz se encontraron manchas cloróticas y necróticas, deformaciones, enanismo marcado y dentro del cultivo parches de plantas muertas..

Esta enfermedad tiene síntomas similares a varias enfermedades en arroz, por lo cual es necesario realizar una serie de análisis para verificar el agente causal de la misma. La detección del patógeno en el sistema radical de las plantas se realizó mediante estudios de microscopía electrónica al observar las estructuras llamadas cistosoros en los cuales se encuentran las zoosporas que son liberadas una vez se dan las condiciones, por lo cual la conclusión del estudio realizado por Morales (sf) es que el entorchamiento del arroz es la enfermedad conocida como necrosis rayada.

En investigaciones realizadas por Carrillo (sf), se confirma la transmisión del virus del entorchamiento mediante la inoculación de cistosoros individuales del hongo vector *P. graminis*, confirmado mediante la aplicación de los postulados de Koch o pruebas de patogenicidad; en este trabajo los cistosoros fueron inoculados en plantas sanas y todas desarrollaron el mismo síntoma del entorchamiento; también se utilizó la inoculación por medio de polvo hecho con las raíces infectadas y este fue inoculado en plantas sanas y presentaron un alto grado de cistosoros en sus raíces y cuando se aumentó la concentración de inóculo, también aumentó el porcentaje de plantas con entorchamiento. De este artículo se puede concluir que *P. graminis* es el vector de la necrosis rayada del arroz o entorchamiento en Colombia

En estudios realizados sobre la misma enfermedad por Ward (1999), se tomaron extractos de tejidos infectados y se llevaron al laboratorio donde el virus fue purificado, se midió el tamaño del virus y se observaron partículas agregadas que se encontraban en el citoplasma de las células infectadas; mediante electroforesis se analizó el ADN presente en las raíces de las plantas infectadas donde se encontraron las estructuras de resistencia del hongo o cistosoros y mediante PCR se amplificó el ADN para verificar el hongo vector, a partir de esta investigación concluyeron que el entorchamiento se trata de la enfermedad de la necrosis rayada del arroz descubierta en África, tanto por el tamaño de la partícula viral

como la sintomatología, la manera de transmisión y evidentemente el hongo vector siendo posible que de esta forma se esté distribuyendo la enfermedad en varios departamentos de Colombia, y esto constituye un grave problema ya que afecta uno de los cultivos más importantes en el país, por lo cual es necesario buscar alternativas para contrarrestar esta importante enfermedad (Ward, 1999).

VIRUS DE ABULTAMIENTO DEL MANI (PCV)

Este virus se encuentra distribuido en la India donde fue encontrado por primera vez en el año 1927; en África occidental la enfermedad es conocida de gran importancia en la economía del país; dentro del rango de hospederos se encuentran las gramíneas y es un virus, puede persistir en suelos contaminados durante largos periodos. También es una enfermedad que puede tener graves repercusiones en la india y en África (Naidu, 2000)

Esta enfermedad producida en África y en la india induce síntomas similares, aunque no son idénticos; en maní las plantas enfermas muestran una atrofia severa y acortamiento de los entrenudos, también aparecen hojas de color verde oscuro de tamaño reducido y aparecen plantas agrupadas, aunque en algunos casos los síntomas suelen ser variables, dadas estas características existe un gran impacto económico afectando estos países, se ha comprobado que también pueden ser afectados por la savia o a través de la semilla, su gusto por este tipo de hospederos aunque es muy amplio prefiere plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, en este caso sorgo, cebada, trigo y caña de azúcar (Naidu, 2003)

Transmisión:

Se transmite por medio del vector *P. graminis* ya que este hongo por medio de la raíz de la planta infecta al maní o cacahuate a través de un esporangio en reposo que se mezcla con el suelo, su pH puede afectar la transmisión del virus por el vector, también se han realizado estudios para comprobar si existe alguna relación con nematodos para infectar, pero se ha descartado esta posibilidad, el virus también puede ser transmitido por inoculaciones mecánicas y por semillas (Adams, 1990).

