

Estudios de infección de *spongospora subterránea* en papa (*solanum tuberosum*)  
variedad comercial diacol capiro

Sebastián Gómez Acosta  
Lilliana M. Hoyos Carvajal  
Elena Paola González Jaimes

## Autores

### SEBASTIÁN GÓMEZ ACOSTA

Ingeniero Agropecuario, integrante grupo Protección Vegetal Integrada Categoría B de Conciencias, Facultad de Ciencias Agrarias, estudiante, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. sgomezacosta@gmail.com@gmail.com.

### LILLIANA M. HOYOS CARVAJAL

Ingeniero Agrónomo, MSc. Fitopatología, PhD Biología- Universidad de Antioquia. Docente, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. limhoyosca@unal.edu.co

### ELENA PAOLA GONZÁLEZ JAIMES

Ingeniero Agrónomo, MSc Genética y Mejoramiento de Plantas, PhD. Producción Vegetal de la Universidad Estadual Paulista- Brasil. Docente, Politécnico Colombiano Jaime Isaza, Facultad de Ciencias Agrarias, director grupo Protección Vegetal Integrada. epgonzalez@elpoli.edu.co

## Recibido: Aprobado:

## Resumen

*Spongospora subterranea* (Wallroth) Lagerheim f. sp. subterranea Tomlinson es el agente causal de la roña o sarna polvosa de la papa y, además, es vector del virus *potato mop top* (PMTV). Es un patógeno protozoario, que causa su infección por medio de zoosporas que se encuentran en quistosoros los cuales son el principal modo de dispersión de la enfermedad. Éstos pueden permanecer en el suelo, raíces y tubérculos como estructuras de resistencia por varios años hasta que las condiciones medio ambientales favorezcan la liberación de zoosporas y se dé una nueva infección en las plantas de papa. En el presente trabajo se evaluó un método de bioensayo con el fin de establecer, bajo condiciones controladas, la infección de *Spongospora subterranea* en la variedad comercial de papa Diacol Capiro. Para tal fin se realizó un experimento, en el cual se evaluaron los efectos de tres fuentes de inóculo: quistosoros provenientes de suelo, de raíz y de tubérculo, con el fin de determinar la fuente más infectiva y la que provocara el desarrollo de la enfermedad. Las plántulas fueron inoculadas con una solución infectiva con una concentración de  $1.6 \times 10^5$  quistosoros/ml en condiciones de invernadero. Las evaluaciones fueron realizadas a los 19, 34, 64 y 93 días luego de ser inoculadas. Siguiendo la metodología propuesta y realizado el análisis microscópico respectivo, sólo fue posible encontrar algunas estructuras relacionadas en una observación, lo cual no permite confirmar la presencia general del patógeno luego de la inoculación.

## Palabras clave

Quistosoros, solución infectiva, inoculación, sarna polvosa

## Abstract

*Spongospora subterranea* (Wallroth) Lagerheim f. sp. subterranea Tomlinson causes powdery scab in potato and is also vector to the mop-top virus (PMTV) in potato. Is a plasmodiophorids; infections occur through zoospores which are inside resistance spores called sporeballs or cystosori which are the principal way of the disease dispersion. Sporeballs can remains on soil, roots and tubers as resistance structure, and can still there for many years until the weather conditions being favorable to zoospores release starting a new infections on potato plants. In this study was evaluated a bioassay method with the aim to establish an infection from to Diacol Capiro potato variety on greenhouse conditions. It was carried out an experiment which tried to evaluate three different inoculum sources: cystosori from soil, potato roots and tubers, in order to identify the most infectious source and the one which cause the development of the disease. The plants were inoculated, in greenhouse conditions, by a cystosori infected solutions with a  $1.6 \times 10^5$  cystosori/ml concentration. The evaluations were made 19, 34, 64 and 93 days after inoculation. Following this methodology and after all the respective microscopical observations, it was not possible to found many clearly structure related to which does not allowed to confirm the presence of the pathogen after the inoculation.

