

Evaluación de tres métodos de control del Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) en lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Evaluation of three control methods of white mold (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) in lettuce (*Lactuca sativa* L.)

Luis Alejandro Arias¹, Luz Andrea Tautiva¹, Wilson Piedrahíta² y Bernardo Chaves²

Resumen: El principal limitante fitosanitario del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) es la enfermedad conocida como moho blanco causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Con el fin de realizar un aporte al conocimiento de esta enfermedad y establecer protocolos para su control en campo se realizó un experimento entre los meses de febrero y mayo de 2006 en el cual se compararon tres métodos de control: aplicación de 0,5 kg · ha⁻¹ de procimidona, dosis de conidiosporas (*Trichoderma harzianum* DSM 14944) de 0,25 g · m⁻² de suelo, solarización, integración de solarización con procimidona y solarización con *T. harzianum*. Se evaluó la incidencia de la enfermedad, densidad de inóculo en el suelo antes y al finalizar el ensayo, temperatura del suelo durante la solarización y productividad. La densidad promedio del inóculo fue de 1,67 esclerocios de *S. sclerotiorum* por 100 g de suelo al inicio y 2,07 esclerocios por 100 g de suelo al finalizar el ensayo. La temperatura del suelo solarizado se incrementó hasta 50°C con un promedio de 34,69°C hacia el medio día. Los porcentajes de incidencia de la enfermedad fueron: con procimidona, 3,3%; con *T. harzianum*, 10,0%; con solarización, 15,8%; con solarización y procimidona, 8,8%; con solarización y *T. harzianum*, 9,2% y testigo 18,3%. No se presentaron diferencias significativas en la productividad. En conclusión el control de la enfermedad fue mejor con la aplicación de procimidona y deficiente con *T. harzianum* y la solarización.

Palabras clave: tratamiento químico, tratamiento biológico, tratamiento físico.

Abstract: In the lettuce crop (*Lactuca sativa* L.), the main restrictive phytosanitary factor is a disease known as White mold caused by the fungus *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) of Bary. In order to contribute to the knowledge of this disease for its management in the field, a trial was conducted between February and May 2006. Three control methods were compared: application of 0.5 kg · ha⁻¹ procimidone, 0.25 g · m⁻² soil of conidiospores of *Trichoderma harzianum* (DSM 14944), solarization, solarization integration with procimidone and solarization with *T. harzianum*. *Sclerotinia* incidence, inoculum density in soil before and after the trial, the soil temperature during solarization, and productivity were evaluated. The average inoculum density was 1.67 and 2.07 sclerotia for 100 g soil before and after the trial, respectively. The soil solarized temperature was increased up to 50°C with an average of 34.69 °C toward the midday. The incidence percentage of the disease was: procimidone 3.3%; *T. harzianum*, 10.0%; solarization 15.8%; solarization with procimidone, 8.8%; solarization with *T. harzianum*, 9.2% and check 18.3%. Significant differences were not founded for the productivity. In conclusion, the disease control was the best one when performed with procimidone application and the deficient when done with *T. harzianum* and solarization.

Key words: chemical treatment, biological treatment, physical treatment.

Fecha de recepción: 5 de diciembre de 2006
Aceptado para publicación: 06 de junio de 2007

¹ Ingenieros agrónomos, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mails: laariasr@unal.edu.co, latautivam@unal.edu.co

² Profesores asociados, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mails: wpiedrahitac@unal.edu.co, bchaves@unal.edu.co

Introducción

LA LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas de mayor consumo en Colombia y se produce en los departamentos de Antioquia, Boyacá, Norte de Santander, Valle del Cauca y Cundinamarca. Este último posee el 72% del área sembrada a nivel nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2003). Los hongos *Sclerotinia esclerotiorum* (Lib.) de Bary y *Sclerotinia minor* Jagger, pertenecientes a la división Ascomycota, habitantes del suelo, están distribuidos mundialmente y afectan a más de 360 especies de plantas cultivadas, entre las cuales se encuentra la lechuga (Cundom *et al.*, 2000). Estos patógenos son agentes causales de la enfermedad de la lechuga conocida como ‘Moho blanco’, ‘Pudrición blanda’ o ‘Pudrición del cuello’, que incrementa substancialmente las pérdidas económicas para el productor. En la Sabana de Bogotá, específicamente en la zona de Mosquera, la enfermedad ha causado pérdidas del 20 %, las cuales ocasionalmente pueden llegar a incrementarse hasta 50 y 70% (Pérez, 2003).

El ciclo de la enfermedad inicia en el suelo cuando las estructuras de reposo, denominadas ‘esclerocios’, comienzan el proceso de germinación que se puede presentar en dos modalidades: a) *carpogénica*, que produce apotecios los cuales forman ascosporas que se transportan a través del viento hacia plantas susceptibles; y b) *miceliogénica*, la de mayor frecuencia en el trópico, en la cual el esclerocio produce un micelio que ataca las partes de la planta que están en contacto con la superficie del suelo (Berlín, 1998). La dispersión del inóculo de la enfermedad se da a través del viento en el caso de las ascosporas, mientras los esclerocios y el micelio se diseminan por el movimiento de suelo contaminado de un lugar a otro; también mediante las herramientas de la finca, el calzado, plántulas infectadas, la fertilización con estiércol de animales alimentados con residuos de cosechas infectados y las semillas (Abawi y Grogan, 1979; Ferreira y Boyle, 1992).

Los síntomas en la lechuga se manifiestan hacia el final del ciclo del cultivo: hay marchitez de las hojas externas de la planta, con la presencia de crecimiento micelial algodonoso blanco hacia la parte basal o central del tallo, a partir del cual se forman unos cuerpos compactos, los esclerocios, estructuras de reposo compuestas por una porción interna de color claro llamada médula y una cubierta externa negra llamada corteza (Agrios, 2005; Berlín, 1998).

La colonización inicial de los tejidos muertos provee nutrientes para el establecimiento del patógeno y recursos para infectar tejidos sanos de la planta. El grado de patogenicidad se relaciona con la producción de ácido oxálico y la expresión de enzimas que degradan la pared celular y causa lesiones que se expanden. Estas actividades liberan pequeñas moléculas (oligo-galacturonidos y péptidos) que sirven para inducir la expresión de una segunda onda de enzimas degradativas que colectivamente llevan a la disolución casi total de los tejidos de la planta (Elsevier, 2005).

