

DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA FITOSANITARIA CAUSADA POR *Sclerotinia* spp. EN EL CULTIVO DE LECHUGA EN LOS MUNICIPIOS DE FUNZA, MADRID Y MOSQUERA (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)

Carlos Andrés Moreno M.Sc., Alexander Smith B.Sc.,
Alejandra Martínez B.Sc., Lina Ordóñez B.Sc.,
Camilo Rubén Beltrán B.Sc., Laura Villamizar D.Sc.
y Alba Marina Cotes Ph.D

Investigadores Laboratorio de Control Biológico,
Centro de Biotecnología y Bioindustria - CBB,
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica.
Km 14 vía Bogotá-Mosquera.
E-mail: cmoreno@corpoica.org.co



CAPÍTULO 1

RESUMEN

La lechuga es una de las hortalizas de mayor consumo en Colombia; sin embargo, la incidencia de la enfermedad moho blanco ha reducido los rendimientos del cultivo. En el país es escaso el conocimiento de las especies del hongo *Sclerotinia* que causan esta enfermedad así como de la respuesta del microorganismo a las moléculas químicas comúnmente usadas para su control. Teniendo en cuenta que conocer este problema es fundamental para tomar decisiones de manejo, el presente trabajo buscó generar información del estado actual de la problemática del moho blanco de la lechuga. Para esto se realizaron muestreos de plantas enfermas en cultivos comerciales en los municipios de Funza, Madrid y Mosquera en donde se obtuvieron aislamientos y se determinó la especie del agente causal. Se hizo el seguimiento a la incidencia y se determinó el patrón de distribución espacial de la enfermedad en campo. Con los aislamientos del hongo se efectuó una prueba de patogenicidad *in vivo* sobre plantas de lechuga. Los hongos *S. sclerotiorum* y *S. minor* se observaron en los cultivos muestreados; en 75% de estos se encontró *S. sclerotiorum*, en 50% estuvo presente *S. minor* y en 25% de los casos se hallaron las dos especies. La incidencia de la enfermedad varió de 5% a 54% entre las fincas muestreadas y se vió que la producción de esclerocios en el tejido vegetal fue mayor para *S. minor*. Aunque en algunos cultivos comerciales de lechuga se apreciaron apotecios de *S. sclerotiorum*, la distribución espacial de la enfermedad fue agregada para ambas especies. El fungicida más utilizado por los agricultores para el control de la enfermedad es Iprodione, pero en ningún cultivo se notó descenso o estabilidad de la epidemia. Por esta razón se llevaron a cabo pruebas de susceptibilidad *in vitro* en donde se observó que los fungicidas Iprodione, Procimidona y Tebuconazole inhibieron totalmente el crecimiento de los aislamientos de *S. sclerotiorum* y *S. minor* obtenidos, sugiriendo que existen otros factores diferentes al hongo que reducen la eficacia de los fungicidas en campo. Los resultados también sugieren que se deben evaluar las formas, frecuencias y técnicas de aplicación de los fungicidas utilizados por los agricultores y otros métodos de control alternativos para aumentar la eficacia sobre la enfermedad moho blanco de la lechuga.

1.1 INTRODUCCIÓN

El departamento de Cundinamarca representa un área importante para la producción de hortalizas en el país pues allí se realiza cerca de 72% de la producción de lechuga en Colombia (DANE, 2002), destacándose en esta actividad la región Sabana de Occidente, cercana a Bogotá, D.C. En este departamento se siembran al año alrededor de 383 ha con lechuga, con un rendimiento promedio de 22 t/ha. (DANE, 2002). Sin embargo, el área sembrada tiene la tendencia a aumentar debido al aumento en la demanda de este alimento, del cual una persona consume 0.52 Kg al año en Colombia (Agrocadenas, 2003).

A pesar de las buenas expectativas en la demanda, los rendimientos en el país son bajos comparados con los obtenidos en Estados Unidos y Bélgica, principales países productores con 38 y 37 t/ha respectivamente (FAO, 2009). Ésta pérdida en los rendimientos se debe principalmente a la incidencia de la enfermedad moho blanco, de la cual se conoce en varios países que es causada por las especies de hongos *S. sclerotiorum* y *S. minor* (Subbarao *et al.*, 1998), presentes en todas las regiones del mundo donde se produce lechuga y que causan pérdidas económicas importantes. En California por ejemplo, la principal zona productora de lechuga de los Estados Unidos, han registrado pérdidas de 60% y se estima que debido a esta enfermedad se pierden anualmente cerca de 150 millones de dólares en el mundo (Davis *et al.*, 2002).

En Colombia son pocos los estudios realizados para determinar la presencia de estos dos patógenos en el cultivo de lechuga y para cuantificar las pérdidas ocasionadas por los mismos, teniendo como referencia solamente los estudios de eficacia realizados en campo por Ávila de Moreno (1991) y Smith (2007) quienes encontraron una incidencia promedio de 46% a 68% en el testigo; y una incidencia cercana a 70%, según la comunicación personal de un productor de lechuga del municipio de Mosquera, citada por Pérez (2003).

Aunque no hay mayor claridad sobre la ocurrencia de las dos especies de *Sclerotinia* en el país, en el

directorio de fitopatógenos de Colombia, Buritica (1999) menciona la presencia del hongo *S. minor* en Cundinamarca, lo cual es importante en el presente tema ya que las especies *S. sclerotiorum* y *S. minor* presentan diferencias en su biología. *S. sclerotiorum* por ejemplo, tiene la capacidad de formar apotecios a partir de los esclerocios mientras que en *S. minor* esto no es frecuente (Abawi y Grogan, 1979; Subbarao, 1998), aspecto que también implica diferencias en la epidemiología de la enfermedad, que a su vez debería verse traducido en diferencias en la forma de control con respecto al tipo, la elección del sitio blanco y las épocas para tal control.

