EVIDENCIAS DEL MILDEO VELLOSO (*Peronsclerospora sorghi* (W. Weston &Uppal) C.G. Shaw) EN CULTIVOS DE MAÍZ Y SORGO EN COLOMBIA

Carlos A. Huertas D[1], Greicy Sarria V[2] y Benjamín Pineda-L[3]

[1] ICA, Sanidad Vegetal Palmira y Convenio ICA-CIAT, [2] ICA, Laboratorio de Sanidad Vegetal, Palmira,
[3] Unidad de Recursos Genéticos, Laboratorio de Sanidad de Germoplasma, CIAT

RESUMEN

A comienzos de la década de los noventa en algunos cultivos de maíz y sorgo de la costa atlántica colombiana se registró la presencia de una enfermedad con características de mildeo velloso asociada a *Peronosclerospora sorghi,* adoptándose medidas tendientes a evitar su diseminación y establecimiento; sin embargo recientemente se observó de nuevo la enfermedad. En este caso se procedió a realizar un reconocimiento adicional para precisar su etiología. Se realizaron observaciones "in situ" de la sintomatología y se recolectaron muestras para análisis de laboratorio. Los síntomas observados estaban caracterizados por la presencia de crecimiento micelial de aspecto velloso en las hojas, bandas cloróticas paralelas a las nervaduras, comenzando por la base de la hoja, filodia de las inflorescencias y desgarramiento del tejido foliar con la presencia de látigos en sorgo. Los análisis de laboratorio de las muestras procedentes de Córdoba (Tierralta) mostraron conidióforos ramificados de aproximadamente 305 μ con esterigmas y conidias ovales a subesféricas con un rango de tamaños entre 25,6 x 20,48 - 25,6 x 23,4 μ, las cuales al germinar emitían un tubo germinativo. En el caso de Sucre (Sincelejo) los conidióforos medían entre 270 y 340 μ, eran ramificados, poseían una célula basal de tipo bulboso y una cicatriz o septa cerca a la base, las conidias eran redondeadas con tamaños entre 12,2 y 21,95 μ (promedio de 15,8 μ) estaban localizadas sobre esterigmas agudos y germinaban mediante emisión de tubos germinativos. En las muestras recolectadas en el Valle del Cauca (Rozo, Palmira) en sorgo forrajero (*Sorghum* spp.) se encontraron signos similares a los observados en maíz en Sucre y Córdoba, incluyendo la detección de oosporas esféricas de doble pared y diámetro entre 33,6μ y 43,2μ. Se concluye que la enfermedad presente en los cultivos es el mildeo velloso, "downy mildew", mildiu o mildeo del maíz y el sorgo ocasionado por el hongo *Peronsclerospora sorghi* (W. Weston & Uppal) C. G. Shaw.

Palabras claves: cuarentena, mildeos vellosos, diseminación, maíz, sorgo, pasto Johnson

SUMMARY

In the early 1990s, some maize and sorghum plantings along the Colombian Atlantic coast showed plants with characteristic mildew on the leaves, which resembled symptoms caused by *Peronosclerospora sorghi.* To avoid its dissemination, some regulations were implemented. However, similar symptoms were recently found in the same areas, making it necessary to initiate additional studies to determine the correct etiology of the problem. For this, various areas in the region were surveyed and plants with symptoms were collected for laboratory analysis. Tissue of infected leaves showed a white mycelial growth with downy appearance, chlorotic stripes paralel to the midrib starting at the basis of the leaves, phyllody in the tassel, and leaf-shredding with leaves resembling a whip in sorghum. In the laboratory, samples from Tierralta, Córdoba, showed conidiophores of approximately 305 μ, branched, with sterigmata bearing conidias ranging from 25.6 x 20.48μ – 25.6 x 23.4μ, which germinated through a germ tube. In samples from Sincelejo, Sucre, conidiophores varied in length from 270-340 μ, with a swollen basal cell and a septum at its basis, with conidia between 12.2-21.95 μ (aver. 15.8μ) over pointed sterigmata, germinating through germ tubes. Samples collected at Rozo, Palmira, Cauca valley, in forrage sorghum (*Sorghum* spp) symptoms similar to those found at Sucre and Cordoba, including relatively spheric oospores, with double wall measuring between 33.6-43.2 μ. Based on this survey, it is concluded that the disease present in those crops is sorghum downy mildew, caused by the fungus *Peronosclerospora sorghi* (Weston & Uppal) Shaw.

Key words: Corn, sorghum, Johnson grass, downy mildew, quarantine, dissemination.

Reprinted with permission from Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines ASCOLFI. Originally published in Fitopatología Colombiana 26(1-2): 55-60. Copyright 2002.

INTRODUCCIÓN

El mildeo velloso, mildiu o "downy mildew" del maíz y sorgo ocasionado por el hongo *Peronsclerospora sorghi* (W. Weston & Uppal) C.G. Shaw es una de las enfermedades cuyo agente causal es considerado para Colombia un patógeno exótico con estatus de las plagas cuarentenarias categoría A_1, por lo tanto está sujeto a medidas regulatorias por parte del ICA como responsable de la prevención de riesgos fitosanitarios. Desde el punto de vista de sanidad y de comercio internacional tiene serias implicaciones en la comercialización de semillas y en el intercambio seguro de germoplasma.

En la actualidad cuando en el país se está fomentando el cultivo del maíz representa una amenaza potencial por sus efectos detrimentales en la producción del cereal, sí no son tenidas en cuenta las características genéticas de los materiales de siembra. Existen referencias en donde se menciona que esta enfermedad puede ocasionar pérdidas considerables en la producción cuando se utilizan materiales susceptibles (Frederiksen et al, 1970; Malaguti et al, 1977).