Para el control de esta enfermedad también se han utilizado métodos físicos como la solarización. Esta práctica de desinfección por medio de energía solar atrapada, eleva la temperatura del suelo lo suficiente para inactivar malezas, plagas y patógenos. La energía de la radiación solar es capturada cuando se coloca una lámina de polietileno transparente sobre el suelo, pero la energía reirradiada no logra regresar a la atmósfera exterior a través de esa película. Esta técnica requiere el uso de suelos húmedos por períodos de varios días o semanas para estimular el paso de patógenos en estado de dormancia a formas activas, sensibles a la temperatura y promover el control. El principio básico de la solarización es el calentamiento del suelo a temperaturas entre 36° y 50° C en los 30 cm de profundidad del suelo (Braicovich, 2004).

En cuanto al control químico existen diferentes grupos de fungicidas recomendados para el control de Moho blanco, tal es el caso de los benzimidazoles y las dicarboximidias con los cuales se presentan riesgos de resistencia y dificultad en la aplicación (Mondito, 2005). Los tratamientos químicos incluyen los siguientes ingredientes activos: benomil, captan, clorotalonil, dicloran, iprodione, folpet, metil-tiofanato, tiabendazol, vinclozolin y procimidona. Este último pertenece al grupo de las dicarboximidias y es un fungicida sistémico con propiedades protectantes y curativas que inhibe la síntesis de triglicéridos del hongo (The Pesticide Manual, 1997).

En el marco del control biológico, se han identificado más de 30 especies de hongos y bacterias como antagonistas y micoparásitos de *S. sclerotiorum* (Adams y Ayers, 1979; Papavizas, 1985). Steadman (1979) menciona el control biológico como potencial para el manejo de *S. sclerotiorum* utilizando *Trichoderma spp.* y *Coniothyrium minutans*. Por otro lado, Ferreira y Bolye (1992) mencionan también a *C. minutans* y *Trichoderma spp.* como micoparásitos destructivos de *S. sclerotiorum*, posiblemente

por la secreción de α -1,3 glucanasa la cual degrada los tejidos del esclerocio. *T. harzianum* pertenece a la subdivisión Deuteromicete y se caracteriza por su rápido crecimiento y desarrollo (Edafon, 2005). *Trichoderma spp.* actúa sobre los microorganismos fitopatógenos por micoparasitismo, antibiosis, inactivación de enzimas y competencia por nutrientes y/o espacio (LST, 2006).

Frecuentemente un único método no provee niveles de control satisfactorios para el manejo de enfermedades y, por tanto, los productores han integrado varios métodos para obtener mejores resultados (Subbarao, 1998, citado por Pérez, 2003), lo cual puede potenciar la acción de los diferentes tratamientos sobre el patógeno.

En Colombia diversos investigadores han trabajado con *S. sclerotiorum* en lechuga en búsqueda de alternativas para el manejo de la enfermedad. El control biológico es el área más estudiada y se han determinado métodos, dosis y épocas de aplicación en campo de *T. harzianum*, así como la actividad antagonista de este hongo y *Gliocladium sp.* sobre *S. sclerotiorum* en laboratorio, mostrando la potencialidad de este tratamiento para el manejo de la enfermedad. Adicionalmente se han realizado ensayos con benomil y solarización (Delgado, 1989; Ávila de Moreno y Gutiérrez de Gerardino, 1991; Ávila de Moreno y Velandia, 1992; Valencia y Arbeláez, 1999; Devia y Gomezplata, 2001 y Rodríguez, 2001). Sin embargo, el manejo de moho blanco sigue siendo complejo y ello afecta la producción de lechuga, no sólo a nivel local, sino mundial. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar tres métodos para el control de moho blanco en lechuga: químico (procimidona), físico (solarización) y biológico (*T. harzianum* DSM 14944), como aporte al manejo de la enfermedad.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó entre los meses de febrero a mayo de 2006, en el lote número 7 del Centro Agropecuario 'Marengo' (CAM) de la Universidad Nacional de Colombia. El CAM está ubicado en la vereda San José del municipio de Mosquera, departamento de Cundinamarca, a una altitud de 2.550 msnm y una temperatura promedio anual de 13°C. La preparación del terreno consistió en dos pases de rastra californiana, seguido de dos pases de rotavator y, por último, el levantamiento y división de las 30 unidades experimentales, cada una con un área de 11,2 m².

Para determinar la densidad de inóculo en la parcela experimental, previamente al procedimiento de solarización

y el establecimiento del cultivo, se registró la cantidad de esclerocios presentes en 100 gramos de suelo. Para esto se adoptó un tipo de muestreo aleatorio. Las muestras fueron tomadas a 5 cm de profundidad. En total se tomaron 90 muestras, tres por cada unidad experimental, las cuales fueron llevadas al laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, en Bogotá, donde se sometieron a un proceso de secado en horno a 105 °C durante 24 h. Cada muestra de suelo fue pesada, macerada y luego tamizada en malla de 42 orificios por cm², con el fin de separar los esclerocios del suelo. Para la determinación de la densidad de inóculo presente al finalizar el ensayo, se repitió el procedimiento descrito anteriormente al momento de la cosecha.

El método de control físico implementado fue la solarización, procedimiento que inició con un riego de tres horas sobre las unidades a tratar, las cuales se cubrieron posteriormente con una lámina de plástico (polietileno) transparente de 0,25 mm de espesor y 1,50 m de ancho durante 25 días. Dos veces por semana en las parcelas con y sin plástico, en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, se tomó la temperatura en horas de la mañana (8:00 am) y hacia el medio día (12:00 m) con un termómetro bimetálico marca Trend Instruments® (Trend Instruments Co.). Finalizada la solarización se sembraron plántulas de lechuga variedad Coolguard de 3 a 4 hojas, en una densidad de siembra de 9 plantas/m².

En cuanto al control biológico, se utilizó el producto comercial AgroGuard® (Live System Technology S.A.) (i.a. *Trichoderma harzianum* DSM 14944) en gránulos dispersables (WG) y una concentración de 5 x 10⁸ (500 millones) esporas viables por gramo de producto. La dosis de conidiosporas (*Trichoderma harzianum* DSM 14944) fue de 0,25 g · m⁻² de suelo (LST, 2006). Durante 24 horas se sumergieron las raíces de 1.040 plántulas en un recipiente que contenía la suspensión de esporas, luego de este periodo fueron transplantadas.

El control químico se realizó con el producto comercial Sumilex® (i.a. procimidona; Sumitomo Inc.) en polvo mojable (WP), utilizando la dosis comercial recomendada de 0,5 kg · ha⁻¹.