Además de la falta de claridad en el conocimiento de las dos especies que causan el moho blanco y de la magnitud de las pérdidas ocasionadas en Colombia, se sabe que aunque no existen fungicidas de síntesis química registrados ante el ICA para su uso en el cultivo de lechuga, los agricultores los utilizan con frecuencia y también que después de cuarenta años de empleo no se han realizado estudios para medir la sensibilidad de los fitopatógenos a éstas moléculas. Teniendo en cuenta que la importancia de tener este conocimiento traería beneficios para el registro y uso correcto de métodos de control, reducción de costos de producción y por consiguiente aumento de competitividad para el sector, los objetivos del presente trabajo fueron precisar la incidencia de las especies de *Sclerotinia* en el cultivo de lechuga en los municipios de Funza, Madrid y Mosquera, cuantificar las pérdidas de rendimientos por causa de este hongo y determinar la sensibilidad de aislamientos del hongo a fungicidas comerciales.

1.2 METODOLOGÍA

1.2.1 Determinación del agente causal de la enfermedad moho blanco de la lechuga

Para obtener aislamientos del agente causal del moho blanco se colectaron muestras de lechuga (hojas, raíces o plantas completas) con síntomas y signos de la enfermedad, en 14 cultivos de los municipios de Funza (3), Madrid (5) y Mosquera (6). Estas

muestras se procesaron en el Laboratorio de Control Biológico del Centro de Biotecnología y Bioindustria de Corpoica (Mosquera), se tomaron esclerocios y trozos de micelio que fueron inoculados directamente en medio de cultivo PDA sintético suplementado con Cloramfenicol (250 mg/L; Merck). El medio de cultivo inoculado se incubó a 25 °C hasta observar crecimiento del micelio del hongo y se realizó la purificación de las colonias. Para la conservación de los aislamientos de los hongos se almacenaron esclerocios secos en viales de vidrio estériles. Durante el crecimiento de los aislamientos en el medio de cultivo se realizaron observaciones de las características microscópicas y macroscópicas del hongo con el fin de determinar la especie, teniendo en cuenta las características descritas por Hawthorne (1975) para el caso de *S. minor*, por Kohn (1979) para el caso de *S. sclerotiorum* y de Willets y Wong (1980).

1.2.2 Cuantificación de pérdidas por el moho blanco en cultivos comerciales

Para cuantificar las epidemias, se registró periódicamente la incidencia de la enfermedad en seis cultivos comerciales de lechuga tipo batavia a campo abierto, estableciendo áreas fijas de muestreo desde el trasplante. En tres de estos cultivos se utilizó una red para la muestra con un área de 1.000 m² en el centro del cultivo y en los otros tres se instalaron aleatoriamente 20 puntos de muestreo de 10 m de longitud (100 plantas aproximadamente) dentro de las camas de cultivo. Mediante el programa Sigma plot se determinó el modelo de crecimiento que más se ajustó a la curva de incidencia obtenida en cada caso.

1.2.3 Estimación del patrón de distribución espacial de la enfermedad en campo

Los datos de incidencia de la enfermedad obtenidos en los cultivos donde se utilizó la red de cuadrantes para el muestreo, fueron utilizados para determinar la distribución espacial de la enfermedad. El tamaño de los cuadrantes fue de 2 m de longitud paralela a la cama de cultivo y de 1,7 m de ancho (igual al ancho de la cama). Para caracterizar el modelo espacial

de la incidencia se aplicaron herramientas del análisis geoestadístico, como los mapas de contorno y los semivariogramas mediante el programa GS + 9.0.

1.2.4 Prueba de patogenicidad de *Sclerotinia* spp. en plantas de lechuga

Con el fin de comprobar la patogenicidad de los aislamientos de *Sclerotinia* obtenidos y de estandarizar una metodología para reproducir la enfermedad en condiciones de invernadero, se seleccionaron dos aislamientos identificados como *S. minor* y *S. sclerotiorum* y codificados como Sc001 y Sc002 respectivamente. Estos hongos se multiplicaron en sustrato estéril de cebada perlada (25 g) dispuesta en Erlenmeyer de 250 mL, suplementada con agua destilada (50 mL), y se le adicionaron 5 discos (0,5 cm de diámetro) de medio de cultivo PDA con crecimiento del hongo. El sustrato de crecimiento inoculado se incubó durante una semana en condiciones de oscuridad y temperatura ambiente (15 °C), tiempo después del cual se formaron esclerocios que fueron cosechados y secados durante una hora en una cabina de flujo laminar horizontal. Estos esclerocios se utilizaron como inóculo para la prueba de patogenicidad y se evaluó el efecto de diferentes densidades (2, 5, 8 y 11 esclerocios) sobre la incidencia de la enfermedad en plantas de lechuga sembradas en materas con suelo (4 kg). Para inocular los esclerocios se llenó la matera hasta $\frac{3}{4}$ de su capacidad, el $\frac{1}{4}$ de sustrato restante se mezcló con el inóculo y posteriormente se adicionó a la matera. Finalmente se rea-

lizó el trasplante de plántulas de lechuga tipo batavia variedad Vanmax de 4 semanas de edad. La unidad experimental consistió en 10 plantas y el diseño utilizado fue el de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Mediante ANAVA se determinaron los efectos significativos de los tratamientos sobre la incidencia del moho blanco y se hicieron comparaciones de promedios de tratamientos mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

1.2.5 Determinación de la sensibilidad de aislamientos de *Sclerotinia* a fungicidas

Con el fin de determinar el estado de sensibilidad a fungicidas de aislamientos de *S. sclerotiorum* y *S. minor* provenientes de cultivos comerciales, se evaluó el efecto *in vitro* de Benomil, Iprodione y Procimidona (ingredientes activos utilizados con frecuencia en el cultivo de lechuga en la zona de estudio) y de Boscalid, Kresoxim-metil y Tebuconazole (moléculas utilizadas en otros países en el control de *Sclerotinia* spp.), poniendo a crecer el hongo en medio de cultivo PDA suplementado con cada fungicida. Para esto se seleccionó un aislamiento de cada especie para los municipios de Funza, Madrid y Mosquera. Para la selección de las dosis de los fungicidas se tuvo en cuenta la dosis más alta de ingrediente activo recomendada para el producto comercial y arbitrariamente se evaluó también 1/2, 2/3, 3/2 y el doble de la dosis comercial (Tabla 1). Como inóculo se utilizaron cultivos de los hongos de seis días de edad, provenientes del segundo subcultivo después de la reactivación de

