

# CARACTERIZACIÓN DEL AGENTE CAUSANTE DE LA PUDRICIÓN DE RAÍCES DE LA ARVEJA (*Pisum sativum* LINNEO), ENFERMEDAD ENDÉMICA EN EL MUNICIPIO DE MANIZALES-CALDAS (COLOMBIA)

*Luz Adriana Osorio-Gutiérrez\** y *Jairo Castaño-Zapata\*\**

\*Candidata a Magister en Fitopatología. Programa de Maestría en Fitopatología. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. Colombia. Correo electrónico: adrianaosorigutierrez@gmail.com

\*\*Profesor Titular. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Caldas. Colombia. Correo electrónico: jairo.castano\_z@ucaldas.edu.co

Recibido: 5 de marzo; aprobado: 2 de mayo de 2011

## RESUMEN

En cultivos comerciales de arveja en la granja Tesorito de la Universidad de Caldas, se colectaron plantas con síntomas de pudrición en raíces, caracterizada por la presencia de lesiones color marrón en la zona de unión de la semilla con la radícula, clorosis, amarillamiento y quemazón en las hojas bajas, decoloración en la base del tallo, pudrición y sistema radical escaso. Con el fin de determinar el agente causante de la enfermedad, se sembraron trozos de tejido afectado en papa-dextrosa-agar, obteniéndose cultivos puros de un hongo, el cual se identificó comparando sus características micro y macroscópicas con claves taxonómicas especializadas. Posteriormente, se realizaron pruebas de patogenicidad en plántulas y semillas de arveja de la variedad Santa Isabel. Se identificó a *Fusarium* sp. como agente causante de la enfermedad, encontrándose mayores similitudes con la especie *F. oxysporum*. Las pruebas de patogenicidad permitieron obtener una incidencia de la enfermedad del 90%, cuando la inoculación del hongo se hizo a través de heridas a las raíces, y del 73%, inoculándolo directamente a las semillas, cumpliéndose de esta manera con los postulados de Koch.

**Palabras clave:** PDA, microconidas, macroconidias, *Fusarium oxysporum*, postulados de Koch

## ABSTRACT

### CHARACTERIZATION OF THE AGENT CAUSING PEA (*Pisum sativum* L.) ROOTS ROT IN THE MUNICIPALITY OF MANIZALES - CALDAS (COLOMBIA)

In commercial peas crops in the Universidad de Caldas' Tesorito farm, plants with symptoms of root rot were collected, characterized by the presence of light brown lesions at the junction of the seed with the radicle, chlorosis, yellowing and burnt appearance in the lower leaves, discoloration in the stalk base, rot and scarce root system. In order to determine the agent causing the disease, pieces of affected tissues were seeded on potato-dextrose-agar, obtaining pure cultures of a fungus which was identified comparing its macro-and microscopic characteristics with specialized taxonomic keys. Subsequently, pathogenicity tests in both pea seedlings and seeds of Santa Isabel variety were carried out. *Fusarium* sp. was identified as the causal agent of the disease, and finding greater similarities with the *F. oxysporum* species. The pathogenicity tests allowed obtaining a disease incidence of 90% when the inoculation was done through wounded roots and 73%, directly inoculating seeds, fulfilling this way Koch's postulates.

**Key words:** PDA, microconidia, macroconidia, *Fusarium oxysporum*, Koch's postulates.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, la arveja, después del frijol, es la leguminosa de mayor importancia, se cultiva en 14 departamentos, la mayor producción se encuentra en el departamento de Nariño, con 50.132 ton equivalentes al 50% de las 101.070 ton que se producen en el país, seguido por Cundinamarca con 20%, y Boyacá con 16% (Encuesta Nacional Agropecuaria, 2010; Fenalce, 2010). Se estima que del cultivo dependen más de 26.000 productores, generando alrededor de 2,3 millones de jornales, y unos 15.000 empleos directos (Fenalce, 2010).

En el año 2010 se sembraron cerca de 32.000 ha en arveja, el consumo per cápita año<sup>-1</sup> se ha mantenido constante durante los últimos años y se estima en 1,48 kg (Encuesta Nacional Agropecuaria, 2010; Fenalce, 2010). Las deficiencias en el volumen para atender la demanda nacional se cubre con importaciones, lo cual se debe a que el país no produce arveja en grano seco, la cual a su vez, representa el 50% del consumo (CCI, 2000). El material de siembra predominante en el país, es el cultivar Santa Isabel que satisface los requerimientos del mercado y ocupa la mayor parte del área sembrada en arveja del país. Tal homogeneidad constituye una desventaja desde el punto de vista fitosanitario, haciendo que el manejo de enfermedades producidas por patógenos sea crecientemente costoso y complejo (Fenalce, 2002).