Síntomas:

Se presentan manchas en las hojas, también en los cultivos hay presencia de parches de la enfermedad. En las hojas jóvenes de las plantas de maní se presentan moteados y anillos concéntricos, que disminuyen su tamaño afectando su desarrollo y producción (Adams, 1990).

En el estudio realizado por Reddy (sf), se evaluó la epidemiología de la enfermedad, sus principales síntomas y su transmisión; se llegó a la conclusión de que *P. graminis* se encontraba en los cultivos de maní que estaban infectados por este virus; las pruebas que se realizaron sobre plantas de maní y de trigo cultivadas en los suelos estériles, que fueron infectadas con los aislamientos del virus PCV extraídos, presente en fragmentos de raíz seca de trigo, sorgo, entre otros, que habían sido extraídas de suelos infestados por agrupamientos de *P. graminis* y se habían almacenado por varios años a temperatura ambiente.

Para estudiar el efecto de la temperatura sobre el desarrollo de la enfermedad, un grupo de plantas de trigo y cacahuates fueron sembradas en suelos infestados y luego incubadas a temperaturas constantes de 15°C y otro se incubó a 30°C durante el día, pero en la noche era de 25°C. Fueron puestos por 3 años, de esta manera se logró comprobar la transmisión del virus mediante este hongo, se concluyó que la enfermedad estaba presente en *P. graminis* y el virus crecía en suelos estériles así pasara mucho tiempo. Según Reddy (sf), los cultivos de maní que eran cultivados en la India durante las temporadas de lluvia no eran infectados por la enfermedad, pero debido a que los rangos de hospederos de *P. graminis* y el de PCV son muy amplios, persistían en el suelo durante al menos dos años aun sin tener cultivos de maní, aun cuando había rotación de cultivos para la eliminación de residuos, pero aun así no se reducía la incidencia de la enfermedad, al menos hasta pasar el tiempo requerido para que no se encontrara en el suelo.

VIRUS DEL MOSAICO LEVE DE LA CEBADA (BaMMV)

Fue reportado por primera vez en Alemania en el año 1984, en cebada *Hordeum vulgare*; es de importancia socioeconómica ya que la cebada es uno de los cultivos importantes para el consumo de la población, por lo cual es indispensable controlar la enfermedad en los cultivos afectados (Graner, 2005)

Los cultivos de cereales son importantes para la actividad socioeconómica de la mayoría de los países es por esto que se hace importante el estudio de los virus que pueden llegar a afectar estos importantes cultivos (Bass, 2006)

En estudios realizados por Kanyuka (2003) se observó una enfermedad en invierno conocida como roseta en trigo, el agente causal de dicha enfermedad no podía ser tratado en el suelo además se encontró que la enfermedad podía ser transmitida de trigo enfermo a sano por medio de la savia infectada mediante una aguja punzante, lo que demostró que era causada por un virus, después de muchos estudios y pruebas se pudo concluir que el virus que afectaba este cultivo

era transmitido por un hongo vector el cual producía problemas a nivel económico en los cultivos.

Transmisión:

Se transmite por el hongo vector conocido como *P. graminis* que es su principal forma de transmisión, aunque también se puede transmitir mecánicamente por medio de la inoculación, pero no se transmite por contacto entre plantas por semillas y tampoco polen (Adams, 1990 y Ratti, 2004).