Los mildeos vellosos o "downy mildews" son un grupo de enfermedades que afectan numerosos géneros y especies de gramíneas, entre las cuales están incluídas el maíz, millo y sorgo. Son ocasionadas por distintas especies de hongos del orden peronosporales, familia peronosporaceae y se consideran de importancia económica y cuarentenaria por sus efectos negativos sobre la producción (Frederiksen et al, 1970) y por las implicaciones en el movimiento de material de propagación (Comunidad Andina, 2003).

En el caso específico del maíz se han registrado las especies *Peronosclerospora sorghi, Peronosclerospora maydis, Peronosclerospora philipinensis, Peronosclerospora sacchari, Sclerospora graminicola, Sclerophthora macrospora* y *Sclerophthora rayssiae* var *zeae* afectando el cultivo bajo diferentes circunstancias (Smith y Renfro, 2.000 ; Frederiksen y Renfro, 1977; Frederiksen et al, 1970).

La taxonomía y nomenclatura de *Peronosclerospora sorghi*, parásito obligado que

pertenece a los Oomycetos, familia Peronosporaceae (Alexopoulus, 1966) ha sido sometida a cambios a través del tiempo por varios taxónomos. Esta clasificación se inicia con Saccardo en 1876, quien observó el hongo en una muestra de *Setaria verticillata*, colectada en la selva (Treviso) Italia y lo clasificó con el nombre de *Protomyces graminicola* Sacc, teniendo como base para su identificación la presencia de la oospora (Shaw, 1970).

Posteriormente, Saccardo encontró en 1882 el estado imperfecto de éste hongo, desarrollándose en *Setaria viridis* y lo reclasificó como *Peronospora graminicola* (Sacc.) Sacc. (Shaw, 1970). Esta clasificación fue revisada nuevamente por Schroeter en 1879, quien propuso el nombre de *Sclerospora graminicola* (Sacc). Schroet (Waterhouse, 1964). Después el patógeno fue estudiado por Buttler en *Sorghum vulgare* (L) Moench y *Penisetum typhoideum L.*, en 1907 quien observó que la fase oogonial presente en las dos gramíneas eran similares, razón por la cual lo asimiló como un patógeno común. Sin embargo, en 1913 Kulkarmni, al realizar estudios sobre el mildeo velloso en sorgo, encontró las dos fases reproductivas del hongo: la oogonial y la conidial. Con relación a la fase oogonial quedo impresionado por la similitud que presentaba con la descrita previamente por Buttler, pero si encontró diferencias en la fase conidial, éstas al germinar emitían hifas y no zoosporas como era típico en *Sclerospora graminicola;* con ésta y otras característica, como la forma del conidióforo y del esterigma, justificó ubicar éste patógeno como una variedad de *Sclerospora graminícola* (*Sclerospora graminícola* vr. *andropogonis-sorghi*) (Weston y Uppal, 1932).

Esta clasificación fue revisada nuevamente en 1932 por Weston y Uppal quienes propusieron incluír como especie *sorghi* al hongo que estaba causando mildeo velloso en sorgo ubicándolo dentro del género *Sclerospora.* Para la propuesta tuvieron en cuenta las diferencias de tipo estructural y fisiológico que observaron, tales como la carencia de papila de dehiscencia en la fase conidial, germinación mediante emisión de un tubo germinativo que luego se desarrollaba en hifas; la forma típica del conidióforo, el cual era erecto y constituido por un talo principal que soportaba tres brazos aproximadamente de igual tamaño y extensión, la presencia de una célula basal en forma de bulbo separada del talo principal por un tabique (Weston y Uppal, 1932).

Con relación al rango de hospedantes y restricción del parasitismo también se obtuvieron diferencias al inocular oosporas de *Sclerospora graminicola*, *Sclerospora sorghi* y *Sclerospora noblei* en diferentes hospederos. *Sclerospora sorghi* solamente infectó a *Sorghum bicolor* y *Euchlaena mexicana* y a diferentes variedades del maíz, mientras que *Sclerospora graminícola* infectó solamente a *Penisetum typhoideum, Setaria italica y Euchlaena mexicana. Sclerospora noblei* no infectó a las especies de gramíneas mencionadas anteriormente (Weston y Uppal, 1932). Finalmente, Shaw (1978) propuso elevar a *Peronosclerospora* como género y transfirió a éste las especies que producían conidias y estaban incluídas dentro del género *Sclerospora* así: *Peronosclerospora dichanthiicola, Peronosclerospora maydis, Peronosclerospora miscanthi, Peronosclerospora philipinensis,Peronosclerospora sacchari Peronosclerospora spontanea, Peronosclerospora sorghi* y *Peronosclerospora westomii.*

El ciclo de vida se inicia cuándo las oosporas (inóculo primario) presentes en el suelo infectan las plántulas a través de las raíces y se inicia un proceso de infección sistémica que invade los tejidos de la planta. En las hojas se inicia la formación de conidióforos y la producción de conidias. Las conidias (inóculo secundario) son diseminadas por el viento e inducen nuevas infecciones en plantas jóvenes. Las oosporas se producen al final del ciclo del cultivo cuando las bandas cloróticas sobre las hojas cambian a color marrón, se rompen los tejidos y éstas se liberan cayendo al suelo (Bonde, 1982; Smith y Renfro, 2000).

P. sorghi se disemina principalmente por las oosporas que contaminan las semillas o los residuos de cosecha, por el viento, o en el suelo de áreas infestadas, por conidias a cortas distancias y por el micelio presente en las semillas o en los tejidos de los hospedantes (Frederiksen, 1980).

Las oosporas son estructuras de reposo de paredes gruesas que se producen en sorgo infectado sistemícamente y en menor proporción en maíz; generalmente son viables por lo menos por tres a 10 años bajo diversas condiciones. Las oosporas infestan el suelo como esporas libres y son diseminadas por el viento, aun cuando no se tiene información detallada al respecto (Frederiksen, 1980).