En los tratamientos de control químico y biológico se realizaron cuatro aplicaciones dirigidas al suelo con una frecuencia de 15 días a partir del transplante; para ello se usaron aspersoras de espalda con capacidad de 20 L y boquilla de cono hueco, independientes para cada uno de los controles.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con seis tratamientos y cinco repeticiones. Cada unidad experimental fue de 1,4 m de ancho por 8 m de largo. El número de plantas por repetición fue de 104 de las cuales fueron evaluadas 48, es decir, 240 plantas por tratamiento. Los tratamientos fueron: a) control químico: procimidona a $0,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$; b) control biológico: *T. harzianum* DSM 14944 de $0,25 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ de suelo; c) control físico: solarización con plástico en polietileno transparente de 0,25 mm; d) controles químico y físico: procimidona combinada con solarización; e) controles biológico y físico: *T. harzianum* combinado con solarización; y, f) control testigo. Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS®.

Los muestreos se realizaron con una frecuencia semanal a partir del establecimiento del cultivo, en 48 plantas ubicadas en las dos líneas centrales de cada unidad experimental. En cada muestreo se registró la proporción de plantas afectadas por la enfermedad, así como la proporción de plantas afectadas por otros factores. A partir del número de plantas afectadas por la enfermedad se determinó la incidencia de la misma. Al momento de la cosecha, 73 días después del trasplante, se registró el número de cabezas de lechuga aptas a nivel comercial y se pesaron en una báscula de 25 kg de capacidad.

Las variables medidas fueron: ‘densidad de inóculo’ (esclerocios) antes y después del ensayo, ‘temperatura del suelo por efecto de la solarización’, ‘incidencia de la enfermedad’ y ‘productividad en cada uno de los métodos de control’.

Resultados y discusión

Densidad del inóculo

La cantidad de esclerocios detectada al inicio del ciclo de cultivo en las unidades experimentales no mostró diferencias significativas para el modelo ($\text{Pr}>\text{F} = 0,3837$). Sin embargo, al realizar contrastes se encuentran diferencias entre el tratamiento *T. harzianum* (0,8 esclerocios/100 g de suelo) contra la procimidona combinada con solarización (3 esclerocios/100 g de suelo) ($\text{Pr}>\text{F} = 0,0387$). Este hecho pudo influir en la incidencia de la enfermedad ante una mayor cantidad de inóculo para el segundo tratamiento mencionado. En cuanto a la distribución de los esclerocios en el lote, relacionando la media (1,67) y la varianza (2,57) de los datos se encontró una distribución agregada.

La infección de *S. sclerotiorum* se presenta en focos (Ávila de Moreno y Velandia, 1992), corroborando lo descrito por Subbarao (2005), quien determinó modelos espacio-temporales para *Sclerotinia minor* y *S. sclerotiorum* en campos de lechuga en California; allí demostró que la incidencia de la enfermedad desarrollada a partir de esclerocios siguió un modelo agregado en la mayoría de los campos evaluados y modelos al azar en campos donde la incidencia fue baja. A su vez, estudios realizados por Del Río *et al.* (2002) indican que los esclerocios de *S. sclerotiorum* pueden estar agregados en el suelo, pero las densidades de población son usualmente más bajas que otras reportadas para *S. minor*. Por su parte, Wu y Subbarao (2003) sugieren que la agregación de esclerocios de *S. minor* ocurre a una escala no mayor de 1 m^2 , mientras la distribución de plantas enfermas de lechuga es al azar.

Al finalizar el ciclo del cultivo, con la variable número de esclerocios, no se registraron diferencias a nivel estadístico en el modelo ($\text{Pr}>\text{F} = 0,3248$). Sin embargo, al contrastar los tratamientos se presentaron diferencias entre la presencia de esclerocios en el tratamiento con procimidona (0,57 esclerocios/100 g de suelo) contra *T. harzianum* combinado con solarización (2,25 esclerocios/100 g de suelo) ($\text{Pr}>\text{F} = 0,0386$); a su vez, en *T. harzianum* (0,64 esclerocios/100 g de suelo) contra *T. harzianum* combinado con solarización (2,25 esclerocios/100 g de suelo) ($\text{Pr}>\text{F} = 0,0386$). En la figura 1 se muestra el promedio del número de esclerocios que se encontraron en los dos muestreos.

Según estos resultados se puede deducir que el inóculo se mantuvo en la parcela. En el tratamiento con procimidona se notó disminución considerable del inóculo (67,61%), seguido por procimidona combinada con solarización, con una reducción de 30,59%; en menor medida, en las parcelas tratadas con *T. harzianum*, donde el valor fue 21,95%. Por su parte, en el tratamiento con solarización el inóculo se incrementó en un 23,27%; al combinar *T. harzianum* con la solarización se registró un aumento significativo del inóculo (87,08%). Finalmente, el testigo presentó una disminución del inóculo de 10,38 % (tabla 1).

En promedio el número de esclerocios encontrados fue de 1,67 por cada 100 g de suelo al inicio del ensayo y 2,07 esclerocios/100 g de suelo al finalizar. Es así como, Henderson (1962), citado por Adams y Ayers (1979), reporta de 0 a 0,3 esclerocios/100 g de suelo a una profundidad de 5,1 cm. Por su parte, Hoes y Hugang (1975), citados por Adams y Ayers (1979), encontraron 0,2 a 0,3