## Key Words

Inoculum Sources, Infected Solutions, Cystosori, Powdery Scab

# Estudios de infección de *spongospora* subterránea en papa (*solanum tuberosum*) variedad comercial diacol capiro

Sebastián Gómez Acosta  
Lilliana M. Hoyos Carvajal  
Elena Paola González Jaimes

||| POLITÉCNICA No. 7 | julio - diciembre de 2008, pp. 9 - 18 |

## Introducción

**S***pongospora subterránea f. sp. subterránea* Tomlinson es un parásito intracelular que produce plasmodios infectantes en el sistema radicular de la planta de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su tubérculo, causando la roña o sarna polvosa de la papa, enfermedad que se distribuye ampliamente en el mundo en zonas altas con temperaturas bajas y ricas en materia orgánica (Guerrero, 2002); esta enfermedad es la responsable de la depreciación en la calidad de los tubérculos, debido a la presencia de lesiones en forma de pústulas en la epidermis de los mismos y a la disminución en la producción de papa en variedades susceptibles.

En la actualidad, la sarna polvosa es una enfermedad cuya incidencia está en aumento debido a la persistencia de *Spongospora, subterránea* por varios años en forma de estructuras de resistencia (quistosoros) en el suelo, a la carencia de variedades de papa resistentes, a su fácil dispersión y poca susceptibilidad a tratamientos químicos entre otros factores (Harrison *et al*, 1997).

En Colombia se reportó en 1965 y se encuentra ampliamente distribuida en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Nariño (Guerrero, 2002) afectando entre el 50% y 80% de la producción de los tubérculos según la edad del cultivo, lo que implica pérdidas económicas en el sector



\*Esta investigación fue financiada por la Dirección de Investigaciones y Posgrados del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, bajo la modalidad de proyectos de microcuantía y contó con la coinvestigación del grupo de investigación en Papa de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

agroindustrial, problemas fitosanitarios por la diseminación del patógeno a zonas libres de la enfermedad y para los productores de semilla de papa y el rechazo en la distribución de semilla certificada (Guerrero *et al*, 1999).

La enfermedad se diagnostica de forma tardía en semillas y cultivos debido a su difícil detección tanto en suelo como en semillas asintomáticas; de ahí que sea necesario implementar una metodología rápida, altamente sensible y específica, que permita detectar al microorganismo en suelo y semilla de papa, para el control fitosanitario del patógeno en programas de producción de semilla certificada libre *S. subterranea* (Lees, 2000).

Al estudiar las condiciones de inoculación, liberación, infección y variabilidad del patógeno, así como el desarrollo de la enfermedad en condiciones controladas y de campo, se adquiere un conocimiento mayor acerca del patógeno y su desarrollo, útil para establecer de una manera más adecuada estrategias de mejoramiento genético, control y manejo de la enfermedad en las condiciones de producción de papa en nuestro país. Por lo anterior, el estudio realizado en este proyecto es de gran importancia, pues se espera ofrecer herramientas para evaluar las condiciones en las cuales se da el proceso de infección por parte de *Spongospora subterranea* en las raíces de papa, lo que va a contribuir al conocimiento del desarrollo de la enfermedad en este cultivo.

■ La enfermedad se diagnostica de forma tardía en semillas y cultivos debido a su difícil detección tanto en suelo como en semillas asintomáticas; de ahí que sea necesario implementar una metodología rápida, altamente sensible y específica.

## Materiales y métodos

### LOCALIZACIÓN

El trabajo se desarrolló en condiciones de invernadero en las instalaciones de la finca Paysandú de la Universidad Nacional de Colombia, localizada en Santa Elena, corregimiento de Medellín (Antioquia), a una altura de 2500 m sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 14 °C y una precipitación de 2500 mm al año.

### ETAPA DE GERMINACIÓN

El material vegetal seleccionado en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) para el desarrollo del estudio fue la variedad Diacol Capiro, por sus características de adaptabilidad y por ser una de las variedades más cultivadas en la región Oriente de Antioquia.

Para el ensayo se extrajeron semillas sexuales de frutos maduros de plantas de papa. Con el fin de estimular la germinación de las semillas, éstas fueron sumergidas en ácido giberélico en una concentración de 2ppm durante 24 horas; posteriormente, fueron sembradas en sustrato (arena) previamente desinfectado. En total se utilizaron 600 semillas, las cuales fueron sembradas en 30 cajas de Petri. Las placas permanecieron en condiciones de laboratorio durante los primeros 15 días mientras ocurría la etapa de germinación.