La productividad del cultivo de la arveja puede ser afectada por varios problemas fitosanitarios, destacándose dentro de las enfermedades la pudrición radical causada por *Pythium* Pringsh, *Fusarium solani* (Mart.) Appel & Wr. f. sp. *pisi* (F.R. Jones.) Syd. & Hans., *Rhizoctonia solani* Kühn; la Mancha foliar (*Mycosphaerella pinodes* (Berk. & A. Bloxam) Vesteger, anamorfo *Ascochyta pisi* Liber; Antracnosis (*Colletotrichum pisi* Pat.); el Mildeo velloso (*Peronospora viciae* (Berk.) Gäum. f. sp. *pisi* Syndow), el Mildeo polvoso, Cenicilla, u Oídio *Erysiphe pisi* Syd., estado asexual: *Oidium* Link. y Moho gris (*Botrytis cinerea* Pers). Dentro de las plagas se destacan el Barrenador del tallo (*Melanogromyza* Hendl), el Áfido de la arveja

(*Macrosiphum pisi* Kalt.) y los tierreros o trozadores (*Feltia* Walker, *Agrotis Ochsenheiner*, *Prodenia* Guenée y *Spodoptera* Guenée) (Lobo & Girard, 1983; Restrepo, 1991; Buriticá, 1999; Tamayo, 2000; Buitrago *et al.*, 2006).

La pudrición de raíces en arveja es un problema mundial que puede reducir considerablemente el rendimiento y la calidad de la cosecha. Más de 20 hongos diferentes han sido implicados como agentes causantes en las diferentes regiones del mundo (Kraft & Roberts, 1969; Tu, 1987). Basu *et al.* (1973), reportaron que en Canadá la mayor frecuencia de hongos aislados de raíces de arveja con síntomas de pudrición fueron *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, *F. oxysporum* f. sp. *pisi* y *Pythium* spp. En Ontario, una de las principales regiones agrícolas de Canadá, Tu (1986), reportó que de 782 aislamientos provenientes de cultivos de arveja con pudrición de raíces, los hongos: *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Aphanomyces euteiches* Drechs., y *Pythium* spp., fueron los más frecuentes. Asimismo, en un estudio realizado en Alberta, una provincia del mismo país, se encontró que el género *Fusarium* fue el más frecuentemente aislado de las lesiones de raíces de plantas enfermas y se relacionó con las especies *F. solani* y *F. oxysporum*; otros hongos como *Rhizoctonia solani* y *Pythium* spp., fueron aislados con menor frecuencia (Hwang & Chang, 1989).

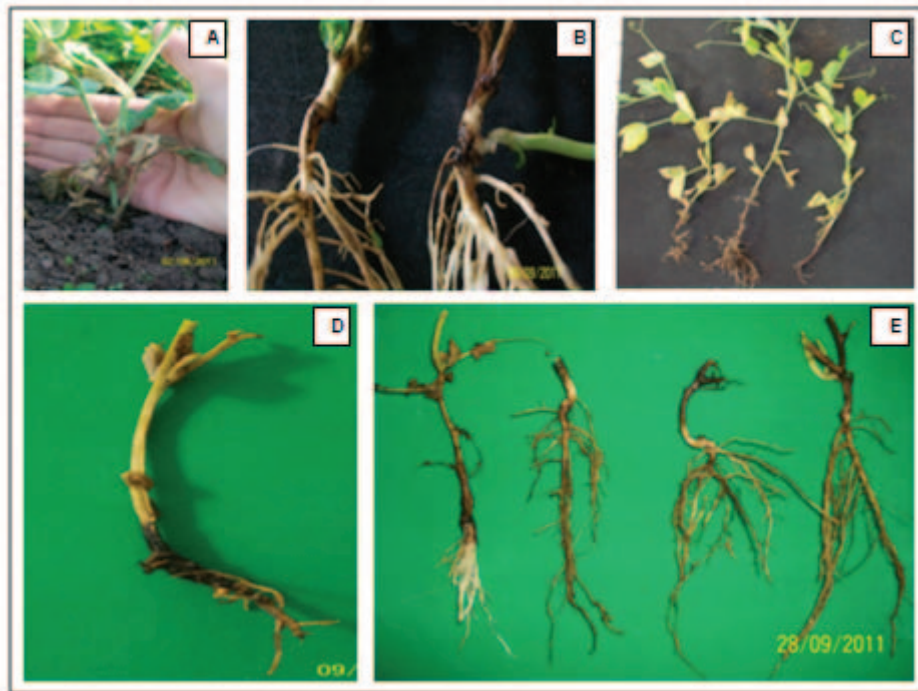
En áreas productoras de arveja en Estados Unidos, la pudrición de raíces se considera un problema limitante, especialmente en los estados de Washington, Idaho y Oregón, se relaciona con *Fusarium solani* f. sp. *pisi*; la enfermedad puede ocurrir en asocio con la pudrición de raíces por *Aphanomyces euteiches* (Jones, 1923; Lockwood & Ballard, 1960; Kraft & Roberts, 1970; Hagedorn, 1991).

