

# **Producción de quistosoros de *Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson durante un ciclo de cultivo de papa en tres tipos de suelo**

**Production of cystosori of *Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson during a potato crop cycle in three soil types**

Wilmar Pérez-Pérez<sup>1</sup>, Elizabeth Gilchrist-Ramelli<sup>1</sup>, y Sebastián Reynaldi<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Grupo BioDes, Departamento de Ciencias Agronómicas, Universidad Nacional de Colombia, Calle 59a 20-63, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup>Department Bioanalytical Ecotoxicology, Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Permoserstraße 15, D-04318 Leipzig, Germany. \*Autor para correspondencia: sreynaldi@unal.edu.co

Rec.: 28.06.11 Acept.: 04.06.12

## **Resumen**

La sarna polvosa es causada por el protista *Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson, un parásito obligado el cual replica en raíces y tubérculos de papa (*Solanum tuberosum*). Esta replicación resulta en estructuras de resistencia denominadas quistosoros. En este estudio se investigó la producción de quistosoros en papa variedad Diacol Capiro, cultivada en tres tipos de suelos: Inceptisol, Entisol, y Andisol, infestados con quistosoros. La concentración de este parásito se determinó en el suelo a la siembra (inicial), a la senescencia de las plantas (cosecha) y dos meses más tarde, cuando las plantas estaban desintegradas (poscosecha). El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y tres niveles cada uno. Un tratamiento fue el tipo de suelo con los niveles Inceptisol, Entisol y Andisol; y el otro, el tiempo de muestreo con los niveles Inicial, Cosecha y Poscosecha. Adicionalmente, se realizó un ensayo de regresión simple para analizar la correlación de la concentración inicial y final de quistosoros. En todos los tipos de suelo la concentración aumentó (48%) ( $P \leq 0.05$ ) desde el inicio a la poscosecha. No se observaron diferencias ( $P \leq 0.05$ ) en la concentración de quistosoros entre los suelos durante los muestreos realizados. La concentración final de estos (poscosecha) se correlacionó ( $P \leq 0.05$ ) con la concentración inicial (inicio). Estos resultados sugieren que la concentración de quistosoros puede sufrir un incremento significativo en un solo ciclo de cultivo de papa en todos los suelos estudiados y que los residuos de cosecha como tubérculos infectados pueden contribuir a este incremento.

**Palabras clave:** Papa, quistosoros, sarna polvosa, *Solanum* sp., *Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson, tipos de suelo.

## **Abstract**

The powdery scab is caused by the protist *Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson, which is an obligate parasite that replicates in roots and tubers of potato (*Solanum tuberosum*). This replication results in resistant structures which are denominated cystosori. Production of cystosori was investigated in the potato variety Diacol Capiro, which was cultivated in three types of soil (Inceptisol, Entisol, and Andisol) that were infested with cystosori. Concentration of cystosori was determined at planting (Initial), at plant senescence (Harvest), and at plant disintegration (Postharvest). The experimental design was completely randomized with two treatments and three levels each.

Soil type with the levels Inceptisol, Entisol and Andisol, was one treatment; and the sampling time with the initial, harvest and postharvest, was the other. Additionally, a test of simple regression to analyze correlation of the initial and final concentration of cystosori was performed. In all types of soil, cystosori concentration increased significantly ( $P \leq 0.05$ ) from planting to postharvest; the mean increase was 48%. There was no significant ( $P \leq 0.05$ ) difference among types of soil at any time sampling. The final concentration of cystosori (Postharvest) was significantly ( $P \leq 0.05$ ) which correlated with the initial concentration of cystosori (Initial). These results suggest that cystosori concentration can have a substantial increase after a single potato crop cycle, and harvest residuals, such as contaminated tubers, can contribute to this increase.

**Key words:** Cystosori, potato, powdery scab, soil types, *Solanum* sp., *Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson.