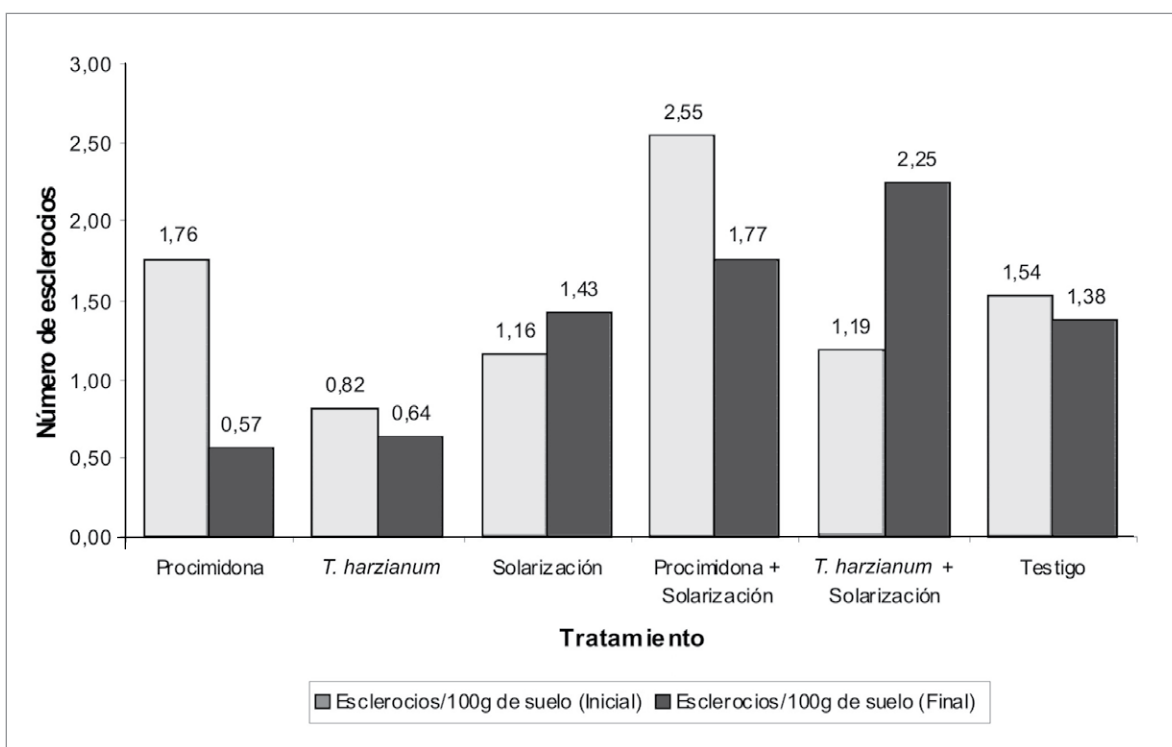


Figura 1. Número de esclerocios presentes en el suelo al inicio y al final del ciclo del cultivo de lechuga.

Tabla 1. Variación de la presencia de inóculo en el suelo al finalizar el ensayo. (-): disminución del inóculo (+): incremento del inóculo.

Tratamiento	Variación del inóculo (Esclerocios/100g de suelo)	Variación del inóculo (%)
Procimidona	(-) 1,19	(-) 67,61
Procimidona + Solarización	(-) 0,78	(-) 30,59
T. harzianum	(-) 0,18	(-) 21,95
Testigo	(-) 0,16	(-) 10,38
T. harzianum + Solarización	(+) 1,06	(+) 87,08
Solarización	(+) 0,27	(+) 23,27

esclerocios/100 g de suelo en la rizosfera de plantas infectadas. A su vez, Abawi y Grogan (1975), citados por Adams y Ayers (1979) encontraron a una profundidad de 0 a 2,5 cm del suelo 0,7 esclerocios/100 g de suelo. Por otro lado, en Virginia de 3,5 a 10 esclerocios/100 g de suelo (Adams y Ayers, 1979). Por lo tanto, la cantidad de esclerocios de *S. sclerotiorum* encontrada en el lugar de la evaluación denota una alta densidad de inóculo respecto a los reportes citados, lo cual se ha visto reflejado en la persistencia de la enfermedad a lo largo del tiempo en el sector del estudio.

El tamaño de los esclerocios estuvo entre 1 y 5 mm, y presentaron una apariencia redondeada y poco corru-

gada. Laemmlen (2002) expone que *S. sclerotiorum* produce esclerocios grandes (2-10 mm de diámetro), lisos y redondeados. Con respecto a la viabilidad, el mismo autor afirma que el esclerocio es viable tres años bajo humedad y 10 años bajo condiciones secas. Sin embargo, otros investigadores como Cundom *et al.* (2000) afirma que un esclerocio puede permanecer viable de cuatro a cinco años. Probablemente la humedad del suelo favorece la población de microorganismos y éstos pueden ocasionar la degradación de los esclerocios.

En conclusión, la cantidad de esclerocios encontrados fue suficiente para explicar la presencia de la enfermedad en el cultivo. Se registró un ligero incremento del inóculo, principalmente en los tratamientos en los cuales el suelo fue solarizado, además de una leve disminución del mismo en los tratamientos en los cuales se aplicó procimidona.

Temperatura del suelo

Hacia las 8 am durante los 25 días de solarización se presentaron diferencias altamente significativas en el modelo estadístico ($Pr > F \leq 0,0001$). Al contrastar las temperaturas registradas en las unidades experimentales de los tratamientos sin solarización (16,89°C) con las de solarización (24,24°C), igualmente se encontraron

diferencias altamente significativas ($Pr > F \leq 0,0001$). La temperatura del suelo hacia el medio día presentó un comportamiento similar, obteniendo diferencias altamente significativas entre las unidades experimentales con solarización (34,69°C) y sin solarización (21,14°C) ($Pr > F \leq 0,0001$). Los promedios de temperatura edáfica según cada tratamiento se muestran en la tabla 2.

En los primeros 5 cm de profundidad del suelo la temperatura mínima y máxima alcanzada durante los días de solarización fue de 17°C y 50°C, respectivamente. En la figura 4 se muestra el comportamiento de la temperatura del suelo en los 25 días de solarización. En total se obtuvieron 420 observaciones divididas en cuatro combinaciones de acuerdo al tratamiento (con o sin solarización) y hora

Tabla 2. Promedios de la temperatura del suelo durante la solarización en las unidades destinadas a los distintos tratamientos.

Tratamiento	8:30 a.m. (°C)	11:30 a.m. (°C)
Procidona	16,85	21,21
T. harzianum	17,03	21,16
Solarización	24,7	35,19
Procidona + Solarización	23,96	34,71
T. harzianum + Solarización	24,07	34,17
Testigo	16,8	21,04

(8:00 am y 12:00 m); por ejemplo, 105 observaciones en las parcelas con solarización a las 8:00 a.m.

En el suelo, casi el 90% de los esclerocios de *S. sclerotiorum* fueron inactivados térmicamente a 35°C (Ben-Yephet *et al.*, 1993, citado por Pérez, 2003). La inactivación térmica de los esclerocios de *S. minor* ocurre en 39 horas a 40° C, en 6 horas a 45° C y en 2 horas a 50°C. (Adams, 1987, citado por Pérez, 2003). En contraste Hao *et al.* (2003) afirma que la temperatura, humedad y tipo de suelo no afectan en gran medida la viabilidad de los esclerocios de *S. sclerotiorum* y de *S. minor*. Para lograr la inactivación de los esclerocios, las temperaturas del suelo deben ser constantes, lo cual no se logró con la solarización bajo las condiciones de radiación solar de la Sabana de Bogotá durante esa época del año, debido a periodos irregulares de nubosidad durante el día; por esta razón la fuente de inóculo de la enfermedad se incrementó después de implementar este procedimiento.