Las conidias son de muy corta duración (pocas horas bajo condiciones ideales) y de poca importancia en la dispersión del patógeno a gran escala, pero sí a cortas distancias especialmente entre plantas o en hospedantes susceptibles (Frederiksen, 1980).

En cuanto a la diseminación por semilla se sabe que las plantas infectadas sistémicamente son estériles o producen muy pocas semillas disminuyendo el riesgo de diseminación por este método, sin embargo experimentalmente se ha demostrado en sorgo que a partir de semillas procedentes de plantas enfermas que aún conservan adheridas las glumas se obtienen plántulas infectadas con mildeo. Cuando se remueven totalmente las glumas no se presentan casos de infección (Frederiksen, 1980; Bonde, 1982; Smith y Renfro, 2000) mencionan que existe la posibilidad de trasmisión por semilla por cuanto el patógeno se localiza en el pericarpio y en el escutelo, sin embargo considera que esto puede ocurrir cuando se utilizan semillas frescas o recién cosechadas.

Otro método posible de diseminación es por el micelio que se encuentra dentro de las semillas, el cual ha sido observado en la región del embrión de semillas de sorgo, millo y maíz aparentemente normales. Este método de diseminación se menciona a menudo, pero hay pocas evidencias de que esto ocurra, por cuanto es difícil que el micelio sobreviva en semillas con contenido de humedad por debajo del 12% (De León, 2001; Bonde,1982).

Los agentes causales de los mildeos vellosos en gramíneas son originarios del Asia, desde donde se han diseminado a otros países (Smith y Renfro, 2000) y al continente americano, en donde se han registrado las especies *Sclerospora graminícola, Peronosclerospora sorghi* (Sin. *Sclerospora sorghi)* y *Sclerophthora macrospora* (Frederiksen y Renfro, 1977). *P. sorghi* llegó a los Estados Unidos, en el año 1962 y fue localizado en diferentes sitios de Texas, Kansas Oklahoma, Nuevo México, Arkansas, Luisiana y Georgia afectando maíz y sorgo (Frederiksen et al, 1970). En Venezuela el mildeo fue registrado por primera vez en el año de 1973, infectando maíz, sorgo y falso Johnson. El agente causal fue clasificado por Nass et al, (1976) como *Peronosclerospora maydis, s*in embargo parece que hubo una confusión en la clasificación de la especie presente en Venezuela, según registros anteriores de la enfermedad (Malaguti et al, 1977) en donde se le atribuye a *Sclerospora sorghi* (Syn *Peronosclerospora sorghi).*

En Colombia *Scleropthora macrospora* fue registrado por primera vez por Granada y Varón (1983) en un lote de maíz Pioneer 6816, localizado en la finca "La Lindosa" del Municipio de Miranda (Cauca). Las plantas afectadas presentaban filodia en la inflorescencia masculina por transformación de ésta en una multitud de hojas pequeñas. En el laboratorio observaron las oosporas del hongo y concluyeron que el microorganismo presente era *S. macrospora* agente causal de la punta loca o "crazy top". Este diagnóstico fue ratificado por Carlos De León del Cimmyt en México.

En 1990 Osorio y Buriticá informaron sobre la presencia del mildeo velloso en variedades e híbridos de sorgo, localizados en un foco en el Departamento de Córdoba y siete en el Departamento de Cesar (Buriticá et al, 1992; Arias et al, 1993), Buriticá y colaboradores enviaron muestras a Richard A. Fredericksen especialista en " Downy mildew" de la Universidad de Texas en Estados Unidos, quien corroboró en ellas la presencia de *Peronosclerospora sorghi.* Adicional a las observaciones iniciales Buriticá encontró algunas plantas espontáneas de Pasto Johnson (*Sorghum halepense* (L) Pers) y *Sorghum durra* (Orssk) Taof infectadas por *P. sorghi* en la inmediaciones de los focos de la enfermedad, constatando en el laboratorio la presencia de conidias y oosporas (Buriticá, 1992).

Por otro lado, los funcionarios de Sanidad Vegetal del ICA revisaron e hicieron

seguimiento a través del tiempo de ésta problemática fitosanitaria y en el primer semestre de 1992, encontraron tres plantas de sorgo infectadas con mildeo velloso, localizadas en el lote "El Pozón" Centro de Investigaciones Motilonia del ICA en Codazzi (Arias et al 1993). En el segundo semestre de 1992, localizaron nuevamente tres plantas con la enfermedad en socas de la variedad Sinapur ZR sembrada en la finca Barcelona del Municipio de Curumaní, Departamento del Cesar. Se dictaron medidas tendientes a erradicar los focos y consideraron como comportamiento monocíclico el desarrollo de la enfermedad. (Arias et al, 1993). Las medidas adoptadas consistieron en aplicar al lote el funguicida metalaxyl, posteriormente glifosato y finalmente la incorporación del material vegetal al suelo mediante dos pases de rastra pesada a 30cm de profundidad. Con éste enfoque del manejo del problema consideraron que era suficiente para la no declaratoria del establecimiento de ésta enfermedad.

Finalmente, Campo et al (1999) detectaron nuevamente la enfermedad en maíz H-663 de 20 días de sembrado, localizado en la Vereda Gramalote del Municipio de Tierralta. Igualmente, encontraron la enfermedad en pasto Johnson. Para su identificación, tuvieron en cuenta la descripción de síntomas típicos caracterizados por la presencia de manchas cloróticas irregulares que se iniciaban desde la base de las hojas, la excesiva elongación de tallos y la presencia de hojas erectas y delgadas, síntoma conocido como "caña flecha; la presencia de oosporas de doble pared dentro del tejido infectado y la producción de la fase conidial.