Tabla 1. Fungicidas seleccionados para la prueba de sensibilidad *in vitro* de *Sclerotinia* spp.

| Fungicida | Dosis (ppm) | | | | | |
|----------------|-------------|-------|-------|---------------------------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 Dosis recomendada | 5 | 6 |
| Benomil | 0,0 | 125,0 | 166,7 | 250,0 | 375,0 | 500,0 |
| Boscalid | 0,0 | 300,0 | 400,0 | 600,0 | 900,0 | 1200,0 |
| Tebuconazole | 0,0 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,8 | 2,0 |
| Iprodione | 0,0 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,8 | 1,0 |
| Kresoxim-metil | 0,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 |
| Procimidona | 0,0 | 250,0 | 333,3 | 500,0 | 750,0 | 1000,0 |

los aislamientos conservados. Para la preparación de los medios de cultivo con fungicida, se hizo una solución stock con base en la dosis recomendada y la solubilidad de cada uno de los fungicidas. El volumen requerido de solución fungicida fue adicionado al medio PDA estéril con una temperatura aproximada de 45 °C, se agitó manualmente para homogeneizar la mezcla y luego se sirvió en cajas de Petri. El inóculo obtenido anteriormente se colocó en el centro de la caja de Petri que contenía el medio PDA-fungicida, con el micelio en contacto con el agar y se llevó a incubar en condiciones de oscuridad y a 25 °C durante 8 días. Diariamente se midió el diámetro de la colonia (dos diámetros perpendiculares que fueron promediados) y finalizado el ensayo se registró el número de esclerocios producidos. El experimento se efectuó mediante un diseño experimental completamente aleatorio con tres repeticiones y la unidad experimental consistió en una caja de Petri. Para cada aislamiento evaluado se incluyó un testigo absoluto en el cual no se adicionó fungicida al medio de cultivo. Durante ocho días se registró el diámetro de la colonia de hongo y se realizaron observaciones de la colonia para detectar efectos sobre la morfología. Se determinó la velocidad de crecimiento micelial mediante un análisis de regresión lineal entre el diámetro de la colonia y el tiempo de incubación para cada repetición, con

ayuda del programa Excel de Microsoft Office 2007* y estos valores fueron sometidos a un ANAVA y a una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) utilizando el programa Statistix* 1.0. También se estimó el porcentaje de inhibición de crecimiento de los aislamientos debido a la acción del fungicida.

1.3 RESULTADOS

1.3.1 Agente causal del moho blanco de la lechuga

Los cultivos de lechuga muestreados entre los años 2006 a 2008 (en 14 fincas) presentaron tamaños de 1 a 3 Ha, en las veredas San Francisco, San José y San Jorge (de Mosquera), El Corzo (de Madrid) y Tres Esquinas, La Isla y México (de Funza). Durante todo el ciclo de cultivo se apreciaron síntomas tales como marchitamiento de hojas externas y decaimiento generalizado de la planta, lesiones de color marrón en el tejido foliar, pudrición blanda acuosa, crecimiento de micelio color blanco sobre el tejido y formación de esclerocios (Figura 1). Tanto en las plantas de lechuga como en el medio de cultivo en las cajas de Petri se observaron aislamientos cuyos esclerocios fueron de dos tipos: unos de forma irregular, apla-



Figura 1. Síntomas y signos de la enfermedad moho blanco de la lechuga causados por *S. minor* (fotografías en la fila superior) y *Sclerotinia sclerotiorum* (fotografías en la fila inferior) Obsérvese la formación de esclerocios de los hongos sobre el tejido foliar.

Tabla 2. Producción de esclerocios en la superficie de plantas de lechuga afectadas por el moho blanco.

| | Producción de esclerocios en el tejido vegetal en campo (No.) | | | | | Dimensiones de los esclerocios de campo (mm) | |
|------------------------|---|--------|----------|---------------------|-------------------|--|-----------|
| | Mínimo | Máximo | Promedio | Desviación estándar | Tamaño de muestra | Ancho | Largo |
| <i>S. sclerotiorum</i> | 2,0 | 132,0 | 42,6 | 37,7 | 19,0 | 2,4 a 3,7 | 4,2 a 6,0 |
| <i>S. minor</i> | 1,0 | 1266,0 | 206,9 | 306,9 | 27,0 | 1,7 a 1,8 | |

nados y de mayor tamaño y otros de forma redondeada y más pequeños; aquellos de forma irregular formaron esclerocios de forma radial o concéntrica en la caja de Petri, mientras que los aislamientos de esclerocios pequeños los formaron de manera uniforme (Figura 1). De acuerdo con estas características los primeros fueron clasificados como *S. sclerotiorum* y los otros como *S. minor*. Se determinó que la especie *S. sclerotiorum* estuvo presente en 50% de las fincas muestreadas, *S. minor* en 29% y que 21% de las fincas presentaron las dos especies de *Sclerotinia* en el cultivo. En campo se observó que *S. minor* produce mayor cantidad de esclerocios sobre las plantas afectadas comparada con *S. sclerotiorum* (Tabla 2).

1.3.2 Incidencia del moho blanco en cultivos comerciales de lechuga

La incidencia de la enfermedad varió entre 12 y 33% para el caso de *S. sclerotiorum* mientras que para *S. minor* se presentó entre 25 y 51%. Cuando los dos patógenos se presentaron en una misma área, la enfermedad alcanzó una incidencia de 45%

(Figura 2). Lo importante para destacar en este aspecto es que a pesar del uso de los fungicidas recomendados para el control de *Sclerotinia* spp., en ningún caso se apreció una estabilidad de la curva de progreso de la epidemia. En la mayoría de los casos los agricultores aplican los fungicidas Iprodione y Procimidona, en otros casos emplean Captan y Validamicina, con 10 aplicaciones por ciclo de cultivo, lo cual representa en promedio 17% de los costos totales de producción en una Ha, incluyendo la mano de obra para realizar las aplicaciones.