Matheron y Porchas (2005) mencionan el efecto de la temperatura y humedad del suelo en la germinación eruptiva y viabilidad de los esclerocios de *S. minor* y *S. sclerotiorum* en campo. Según estos autores la proporción de esclerocios de ambos patógenos que germinaron en suelo húmedo tendió a decrecer a medida que la temperatura del suelo se incrementaba de 15 a 40°C, coincidiendo con lo descrito por Ferreira y Boyle (1992). En contras-

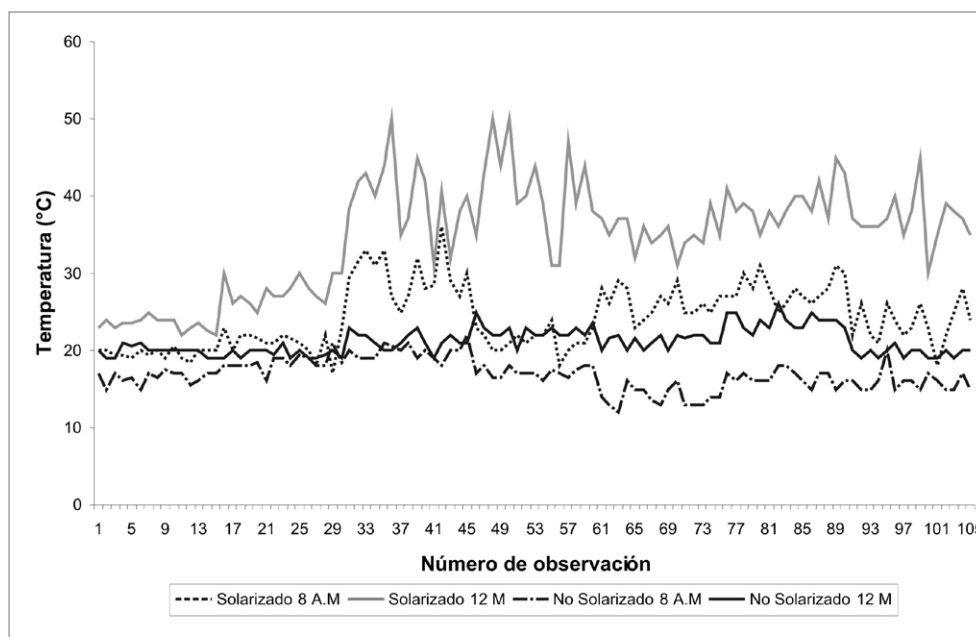


Figura 2. Comportamiento de la temperatura del suelo en las unidades experimentales solarizadas y no solarizadas.

te, después de 1 a 4 semanas en suelo seco a 40°C, la germinación de esclerocios de ambas especies estuvo en un rango entre 28 y 77%. Por su parte, Adams y Ayers (1979) mencionan que las temperaturas del suelo entre 10 y 30°C no afectan adversamente la supervivencia de los esclerocios; a su vez, una temperatura constante de 35°C durante tres semanas o más reduce la supervivencia de los mismos, lo cual no se logró en este ensayo. Estos autores afirman que la solarización funciona para el control de moho blanco; sin embargo, bajo las condiciones en las cuales se estableció el ensayo, no se logró control pleno, posiblemente debido a la irregularidad del clima en la Sabana de Bogotá durante esa época del año.

Abawi y Grogan (1979) reportan que la incidencia de la enfermedad causada por *S. minor* se incrementa si el suelo infestado se seca antes de la plantación. De esto se deriva que el secado de los esclerocios cercanos a la superficie del suelo estimula la germinación y la infección cuando la humedad del suelo está de nuevo cercana a capacidad de campo. Estas condiciones se logran con la solarización, razón por la cual se pudo presentar una mayor incidencia en los tratamientos bajo este procedimiento.

La estrategia más obvia para la reducción de inóculo consiste en eliminar los esclerocios directamente por fumigación o solarización, lo que sugiere que esta técnica puede ser un componente principal para el manejo integrado de sistemas de control de algunos hongos edáficos. La creación de un hábitat causado por la solarización o fumigación ofrece una mayor oportunidad para un organismo que se introduce de ser, al menos, un habitante temporal (Katan, 1981, citado por Devia y Gomezplata, 2001).

Incidencia de la enfermedad

En cuanto a esta variable no se presentaron diferencias significativas para el modelo estadístico ($Pr > F = 0,0841$); sin embargo, si se registraron diferencias al realizar contrastes del tratamiento procimidona (3,3%) con el testigo (18,3%) ($Pr > F = 0,0152$) y de procimidona (3,3%) con solarización (15,8%) ($Pr > F = 0,0386$). Los resultados se muestran en la tabla 3, en la cual se incluye además el número de plantas afectadas por moho blanco a partir de las cuales se determinó la incidencia sobre las 48 plantas evaluadas.

Según estos resultados el tratamiento con menor incidencia de la enfermedad (3,3%), y el mejor control, fue

el de la procimidona, mientras el más afectado fue el testigo (18,3%). Por su parte, el uso de *T. harzianum* registró 10,0% de incidencia y en la solarización, la incidencia de la enfermedad fue de 15,8%. La acción de *T. harzianum* se vio ligeramente potenciada por la solarización, ya que al integrar estos tratamientos la incidencia bajo de 10,0% con *T. harzianum*, a 9,2% al combinarlo con la solarización. No ocurrió lo mismo al integrar procimidona con la solarización ya que la incidencia aumentó de 3,3% usando procimidona, a un 8,8% integrándola con la solarización. Por otro lado, la incidencia de la enfermedad se acentuó hacia el final del ciclo del cultivo en general en los distintos tratamientos, a excepción del tratamiento con procimidona, en el cual se mantuvo desde la semana 8 hasta la 10 (figura 3).

Al utilizar la solarización con *T. harzianum*, se notó una leve tendencia a la disminución de la incidencia de la enfermedad, posiblemente por la eliminación de los microorganismos presentes antes de la solarización, lo que permitió el establecimiento de *T. harzianum* ante una menor competencia por espacio y nutrientes. Lo descrito anteriormente se corrobora en estudios realizados con otras especies de patógenos que usaron *T. harzianum*, el cual suprime a *Sclerotium rolsfii* y *Rhizoctonia solani* de manera más efectiva cuando se ha introducido inmediatamente después de la solarización del suelo. Así también, el uso integrado de *Trichoderma* y solarización dan una supresión más duradera sobre *R. solani* que la solarización sola (Rahe y Utkhede, 1990, citados por Pérez, 2003).

Abawi y Grogan (1979) plantearon que una densidad de inóculo de 2 a 7 esclerocios/100 g de suelo, causa un 10% enfermedad, y 31 y 250 esclerocios/100 g de suelo causan entre 20 y 80% de incidencia, respectivamente. Según la relación planteada por estos autores, la incidencia de Moho blanco registrada en el experimento fue superior, ya que con un promedio de 1,67

Tabla 3. Incidencia de esclerotinia sobre el cultivo de lechuga en los distintos tratamientos evaluados.