Ante la evidencia de Campo et al (1999) acerca de la presencia de *P. sorghi,* un patógeno exótico con estatus cuarentenario tipo A_1 en Colombia, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para los fines consiguientes, consideró conveniente verificar el registro mediante la conformación de comisiones técnicas lideradas por el autor principal del presente documento, durante 1999, 2001 y 2002, con el fin de realizar un reconocimiento de la enfermedad en algunos de los sitios en los departamentos de Sucre y Córdoba en donde se había observado ël disturbio en años anteriores el disturbio, incluyendo posteriormente el Valle del Cauca.

METODOLOGÍA

Durante la ejecución del reconocimiento en 1999, 2001 y 2002, se practicaron *in situ* las inspecciones visuales a los lotes afectados, se describieron los síntomas y se recolectaron muestras para la verificación de los signos de la enfermedad en el laboratorio así:

Departamento de Córdoba

El 16 de julio de 1999, se visitó un lote de una hectárea de maíz, sembrado con el híbrido de maíz C-343 de 60 días de edad, localizado en la vereda Gramalote del municipio de Tierralta, en donde se encontraron algunas plantas con clorosis foliar en forma de bandas lineales que se extendían paralela a las nervaduras desde la base hacia el ápice de las hojas y una estas bandas se observó un hongo blanco y una clorosis de forma irregular que se extendía a partir de la base de la hoja, síntoma conocido como de "media hoja" (Figura 1a).

Se tomaron muestras para analizarlas en laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Córdoba mediante observaciones al estereoscopio y el microscopio de luz. Para determinar la presencia de oosporas se decoloró el tejido con KOH al 5% y con hipoclorito de sodio al 1%.

Departamento de Sucre

El 27 de julio de 2001 y Junio 12 de 2002 se visitó una empresa comunitaria, localizada en la vereda de Castañeda del municipio de Sincelejo, la cual tenía varios lotes de maíz sembrados con la variedad ICA V-109, en diferentes estados de desarrollo.

Durante el recorrido al lote se observaron plantas de maíz que presentaban a lo largo de las hojas bajeras clorosis en forma de bandas paralelas a las nervaduras y sobre estas bandas en algunas plantas se observaba el crecimiento de un hongo de color blanco de crecimiento algodonoso.

También, en algunas plantas se observaron áreas cloróticas de forma irregular que se desarrollaban a partir de la base de las hojas, síntoma conocido como de "media hoja". También se encontraron alrededor del lote plantas de pasto Johnson (*Sorghum halepense*) con los mismos síntomas. En otros lotes de maíz de la misma empresa comunitaria aproximadamente 20% de las plantas, exhibían las estructuras florales tanto masculinas como femeninas completamente deformadas y con presencia de filodia (Figura 1b). Estas estructuras se examinaron mediante el desgarre de los tejidos para verificar si presentaban masas negras de esporas de *Sphaceloteca reiliana,* agente causal del carbón de las espigas, enfermedad que suele confundirse con el mildeo velloso del maíz, o en otros casos estar asociada con ésta (Reyes et al, 1964).

Durante la segunda visita, en junio de 2002, en las observaciones realizadas se comprobó la misma situación de la primer visita en cuanto a la presencia del mildeo velloso y su incidencia sobre la variedad ICA V-109. Adicionalmente, se observó que la variedad ICA V-305 sembrado por los agricultores no presentaba la enfermedad, probablemente por poseer resistencia al patógeno.

Las diez muestras de hojas de maíz colectadas en el campo en el departamento de Sucre con la sintomatología descrita anteriormente, se analizaron en el laboratorio de Sanidad de Germoplasma (LSG) de la Unidad de Recursos Genéticos en CIAT de acuerdo con la metodología sugerida por De León (datos no publicados). Para el caso, se lavaron las hojas con agua limpia y jabón, posteriormente se colocaron en posición vertical en un balde plástico que contenía una lámina de agua de 2-3cm para hidratarlas y obtener una humedad relativa alta, luego se cubrieron con una bolsa grande de plástico negro para darle condiciones de oscuridad y se dejaron en un cuarto a temperatura ambiente fresca (± 24 °C) durante 15 horas. Al final, bajo estas condiciones se encontró que cuatro de las 10 hojas de la muestra manifestaban la presencia abundante de un micelio blanquecino de aspecto velloso desarrollado en el envés de la lámina foliar. Este crecimiento se observó en un microscopio estereoscopio y con la ayuda de un pincel de pelo de camello No. 6 se montaron muestras del micelio y de las estructuras sobre portaobjetos con gotas de azul de algodón, para observarlas en un microscopio de luz y tomar microfotografías de estas estructuras.

Departamento del Valle

En el mes de marzo del 2003, se visitó en el corregimiento de Rozo municipio de Palmira un lote de producción de sorgo forrajero (*Sorghum* spp). En la inspección del lote se observaron plantas que presentaban bandas amarillentas a blanquecinas siendo más visibles en el haz delas hojas. Las bandas se iniciaban desde la base y llegaban hasta el ápice de la hoja, distribuyéndose en forma paralela a la nervadura central (Figuras 1c, 1d). En estados avanzados, estas bandas presentaban un aspecto necrótico de color pardo. Las hojas afectadas aparecían rasgadas desde el ápice hacia la parte interna de la hoja mostrando apariencia de látigo (Figura 1 e). Por el envés se encontró un micelio blanco, siendo más abundante en infecciones iniciales. Las muestras recolectadas para analizarlas en el Laboratorio de Diagnóstico Vegetal del ICA Palmira, fueron colocadas en condiciones de alta humedad y oscuridad para inducir la esporulación del microorganismo. Posteriormente fueron analizadas microscópicamente para verificar la presencia de signos del patógeno. De igual manera, se tomó tejido afectado, especialmente en estados avanzados, se decoloró con KOH al 5% y se lavó con agua destilada para observarlo al microscopio y detectar la presencia de oosporas.