1.3.3 Distribución espacial del moho blanco en el cultivo de lechuga

Según los semivariogramas omnidireccionales de la incidencia de la enfermedad, no hubo dependencia espacial entre cada punto de muestreo para los cultivos ubicados en las fincas La Fragua (vereda San Jorge, Mosquera), Lagunilla (vereda Tres esquinas, Funza) y San Nicolás (vereda El Corzo, Madrid). En los semivariogramas se presentó un efecto pepita, es decir que la semivarianza fue muy similar a la va-

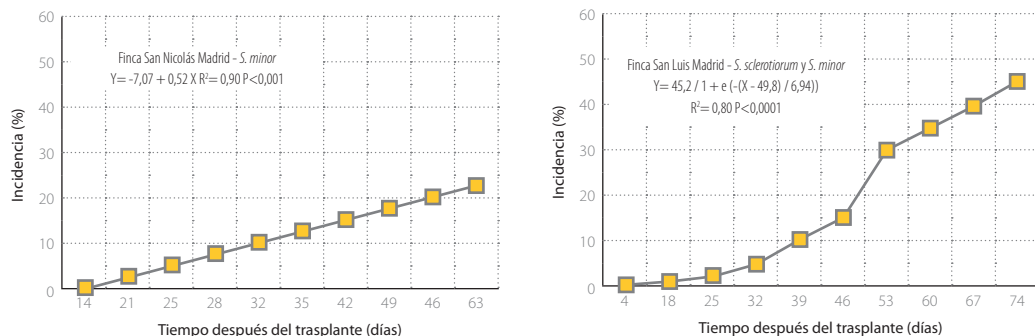


Figura 2. Curvas de progreso de la incidencia de la enfermedad moho blanco de la lechuga en cultivos comerciales. Durante el ciclo de cultivo el agricultor aplicó fungicidas y realizó sus prácticas agronómicas de rutina.

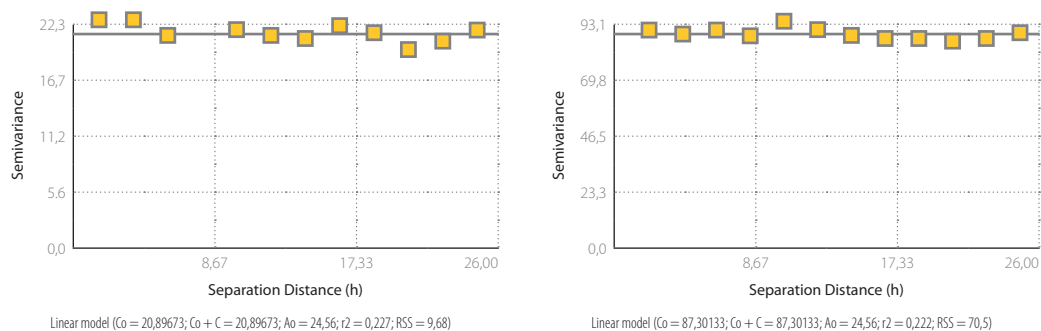


Figura 3. Semivariogramas obtenidos para la incidencia de la enfermedad moho blanco causada por *S. minor* en la finca San Nicolás, Madrid. Izquierda: muestreo realizado 21 días después del trasplante. Derecha: muestreo realizado 63 días después del trasplante.

rianza de la muestra (Figura 3). El efecto pepita que muestran los semivariogramas también es un indicador de baja correlación espacial de la enfermedad causada por las especies *S. sclerotiorum* (Funza) y *S. minor* (Mosquera y Madrid).

La incidencia de la enfermedad en el área de muestreo se inició a partir de pequeños focos hasta focos con altos niveles de incidencia durante el final del ciclo del cultivo (Figura 4).

1.3.4 Patogenicidad de *Sclerotinia* spp.

Las plantas de lechuga inoculadas con las cepas de *S. sclerotiorum* Sc002 y *S. minor* Sc001 presentaron síntomas de la enfermedad moho blanco, los cuales fueron similares para las dos especies. Estos síntomas fueron pérdida de turgencia de hojas externas, amarillamiento y necrosis de hojas viejas y posterior desarrollo de micelio color blanco sobre el

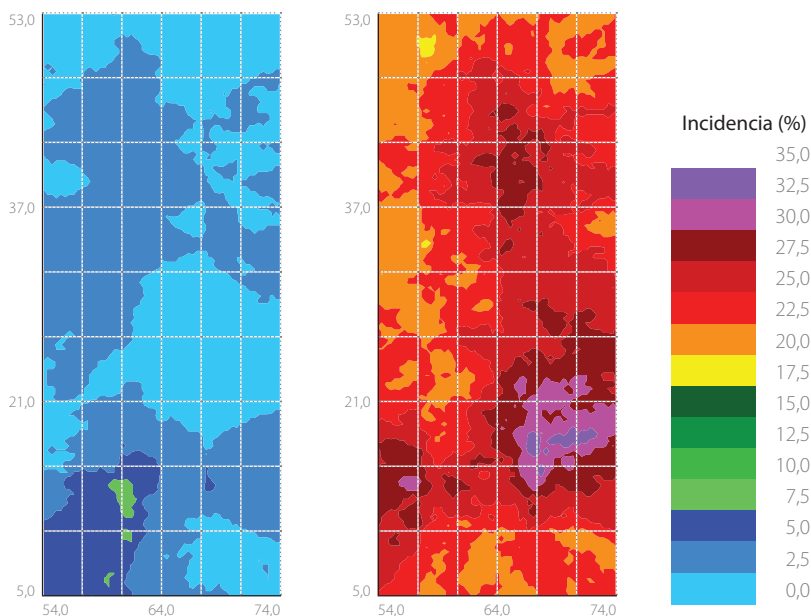


Figura 4. Mapas de contorno 2D de la incidencia de la enfermedad moho blanco de la lechuga causada por *S. minor* en la finca San Nicolás, Madrid, para los muestreos realizados 21 días (izquierda) y 63 días (derecha) después del trasplante. La barra de colores muestra la escala de incidencia.