### CONSECUCIÓN Y PREPARACIÓN DEL INÓCULO

Para determinar el efecto del desarrollo de la infección en las plantas, se escogieron tres fuentes de inóculo: quistosoros provenientes de suelo, agallas de raíz y pústulas de tubérculos, todos provenientes del municipio de La Unión (Antioquia).

Para la extracción de los quistosoros, las muestras fueron sometidas a secado al aire libre, separadamente, durante un período de 24 horas. Pasado el período de secado, las muestras de tubérculo y raíz fueron raspadas y poste-

riormente maceradas, siguiendo la metodología de Van de Graaf *et al* (VandeGraaf *et al*, 2000); mientras que la muestra de suelo fue homogenizada. Posteriormente, cada muestra fue pasada a través de un juego de tres tamices (2.36 mm, 0.150 mm, 0.045 mm) –siguiendo la metodología de Merz (Merz, 1997), ajustada en la malla de los tamices. Para la muestra de suelo, se tomó el material que pasaba por el tamiz de 0.150 mm, como indican por Jaramillo *et al*. (Jaramillo *et al* 2004). Para la obtención de muestras de tubérculo y agallas se tomó el material pasado por el tamiz de 0.045 mm, (VandeGraaf *et al*); Luego del tamizado cada fuente de inóculo fue pesada individualmente en balanza analítica Ohaus *referencia. Explorer* (0.400 g) y diluidas en 40ml de agua destilada en tubos Falcon para una relación de 1:10, con el fin de determinar la concentración de quistosoros de cada una.

### CONTEO Y DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE QUISTOSOROS

El conteo de quistosoros se realizó en cámara de Neubauer. A cada muestra, separada en tubos Falcon, se le adicionó una gota de azul de metileno, con el fin de teñir las estructuras y facilitar el conteo de los quistosoros al momento de las observaciones. Para determinar la concentración de quistosoros por gramo de inóculo, se realizaron cuatro lecturas por cada fuente de inóculo siguiendo la metodología de Castaño (Castaño, 1994). Después de determinar la concentración de inóculo de cada fuente, se estableció una concentración de trabajo de  $1.6 \times 10^5$  quistosoros/ml.

### INOCULACIÓN

Terminado el período de germinación, aproximadamente 20 días después de la siembra, las plántulas fueron llevadas al centro de experimentación "Paysandú", lugar donde se llevó a cabo la fase de campo del experimento.

La inoculación de los quistosoros, provenientes de las diferentes fuentes por utilizar, se hizo en las plántulas germinadas, para lo cual cada caja de Petri con 20 plantas se regó con un volumen de 10ml de la solución infecciosa. Para el tratamiento testigo se procedió a regar de igual forma solamente con agua.

### TRANSPLANTE

Cinco días después de la inoculación se hizo el transplante en macetas de 2.5 kg con suelo homogenizado libre del patógeno, proveniente de La finca "Paysandú". Se dispuso de 100 macetas, distribuidas en el vivero separadamente según cada tratamiento.

### DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS

La distribución del experimento se hizo con un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones distribuidos de la siguiente manera: a) Plántulas de papa inoculadas con solución preparada a partir de quistosoros de tubérculos infectados por *Spongospora subterránea*; b) Plántulas de papa inoculadas con solución preparada a partir de quistosoros de raíces infectadas por *Spongospora subterránea*; c) Plántulas de papa inoculadas con solución preparada a partir quistosoros de suelo infectado por *S. Subterránea*; d) Plantas sin inocular como testigo. Cada tratamiento se distribuyó en 25 macetas y en cada una de ellas se sembraron tres plantas, para un total de 75 plantas por tratamiento y 300 plantas para el total del experimento.