RESULTADOS

Departamento de Córdoba

A partir de las muestras colectadas en el municipio de Tierralta (Córdoba) en el laboratorio de la Universidad de Córdoba se montaron placas del tejido afectado, por el sistema de impronta y toma directa de las estructuras del hongo, las cuales fueron observadas a través del microscopio de luz y preparadas para tomar fotomicrografías.

Figura 1. Síntomas de mildeo velloso (*P. sorghi*) en maíz ICA V 109 y sorgo forrajero: **a**. Clorosis con bandas irregulares localizadas en la base de una hoja de maíz. **b**. Inflorescencia masculina severamente afectada por filodia. **c**. Planta de sorgo mostrando bandas cloróticas paralelas a las nervaduras. Nótese la necrosis del tejido foliar. **d**. Detalle de los síntomas de mildeo en una hoja de sorgo: nótense las bandas cloróticas y el crecimiento del hongo de aspecto velloso en el envés. **e**. Hoja de sorgo con necrosis (flecha blanca) y desgarramiento de tejido con formación de "látigo" (flecha magenta). Fotos C.A. Huertas D.

En la muestra tomada bajo el sistema de impronta, se observó una estructura en forma de árbol, ramificada en la parte superior con unas estructuras redondas y ovaladas (Figuras 2a, 2d).

En la toma directa de estructuras, se observó con nitidez la presencia de las estructuras descritas por el sistema de improntas, donde las estructuras redondas y ovaladas correspondían a conidias de paredes delgadas y sin papilas, que al germinar emitían un tubo germinativo. Se midieron estas estructuras, las cuales variaron en promedio entre 25,6 x 20, 48-23,4µ (Figura 2d). No se observaron oosporas en el tejido enfermo.

Las características del hongo encontrado eran muy similares a las del hongo *Peronsclerospora sorghi* y los síntomas correspondían a los de un típico mildeo velloso según lo registrado en la literatura (Francis y Williams, 1983; Smith y Renfro , 2000; Weston y Uppal, 1932)

Departamento de Sucre

Las observaciones al estereoscopio de las muestras de hojas infectadas colectadas en Sincelejo permitieron constatar la presencia de un hongo de color blanco con ramificaciones aéreas que contenían unas estructuras agrupadas y el desarrollo de estructuras individuales, erectas, que emergían de los estomas. El análisis mediante el microscopio de luz, permitió determinar que las placas preparadas contenían estructuras características a las desarrolladas por un hongo de la familia Peronosporaceae, con conidióforos y conidias (Figuras 2b, 2c, 2e). Los conidióforos con una longitud que variaba entre 270 y 340µ, eran hialinos, constituidos de una rama principal, con tres ramificaciones en la parte superior y cada ramificación terminaba en puntas delgadas (esterigmas), donde se observaban adheridas estructuras de aspecto globoso. También presentaba una célula basal de tipo bulboso y una cicatriz o septa cerca a la base (Figuras 2b, 2c). Las estructuras globosas eran esféricas, de paredes delgadas, lisas y sin papilas, las cuales germinaban mediante la emisión de un tubo germinativo (Figura 2e) y correspondían a conidias y no a esporangios. Al determinar el diámetro de estas estructuras se encontró que oscilaba entre 12,2 y 21,95 µ con un promedio de 15,8µ.

El análisis microscópico por decoloración de tejidos permitió visualizar unas pocas oosporas (Figura 1 f) más o menos esféricas de paredes gruesas con dimensiones aproximadas entre 27,3 µ y 39,4 µ (Victor H. Castellanos, informe de la comisión técnica, Julio de 2002)

Las características del hongo encontrado y la sintomatología también condujeron a la conclusión de que se trataba, como en el caso anterior, del mildeo vellosos ocasionado por *Peronsclerospora sorghi.*

Departamento del Valle

Las muestras recolectadas en el corregimiento de Rozo (Palmira, Valle del Cauca) analizadas microscópicamente mostraron la presencia de un hongo con conidióforos erectos, gruesos y ramificadas en la parte superior (Figuras 2g, 2h). Sobre los esterigmas se observaron estructuras similares a conidias redondas u ovaladas, las cuales en algunos casos presentaron la emisión de un tubo germinativo (Figura 2j). Las muestras de tejido decoloradas con KOH al 5% al observarlas al microscopio contenían oosporas más o menos esféricas con doble pared y color marrón rojizo, alineadas en forma de bandas internamente en el tejido, sus dimensiones oscilaban entre 33,6µ y 43,2µ (Figuras 2j, 2i).

DISCUSIÓN

La sintomatología observada consistente en la presencia de crecimiento fungoso de aspecto velloso en las hojas, filodia de las inflorescencias masculinas y femeninas, bandas cloróticas paralelas a las nervaduras de color marrillo en los tejidos, desgarramiento del tejido foliar con la presencia de látigos coincide con la descrita para la enfermedad por Francis y Williams (1983); Smith y Renfro (2000); Weston y Uppal, (1932).