Tratamiento	Plantas afectadas (N°)	Incidencia (%)
Procimidona	1,6	3,33
<i>T. harzianum</i>	4,8	10,00
Solarización	7,6	15,84
Procimidona + Solarización	4,2	8,76
<i>T. harzianum</i> + Solarización	4,4	9,17
Testigo	8,8	18,33

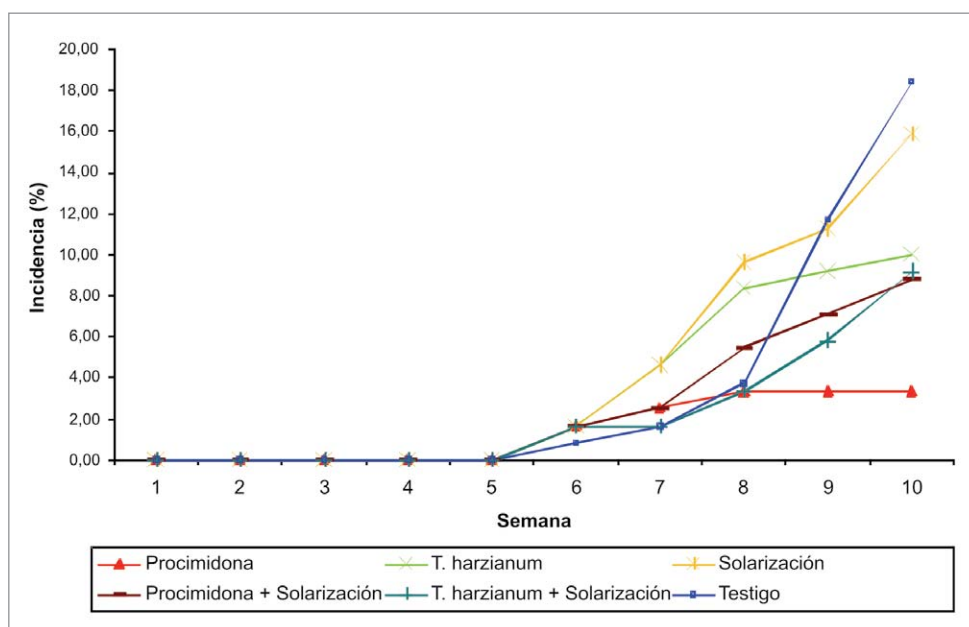


Figura 3. Incidencia de la enfermedad a lo largo del ciclo del cultivo en los distintos tratamientos.

esclerocios/100 g de suelo la incidencia llegó a 18,33%. Hubbard *et al.* (1997) reportan una incidencia de la enfermedad de 3,2, 3,7 y 0,4% en campos de Salinas Valley, utilizando iprodione (dicarboxamida) a una dosis de $1,12 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, coincidiendo con la incidencia registrada en este trabajo y una dosis $1,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

En Colombia, Rodríguez (2001) realizó un estudio con *S. sclerotiorum* en dos ciclos de cultivo de lechuga bajo condiciones de la Sabana de Bogotá, encontrando que los tratamientos en los cuales se aplicó *T. harzianum* presentaron un mayor porcentaje de plantas afectadas por la enfermedad con un 44% frente a un 33,8% del testigo que incluyó las prácticas habituales del agricultor. Estos resultados se mantuvieron en los dos ciclos, y son notablemente más altos que los encontrados en este ensayo, posiblemente por una mayor diseminación de la enfermedad en la zona del estudio.

Por su parte, Devia y Gomezplata (2001), en un estudio realizado en dos localidades del municipio de Cota (Cundinamarca), reportaron pérdidas promedio en la localidad uno de 29,28% para el testigo, 30,85% con *Trichoderma sp.*; solarización con 33,09% y solarización junto con *Trichoderma sp.*, 22,13%. Por otro lado, en la localidad dos las pérdidas para el testigo fueron de 54,46%; con *Trichoderma sp.* de 62,87%, solarización 65,02% y solarización con *Trichoderma sp.*, 57,57%. Estos resultados se presentaron según las autoras por una fuerte intensidad de lluvias y la densidad de siembra. La tendencia de los

resultados obtenidos en los estudios mencionados coinciden con los datos obtenidos en el presente trabajo; es decir, una mayor incidencia en el tratamiento con solarización, incidencia alta con *T. harzianum* y una disminución al integrarlo con la solarización.

Ávila de Moreno y Gutiérrez de Gerardino (1991), quienes aplicaron *T. harzianum* a la raíz ($0,375 \text{ g/parcela}$) más aspersión planta-suelo, observaron un promedio de 28,3% plantas enfermas. Según la época de aplicación, el porcentaje de plantas afectadas fue de 25,54%, frente al producto químico (Benomyl) con un 20,54%, mientras que para el testigo se registraron 43,35% de plantas afectadas. La aplicación a las raíces, combinada con aspersión a la planta a los 60 días, arrojó una incidencias de 16,65%; este tratamiento se aproxima al reportado en este estudio con un resultado similar (15,84%). En otro estudio, Ávila de Moreno y Velandia (1992), utilizando *T. harzianum* asperjado en condiciones de campo en el Centro de Investigaciones Tibaitatá de Corpoica en Mosquera (Cundinamarca), y con el mismo procedimiento empleado en las aplicaciones de productos químicos, obtuvo 22,4% de plantas afectadas, reportando un control más bajo que el tratamiento con Benomyl (15,75%) pero más alto que el testigo (46,21%). Estos autores señalan la potencialidad de *T. harzianum*, a pesar de no presentar un control eficaz.

Delgado (1989) utilizó aislamientos de *T. harzianum* como antagonista *in vitro* de *S. sclerotiorum* en habichuela, afirmando que las aplicaciones del fungicida propineb,

y de los demás antagonistas utilizados –entre ellos *T. harzianum*–, no lograron un control efectivo de la enfermedad. En contraste, Valencia y Arbelaéz (1999) mencionan en su investigación muy buenas posibilidades de diversos aislamientos de *Trichoderma sp.* y de *Gliocladium sp.* para el control de las enfermedades ocasionadas por *S. sclerotiorum* en crisantemo y en otros tipos de plantas. Por su parte, Ávila de Moreno y Gutiérrez de Gerardino (1991) afirman que se puede tener un control eficiente de *S. sclerotiorum* con el antagonista *T. harzianum*; añaden que desde el punto de vista biológico, el método de aspersión del antagonista es el que ofrece un mejor control de la enfermedad, aplicándolo alrededor de la planta y cubriendo el cuello y el suelo. Sin embargo, los resultados obtenidos en estos estudios y otros mencionados muestran que *T. harzianum* no es un biocontrolador efectivo en campo para *S. sclerotiorum*, lo cual se corroboró en este trabajo.