Figura 5. Síntomas y signos de la enfermedad moho blanco de la lechuga causada por *S. minor* Sc001 en las plantas de lechuga establecidas en materas. Antes del trasplante el sustrato se inoculó con esclerocios del patógeno.

tejido infectado (Figura 5), lo cual coincidió con la descripción de síntomas realizada por Bolton y colaboradores (2006) y Subbarao (1998). Después de la formación del micelio se produjo la formación de esclerocios, cuya diferencia entre las dos especies de *Sclerotinia* spp. radicó en el tamaño de ellos.

El ANAVA mostró efectos significativos de la densidad de esclerocios inoculados en las materas sobre el grado de incidencia de la enfermedad causada por *Sclerotinia* spp. en las plantas de lechuga.

La enfermedad moho blanco se presentó primero en las plantas inoculadas con *S. sclerotiorum* (9 días después de la inoculación) mientras que en las unidades experimentales inoculadas con *S. minor* la enfermedad se apreció desde el día 26 después de la inoculación. En ambos casos la densidad de 11 esclerocios causó la incidencia significativamente más alta (48 y 27% respectivamente). Sin embargo, *S. minor* causó mayor presencia de la enfermedad en comparación con *S. sclerotiorum* en todas las densidades de inóculo utilizadas (Figura 6).

Los mayores porcentajes de incidencia de *S. minor*, podrían ser atribuidos a causas endógenas de los esclerocios, ya que Lumsden (1979) describió que los esclerocios de *S. minor* poseen reservas energéticas, lo cual permite la directa penetración de la cutícula de la planta de lechuga por las hifas, mientras que en la germinación miceliogénica de *S. sclerotiorum*, las hifas inicialmente deben nutrirse y desarrollarse.

Cincuenta y cuatro días después del trasplante se apreció la formación de apotecios en la superficie del sustrato de crecimiento de las plantas de lechuga inoculadas con el hongo *S. sclerotiorum* (Figura 7). En Colombia no existían reportes de la formación de apotecios de *Sclerotinia* sp.; sin embargo, bajo las condiciones experimentales y también en campos de cultivo del municipio de Mosquera, durante el desarrollo de la presente investigación fue posible observar dicho fenómeno. Esto indica la posibilidad de que en nuestras condiciones (Sabana de Bogotá) ocurra la dispersión de la enfermedad moho blanco a través de ascosporas, además de la forma usual de producción de esclerocios como estructuras de resistencia.

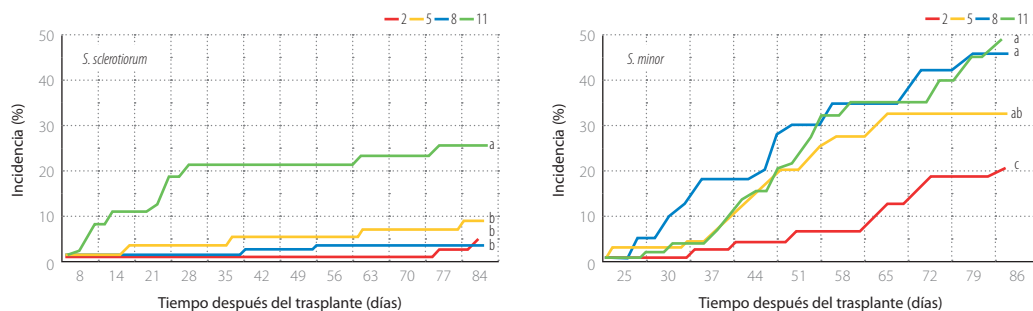


Figura 6. Efecto de la densidad de inóculo de *S. sclerotiorum* Sc002 (izquierda) y *S. minor* Sc001 (derecha) sobre la incidencia de la enfermedad moho blanco. Los marcadores al final de cada serie con diferente letra son significativamente diferentes (Tukey $\alpha = 0.05$).



Figura 7. Apotecios de *S. sclerotiorum* Sc002 formados sobre el sustrato de crecimiento de las plantas de lechuga en las materas.

Los resultados de esta prueba de patogenicidad son útiles para implementarse en pruebas de eficacia de métodos de control de la enfermedad en condiciones controladas y para medir la susceptibilidad de aislamientos de *Sclerotinia* a fungicidas químicos.

1.3.5 Efecto de fungicidas sobre *Sclerotinia* spp.

Después de ocho días de contacto los ingredientes activos Iprodione, Procimidona y Tebuconazole, in-

hibieron el crecimiento de los seis aislamientos de los hongos *S. sclerotiorum* (Sc002, Sc006, Sc008) y *S. minor* (Sc001, Sc005, Sc007), sugiriendo así una alta sensibilidad de estos hongos a las moléculas, por lo que la Procimidona podría ser un fungicida con alto potencial para el control de *Sclerotinia* spp. en el cultivo de lechuga (Tabla 3).

Los fungicidas Iprodione y Procimidona pertenecen al grupo químico de las dicarboxamidas, moléculas que afectan principalmente el crecimiento de los hongos y en menor razón la germinación de las

Tabla 3. Velocidad media de crecimiento del aislamiento Sc001 expuesto a la dosis recomendada de diferentes fungicidas.

| Tratamiento | Coefficiente de correlación (R ²) | Velocidad media de crecimiento (mm/día) | Desviación estándar | Grupos homogéneos (Tukey 95%) |
|----------------|---|---|---------------------|-------------------------------|
| Testigo | 0,97 | 20,72 | 0,85 | a |
| Kresoxim-metil | 0,96 | 18,82 | 0,30 | b |
| Boscalid | 0,98 | 9,21 | 0,58 | c |
| Benomil | 0,84 | 0,27 | 0,21 | d |
| Iprodione | - | 0,00 | 0,00 | e |
| Procimidona | - | 0,00 | 0,00 | e |
| Tebuconazole | - | 0,00 | 0,00 | e |

esporas (De Liñán, 1997; Damicone, 2000; Beltrán *et al.*, 2006; Pappas y Fisher, 2006), efecto debido a la inhibición de la biosíntesis de quitina y de los triglicéridos de las membranas biológicas, por alteración oxidativa de sus componentes (Pappas y Fisher, 2006).