En Colombia, la pudrición de las raíces en los cultivos de arveja es muy común en la mayor parte de las zonas productoras de Nariño, Cundinamarca, Boyacá y Antioquia. Ésta se presenta en las primeras fases de desarrollo del cultivo (pre y pos emergencia). Las pérdidas pueden oscilar entre 50% y 100% si

no se toman medidas preventivas. La enfermedad puede causar pudriciones acuosas de las semillas o muerte prematura de éstas (Tamayo, 2000; Buitrago *et al.*, 2006). Hongos como *F. oxysporum* f. sp. *pisi*, *Fusarium solani* f. sp. *pisi*, *Rhizoctonia* sp., y *Pythium* sp., han sido relacionados con dicha enfermedad (Lobo & Girard, 1983; Tamayo, 2000). Según Tu (1987), los síntomas asociados con estas dos especies de *Fusarium*, son: *F. solani* f. sp. *pisi*, retrasa el crecimiento y produce epinastia foliar, rayas rojizas en las raíces que aumentan a medida que la enfermedad progresa, las plantas severamente afectadas son de porte bajo y cloróticas y las hojas inferiores mueren y, las razas 1 y 2 de *F. oxysporum* f. sp. *pisi*, infectan a la arveja durante

las primeras etapas de crecimiento de las plantas. En el tejido vascular se presenta una coloración amarilla a naranja clara, luego la decoloración se extiende hacia el tallo, las hojas se tornan amarillentas, en ambientes cálidos y soleados, las plantas mueren rápidamente (Figura1).

Dada la importancia de la pudrición radical de la arveja y el desconocimiento del o los verdaderos agentes causantes de la enfermedad en Colombia, esta investigación tuvo como objetivo caracterizar el agente causante de la pudrición de las raíces de arveja, enfermedad endémica en la granja Tesorito de la Universidad de Caldas.



**Figura 1.** Síntomas característicos de la Pudrición de raíces de la arveja. A. Plántula, B. Tallos, C. Hojas, D-E. Raíces. Fotografías: L.A. Osorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

La colecta del material con síntomas de la pudrición de raíces se realizó en la granja Tesorito de la Universidad de Caldas, ubicada en el barrio Maltería, municipio de Manizales (Caldas), con una altitud de 2.280 msnm, temperatura promedio de 17°C, precipitación promedio anual de 1.800 mm y humedad relativa del 78%. Las muestras obtenidas en la granja fueron procesadas en el laboratorio de Fitopatología, departamento de Producción Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Caldas.

### Colecta e identificación de aislamientos

Se colectaron plantas con síntomas de pudrición de raíces en dos lotes comerciales de arveja variedad Santa Isabel de 52 y 110 días de edad. Las muestras se guardaron en bolsas de plástico debidamente selladas y marcadas, posteriormente se llevaron al laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Caldas, donde se lavaron con agua corriente y se pusieron en cámara húmeda para promover esporulación. Después de 24 h; fueron observadas al estereoscopio con el fin de observar estructuras características de los patógenos asociados, posteriormente, al microscopio compuesto de luz. Siguiendo la metodología de Castaño-Zapata & Salazar (1998) se extrajo micelio con una aguja de disección y se puso en una lámina portaobjetos con dos gotas de lactofenol al 0,05% (20g de fenol cristalino + 20 cm<sup>3</sup> de ácido láctico + 20 cm<sup>3</sup> de glicerina + 20 cm<sup>3</sup> de agua destilada, y azul de algodón al 5% en agua), la muestra se cubrió con un cubreobjetos y se procedió a observarla al microscopio compuesto de luz, marca LW *Scientific Revelation* III, con el objetivo 40X. La identificación se hizo mediante claves taxonómicas especializadas de hongos (Booth, 1977; Barnett & Hunter, 1998; Castaño-Zapata & Salazar, 1998; Leslie & Summerell, 2006).