El tamaño y apariencia de las estructuras del patógeno presentó variaciones menores en tamaño entre los tres sitios objeto del estudio, situación apenas normal por cuanto un organismo suele presentar diferencias de acuerdo a la localidad por efecto del medioambiente, el genotipo del hospedante y aún por las propiedades intrínsecas del patógeno. De todas maneras las características y dimensiones determinadas para las estructuras del hongo se localizaban dentro del rango que caracteriza a *P. sorghi*, según las descripciones de Smith y Renfro, (2000), Francis y Williams, (1983), Shaw (1978) y Weston y Uppal (1932) resumidas a continuación:

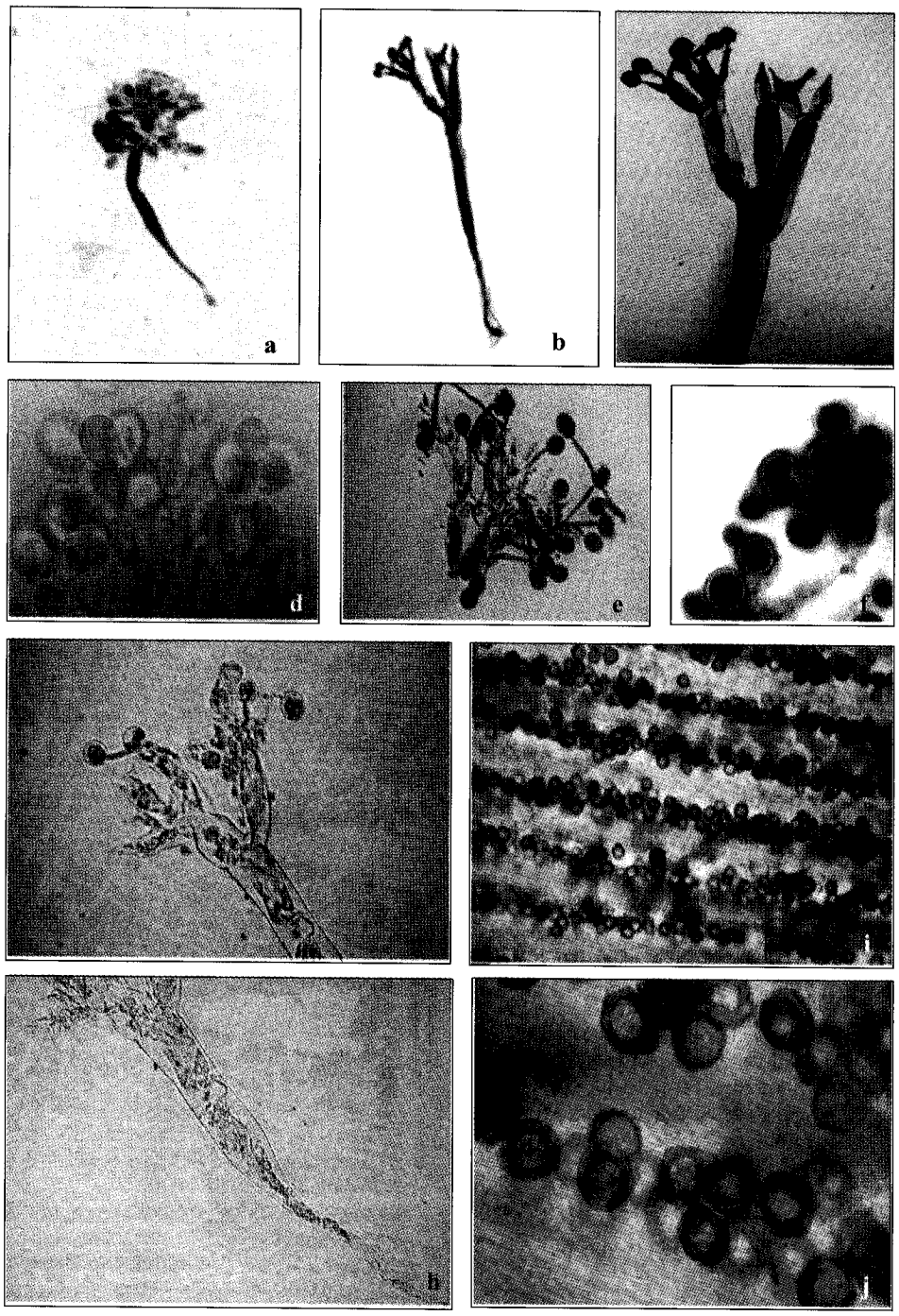

Figura 2. Estructuras microscópicas de *Peronosclerospora sorghi* detectadas en muestras de maíz y sorgo afectadas por mildeo velloso. **a**. Conidióforo en forma de árbol, ramificado en la parte superior con conidias redondas y ovaladas encontrado en hojas de maíz (Tierralta, Córdoba). **b**. Conidióforo con tres brazos, esterigmas y conidias, observado en muestras de maíz ICA V 109 (Sincelejo, Sucre). Nótese el tabique (flecha) y la célula basal. **c.** Detalle del conidióforo **b,** nótese la terminación de los esterigmas. **d.** Conidias redondas y ovaladas encontrado en hojas de maíz (Tierralta, Córdoba). **e.** Conidias germinando mediante tubos germinativos obtenidas de muestras de maíz ICA V 109 (Sincelejo, Sucre). **f.** Oosporas encontradas en tejidos de maíz en muestras de maíz ICA V 109. nótese la doble pared (Sincelejo, Sucre). **g.** Parte apical de un conidióforo obtenido de muestras de Sorgo forrajero (Rozo, Palmira, Valle), nótense algunas conidias germinadas. **h.** Parte inferior del conidióforo **g . i.** Oosporas en tejido foliar de sorgo forrajero (Rozo, Palmira, Valle) distribuidas en bandas. **j.** Detalle de las oosporas **i**, nótese la forma y la coloración característica. (Figuras **a, b, i**: x 10X ; **d** 100X; **c, e, g, h, j** 40X)

Fotografías a, d O. Campo, Z Lozano, C. A. Huertas; b, c, e B. Pineda L , C. A. Huertas; f V. C. Castellanos Convenio ICA Centro de diagnóstico vegetal Unillanos- Facultad de Agronomía-Fitopatología); g.h.i.j F. Varón de A. , G. Sarria, C. A. Huertas D.

conidióforos hialinos de 180-300 µ de longitud, usualmente dicotómicos ramificados de dos a tres veces, septados cerca de su base; las conidias ovales a casi esféricas de 14,4 27,3 x 15-28,9µ que germinan mediante un tubo germinativo y oosporas de color marrón a subhialinas, esféricas con un diámetro entre 25-42,9µ, que también emiten tubo germinativo al momento de germinar.