El Iprodione ha sido empleado para el manejo de moho blanco en lechuga en algunos países con resultados satisfactorios de control (Hubbard *et al.*, 1997), así como también para otro tipo de fitopatógenos (Hisada *et al.*, 1978; Pappas y Fisher, 2006). Según De Liñán (1997) este fungicida se recomienda para el manejo específico de *S. minor* en cultivos de lechuga a una concentración de 0,5 ppm.

En Colombia existe una gran variedad de fungicidas a base de Iprodione, el cual es empleado por los agricultores frecuentemente para el control de varias enfermedades en flores de corte (clavel, crisantemo y rosas), hortalizas (tomate, cebolla y papa) (ICA, 2008) y lechuga, aunque para ésta última no hay ningún fungicida registrado.

En países como España, la Procimidona está recomendada para el control del moho blanco (Terralia,

2009). En Colombia este producto se encuentra registrado para el control de *Botrytis* spp. en clavel, pero no para el manejo de *Sclerotinia* spp. en lechuga.

Desde el año 1994 se encuentran registrados varios fungicidas con el principio activo Tebuconazole en el mercado colombiano de productos fitosanitarios. Sin embargo, el uso convencional de esta molécula ha sido principalmente en arroz, banano, cebolla de bulbo, cebolla de rama y tomate (ICA, 2008) pero no se tiene información sobre su uso en el cultivo de lechuga. En otros países como Estados Unidos, este insumo ha sido empleado en el control de enfermedades causadas por *S. sclerotiorum* en cultivos de soya y canola (Mueller *et al.*, 2002; Bradley *et al.*, 2006) pero no se ha descrito su uso en el cultivo de lechuga.

Por el contrario, en el presente estudio la molécula Kresoxim-metil permitió el desarrollo de los hongos (Tabla 3), aunque afectó la producción de esclerocios y las características morfológicas de las colonias. Con el fungicida Benomil, se observaron cambios en la textura de las colonias de los aislamientos utilizados así como también una inhibición en la producción de los esclerocios. En el caso del fungicida Boscalid, todos los aislamientos conserva-

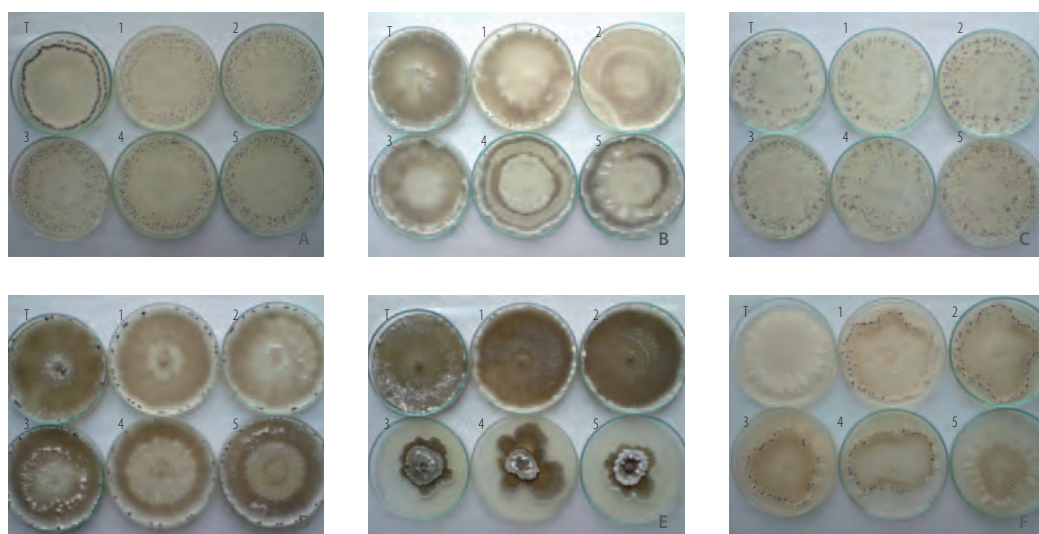


Figura 8. Efecto del ingrediente activo Kresoxim-metil en la morfología de las colonias de los 6 aislamientos de *Sclerotinia* sp. de la Saba de Bogotá. (T = Testigo absoluto, 1 = 0,063 ppm, 2 = 0,083 ppm, 3 = 0,125 ppm, 4 = 0,188 ppm, 5 = 0,25 ppm). A. Aislamiento Sc001 (*S. minor*). B. Sc002 (*S. sclerotiorum*). C. Sc005 (*S. minor*). D. Sc006 (*S. sclerotiorum*). E. Sc007 (*S. sclerotiorum*). F. Sc008 (*S. minor*).

ron sus características pero este fungicida impidió la formación de los esclerocios (Figura 8). Algunos aislamientos presentaron baja sensibilidad a los fungicidas Kresoxim-metil, Boscalid y Benomil mientras que otros fueron altamente sensibles, insinuando una variabilidad genética entre los aislamientos de *Sclerotinia* sp., la cual debe ser estudiada.

El ingrediente Kresoxim-metil pertenece al grupo químico de las Estrobilurinas (De Liñán, 1997), compuesto que es un metabolito secundario segregado de forma natural por el hongo Basidiomiceto *Strobilurus tenacellus* (International Programme on Chemical Safety, 2009). Kresoxim-metil interfiere en la síntesis de Adenosin trifosfato (ATP), la principal fuente de energía de la célula, ocasionando la alteración de una gran cantidad de procesos bioquímicos vitales y en consecuencia afectando severamente el crecimiento y el desarrollo del hongo (Pesticide Safety Directorate, 1997; Carmona, 2006).