## Introducción

La sarna polvosa es una patología causada por el protista *Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson (Braselton, 1995). El ciclo reproductivo de *S. subterranea* genera pústulas sobre la superficie de los tubérculos, que dan un aspecto de sarna, afecta la calidad cosmética de los tubérculos y disminuye su valor de mercado (Falloon, 2008).

Este patógeno es parte de un grupo de protistas denominados en inglés ‘plasmodiophorids’, que reúne parásitos obligados de plantas que comparten varias características, entre ellas la capacidad de formar estructuras de resistencia que permanecen latentes en el suelo durante largos periodos. Estas estructuras están formadas por zoosporas enquistadas, que cuando se activan despliegan dos flagelos de diferente longitud, con los que se trasladan por el agua del suelo hasta encontrar tejidos vegetales para infectar y generar un plasmodio multicelular que da origen a los quistosoros (Braselton, 1995).

*Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson no solo se reproduce en los tubérculos produciendo pústulas, también lo hace en las raíces de las plantas produciendo agallas (Harrison *et al.*, 1997), pero se cree que esta enfermedad se difundió por el comercio de tubérculos infectados utilizados como semillas de nuevos cultivos. El inóculo infectivo, los quistosoros, aumentaron en los suelos de las principales zonas productoras de papa del mundo ya que no existen tratamientos efectivos, ni variedades de papa verdaderamente resistentes (Merz y Falloon, 2009).

En Colombia, la sarna polvosa se encuentra difundida en las principales zonas productoras de papa del país (Guerrero, 2000; García y Navia, 2002). Las estimaciones de los agricultores se refieren a una fuerte reducción de la producción causada por esta enfermedad (García y Navia, 2002). Gilchrist *et al.* (2009) encontraron que plantas infectadas sufren una reducción en el crecimiento del área foliar, en comparación con plantas control. La reducción del crecimiento de la planta puede llegar a 32% del peso seco foliar y precede una disminución del peso de los tubérculos de hasta 30% (Gilchrist *et al.*, 2011). Esto cambia radicalmente la relevancia de la enfermedad, especialmente en los países en desarrollo, donde el volumen de la producción de tubérculos puede ser más importante que la pérdida en calidad cosmética. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar el incremento en la concentración de quistosoros en distintos tipos de suelo, después de un ciclo de cultivo de papa.

## Materiales y métodos

Los cultivos de papa, variedad Diacol Capiro, fueron establecidos en Inceptisoles, Andisoles, y Entisoles de zonas productoras en Antioquia (Jaramillo *et al.*, 1994). Las unidades experimentales se establecieron en el Centro Agropecuario Paysandú, de la Universidad Nacional de Colombia en el corregimiento de Santa Elena (6°12' 37" N y 75°30'11" O), Antioquia, Colombia, y consistieron en parcelas de 1 m<sup>2</sup> de superficie y 30 cm de profundidad, que se rellenaron con los distintos suelos para un total de seis parcelas por tipo de suelo. En todas las parcelas se plantaron 24 tubérculos

pequeños certificados. Dos semanas antes de plantar los tubérculos, se agregaron 100 g de gallinaza, 5 g de sulfato de magnesio y 32 g de una mezcla de nitrógeno, fosfato y potasio en una proporción de 1:2:2 (NPK). Seis semanas después de plantar los tubérculos, se adicionaron 48 g de la mezcla NPK a cada parcela y se realizó el aporque con 15 cm de suelo a cada planta. Una vez por semana, se removieron manualmente las malezas y se aplicó el insecticida lambda cialotrina (Oma) y el fungicida Mancozeb (Du Pont). Las parcelas fueron irrigadas a una tasa de 5 cm<sup>3</sup>/min cada 4 horas.