La multiplicación del hongo en el hospedero se da por la división de un plasmodio multinucleado que desarrolla paredes gruesas y posee en su interior un zoosporangio el cual libera sus zoosporas en el suelo. Este hongo puede sobrevivir por medio de la pared resistente de las esporas en reposo o en latencia; que también desarrollaran su zoosporangio cuando encuentren las condiciones adecuadas. Pertenecen a las familias *Chytridiales*, *Olpidium* o *Polymyxa* (Jianping, 1991 y Nishigawa, 2008)

Síntomas:

En los países con estaciones los síntomas son variables, cuando se presentan los primeros días de la primavera se pueden presentar rayas amarillas y necrosis de color parduzco en los cultivos de la cebada los síntomas son más frecuentes en las vainas de las hojas jóvenes, y se observo presencia de parches necróticos alrededor de la planta (Veliceasa, 2005)

En estudios adelantados por Jianping (1991) se colectaron algunas muestras para observar por microscopia electrónica si las zoosporas del hongo poseen viriones en su interior, para lo cual se realizo un marcaje con un reactivo estándar para verificar en el microscopio. En las observaciones realizadas se encontró que después de realizar un marcaje más profundo se observaron estructuras de BaMMY en las zoosporas de las raíces utilizadas. Por medio de esta técnica se pudo verificar que el virus se encontraba dentro de las zoosporas, y que en algunos se necesitaba más reactivo que lograra teñir algunas estructuras que no se alcanzaban a ver con facilidad (Jianping, 1991).

VIRUS DE LA VENA ANCHA DE LA LECHUGA (LBVV)

Fue descrita por primera vez en California en el año 1934. En la actualidad está distribuida por todo el mundo afectando a todas las variedades de la lechuga que crecen en cultivos al aire libre y en invernadero. Provoca grandes pérdidas, casi el 100% de plantas afectadas en cultivos infectados, sobre todo en invierno, su fácil diseminación en invernadero es dada por la solución nutritiva re circulante en

estos cultivos. Se produce sobre todo en Europa, Estados Unidos, Australia y Japón. Los síntomas de las hojas incluyen arrugamiento, distorsión y disminución de la clorofila a lo largo de las nervaduras, disminución del tamaño de la cabeza que conduce a la importancia económica de la enfermedad. (Rochon, 2004)

Es un patógeno de plantas biotróficas, que son incapaces de crecer, excepto en los tallos unicelulares, que se desarrollan en el interior de algunas células vegetales de las raíces (Sekimoto, 2011)

La enfermedad de la vena ancha de la lechuga probablemente se da en todo el mundo, su nombre se atribuye al síntoma típico de las zonas libres de clorofila de forma paralela a las nervaduras de las hojas (Roggero, 2000)

Transmisión

Es transmitido por el hongo vector *Chytridiomycete Olpidium brassicae*, el cual se caracteriza por ser parásito intracelular obligado de las raíces de las plantas, tiene capacidad de formar esporas de resistencia que le permiten sobrevivir entre los cultivos y de esta manera retener el agente viral por años. (Sepúlveda, 2009 y Maccarone, 2010)

En su ciclo de vida produce zoosporas móviles en algunos estudios se sugiere que la cubierta proteica desempeña un papel para la facilitación de los movimientos de las partículas a través de la membrana. Ni las partículas virales ni las esporas en reposo se pueden observar directamente, por ello es necesaria la utilización de técnicas de tinción especiales, aunque se pueden presentar problemas al momento del procedimiento. Sin embargo no se tiene conocimiento sobre los mecanismos de interacción que son utilizados durante la infección (Rochon, 2004)

Síntomas

Los síntomas característicos de la enfermedad en lechuga son: clorosis en las zonas adyacentes a las nervaduras, malformaciones de las hojas, reducción del crecimiento y lechugas que no forman cabeza (Sepúlveda, 2009 y Navarro 2005)

En estudios adelantados por Rojas (2005) se colectaron 135 muestras de lechugas con y sin síntomas y se realizaron pruebas de RT-PCR, además de un seguimiento del hongo vector de la enfermedad en las raíces utilizando como colorante azul de Tripán para observación posterior en microscopio óptico.

Como resultados se observó que los síntomas de la enfermedad se expresaban con mayor intensidad en temporadas de otoño donde había una infectividad del

70%. De las 135 muestras analizadas, en el 34% se detectó la presencia de al menos una de las variantes del virus asociada a la enfermedad; se observaron zoosporangios y esporas de resistencia que se identificaron como *Oplidium brassicae* mediante microscopio electrónico. La prueba RT-PCR permitió la detección eficiente de los agentes virales y el hongo fue visto en todos los periodos del año.