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

A lo largo del ensayo se realizaron cuatro evaluaciones, a los 19, 34, 64 y 93 días después de la inoculación con quistosoros de *Spongospora subterránea*. Se seleccionaron cuatro plantas totalmente al azar por repetición, para un total de 12 plantas por tratamiento. Las raíces fueron

lavadas suavemente con agua para retirar el exceso de suelo y luego fueron llevadas a un tubo Falcon con una solución de KOH al 10% durante tres días. Posteriormente estas raíces fueron llevadas a un medio ácido (HCl al 10%) durante 10 min. Luego de este tiempo, las raíces fueron lavadas con agua destilada e inmediatamente teñidas con azul de tripano durante tres minutos y lavadas nuevamente con agua destilada. Las raíces ya preparadas se llevaron a un microscopio de luz Olympus CH30 RF100 de 40 aumentos. De cada repetición eran extraídas cinco raíces, las cuales se distribuían a lo largo del portaobjetos para ser observadas. De cada raíz se hacía un barrido completo con el fin de determinar la aparición de estructuras propias de *Spongospora subterranea* y de otros microorganismos endófitos propios y ajenos al cultivo de la papa. Las estructuras observadas de *S. subterranea* se clasificaron como quistosoros, células únicas y plasmodios, mientras que las otras estructuras que no pertenecían al patógeno se clasificaron como endófitos, micorrizas y otros. También se

observaron síntomas relacionados con la formación de agallas en las raíces. Los resultados arrojados fueron analizados determinando la incidencia de *S. subterranea* y otros microorganismos existentes en raíz de papa para cada una de las evaluaciones realizadas.

## Resultados y discusión

### CONCENTRACIÓN FINAL DE INOCULACIÓN

Una vez determinado el número de quistosoros por fuente de inóculo, se tomó como referencia la concentración mínima, que para este caso fue de 22'500.000 quistosoros/g, correspondiente al inóculo de tubérculo, con el fin de lograr una concentración balanceada entre las tres fuentes. Como se pretendía inocular las plantas con una concentración de  $1.6 \times 10^5$  quistosoros/ml., se tomó la concentración referencia y se hicieron los cálculos respectivos, como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Establecimiento de la concentración de quistosoros por utilizar con cada fuente de inóculo para obtener una concentración final homogénea para la inoculación.

Inóculo	Conteo	Corrección	Quistosoros/ml	Q/gr material	Gr. de inóculo requerido para concentración de $1.6 \times 10^5$
Raíz	42.8	50.000	2'143.750	214'375.000	0.052
Suelo	8	50.000	400.000	40'000.000	0.28
Tubérculo	4.5	50.000	225.000	22'500.000	0.498

### EVALUACIONES

Primera evaluación: en el primer muestreo, realizado 19 días después de la inoculación, no se observaron síntomas externos en las raíces de las plántulas seleccionadas. De igual modo, durante el análisis al microscopio, no

se reconocieron estructuras propias al patógeno en cuestión, en contraposición a lo encontrado por Van de Graaf *et al* (VandeGraaf *et al*, 2000), quienes concluyeron que la liberación de zoosporas y la infección de la raíz se da

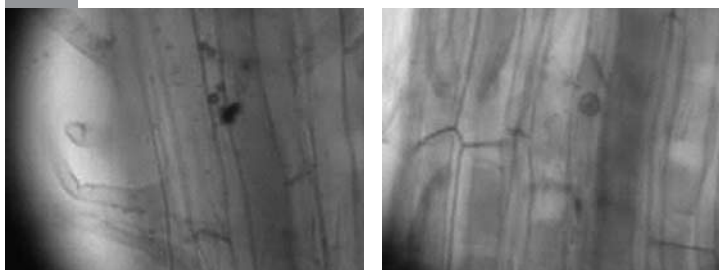
una semana después de que se ha agregado el inóculo al sistema. Por otro lado, en la literatura (Merz *et al*, 2004) se informa que en trabajos de bioensayo de selección de cultivares, que tales resultados de liberación e infección ocurrían 17 días después de la inoculación; no obstante, dichos experimentos fueron realizados para cultivares y bajo condiciones propias del continente europeo; por consiguiente, se puede esperar que las condiciones para los cultivares en Colombia, sometidos a condiciones de suelo y climatológicas muy distintas, no sean los mismos. Aunque las raíces se encontraron en un estado saludable, fue posible identificar otra serie de microorganismos endófitos como micorrizas y micelio de otros patógenos dentro de las mismas, como se muestran en la figura 1.