Los suelos fueron contaminados con quistosoros, extraídos de raíces infectadas (Jaramillo *et al.*, 2006). La concentración de estos fue determinada de acuerdo con Van de Graaf *et al.* (2005) en el comienzo del experimento a la siembra (inicial), durante la senescencia de las plantas de papa (cosecha) y dos meses después, cuando las plantas estaban totalmente desintegradas (poscosecha). La concentración se determinó por triplicado para cada parcela, partiendo de una muestra 300 g que se secó durante 48 h a 25 ± 3 °C. Luego del secado, se tamizó pasando el suelo sucesivamente por cuatro mallas con poros de 500, 350, 106 y 53 µm, respectivamente. Una vez tamizado, se tomó una muestra de 1 g y se colocó en un tubo plástico para llevarla a un volumen de 10 ml con agua corriente (Foto 1D). Esta suspensión se agitó fuertemente antes de tomar una alícuota para contar los quistosoros en cámara de Neubauer bajo microscopio con una magnificación 10X (Foto 1E). En la cámara de Neubauer se contaron los quistosoros en los cuatro cuadrados mayores localizados en los extremos de la cámara, en los que comúnmente se cuentan leucocitos (Foto 1F), con el fin de calcular la concentración de quistosoros en la suspensión en 10 ml de agua con la siguiente fórmula:

$$\text{No. de quistosoros/ml} = \text{No. de quistosoros en los cuatro cuadrantes mayores} \times 50$$

Para calcular el número de quistosoros/g de suelo, el valor resultante de la fórmula se multiplicó por los 10 ml de la suspensión de suelo tamizado en agua corriente, y se dividió por los 300 g de suelo con los que se comenzó

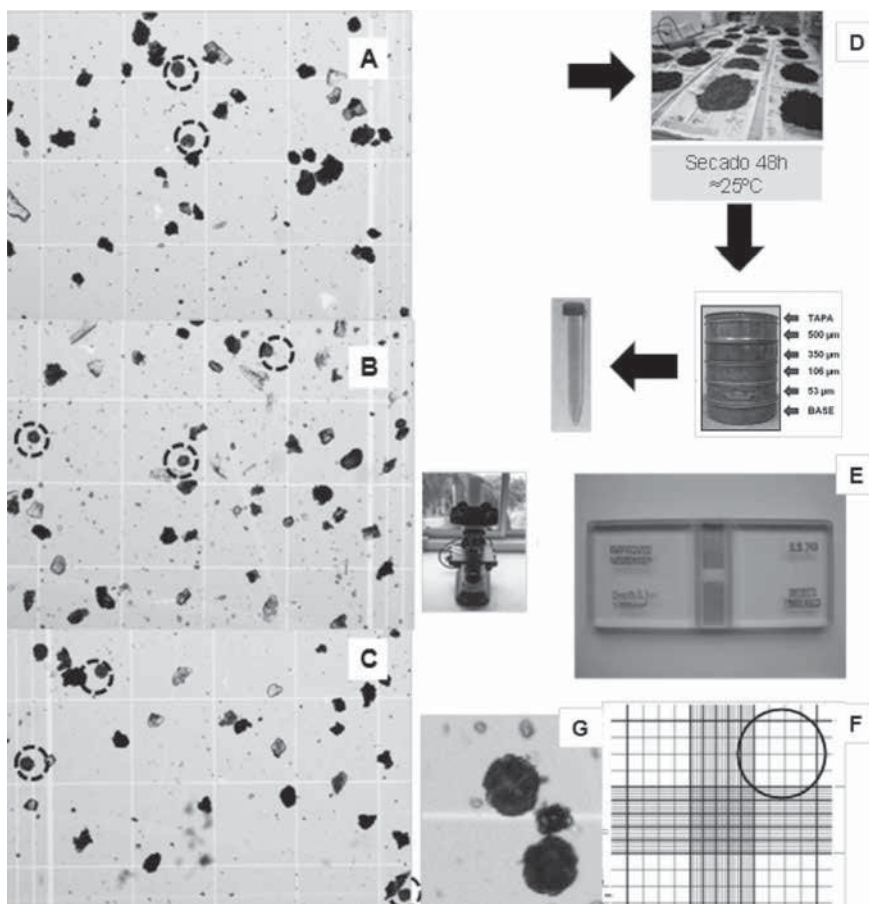
el tamizaje. Los quistosoros fueron reconocidos por tamaño, forma y color (Harrison *et al.*, 1997) estandarizando la luz y la concentración de las suspensiones cuantificadas en la cámara de Neubauer (Beltrán *et al.*, 2009).