En estudios realizados por Sasaya (2005) y Krizbai (2010) se estudia la comparación del virus de la vena ancha de la lechuga frente a un virus asociado al tabaco, en el cual se presentaban los síntomas similares. En los estudios sobre el tabaco y la lechuga, a partir del virus aislado de las mismas especies para realizar las pruebas de Koch en plantas sanas, se obtuvo una similitud en todos los síntomas y luego de realizar unas pruebas serológicas, se concluyó que el virus que afectaba la lechuga es el mismo que se presentaba en el tabaco, por lo cual existe un amplio rango de hospederos para esta enfermedad.

6. CONCLUSIONES

Los hongos son unos vectores importantes para la transmisión de virus de importancia económica, con base en la literatura recopilada se pudo identificar el papel que tienen estos importantes vectores en el desarrollo de enfermedades de importancia para cultivos en Colombia y exterior.

Mediante la recopilación de información se pudo entender el mecanismo usado por los hongos para transmitir los virus, su rango de hospederos, los síntomas que representan la enfermedad y que son la característica principal de cada una.

7. RECOMENDACIONES

Para evitar una contaminación con virus, es importante evitar que se presenten mediante manejo cultural del cultivo, se debe evitar fuentes de contaminación eliminando malezas hospederas.

Se sugiere controlar los vectores que transmiten los virus como fungicidas, trampas para insectos, tener en cuenta los injertos.

8. BIBLIOGRAFIA

AKCA, I. 2005. Effects of Azadirachtin on beet soilborne pomovirus and soil biological properties on sugar beet. Journal of environmental science and health. 40: 285-296

AKITA, F. 2010. The protruding domain of the coat protein of melon necrotic spot virus is involved in compatibility with and transmission by the fungal vector *Oplidium bornovanus*. *Virology*. 402: 129-134

BASS, C. 2006. The Sbm1 locus conferring resistance to soil-borne cereal mosaic virus maps to a gene-rich region on 5DL in wheat. *Genome*. 49: 1140-1148

BARR, J. 1996. Studies on the life-cycle of *Polymyxa betae* in sugar roots. *Mycol. Res.* 100(2): 203-208

BELEN, M. 1999. Characterization of beet necrotic yellow vein furovirus from Spanish sugar beets. Department of Microbiology and Genetics, University of Salamanca: Spain. 2:87-92

BRUNT, A. 1989. *Advances in virus Research*, Academic Press, 36: 3-28

CARRILLO, D. 1997. Manual metodológico para la evaluación de arroz por su resistencia al entorchamiento bajo condiciones de invernadero. Colciencias. Cali.sf.pg

CARRILLO, D. sf. Confirmación de la transmisión y desarrollo de un método de inoculación para el entorchamiento del arroz. Colciencias.

CLAXTON, R. 1996. An ultrastructural study of the interaction between *Spongospora subterranea f. sp. Nasturtii* and watercress roots. *Mycol. Res.* 100(12): 1431-1439

CONTI, M. 2000. Principales virus de las plantas hortícolas. Bayer. P.

COVELLI, L. 2009. The first 17 amino acids of the beet necrotic yellow vein virus RNA-5-encoded p26 protein are sufficient to activate transcription in a yeast one-hybrid system. *Archives of virology*. 154: 347-351

DIAZ, A. 2003. Nucleotide sequence and infectious transcripts from a full-length cDNA clone of the carmovirus Melon necrotic spot virus. 148: 599-607

GERGERICH, R. 2008. Introducción a los virus vegetales, el Enemigo invisible. Estación experimental agroindustrial. Argentina. p.

GIL, J. 2011. Caracterización genotípica de aislamientos colombianos del Potato mop-top virus (PMTV, Pomovirus). Laboratorios de Biología celular y Molecular y Microbiología Industrial. Escuela de Biociencias, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. 33 (94): 69-84.