Aunque en Colombia se encuentra registrado este producto fungicida desde el año 1999 (ICA, 2009), no se posee información con respecto al control de *Sclerotinia* sp. en lechuga. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO – el ingrediente activo de este fungicida es utilizado para prevenir las enfermedades ocasionadas por *Sclerotinia* spp. y *Botrytis* spp. en cultivos de tomate, pero no para lechuga (FAO, 2009). De la misma manera, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos indica que esta molécula no está registrada para el control de *Sclerotinia* spp. en lechuga, sino para el manejo de mildew polvoso en flores (EPA US, 2009).

La molécula Benomil pertenece al grupo químico de los Benzimidazoles (De Liñán, 1997) la cual inhibe la elongación del tubo germinativo y el crecimiento del micelio a bajas concentraciones (Leroux *et al.*, 2002; citado por Pérez, 2003), ya que bloquea el proceso de división celular de los hongos por medio de su transformación dentro de la célula en la molécula de metilbenzimidazol-2-il carbamato (Carbendazim o MBC) y posteriormente en un mononucleótido activo (De Liñán, 1997; Terralia, 2009). En Colombia se encuentran registrados varios productos a base de

este ingrediente activo para ser utilizados en arroz, fresa, frijol y clavel, pero no se recomiendan para el manejo de la enfermedad moho blanco de la lechuga (ICA, 2008).

Boscalid es una molécula que pertenece al grupo químico de las carboximidaz, el cual inhibe la esporulación, la germinación y el crecimiento del tubo germinativo de las esporas e impide el crecimiento del micelio del hongo (BASF, 2006). Este ingrediente activo también interfiere con la respiración de la mitocondria debido a la inhibición de la enzima succinato deshidrogenasa (Stammler y Speakman, 2006).

En Europa, el Boscalid ha sido empleado como una herramienta eficiente para el control de *S. sclerotiorum* (Stammler *et al.*, 2007). En Estados Unidos ha demostrado alta eficacia en el manejo de enfermedades en canola y frijol ocasionadas por *S. sclerotiorum* como la pudrición del tallo y el moho blanco respectivamente (Matheron y Porchas, 2004; Bradley *et al.*, 2006).

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Boscalid está recomendado para el control de enfermedades en cultivos de hortalizas y frutas en general, inclusive de la lechuga (EPA US, 2009). Aunque en Colombia los productos Cantus y Cumora que contienen éste principio activo se encuentran registrados desde el año 1998, únicamente están recomendados para enfermedades en rosa y banano respectivamente y no para el control de *Sclerotinia* spp. en lechuga (ICA, 2008).

El presente estudio establece un punto de referencia sobre el estado de la sensibilidad de los fitopatógenos *S. sclerotiorum* y *S. minor* en los cultivos de lechuga de los municipios de Funza, Madrid y Mosquera, Cundinamarca.

1.4 CONCLUSIONES

Los hongos *S. sclerotiorum* y *S. minor* son los agentes causales de la enfermedad moho blanco de la lechuga en las zonas productoras de los municipios de Funza, Madrid y Mosquera Cundinamarca.

El hongo *S. sclerotiorum* tiene la capacidad de formar apotecios en las condiciones ambientales de las zonas productoras de lechuga estudiadas, por lo que se deben contemplar estrategias de protección dirigidas a controlar el inóculo del hongo en las superficies aéreas de las plantas de esta hortaliza.

Los aislamientos de los hongos *S. sclerotiorum* y *S. minor* obtenidos de cultivos comerciales de lechuga presentaron alta sensibilidad a varios de los fungicidas utilizados por los agricultores, sugiriendo que se deben estudiar otros factores diferentes a la resistencia genética como los responsables de su limitada eficacia en campo.

AGRADECIMIENTOS

Los investigadores de Corpoica expresan sus agradecimientos a las instituciones que aportaron recursos económicos para la ejecución del proyecto "Generación de estrategias de manejo integrado de plagas en cultivos de lechuga, cilantro y espinaca bajo esquemas de producción limpia" (MADR, ASOHOFrucol, Secretaría de Agricultura de la Gobernación de Cundinamarca, Alcaldías de Chía y Cota, Cooperativas de agricultores COOPHORTICOTA y ECOMAJUY). Al Doctor Yigal Elad investigador del Volcani Center de Israel, asesor científico del proyecto mencionado. A los auxiliares del Laboratorio de Control Biológico de Corpoica (Pedro Forero y Martín Díaz) y a los estudiantes (Yuli Vega, Andrea Alarcón y Julio Díaz) que colaboraron en el desarrollo del proyecto. Asimismo, a los agricultores que participaron en el mismo en los municipios de Funza, Madrid, Mosquera y Cota.