La severidad de las pústulas de los tubérculos cosechados se calificó utilizando la escala propuesta por Falloon *et al.* (1995). El diseño experimental fue completamente al azar con dos tratamientos y tres niveles cada uno. Un tratamiento fue el tipo de suelo con los niveles Inceptisol, Entisol y Andisol; y el otro, el tiempo de muestreo con los niveles Inicial, Cosecha y Poscosecha. Las diferencias entre las medias de las combinaciones entre los niveles de los tratamientos se analizaron mediante un análisis de varianza de dos vías, seguido de la prueba de Tukey. Se corrió un ensayo de regresión simple para analizar la correlación de la concentración inicial y final de quistosoros. Todos los ensayos se realizaron utilizando programa de uso libre R, versión 2.11.1.

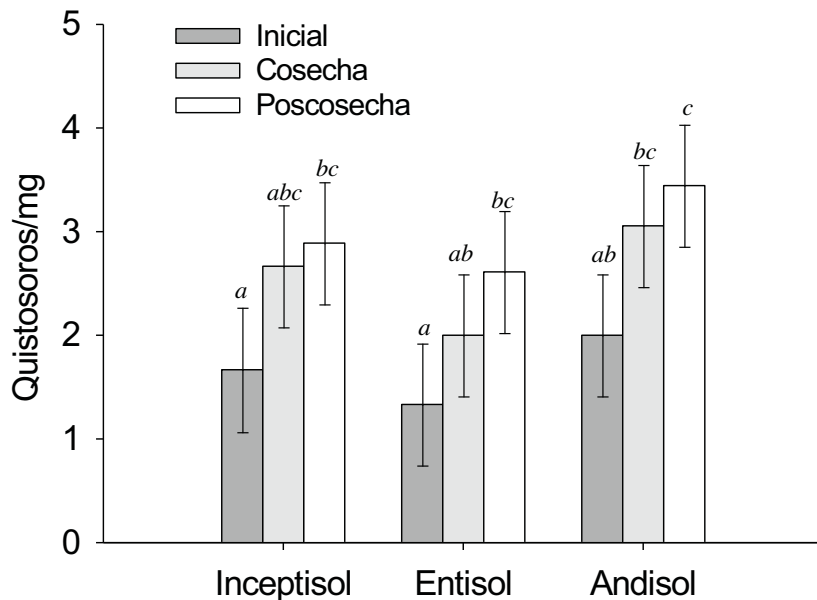
## Resultados y discusión

En todos los muestreos realizados no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en la concentración de quistosoros entre los tipos de suelo (Figura 1) ni en el incremento porcentual, que fue calculado tomando como referencia el valor medio inicial de cada tipo de suelo (Cuadro 1). Gilchrist *et al.*, (2009) trabajando con suelos similares a los de este estudio, igualmente no observaron diferencias significativas cuando analizaron la severidad de las agallas producidas en raíces de papa. En el presente trabajo tampoco se encontraron diferencias ( $P > 0.05$ ) en la severidad y en la incidencia de pústulas en la superficie de los tubérculos (Cuadro 1). Se debe mencionar que en ambos casos se utilizó riego, lo que pudo minimizar las diferencias en el agua retenida en cada suelo (Jaramillo *et al.*, 1994). El contenido de agua en el suelo es relevante para los quistosoros porque sus zoosporas, que son biflageladas, nadan en el agua del suelo hasta encontrar raíces y tubérculos que las infectan (Braselton, 1995).