Es de anotar que durante el estudio no se encontraron oosporas en las muestras obtenidas en los lotes de maíz en Tierralta, pero éstas ya habían sido observadas por Campo et al durante sus investigaciones en 1999, además se debe tener en cuenta que las muestras correspondían a maíz y en esta planta generalmente se encuentran en menor proporción (Frederiksen, 1980).

Para concluir, las observaciones de los síntomas de la enfermedad presentes en los cultivos de sorgo en los sitios visitados de los departamentos de Córdoba, Sucre y Valle del Cauca, y el análisis en el laboratorio de las muestras recolectadas para verificar la presencia de signos permitieron comprobar que la enfermedad objeto del reconocimiento correspondía al mildeo velloso, "downy mildew", mildiu o mildeo del maíz y el sorgo ocasionado por el hongo *Peronsclerospora sorghi* (W. Weston &Uppal) C. G. Shaw; resultados que concuerdan con los registros anteriores de otros investigadores quienes determinaron la presencia del patógeno desde 1990 hasta el 2000 (Buriticá et al, 1992; Arias et al, 1993; Campo et al, 1999; Huertas,1999).

Respecto a la diseminación de la enfermedad desde el primer registro en 1990 hasta el presente es necesario hacer algunos comentarios que pueden ser de interés, particularmente si se quiere establecer un plan de manejo de la enfermedad en el país.

De acuerdo a la información consultada (Arias et al, 1993) en los comienzos de la decada de los noventa se dictaron medidas tendientes a erradicar los focos de mildeo en el departamento del Cesar, pero no se menciona nada respecto a los que Buriticá et al (1992) había registrado en el Departamento de Córdoba. Esto explicaría la situación actual de esa región en donde aun está presente la enfermedad.

Por otra parte las medidas para erradicación de los focos, adoptadas con base en la consideración de que la enfermedad era de comportamiento monocíclico, y consistentes en aplicar al lote metalaxyl, posteriormente Glifosato y finalmente incorporación del material vegetal al suelo mediante dos pases de rastra pesada a 30cm de profundidad (Arias et al, 1993), probablemente no surtieron los efectos esperados. Es posible que aún continúe presente la enfermedad en el departamento del Cesar, situación que debe comprobarse, pues en el presente estudio no se incluyó dicha región.

Adicionalmente, en la aplicación de las medidas regulatorias no se menciona si se aplicaron o no a los hospedantes del patógeno, y estos crecen en los bordes de los cultivos, pasando en muchos casos desapercibidos pero que son fuentes de inoculo permanentes y muy importantes. Para el caso es fundamental tener en cuenta que el patógeno *P. sorghi* tiene hospedantes naturales como el pasto Johnson (*Sorghum halepense* (L) Pers) y *Sorghum durra* (Orssk) Taof, hallados por Buriticá (1992) en las cercanías de los culti

vos afectados.

El papel de las oosporas también es un elemento importante al diseñar medidas de control pues son estructuras de resistencia que sobreviven de tres a diez años en el suelo. Es muy posible, en el caso del Cesar, que al enterrar los residuos de cosecha se les protegió y cuando surgieron condiciones favorables iniciaron nuevas infecciones en los cultivos, especialmente si se tiene en cuenta que según Bonde, 1982; Smith y Renfro, 2000 el ciclo de vida se inicia cuando las oosporas presentes en el suelo infectan las plántulas a través de las raíces y se inicia un proceso de infección sistémica que invade los tejidos de la planta.

Adicionalmente se sabe que el patógeno es del tipo policíclico y que puede multiplicarse rápidamente a través de conidias produciendo infecciones múltiples durante una cosecha. Al quedar oosporas en el suelo (inóculo primario) y presencia de hospederos perennes como el pasto Johnson y por las características del patógeno se generan muchos ciclos secundarios con la producción constante de conidias que son diseminadas a corta distancia por el viento, la enfermedad se mantuvo en el tiempo. Por otra parte las condiciones ambientales de las regiones (alta humedad relativa cercana a saturación, temperaturas frescas durante la noche) pudieron favorecer el desarrollo y establecimiento de la enfermedad, si se tienen en cuenta las observaciones de Bonde, (1982); Smith y Renfro, (2000), pues las temperaturas entre 17^{0}C y 29^{0}C (óptimas entre 24-26 ^{0} C), saturación atmosférica o agua libre y temperaturas moderas entre 21^{0}C -25^{0}C, favorecen el desarrollo de la enfermedad. Por otra parte las oosporas caen al suelo cuando se rompe el tejido (látigos) y pueden ser transportadas por el agua de riego a distancias largas (Bonde, 1982)

La aparición de los focos de la enfermedad en Sucre y Valle del Cauca deberían ser evaluados en cuanto a su origen, por cuanto es posible que estén asociados al movimiento de semillas sin el tratamiento adecuado.