Para obtener inóculo, se sembraron segmentos de tejido afectados en cajas Petri con agar V8 (jugo de

verduras V8 200mL, CaCO<sub>3</sub> 3g, agar-agar 20g, agua destilada 1L) y PDA (papa- dextrosa-agar 39 g/L de agua) y luego fueron puestas a incubar a 26°C en una incubadora digital marca WTB binder, hasta observar esporulación abundante para proceder a la identificación correcta del micro-organismo asociado, y posteriormente realizar las pruebas de patogenicidad.

### Caracterización morfológica

Para determinar las características correspondientes al microorganismo y realizar la mayor aproximación a la especie del hongo aislado, se hicieron comparaciones visuales y microscópicas de las características morfológicas (pigmentación del cultivo, tamaño, forma y número de septos de micro y macroconidias) y la tasa de crecimiento del hongo aislado, para lo cual se sembraron discos de 8 mm de diámetro conteniendo micelio del hongo en cajas Petri con PDA que fueron puestas a incubar a 26°C en una incubadora digital marca WTB binder, durante 4 días. La tasa de crecimiento micelial (cm/día) se determinó mediante la fórmula propuesta por Mead *et al.* (1993):

$$TC = (Cf - Ci) / (Tf - Ti),$$

Donde:

TC: Tasa de crecimiento

Cf: Crecimiento final

Ci: Crecimiento inicial

Tf: Tiempo final

Ti: Tiempo inicial

Para la medición y caracterización de las micro y macroconidias se hicieron montajes de éstas en láminas portaobjetos con dos gotas de lactofenol al 0,05%, las muestras se cubrieron con cubreobjetos y se observaron al microscopio compuesto de luz, con el objetivo 40X, el cual había sido calibrado previamente siguiendo la metodología propuesta por Castaño-Zapata (1998), que consiste en calcular el valor micrométrico (VM) para cada objetivo, en este caso el valor micrométrico usado fue de 2,5 μm



en el objetivo de 40X y así determinar el tamaño de ambos tipos de conidias. Se realizaron mediciones de 100 microconidias y 100 macroconidias elegidas al azar para determinar el promedio del tamaño de éstas, asimismo se contó el número de septas de las macroconidias observándose la forma de las microconidias.

### Pruebas de patogenicidad

Se utilizaron semillas y plántulas de arveja, variedad Santa Isabel, las cuales fueron cultivadas en macetas de icopor conteniendo arena estéril. Las pruebas se condujeron en el laboratorio de Fitopatología de la Universidad de Caldas. Se realizaron tres tipos de inoculaciones:

**1) Heridas a raíces de plántulas de 21 días de edad.** Las inoculaciones se hicieron siguiendo la metodología propuesta por Estupiñán & Ossa (2007), que consistió en exponer las raíces de 10 plántulas y lavarlas con abundante agua de grifo para eliminar los residuos de arena, luego se les realizó un corte de 1 cm en el ápice de las raíces con un bisturí estéril y posteriormente las raíces fueron sumergidas durante 3 min en una suspensión de esporas ajustada a  $1,5 \times 10^6$

$10^6$  conidias  $\text{mL}^{-1}$ , usando un hemacitómetro, marca Bright line (Figura 2A).

**2) Corte del ápice de la raíz principal de plántulas de 24 días de edad.** Se siguió la misma metodología descrita previamente, pero en este caso luego de hacerle cortes al ápice de la raíz principal de 10 plántulas con un bisturí estéril, la base de la raíz (unión entre la raíz y el tallo) fue inyectada con una jeringa de insulina conteniendo una suspensión de esporas ajustada a  $1,5 \times 10^6$  conidias  $\text{mL}^{-1}$  y luego las raíces fueron sumergidas durante 3 min en la suspensión conidial (Figura 2B).