En el presente trabajo, la concentración final de quistosoros se correlacionó ( $P \leq 0.05$ ) con la concentración inicial (Figura 2), lo



**Foto 1.** Imágenes de conteo de quistosoros (marcados en círculos de trazo discontinuo) en cámara de Neubauer en el suelo Inceptisol (A), Entisol (B) y Andisol (C). Secuencia de pasos para lograr la suspensión que se debe analizar en la cámara de Neubauer (D). Magnificación que debe proveer el microscopio, y foto de la cámara de Neubauer (E). El círculo muestra uno de los cuatro cuadrados donde se cuentan los quistosoros en la cámara de Neubauer (F). Imagen de referencia para el reconocimiento de quistosoros (G).

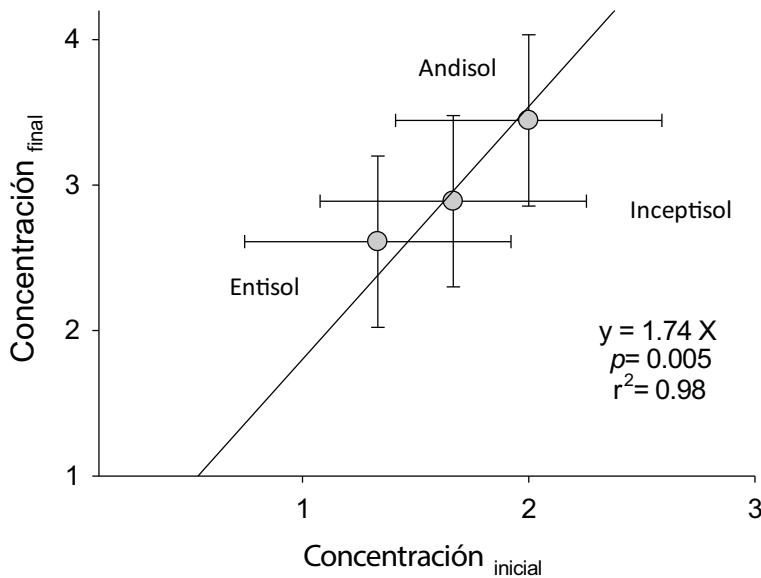


**Figura 1.** Concentración de quistosoros, expresada como quistosoros por miligramo de suelo en los tres tipos de suelo en tres muestreos. La altura de las barras indica el valor promedio y las líneas de error indican los intervalos de confianza del 95%. Letras diferentes revelan diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 1.** Incremento porcentual de la concentración de quistosoros en cada suelo experimental, expresado como porcentaje de la concentración inicial y la severidad e incidencia de las pústulas presentes en la superficie de los tubérculos producidos.

Suelo	Incremento (%) <sup>a</sup>		Pústulas <sup>a</sup>	
	Cosecha	Poscosecha	Severidad	Incidencia (%)
Entisol	33	49	2.3	33
Inceptisol	38	42	2.7	60
Andisol	35	42	2.0	50
Promedio	35	44	2.3	48

a. ns (P > 0.05).



**Figura 2.** Correlación entre la concentración inicial y final de quistosoros en los diferentes suelos, expresada como quistosoros por miligramos. Las líneas de error horizontal y vertical indican los intervalos de confianza del 95%.

que sugiere que se multiplicaron a una tasa similar en todos los suelos. Además, esta tasa fue lo suficientemente alta como para incrementar significativamente su concentración desde el comienzo del experimento hasta después de dos meses de la cosecha (Figura 1). Lo anterior es explicable porque *Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson puede reproducirse tanto en las raíces como en los tubérculos (Harrison *et al.*, 1997) lo que debe ser tenido en cuenta cuando se seleccionan variedades resistentes, así como cuando se decide no cosechar tubérculos infectados.