Para el manejo adecuado de la problemática actual del mildeo velloso *(Peronsclerospora sorghi* (W. Weston & Uppal) C. G. Shaw) en Colombia se recomienda diseñar un plan de acción tendiente a frenar el avance de la enfermedad a los cultivos de maíz y sorgo establecidos en el país, con base en un reconocimiento detallado de todas las zonas productoras. En el reconocimiento se deben tener en cuenta las malezas hospedantes del patógeno. También, como una medida preventiva se debe recomendar el tratamiento de semillas con productos específicos como el metalaxyl, antes de la siembra. Se debe fomentar la investigación y los planes de obtención y utilización de genotipos con resistencia a la enfermedad

Como quiera que aún la investigación acerca del comportamiento del patógeno en las condiciones de Colombia aún no se han concluído es importante continuar con las investigaciones acerca del comportamiento del *P. sorghi*, particularmente en cuanto a la patogenicidad en maíz y sorgo de las oosporas producidas en Pasto Johnson (*Sorghum halepense*) u otros hospedantes. Además se deben incluir estudios relacionados con la presencia de otros agentes causales de mildeos en gramíneas que se pueden encontrar en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos Carlos de León del CIMYT, a Carlos Kleffel, Víctor Hugo Castellanos, Francia Varón de Agudelo, Luis Enrique Guevara, P, Antonio Madroñero del ICA, a Rodrigo Orlando Campo y Zaida E. Lozano de la Universidad de Córdoba; a José Luis Ramírez del LSG-CIAT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexopoulus, C. J. 1966. Introducción a la micología. Editorial Universitaria de Buenos Aires. pp. 149-164.

Arias, J. H., Clavijo, P., Galindo, J. R. y Ramírez, B. 1993. Situación sanitaria del sorgo en Colombia con relación a mildeo velloso. Ascolfi Informa. 19(1):5-6.

Bonde, M. R. 1982. Epidemiology of Downy Mildew Diseases of Maize, Sorghum and Pearl Millet. Trop Pest Manage 28:49-60

Buriticá, P., Jarma, A.; Osorio, J. 1992. Mildeo velloso del Sorgo en Colombia. Ascolfi Informa. 18(3): 33-34.

Buriticá, P. 1992. El Pasto Johnson [*Sorghum halepense* (L) Pers] hospedante natural del mildeo velloso del sorgo en Colombia. Ascolfi Informa. 18(4):39-40.

Buriticá, P. 1993. Enfermedades fungosas de los cultivos: Mildeo Velloso del Sorgo. Ascolfi Informa 19(1): 4.

Campo, R. O., Jaraba, J., De León, C. 1999. Reconocimiento del Mildeo Velloso del maíz en Tierra Alta (Córdoba, Colombia). ASCOLFI Informa. 25 (3): 29-31.

Comunidad Andina. 2003. Resolución 451. Norma Andina sobre requisitos fitosanitarios de aplicación al comercio de productos agrícolas. Consultada Junio 3 de 2003. disponible en http://www.comunidadandina.org/normativa/res/R451.htm

De León, C. 2.001. Mejoramiento de resistencia genética en maíz al Mildeo Velloso. Conferencia presentada en la Reunión de Carbón de la Espiga y Mildeo del maíz. ICA Julio 17, Sincelejo (Sucre).

Francis, S. M., Williams, R. J. 1983. *Peronosclerospora sorghi*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 761.

Frederiksen, R. A., Bockhold, A. J., Rosenow, D. J. y Reyes,. L. 1970. Problem and Progress of Sorghum Downy Mildew in the United States. Indian Phytopathology 23: 321-338

Frederiksen, R. A.; Renfro, B. L. 1977. Global status of Maize Downy Mildew. *Ann. Rev. Phytopathology* 15: 249-275.

Frederiksen, Richard A. 1980. Sorghum Downy mildew in the United States: Overview and Outlook. Plant Dis. Rptr 64(10): 903-908

Granada, G., Varón, F. 1983. La punta loca del maíz en Colombia. ASCOLFI Informa. 9(1): 3-4.

Huertas, C. A. 1999. Reconocimiento y Diagnóstico de la presencia del Mildeo Velloso causado por el hongo *Sclerospora sorghi* en el Departamento de Córdoba. Informe presentado a la División de Sanidad Vegetal.

Huertas, C. A. 2001. Informe problemática fitosanitaria del cultivo del maíz en el Departamento de Sucre. Informe presentado a la Subgerencia de Protección Vegetal del ICA.

Kenneth, R. G. 1981. Downy Mildews of graminneous crop. Pages 367-394 in: The Downy Mildews D. M. Spencer, ed. Academic Press, New York.

Malaguti, G., Fernández, A. Nass, H. 1977. Mildiu lanoso o punta loca del maíz en Venezuela. Agronomía Tropical 27(1): 103-129

Nass, H., Díaz, C., Pons, N., Fréitez, F. 1976. El Hongo *Peronosclerospora maydis*, patógeno de maíz, sorgo y Falso Johnson en Venezuela.Fitopatología 11(2): 50-56

Reyes, L., Rosenow, D. T., Berry, R. W., Futrell, M. C. 1964. Downy Mildew and head smut diseases of sorghum in Texas. Plant Dis Rptr 48(4): 249-253.

Schmitt, C.G., Woods, J. M., Shaw, C. G. y Stausbury, E. 1979. Comparison of some Morphological Characters of Several Corn Downy Mildew incitants. Plant Dis Rptr 63(8): 621-625.

Shaw, C .G. 1970. Morphology and Physiology of Downy Mildews Significance in Taxonomy and Pathology. Indian Phytopathology 23(2):364-370.

Shaw, C. G. 1978. *Peronosclerospora* Species and Other Downy Mildews of the gramineae. Micologia 70: 594-604.

Smith, D. R. y Renfro, B. 2.000. Downy Mildews. Pages 25-32. In: White, G. (eds) Compendium of Corn Diseases. The American Phytopathological Society. APS Press. Minessota.

Waterhouse, G.M. 1964. The genus *Sclerospora*. Diagnosis (or descriptions) from the original papers and a key. Misc. Publ. 17. Commonealth Mycological Institute, Kew. England

Weston, W. H. y Uppal, B. N. 1932. The basis for *Sclerospora sorghi* as a specie. Phytopathology 22: 573-586

Reprinted with permission from Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines ASCOLFI. Originally published in Fitopatología Colombiana 26(1-2): 55-60, Copyright 2002.