GUTIERREZ, G. 2010. Identification of a *rice stripe necrosis virus* resistance locus and yield component QYs using *Oriza sativa* x *O. glaberrima* introgression lines. BMC Plant biology. 19: 6

HARTWRIGHT, L. 2010. A comparison of *Olpidium* isolates from a range of host plants using internal transcribed spacer sequence analysis and range studies. Fungal biology. 114: 26-33

JIANPING, C. 1991. Barley mild mosaic virus inside its fungal vector, *Polymyxa graminis*. Plant pathology department.

KANYUKA, K. 2003. *Polymyxa graminis* and the cereal viruses it transmits: a research challenge. Molecular plant pathology. 4(5): 393-406

KINGSNORTH, S. 2003. Real-time analysis of *Polymyxa betae* GST expression in infected sugar beet. Molecular Plant Pathology. 4(3): 171-176

KOENIG, R. 2000. Deletions in the KTER-encoding domain, which is needed for *Polymyxa* transmission, in manually transmitted isolates of beet necrotic yellow vein benyvirus. Archives of Virology. 145: 165-170

KOENIG, R. 2000. Molecular analyses of European A, B and P type sources of beet necrotic yellow vein virus and detection of the rare P type in Kazakhstan. Archives of Virology. 145: 1561-1570

KOENIG, R. 2008. Distribution of various types and P25 subtypes of *beet necrotic yellow vein virus* in Germany and other European countries. Archives of virology 153: 2139-2144

KRIZBAI, L. 2010. Molecular characterization of a Hungarian isolate of tobacco necrosis virus A. 155: 999-1001

KUTLUK, Y. 2010. Short communication. Relationships between soil properties and soilborne viruses transmitted by *Polymyxa betae* Keskin in sugar beet fields. Spanish Journal of Agricultural Research. 8(3): 766-769.

LEE, L. 2001. Complete nucleotide sequence and genome organization of *Beet soilborne mosaic virus*, a proposed member of the genus Benyvirus. Archives of virology. 146: 2443-2453

LOPEZ, L. 2002. Cultivos Industriales. Ediciones Mundi- Prensa

MACCARONE, L. 2010. Comparison of the coat protein genes of mirafiori lettuce big-vein virus isolates from Australia with those of isolates from other continents. 155: 1519-1522

MANZANO, M. 2000. Enfermedades y plagas de la remolacha azucarera. AIMCRA, Caja española. Valladolid. Agosto.

MCGRANN, D. 2009. Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania disease. Molecular Plant Pathology. 10(1): 129-141

MEHRVAR, M. 2009. Iranian beet necrotic yellow vein virus (BNYVV): pronounced diversity of the p25 coding region in A-type BNYVV and identification of P-type BNYVV lacking a fifth RNA species. Archives of Virology. 154: 501-506

MORALES, F. (s.f). Caracterización parcial del virus del entorchamiento o necrosis rayada del arroz en Colombia. Fitopatología colombiana. 19:1

MOUHANNA, M. 2008. Weeds as alternative host for BSBV, BNYVV, and the vector *Polymyxa betae* (German isolate). Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Syria. 5: 193-198.

NAIDU, A. 2000. The nucleotide sequence of *Indian peanut clump virus* RNA 2: sequence comparisons among pecluviruses. Archives of virology. 145: 1857-1866

NAIDU, A. 2003. Molecular diversity of RNA-2 genoma segments in pecluviruses causing peanut clump disease in West Africa and India. Archives of virology. 148: 83-98

NAVARRO, A. 2005. Genetic variability in the coat protein genes of lettuce big-vein virus. 150: 681-694

NIELSEN, S. 2003. Identification of two nucleotide sequence sub- groups within Potato mop-top virus. Archives of virology. 148: 381-388

NISHIGAWA, H. 2008. Molecular phylogenetic analysis of *Barley yellow mosaic virus*. Archives of virology. 153: 1783-1786

NISSAN, F. 2005. Fine-mapping of the BaMMV, BaYMV-1 and BaYMV-2 resistance of barley (*Hordeum vulgare*) accession PL1963. Theoretical and applied Genetics. 110: 212-218

PEREZ, H. 2010. Enfermedades causadas por organismos similares a hongos y hongos verdaderos. Universidad central de Venezuela.