Las posibles explicaciones a la falta de control por parte de *T. harzianum* son diversas. Ávila de Moreno y Gutiérrez de Gerardino (1991) afirman que no se establece en el suelo y el efecto benéfico no se manifiesta de una cosecha a otra. Por su parte, Adams y Fravel (1990) y Rahe y Utkhede (1990), citados por Pérez (2003), exponen que para que haya un control biológico a bajas dosis de aplicación, el antagonista debe ser reproductivamente dependiente de los propágulos del patógeno, la distribución del patógeno debe ser en forma agregada y los propágulos de la planta deben ser asequibles para aplicación del antagonista; sin embargo, el control es limitado, además, el organismo introducido frecuentemente no está biológicamente adaptado al ambiente físico del ecosistema en cuestión. Según Del Río *et al.* (2002) los esclerocios grandes de *S. sclerotiorum* podrían poseer más energía que los esclerocios pequeños para soportar el crecimiento de micoparásitos.

En relación con los factores ambientales que afectan la actividad de *T. harzianum*, tanto la temperatura como el potencial mátrico afectan la colonización de esclerocios en el laboratorio, la cual es mayor a altas temperatura y en suelos secos. La temperatura de cultivo para un crecimiento óptimo de *T. harzianum* es alrededor de 30°C. Frecuentemente, el uso de agentes de biocontrol está restringido a ambientes controlados en invernadero (Knudsen *et al.*, 1991; Hedke, 2003, citados por Pérez, 2003). Posiblemente en el ensayo no se presentaron las condiciones ideales para el establecimiento de *T. harzianum*. Además, históricamente no se realizaron aplicaciones anteriores de este biocontrolador en el lote lo cual

pudo incidir en el control. Sin embargo, son varias las limitantes que presenta *Trichoderma sp.* para el control de esta enfermedad, a pesar de la utilización de dosis altas como la del presente estudio, lo cual hace que este no sea un control viable.

Productividad

La producción del cultivo no reflejó diferencias a nivel estadístico en cuanto al número de ‘cabezas’ de lechuga cosechadas ($Pr > F = 0,5666$) y el peso ($Pr > F = 0,2989$). En la tabla 4 se muestran los resultados totales obtenidos, mientras en la Tabla 5 se exponen los promedios de producción.

Estos resultados se pueden explicar por la homogeneidad del manejo del cultivo e infieren que el control de la enfermedad no influyó en gran medida en la producción. Sin embargo, se puede evidenciar que en el tratamiento con procimidona se obtuvieron los mayores rendimientos con un promedio de 40,4 cabezas equivalentes a 29,36 kg; en contraste, el tratamiento que obtuvo la menor producción fue el realizado con *T. harzianum* con 35,8 cabezas equivalentes a 24,0 kg con menores valores que el testigo (37,8 cabezas, 23,64 kg); los dos tratamientos restantes tuvieron un comportamiento similar al testigo. En cuan-

Tabla 4. Producción total del cultivo de lechuga en los distintos tratamientos

Tratamiento	Cabezas* (N°)	Peso* (kg)
Procimidona	202	146,8
<i>T. harzianum</i>	179	120
Solarización	187	136,7
Procimidona + Solarización	190	133,1
<i>T. harzianum</i> + Solarización	185	117,7
Testigo	189	118,2

* Valores correspondientes a la sumatoria de las cinco repeticiones por tratamiento.

Tabla 5. Resultados promedio de la producción de lechuga en los diferentes tratamientos por repetición.

Tratamiento	Cabezas* (N°)	Peso* (kg)	Peso cabeza (kg)
Procimidona	40,4	29,36	0,727
<i>T. harzianum</i>	35,8	24,00	0,670
Solarización	37,4	27,34	0,731
Procimidona + Solarización	38,0	26,62	0,701
<i>T. harzianum</i> + Solarización	37,0	23,54	0,636
Testigo	37,8	23,64	0,625

* Área cosechada: 5,92m²

to al peso promedio de cada lechuga se puede ver como, las plantas de mayor peso, estuvieron en el tratamiento solarizado con un promedio de 0,731 kg, muy similar al promedio del tratamiento con procimidona (0,727 kg) y menor en el testigo (0,625 kg).

Las publicaciones en este aspecto específico son limitadas. Sin embargo, en un estudio realizado por Devia y Gómezplata en 2001, en lechuga afectada por Moho blanco en dos localidades, bajo condiciones y tamaño de parcela similares a las del presente estudio, se obtuvo un rendimiento para la localidad uno de 29 cabezas de lechuga/parcela en el testigo, en el tratamiento con *Trichoderma G.*, 28 cabezas de lechuga; en la solarización, 29,3 cabezas de lechuga y al integrar solarización con *Trichoderma G.* 33 cabezas de lechuga. En cuanto a la localidad dos el rendimiento fue medido en kg por parcela obteniendo los siguientes resultados: testigo 19,66 kg, *Trichoderma sp.* 16,33 kg, solarización 25,5 kg y solarización combinado con *Trichoderma sp.* 17,66 kg.

Los valores de los resultados obtenidos por estas autoras son sensiblemente más bajos que los registrados en este ensayo. En cuanto al número de cabezas de lechuga, se muestra la misma tendencia en los dos ensayos; es mayor la producción en el tratamiento solarizado e incluso en el testigo en el que se utilizó *T. harzianum*.

Conclusiones

Al evaluar las distintas alternativas de control, el control químico con procimidona fue el mejor tratamiento para el manejo de Moho blanco en lechuga, reflejado en una menor incidencia de la enfermedad respecto de los demás tratamientos, además de una moderada disminución en el inóculo.

En cuanto al control biológico *Trichoderma harzianum* DSM 14944 no mostró un control efectivo para el manejo de Moho blanco, a pesar de utilizar una dosis alta, ante la falta de condiciones ambientales adecuadas para el establecimiento del biocontrolador.

A través de la solarización no se logró inactivar los esclerocios de *S. sclerotiorum* porque no hubo control sobre el patógeno. Se presentó un aumento considerable del inóculo de la enfermedad en el lote. Queda en evidencia que este procedimiento no es efectivo para el control de Moho blanco en lechuga bajo las condiciones de la Sabana de Bogotá.

Al integrar el control biológico mediante *T. harzianum* con la solarización se redujo ligeramente la incidencia del patógeno sobre el cultivo de lechuga, lo cual no ocurrió al integrar el control químico (procimidona) con solarización previa.

Se hace evidente la importancia de la enfermedad, luego de comprobar la carencia de un método de control eficiente para su manejo en campo, generando pérdidas significativas.

Recomendaciones

Es indispensable continuar las investigaciones sobre la dosis más adecuada de procimidona en vista de los resultados promisorios obtenidos en este trabajo, buscando un control integrado para evitar resistencia al producto en el futuro.