**3) Inoculación de semillas.** Se sumergieron 15 semillas en una suspensión de esporas ajustada a  $1,5 \times 10^6$  conidias  $\text{mL}^{-1}$  durante 24 h (Figura 2C).

Para los controles se trataron el mismo número de plántulas y semillas con agua destilada estéril en cada inoculación. Las plántulas y semillas inoculadas se dejaron bajo las condiciones ambientales del laboratorio, y se revisaron diariamente registrándose la incidencia (%) de la enfermedad, tomándose como positivo aquellas plántulas que presentaron síntomas típicos de la pudrición de raíces.



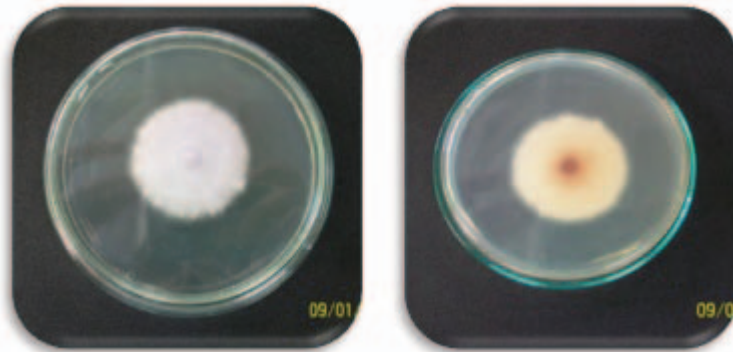
**Figura 2.** Tipos de inoculaciones empleadas para las pruebas de patogenicidad. (A) Heridas a las raíces y posterior sumersión en la suspensión conidial, (B) Inyección, corte de la raíz principal y posterior inmersión en la suspensión conidial, (C) Sumersión de semillas en la suspensión conidial. Fotografías: L. A. Osorio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

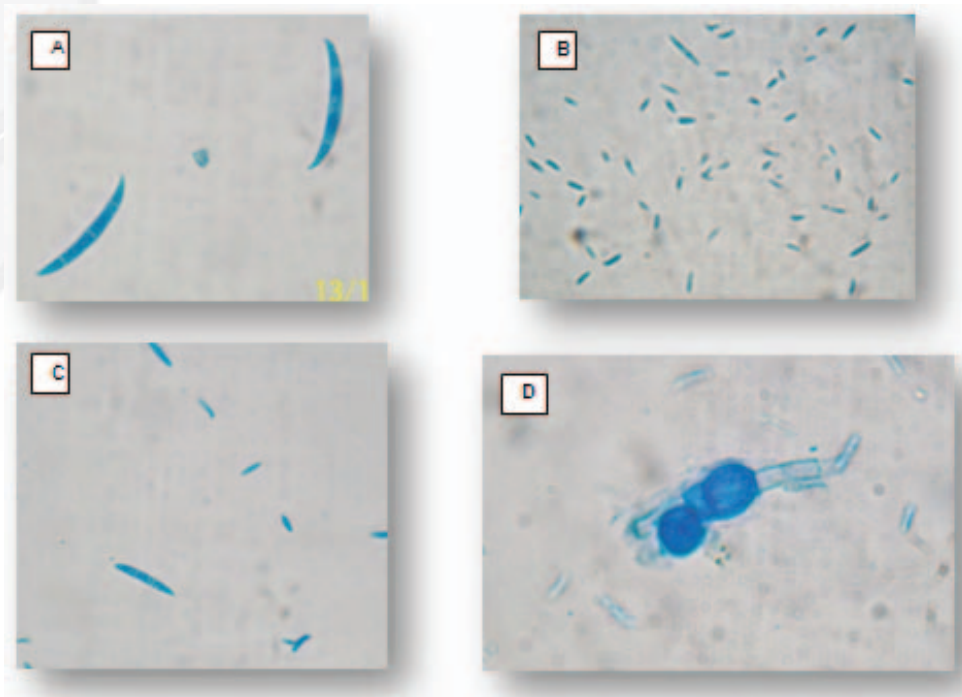
### Identificación de aislamientos

Se obtuvo consistentemente un aislamiento fúngico con un crecimiento algodonoso inicialmente blanco, que con el transcurso de los días se empezó a tornar

púrpura en la zona de mayor esporulación del hongo (Figura 3). Se pudieron observar conidias hialinas, principalmente de dos tipos, microconidias en forma oval o cilíndrica y macroconidias fusiformes con o sin septos, también se observaron clamidosporas globosas intercalares o terminales, solas o en pares, todas características del género *Fusarium* (Figura 4).