Figura 1. Micelio de endófitos y micorriza en raíz de papa



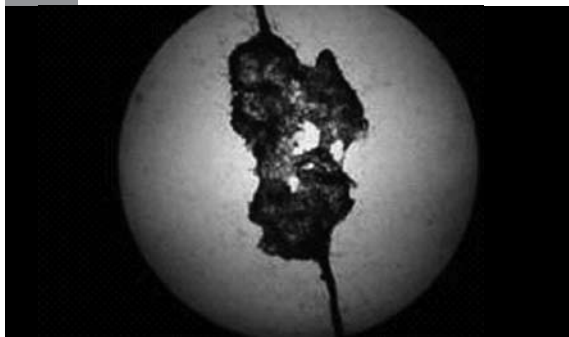
Segunda evaluación: Se realizó a los 34 días después de la inoculación; no se encontró incidencia alguna del patógeno, tanto externa como internamente; sin embargo, se encontraron estructuras muy similares a las reportadas como quistosoros, en plantas que fueron inoculadas con quistosoros provenientes de raíz, como se muestra en las figuras 2a y 2b.

Figuras 2a y 2b. Quistosoros de *Spongospora subterránea* dentro de la raíz de papa con 34 días de inoculación. (Observaciones con 40 aumentos)



Tercera evaluación: realizada 64 días después de la inoculación; se encontró externamente presencia de agalla en una de las raíces muestreadas, correspondientes al tratamiento inoculado con solución infecciosa proveniente de quistosoros de suelo, como se muestra en la figura 3.

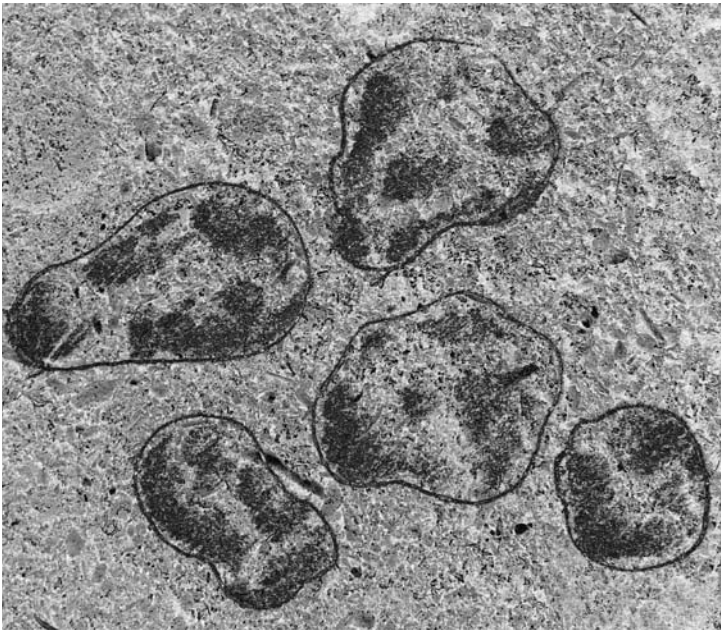
Figura 3. Agalla de *Spongospora subterránea* encontrada en raíz a los 64 días después de inoculación



Hasta el momento no se sabe con claridad por qué los demás tratamientos no mostraron el mismo resultado; podría evaluarse efectos de temperatura, tipo de suelo y concentración de inóculo; no obstante, otros investigadores (Van de Graf, *et al* 2007; Burnett, 1991). concuerdan en que no existe diferencia significativa entre los distintos niveles de inóculo, para la infección y severidad de *S. subterránea* en cultivares de papa incluso siendo éstos bajos. Por otro lado, se determinó que en suelos que presentan



una humedad constante, la incidencia es mayor que en aquéllos cuya humedad está continuamente fluctuando (Falloon *et al*, 2003). En esta evaluación se encontró una alta incidencia de patógenos distintos a *Spongospora subterranea* en las raíces de la plantas del tratamiento en cuestión.