REFERENCIAS

- Abawi, G. S. y Grogan, G. 1979. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology*, 69: 899-904.
- Agrocadenas (Montevideo). Agrocadenas [en línea]: Inteligencia de mercados. [Uruguay]: Exploración de mercados. <www.montevideo.gub.uy/mvd_rural/hortaliza.pdf>. [Consulta: 15 feb. 2009]
- Ávila de Moreno, C. 1991. Control biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* en lechuga I. Determinación del método, dosis y época de aplicación de *T. harzianum*. *Revista ICA*, 26: 35-42.
- BASF. 2006. Cantus: Eficaz acción Botritricida. *Boletín Técnico Zeppelin*, 11:2.
- Beltrán, M. J., Ogura, T., Manzo, G. y Arias, C. 2006. Catalasas de hongos fitopatógenos: ¿Factores de virulencia y resistencia a los fungicidas? *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24: 50-58.
- Bolton, M., Thomma, B. and Nelson, B. 2006. Pathogen Profile *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: Biology and Molecular Traits of a Cosmopolitan Pathogen. *Molecular Plant Pathology*, 7: 1 -16.
- Bradley, C. A., Lamey, H. A., Endres, G. J., Henson, R. A., Hanson, B. K., McKay, K. R., Halvorson, M., LeGare, D. G. and Porter, P.M. 2006. Efficacy of fungicides for control of *Sclerotinia* stem rot of canola. *Plant Disease*, 90: 1129-1134.
- Buriticá, P. 1999. Directorio de patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. *Produmedios*. Bogotá. pp 138 – 139.
- Carmona, M. 2006. (Buenos Aires). Clarín [en línea]: Tecnología agrícola. [Argentina]: Enfermedades en trigo. <<http://www.clarin.com/suplementos/rural/2006/10/28/r-01011.htm>>. [Consulta: 04 mar. 2009]
- Damicone, J. 2000. Fungicide Resistance Management. Oklahoma Cooperative Extension Service, Division of Agricultural Science and Natural Resources. OSU Extension. Oklahoma, USA. Facts 7663: 8.
- Davis, R., Subbarao, K., Raid, R., y Kurtz, E. 2002. Plagas y enfermedades de la lechuga. Primera edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 100 p.
- De Liñán Vicente, C. 1997. Farmacología vegetal. Compendium de las sustancias activas, insectos y ácaros utilizados en la prevención y control de plagas, enfermedades y plantas no deseadas así como en la regulación de la fisiología de los vegetales cultivados. Ediciones Agrotécnicas, S.L. España. 1189 p.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2002. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Sistema de Información del Sector Agropecuario y Pesquero Colombiano (SISAC). Censo Hortícola de la Sabana de Bogotá. p 28.
- Environmental Protection Agency (Washington, DC). EPA [en línea]: Report of the food quality protection Act (FQPA) Tolerance Reassessment Progress and Risk Management Decision (TRED) for Procyimdone. [Estados Unidos]: Office of Prevention Pesticide and toxic substances. < <http://www.epa.gov/>>, [Consulta: 04 mar. 2009]
- Environmental Protection Agency (Washington, DC). EPA [en línea]: Benomyl RED Facts. [Estados Unidos]: November 2001 EPA-738-F-02-001. < <http://www.epa.gov/>>, [Consulta: 04 mar. 2009]
- Environmental Protection Agency (Washington, DC). EPA [en línea]: Desarrollo y cumplimiento de las regulaciones ambientales. [Estados Unidos]. < <http://www.epa.gov/>>, [Consulta: 15 abr. 2009]
- Environmental Protection Agency (Washington, D.C). EPA [en línea]: Pesticide fact sheet Iprodione RED Facts: Boscalid [Estados Unidos]: Office of Prevention, Pesticides Environmental Protection and Toxic Substances Agency. <<http://www.epa.gov/oppr001/factsheets/boscalid.pdf>>, [Consulta: 12 may. 2009]
- FAO. 2009. Datos agrícolas de FAOSTAT. [En línea]: <http://www.fao.org>. [Consulta: 28 may. 2009]
- Food and Agriculture Organization (Bogotá). FAO [en línea]: Conceptos generales de la FAO sobre plaguicidas en tomate [Colombia]: < <http://www.fao.org.co/manualtomate.pdf>>, [Consulta: 13 may. 2009].
- Hawthorne, B. T. 1975. Observations on the development of apothecia of *Sclerotinia minor* Jagg. in the field. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 19: 383-386.
- Hisada, Y., Kato, T. y Kawase, Y. 1978. Mechanism of antifungal action of procymidone in *Botrytis cinerea*. *Annals of the Phytopathological Society of Japan*, 44: 509-518.
- Hubbard, J. C., Subbarao, K. V. y Koike, S. T. 1997. Development and significance of dicarboximide resistance in *Sclerotinia minor* isolates from commercial lettuce fields in California. *Plant Disease*, 81:148-153.

REFERENCIAS

- Instituto Colombiano Agropecuario, 2008 (Bogotá). ICA, [en línea]: Registros de venta de plaguicidas químicos de uso agrícola. [Colombia]: PQUA Noviembre 28 de 2008. <http://www.ica.gov.co/getdoc/b29a3af4-709b-494d-923c-aebd50f758e/Registro_venta_PQUA_Julio152008.aspx>, [Consulta: 12 feb. 2009]
- Kohn, L. 1979. Delimitation of the economically important plant pathogenic *Sclerotinia* species. *Phytopathology*, 69: 881-886.
- Lumsden, R. 1979. Histology and physiology of pathogenesis in plant diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology*, 68: 890 - 896.
- Matheron, M. E. y Porchas, M. 2004. Activity of boscalid, fenhexamid, fluzinam, fludioxonil and vinclozolin on growth of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* and development of lettuce drop. *Plant Disease*, 88: 665-668.
- Mueller, D. S., Dorrance, A. E., Derksen, R. C., Ozkan, E., Kurlle, J. E., Grau, C. R., Gaska, J. M., Hartamn, G. L., Bradley, C. A. y Pedersen, W. L. 2002. Efficacy of fungicides on *Sclerotinia sclerotiorum* and their potential for control of *Sclerotinia* stem rot in soybean. *Plant Disease*, 86: 26-31.
- Pappas, A. C. y Fisher, D. J. 2006. A comparison of the mechanisms of action of vinclozolin, procymidone, iprodione and prochloraz against *Botrytis cinerea*. *Pest Management Science*, 10: 239-246.
- Pérez, S. 2003. La pudrición de la lechuga causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum* o *Sclerotinia minor*. Monografía. Especialización en Horticultura. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. pp 33-160.
- Pesticide Safety Directorate. 1997. Evaluation of fully approved or provisionally approved products: Benomyl. Department for Environment, Food and Rural Affairs. York. United Kingdom. 295.
- Smith, A. 2007. Caracterización, análisis espacial y manejo integrado del moho blanco (*Sclerotinia minor* Jagger y *S. sclerotiorum* (Lib.) de Bary) en lechuga batavia (*Lactuca sativa* L. var capitata) en la vereda La Moya (Cota, Cundinamarca). Trabajo de grado. Microbiología agrícola y veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 143 p.
- Stammler, G., Benzinger, G. y Speakman, J. 2007. A rapid and reliable method for monitoring the sensitivity of *Sclerotinia sclerotiorum* to boscalid. *Journal of Phytopathology*, 155: 746-748.
- Subbarao, K. V. 1998. Progress toward integrated management of lettuce drop. *Plant Disease*, 82: 1068-1078.
- Willetts H.J, Wong LAJ. 1980. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum*, and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. *Botanical Reviews*, 46:101-65.