## Conclusión

La reproducción de *Spongospora subterranea* (Walk.) Lagerh f. sp. *subterranea* Tomlinson puede ser lo suficientemente alta como para aumentar la concentración de quistosoros del suelo en un único ciclo de cultivo de papa. Los residuos de cosecha pueden ayudar al incremento de la concentración de quistosoros.

## Agradecimientos

Este trabajo fue parte de la investigación sobre la ‘sarna polvosa de la papa’ financiada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo

Rural y el Fondo Nacional Hortifrutícola, Colciencias y la DIME (UNAL) a través del proyecto “Severidad de la sarna polvosa en dos variedades de papa, Capiro (*Solanum tuberosum*) y Criolla (*Solanum phureja*)” QUIPU 20201007168.

## Referencias

- Beltrán, E.; Gilchrist, E.; Jaramillo, S.; y Reynaldi, S. 2009. Influencia de las condiciones de incubación sobre la activación de zoosporas de *Spongospora subterranea*, en busca de un inóculo para el estudio de la sarna polvosa. Medellín. Rev. Fac. Nal. Agron. 62:5055 - 5062.
- Braselton, J. P. 1995. Current status of the plasmodiophorids. Crit. Rev. Microbiol. 21:263 - 275.
- Falloon, R. E. 2008. Control of powdery scab of potato: towards integrated disease management. Am. J. Potato Res. 85:253 - 260.
- Falloon, R. E.; Viljanen-Rollinson; S. L.; Coles, G. D.; y Poff, J. D. 1995. Disease severity keys for powdery and downy mildews of pea, and powdery scab of potato. N. Z. J. Crop Hortic. 23:31 - 37.
- García, C. y E. Navia. 2002. Evaluación de estrategias de manejo de la roña polvosa (*Spongospora subterranea*) en las tres regiones más productoras de papa en Colombia. Disponible en: <http://www.redepapa.org/practicasculturalesred3.html> Fecha revisión: Junio 4 de 2012.
- Gilchrist, E.; Jaramillo, S. M.; y Reynaldi, S. 2009. Influencia del tipo de suelo en el potencial infeccioso de *Spongospora subterranea* en cultivos de papa. Medellín. Rev. Fac. Nac. Agron. 62:4783 - 4792.
- Gilchrist, E.; Soler, J.; Merz; y Reynaldi, S. 2011. Powdery scab effect on the potato *Solanum tuberosum* sp. andigena growth and yield. Trop. plant pathol. 36(6):350 - 355.
- Guerrero, O. 2000. La roña o sarna polvosa en el departamento de Nariño. En: Fedepapa (eds.). Papas colombianas con el mejor entorno ambiental. Segunda edición. Bogotá, Colombia. p. 127 - 129.
- Harrison, J. G.; Searle, R. J.; y Williams, N. A. 1997. Powdery scab disease of potato- A review. Plant Pathol. 46:1 - 25.
- Jaramillo, D. F.; Parra, L. N.; y González, H. 1994. El recurso suelo en Colombia: distribución y evaluación. Universidad Nacional de Colombia, ICNE. Medellín. 88 p.
- Jaramillo, S.; Cotes, J.M.; González L. H.; Zapata, R.; y Ruiz, O. 2006. Proyecto: Efecto de las enmiendas y el tipo de suelos sobre la producción y expresión de síntomas de la sarna polvosa (*Spongospora subterranea*) en tres cultivares de papa. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Cevipapa, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). 110 p.
- Merz, U. y Falloon, R. E. 2009. Review: powdery scab of potato-Increased knowledge of pathogen biology and disease epidemiology for effective disease management. Potato Res. 52:17 - 37.
- Programa R, The R Project for Statistical Computing, <http://www.r-project.org/>. Fecha revisión: Junio 4 de 2012.
- Van de Graaf, P.; Lees, A. K.; Wale, S. J.; y Duncan, J. M. 2005. Effect of soil inoculum level and environmental factors on potato powdery scab caused by *Spongospora subterranea*. Plant Pathol. 54:22 - 28.