Cuarta evaluación: realizada a los 93 días posteriores a la inoculación. Las plantas se observaron, en general, con el mismo tamaño, pero notablemente más pequeñas y pobres en follaje. Lo anterior es anómalo, ya que para esta etapa deberían tener un mejor desarrollo que corresponda a la edad de las plantas. No se realizaron controles químicos ni orgánicos para evitar la presencia de patógenos en las plantas; como consecuencia, algunas plantas fueron afectadas severamente por *Phytophthora infestans*. Dichas plantas, fueron igualmente monitoreada; no encontró evidencia alguna de la infección de *Spongospora subterranea*. Las plantas muestreadas presentaban tubérculos en desarrollo (minitubérculos), lo que de hecho favorecería el ataque

debido a la apertura existente de las lenticelas (García y Navia, 2002). No obstante, al momento del análisis microscópico, continuó la ausencia de síntomas y signos del patógeno dentro de la raíz; cabe anotar que los minitubérculos que se estaban formando no fueron evaluados.

Se observó que el mayor grado de incidencia de patógenos afines al cultivo se encontró en las raíces de las plantas correspondientes al tratamiento inoculado con quistosoros provenientes de raíz. En la literatura (Makarainen *et al*, 1994) se informa que la incidencia de *Spongospora subterranea* era más alta en raíces de plantas que habían sido previamente inoculadas con una suspensión del patógeno que aquéllas que habían sido cultivadas en suelos infestados naturalmente. No obstante, en los resultados del experimento se encontró una respuesta contraria; aunque las plantas fueron infectadas con una solución del patógeno y cultivadas en suelos libres del mismo, no hubo mayor incidencia de *Spongospora subterranea* en las raíces de las plantas evaluadas, aunque sí un incremento significativo de la presencia de microorganismos endófitos, los cuales no fueron identificados en este trabajo. Es posible que la ausencia de síntomas en raíz esté altamente relacionada con el tiempo, el sustrato utilizado para la inoculación y la temperatura con la que se realizó la misma. En la literatura (Alzate, 2008) se informa que las condiciones más favorables para la liberación de zoosporas se da a temperaturas entre 15 y 23°C y entre 48 y 96 hr luego de la inoculación. Para el caso del presente estudio, realizado a temperaturas promedio de 14°C, puede presumirse, que al estar por debajo del valor menor y al ser ésta la temperatura en la cual se encuentran los cultivos de papa, no hubo influencia directa de ésta sobre la ausencia de síntomas de *Spongospora subterranea* en raíz ni en tubérculos. Los tiempos analizados en estudios de liberación no son significativos en este



estudio debido a que el período de inoculación para las plántulas fue de 120 horas, lo que sería suficiente para el proceso de infección. Dicho autor encontró, de igual modo, que el sustrato utilizado para lograr inducir una mayor liberación es el sustrato con extracto de raíz, puesto que con agua no se presentó el estímulo necesario para una liberación significativa; ratificando lo hallado por otros investigadores (Harrison *et al.*, 1997; Merz, 1997), quienes afirman que las zoosporas son atraídas por exudados radicales, lo cual es el paso inicial para el enquistamiento y penetración en el hospedero. De lo anterior se podría concluir que la ausencia de infección y posteriores síntomas de *Spongospora subterranea*, pueden deberse a que la inoculación fue realizada con agua destilada y no con el sustrato de extracto de raíz recomendado en los anteriores estudios y aunque obviamente estaban presentes las raíces de las plantas por inocular, probablemente por tratarse de plántulas recién germinadas (plántulas provenientes de semillas con 15 días de germinación) el número de raíces era muy reducido y presumiblemente estas aún no generan los exudados suficientes para generar un estímulo que favorezca la infección por parte de las zoosporas liberadas por *Spongospora subterranea*.

## Conclusiones y recomendaciones

Tras haber realizado el experimento se elaboró un método de bioensayo en condiciones controladas, que resultó no ser eficiente para el desarrollo de la infección de *Spongospora subterranea* en las plantas inoculadas.

A lo largo del experimento, solo fue posible identificar algunas estructuras propias del patógeno en un número muy reducido de muestras,

■ Debido a que se encontraron resultados ciertos sobre la aparición de la infección del patógeno; no se pudo determinar, igualmente, cuál fue la fuente de inóculo más eficiente para lograr, en condiciones controladas, la infección de *Spongospora subterranea*.

lo que no permitió determinar el número de días en los cuales era posible identificarse la aparición de la infección de *S. subterranea*.