RATTI, C. 2004. Detection and relative quantitation of *Soil-borne cereal mosaic virus* (SBCMV) and *Polymyxa graminis* in Winter wheat using real-time PCR (TaqMan). Journal of virological methods. 122: 95-103

REDDY, R. (s.f). Clump virus in India: isolates, host range, transmission and management. Legumes Pathology

ROCHON, A. 2004. Molecular aspects of plant virus transmission by *Olpidium* and plasmodiophorid vectors. 42: 211-241

ROGGERO, P. 2000. An Ophiovirus isolated from lettuce with big-vein symptoms. 145: 2629-2642

RUSH, C. 2003. Ecology and epidemiology of benyviruses and plasmodiophorid vectors. Annual review of phytopathology. 41: 567-92

SANDGREN, M. 2001. The readthrough region of *Potato mop-top virus* (PMTV) coat protein encoding RNA, the second largest RNA of PMTV genome, undergoes structural changes in naturally infected and experimentally inoculated plants. Archives of virology. 146: 467-477

SASAYA, T. Molecular analysis of coat protein coding region of tobacco stunt virus shows that it is a strain of lettuce big-vein virus in the genus Varicosavirus. 150: 1013-1021

SEKIMOTO, S. 2011. A multigene phylogeny of *Olpidium* and its implications for early fungal evolution. BMC Evolutionary Biology. 11: 331

SMITH, M. 2010. Evidence that *Polymyxa* species may infect *Arabidopsis thaliana*. FEMS microbial let. 318: 35-40

SMULDERS, M. 2010. Characterisation of sugar beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris*) varieties using microsatellite markers. *BMC Genetics*. 11: 41

STICH, B. 2008. Association mapping in multiple segregating populations of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Theor Appl Genet*. 117: 1167-1179

QU, X. 2007. In vitro culture of the obligate parasite *Spongospora subterranea* (Cercozoa; Plasmodiophorida) Associated with root- inducing transferred- DNA transformed Potato hairy roots. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 54: 465-467

QU, X. 2010. Multiplex real-time PCR (TaqMan) assay for the simultaneous detection and discrimination of the potato powdery and common scab disease and pathogens. *Journal applied Microbiology*. 110: 769-777

VASQUEZ, V. 2006. Incidencia y distribucion altitudinal de 13 virus en cultivos de *Solanum tuberosum* (Solanaceae) en Costa Rica. *Biologia tropical*. 54(4): 1135-1141

VELICEASA, D. 2005. Characterisation of epitopes on barley mild mosaic virus coat protein recognized by a panel of novel monoclonal antibodies. *Archives of virology*. 150: 2501-2512

VERCHOT, J. 2007. Beet necrotic yellow vein virus accumulates inside resting spores and zoosporangia of its vector *Polymyxa betae* BNYVV infects *P. betae*. *Virology journal*. 4: 37

WANG, Y. 2011. Detection and characterization of spontaneous internal deletion mutants of beet necrotic yellow vein virus RNA3 from systemic host *Nicotiana benthamiana*. *Virology journal*. 8: 335

WARD, E. 1999. Emergence and partial characterization of rice stripe necrosis virus and its fungus vector in South America. *European Journal of plant pathology*. 105:643 – 650.

WARD, E. 2005. The use of conventional and quantitative real-time PCR assay for *Polymyxa graminis* to examine host plant resistance inoculum levels and intraspecific variation. *New phytologist*. 165: 875-885

XU, P. 2008. Virus infection improves drought tolerance. *New phytologist*. 180: 911-921