**Figura 3.** Crecimiento micelial del microorganismo asociado con la pudrición de raíces en arveja. Fotografías: L. A. Osorio.

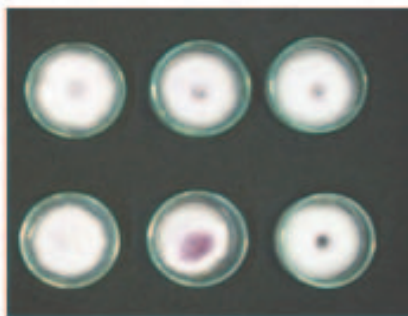


**Figura 4.** Características microscópicas de *Fusarium* sp. A) Macroconidias alargadas con septos, B) Microconidias cilíndricas C) Micro y Macroconidias, D) Clamidosporas globosas intercalares. Fotografías: L. A. Osorio.

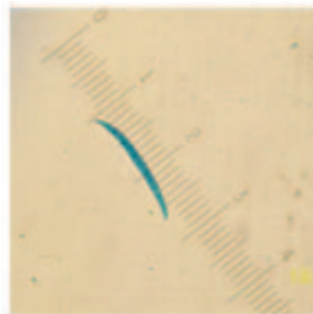
### Caracterización del hongo

Con base en la tasa de crecimiento de 1 cm día<sup>-1</sup>, pigmentación del cultivo blanco a púrpura o violeta pálido (Figura 5), microconidias: cilíndricas, generalmente curvas, con tamaño promedio 7,7 x

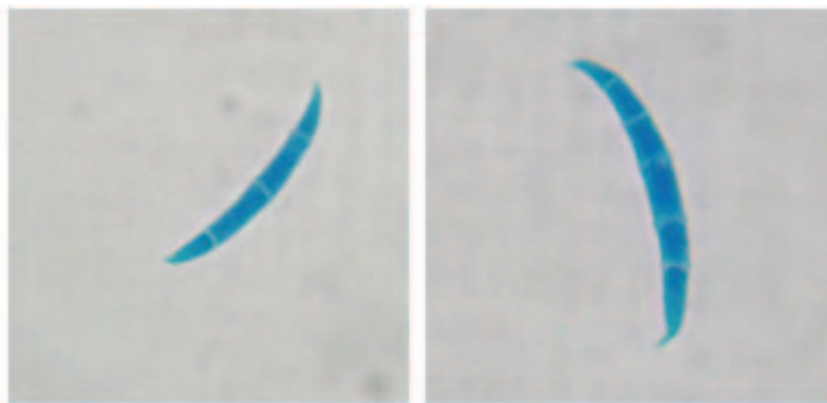
2,5µm y macroconidias: generalmente largas (Figura 6), tamaño promedio 32 x 3,1µm, 1-5 septos (Figura 7), se pudo establecer que la especie con la que más similitud tenía el hongo aislado era *Fusarium oxysporum* Schlecht (Booth, 1977; Leslie & Summerell, 2006).



**Figura 5.** Pigmentación de los cultivos de *Fusarium* sp.  
Fotografía: L. A. Osorio.



**Figura 6.** Macroconidia de *Fusarium* sp.



**Figura 7.** Macroconidias de *Fusarium* sp., con 3 y 5 septos, respectivamente.  
Fotografías: L. A. Osorio.

Estos resultados coinciden con Tu (1986, 1987), quien relaciona a *F. oxysporum* como uno de los patógenos causantes de la pudrición de raíces en el cultivo de la arveja. Del mismo modo, Basu (1973), observó que *F. oxysporum* siempre fue aislado de raíces de plantas de arveja con síntomas característicos de la pudrición.

Por otra parte, Kraft & Roberts (1970), relacionan directamente a *F. solani* f. sp. *pisi* como el principal responsable de la enfermedad. En Colombia, la enfermedad en arveja se ha asociado con *F. oxysporum* y *F. solani*, aunque *F. oxysporum* f. sp. *pisi* se ha relacionado principalmente con la marchitez en este cultivo (Lobo, 1983; Tamayo, 2000).