Durante el tercer muestreo se encontró una agalla en una de las raíces muestreadas correspondiente al tratamiento inoculado con solución infecciosa proveniente de quistosoros de suelo. Antes y después de este muestreo no se lograron identificar externamente síntomas en raíces en ningún muestreo.

Debido a que se encontraron resultados ciertos sobre la aparición de la infección del patógeno no se pudo determinar, igualmente, cuál fue la fuente de inóculo más eficiente para lograr, en condiciones controladas, la infección de *Spongospora subterranea*.

Se recomienda incorporar en el diseño del experimento un plan básico de fertilización y controles fitosanitarios para un mejor mantenimiento de las plantas, con el objetivo de que no se desarrollen problemas de patógenos diferentes al evaluado en el ensayo que puedan interferir en el resultado del experimento. De la misma manera ampliar los estudios de infección, con el fin de que se evalúen factores tales como condiciones de inoculación en medios que favorezcan la liberación de zoosporas para una efectiva infección en las raíces, concentración del inóculo, tiempos de inoculación y de evaluación que incluyan observación de estructuras de *Spongospora subterranea* en tubérculos, entre otros.

## Bibliografía

1. Adams, M. J., Read, P. J., Lapwood D. H., Gayley G. R., y Hide G. A. The Effect of Irrigation on Powdery Scab and Other Tuber Diseases of Potatoes. *Ann. Applied. Biol.* 110: 287-294, 1987.
2. Alzate V, D. E. Estandarización de la metodología para la liberación de zoosporas a partir de quistosoros de *Spongospora subterranea*. Trabajo de grado. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín. 31p.
3. Burnett F, The Biology and Control of Powdery Scab (*Spongospora subterranea*) of Potatoes. Aberdeen, UK: University of Aberdeen, PhD thesis, 1991.
4. Castaño Z. J. Prácticas de Laboratorio de Fitopatología. Escuela Agrícola Panamericana. Departamento de Protección Vegetal. Zamorano. Segunda Edición. pág 103, 1994.
5. De Boer, R. Research into the Biology and Control of Powdery Scab of Potatoes in Australia. In: En: Merz y Lees, 79-83, 2000.
6. Eraslan, F. y Turian, G. Studies on Powdery Scab of Potatoes with Special Regard to the Reactions of Certain Cultivars and Clones. *J. Plant Dis. Protect.* 96: 353-360, 1989.
7. Falloon, R. E., Russell, A. G., Wallace, A. R. y Butler, R. C. Susceptibility of Potato (*Solanum tuberosum*) Cultivars to Powdery Scab (Caused by *Spongospora subterranea*), and Relationships between Tuber and Root Infection. *Australasian Plant Pathology* 32, 377-385, 2003
8. García, C. y Navia, E. Evaluación de estrategias de manejo de la roña polvosa (*Spongospora subterranea*) en las tres regiones más productoras de papa en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2002. Disponible en: <http://www.redepapa.org/practicasculturalesred3.html>, visitado: marzo de 2006.
9. Guerrero, L. O., Peña, L. A. y Pérez. B. Efecto de la incorporación de abonos verdes, sobre la incidencia y severidad de la roña de la papa *Spongospora subterranea* en el Departamento de Nariño, 82-89, 1999. En: Memorias XX Congreso Nacional de Fitopatología ASCOLFI. Manizales, Colombia.
10. Guerrero, O. La Roña o sarna polvosa de la papa en el departamento de Nariño. Resumen. *Papas Colombianas*. segunda edición, 2002 3 (1-2): 27-129.
11. Harrison, J. G.; Searle, R. J., y Williams, N. A. Powdery Scab Disease Potato A Review. *Scottish Crop Research Institute. Plant Pathology* 46, 7-25, 1997.
12. Heald, F. G. *Manual of Plant Disease*. McGraw-Hill. Segunda edición. New York. 467 - 475, 1983
13. Hims, M. J. y Preece, T. F. *Spongospora subterranea* f.sp. subterranea. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. N° 477, 2 p.
14. Hooker, W. J. *Compendium of Potato Diseases*. American Phytopathological Society Press, St. Paul. MN. p 125, 1980.