Así mismo, es necesario continuar en la búsqueda de otras cepas de *Trichoderma sp.*, así como ensayar otros agentes controladores para mitigar esta enfermedad. Ante las pérdidas generadas por este hongo en el cultivo de lechuga, se propone la elaboración de una evaluación financiera sobre los distintos métodos de control, teniendo en cuenta que sea significativo e incida en la producción.

Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo no hubiese sido posible sin el apoyo del Centro Agropecuario Marengo de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Especialmente, agradecemos a la Ing. Silvia Pérez por su colaboración. A la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá. Un sincero agradecimiento a la empresa Live Systems Technology S.A (LST), a la Dra. Esperanza Morales y especialmente al Dr. Fernando Cruz y la Ing. Janeth Vega.

Literatura citada

- Abawi, G. y R. Grogan. 1979. Epimediology of diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathol.* 69(8), 899-903.
- Adams, P. 1989. Comparison of antagonists of *Sclerotinia* species. *Phytopathol.* 79(12), 1345-1347.
- Adams, P. y W. Ayers. 1979. Ecology of *Sclerotinia* species. *Phytopathol.* 69(8), 896-898.
- Agrios, G. 2005. *Plant pathology*. Fifth edition. Elsevier Academia Press, USA. 922 p.

- Ávila de Moreno, C. y J. Velandia. 1992. Capítulo 7: Enfermedades de algunas especies hortícolas y su manejo. En: CORPOICA (ed.). Memorias Primer Curso Nacional de Hortalizas de Clima Frío. Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera, Colombia. pp. 98-125.
- Ávila de Moreno, C. y A. Gutiérrez de Gerardino. 1991. Control biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* (Liberty) De Bary en Lechuga (*Lactuca sativa*). II. Determinación del método, dosis y época de aplicación de *Trichoderma harzianum*. Revista ICA 26 (1-2), 43-51.
- Berlin, N. 1998. Biology of *Sclerotinia*. Department of Plant Pathology. North Dakota State University. En: <http://www.ndsu.nodak.edu/plantpath/sclero.htm>; consulta: febrero 2006.
- Braicovich, B. 2004. Solarización. Estación Experimental Agropecuaria Bordenave. Buenos Aires, Argentina. 80 p.
- Cundom, M.; S. Mazza de Gaid; M. Mazzanti de Castañon y S. Gutiérrez. 2000. Actividad antagonica *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma spp.* sobre esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum*. Universidad Nacional del Nordeste, Ciudad Argentina.
- Delgado, L. 1989. Contribución al estudio del control biológico mediante el uso de diferentes aislamientos de *Trichoderma sp.* y el control químico sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. Trabajo de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 83 p.
- Del Rio, L.; C. Martinson y X. Yang. 2002. Biological control of *Sclerotinia* stem rot of soybean with *Sporidesmium sclerotivorum*. Plant Dis. 86(9), 999-1003.
- Devia, K. y A. Gomezplata. 2001. Evaluación de dos estrategias de manejo para el control del Moho Blando (*Sclerotinia sclerotiorum*) en lechuga (*Lactuca sativa*) en el municipio de Cota, Cundinamarca. Trabajo de grado, Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Bogotá. pp. 26-52.
- Edafon, 2005. Monografía sobre *Trichoderma spp.* Fundación Agroecológica. Palmira, Colombia. En: <http://controlbiologico.com/monogtichobioll4.htm>; consulta: noviembre 2005.
- Elsevier, B. 2005. *Sclerotinia sclerotiorum*: When "be or not to be" a pathogen. Federation of European Microbiological Societies (FEMS). Microbiol. Lett. 251(2), 177-184.
- Ferreira, S. y R. Boyle. 1992. *Sclerotinia*. University of Hawaii at Manoa. En: http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/s_scler.htm; consulta: marzo 2006.
- Hao, J.; K. Subbarao y J. Duniway. 2003. Germination of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* sclerotia under various soil moisture and temperature combinations. Phytopathol. 93(4), 443-450.
- Hubbard, J.; K. Subbarao y S. Koike. 1997. Development and significance of dicarboxamide resistance in *Sclerotinia minor* isolates from comercial lettuce fields in California. Plant Dis. 81(2), 148-153.
- Laemmlen, F. 2002. *Sclerotinia* diseases: symptoms, signs and management. University Central of Davis. En: <http://cesantabarbara.ucdavis.edu/imp2.htm>; consulta: febrero 2006.
- LST. 2006. AgroGuard® Live Systems Technology S.A (LST). En: <http://www.lstsa.com> consulta: diciembre 2005.
- Matheron, M. y M. Porchas. 2005. Influence of soil temperature and moisture on eruptive germination and viability of Sclerotia of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum*. Plant Dis. 89 (1), 50-54.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; Secretarías de Agricultura Departamentales, URPAS, UMATAS. 2003. Producción nacional de lechuga. En: <http://www.frutasyhortalizas.com.co/>; consulta: noviembre 2005.
- Mondito, P. 2005. *Sclerotinia sclerotiorum*. Cátedra de fitopatología, Facultad de Agronomía, Montevideo Uruguay. En: <http://www.pvfagro.edu.uy/fitopato/enfermedades/Sclerotinialechuga.htm>; consulta: diciembre 2005.
- Papavizas, G. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology and potential for biocontrol. Annu. Rev. Phytopathol. 23, 23-54.
- Pérez, S. 2003. La Pudrición de la lechuga causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum* o *Sclerotinia minor*. Trabajo final. Especialización en Horticultura, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 33-160.
- Rodríguez, J. 2001. Evaluación de la recolección de plantas afectadas por *Sclerotinia sclerotiorum* en lechuga (*Lactuca sativa*) con incorporación de *Trichoderma harzianum* para disminuir la incidencia de la enfermedad en la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado, Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA), Bogotá. pp. 24-39.
- Steadman, J. 1979. Control of plant diseases caused by *Sclerotinia* species. Phytopathol. 69(8), 904-907.
- Subbarao, K. 2005. Comparative analyses of lettuce drop epidemics caused by *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum*. Plant Dis. 89 (7), 717-725.
- The Pesticide Manual. 1997. Procymidone. 11th edition. British Crop Protection Council. Editor CDS Tomlin. pp 592.
- Valencia, J y G. Arbeláez. 1999. Control biológico de la Pudrición basal del tallo en crisantemo (*Dendrathera grandiflorum*) ocasionado por *Sclerotinia sclerotiorum* con algunos aislamientos de *Trichoderma sp.* y *Gliocladium sp.* Agron. Colomb. 16(1-3), 1-4.
- Wu, B. M.; Subbarao, K. V. 2003. Effects of irrigation and tillage on temporal and spatial dynamics of *Sclerotinia minor* sclerotia and lettuce drop incidence. Phytopathol. 93(12), 1572-1580.