15. Hughes, J. K. 1980. Powdery Scab (*Spongospora subterranea*) of Potatoes in Queensland. Occurrence, Cultivar Susceptibility, Time of Infection, Effect of Soil pH, *Chemical Control*, 1980.
16. Jaramillo, S., et al. Caracterización patogénica y molecular de diferentes poblaciones *Spongospora subterranea* en Colombia, Fase II. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 90 p. (Informe mimeografiado), 2004.
17. Jaramillo, S. y Botero, J. M. Respuesta de diferentes poblaciones de *Spongospora subterranea* f.sp subterranea a la rotación con dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* ssp andigena), 2007.
18. Jones, R. A. C. y Harrison, B. D. 1969. The Behaviour of Potato Mop Top Virus in Soil, and Evidence for its Transmission by *Spongospora subterranea* (Wall.) Lagerh. *Ann. Appl. Biol.* 63: 1-17, 1969.
19. Lawrence, C. H. y Mckenzie, A. R. Powdery Scab. Pages 35-36 in: *Compendium of Potato Diseases*. American Phytopathological Society. St. Paul, 35-36, 1981.
20. Lees A. K. Summary of the Session on Past and Present Research on Powdery Scab. *Past and Present Research: En. Merz y Lees*, 55 – 57, 2000.
21. Lopez, C. A.,. Fotos de patógenos relacionados con el cultivo de la papa, (1997). Redepapa. Corpoica, regional 1. Bogotá. Colombia Disponible en: [www.redepapa.org/pustulas.html](http://www.redepapa.org/pustulas.html)
22. Makarainen, E, Rita, H., Teperi, E. y Valkonen, J. Resistance to *Spongospora subterranea* in Tuber-Bearing and Nontuber-Bearing *Solanum* spp. *Potato Research*. 37: 123-127, 1994.
23. Manzer, F., Akeley, R. y Merriam, D.. Resistance to Powdery Scab in *Solanum tuberosum* L. *American Potato Journal* 41:375–376, 1964.
24. Merz, U. Microscopical Observations of the Primary Zoospores of *Spongospora subterranea*, f.sp. subterranea. En: *Plant Pathology* 46, 670 – 674, 1997.
25. Merz, U.. Powdery Scab. Research in Switzerland. *Past and Present Research: Powdery Scab*. En: Merz y Lees, 67-71, 2000.
26. Merz, U., Martinez, V. y Schwärzel, R. The Potential for the Rapid Screening of Potato Cultivars (*Solanum tuberosum*) for Resistance to powdery Scab (*Spongospora subterranea*) Using a Laboratory Bioassay. En: *European Journal of Plant Pathology* 110:71–77, 2004.
27. SINAIPA (SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE PAPA). 2002. Agentes y encadenamientos en la comercialización de la papa. En: *El Correo de la papa* Revista el correo de la papa. Boletín mensual No. 10, junio, 2002.
28. Torres, H., Pacheco, M. A, y French, E. R. Resistance of Potato to Powdery Scab (*Spongospora subterranea*) under Andean Field Conditions. *American Potato Journal* 10: 355-363, 1995.
29. Torres, H. Roña (*Spongospora subterranea*). pp. 27-31. En: Torres, H. *Manual de las enfermedades más importantes de la papa en el Perú*. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima Perú, 2002.
30. Van de Graaf, Lees A. F. y Duncan, J. M. Epidemiology and Control of *Spongospora subterranea* f. sp. Subterranea, with Special Reference to Zoospore Release and Bait Plant Infection. *Past and Present Research: Powdery SCAF*, 2000.
31. Van de Graaf, P, Lees A. F., Wale S. J. y Duncan J. M. Effect of Soil Inoculum Level and Environmental Factors on Potato Powdery Scab Caused by *Spongospora subterranean*. *Plant Pathology* 54: 22–28, 2002.
32. Van de Graaf, P, Wale, S. J., y Lees, A. K. Factors Affecting the Incidence and Severity of Root infection and Galling Caused by *Spongospora subterranea* in Potato. *Plant Pathology*. 2007 56(6).p.1005, 2007.
33. Wale S. J., Summary of the Session on National Potato Production and the Powdery Scab Situation. En: Merz U., y Lees A.K., eds. *Proceedings of the First European Powdery Scab Workshop, SAC, Aberdeen, Scotland, 20 al 22 Julio, 3–9, 2000.*