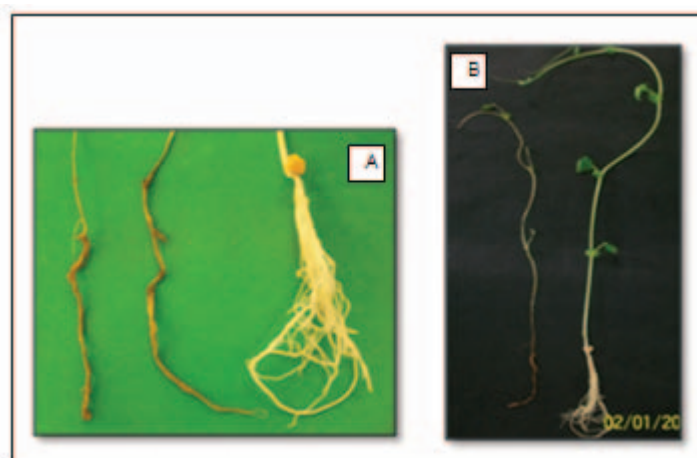
### Pruebas de patogenicidad

Las plántulas heridas previamente en las raíces y el ápice de la raíz principal e inoculadas con *Fusarium* sp., desarrollaron síntomas característicos de pudrición en raíces a los 18 días (Figura 8) y 25 días (Figura 9) con una incidencia de la enfermedad de 90% en ambas inoculaciones. La diferencia en el tiempo de expresión de síntomas se puede atribuir al método de inoculación,

siendo el primero más drástico que el segundo. Bolton & Donaldson (1972), al utilizar el primer método de inoculación de *Fusarium oxysporum* f. *pisi* en plántulas de arveja de la variedad Progress No. 9 (susceptible a las razas 1 y 2 de *F. oxysporum* f. *pisi*) de 10 días de edad, observaron síntomas severos de la enfermedad a los 14 días, lo que indica que los tejidos más jóvenes son más susceptibles a la misma, como lo indicó previamente Tu (1987).



**Figura 8.** Resultados de las pruebas de patogenicidad con *Fusarium* sp., inoculando las raíces de las plántulas. **A.** Plántula con crecimiento micelial en la base del tallo, **B.** Estado de las raíces inoculadas con el hongo (extremos) comparadas con la del centro que fue inoculada con agua destilada estéril, **C.** Estado de las hojas de una plántula sana (izquierda) en comparación con las de una plántula enferma (derecha). Fotografías: L. A. Osorio.



**Figura 9.** Resultados de las pruebas de patogenicidad con *Fusarium* sp., inoculando el ápice de la raíz principal de las plántulas. **A.** Estado de las raíces inoculadas con el hongo (izquierda) comparadas con la de una plántula sana (derecha) inoculada con agua destilada estéril, **B.** Aspecto de una plántula inoculada con el hongo (izquierda) en comparación con una plántula inoculada con agua destilada estéril (derecha). Fotografías: L. A. Osorio.



La prueba de patogenicidad inoculando las semillas de arveja, mostró una incidencia de la enfermedad del 100%, manifestada en mal del talluelo pre- y post-emergente, 15 días después de la inoculación (Figura 10), tiempo similar al observado por Bolton & Donaldson (1972) en inoculaciones plántulas de arveja de 10 días de edad, corroborando que la

susceptibilidad de la arveja a la pudrición de raíces es mayor en tejidos jóvenes.

El reaislamiento del hongo a partir del material vegetal inoculado permitió corroborar que los síntomas observados en los tejidos enfermos eran ocasionados por *Fusarium* sp., cumpliendo con los postulados de Robert Koch.



**Figura 10.** Resultados de las pruebas de patogenicidad en semillas de arveja con *Fusarium* sp. A- B. Plántulas con síntomas del mal del talluelo, C-E. Semillas con pudrición mostrando crecimiento micelial del hongo, F. Comparación entre las raíces de una plántula emergida de semilla inoculada con el hongo (izquierda) y plántulas provenientes de semillas inoculadas con agua destilada estéril (derecha). Fotografías: L. A. Osorio.

La transmisión de patógenos a través de semilla es reconocida como el método por excelencia mediante el cual los patógenos de plantas: a) Son introducidos en áreas nuevas. b) Sobreviven períodos cuando el hospedante no está presente. c) Son seleccionados y diseminados como cepas específicas de hospedantes. d) Son distribuidos a través de las poblaciones de plantas como focos de infección (Baker, 1972). Por consiguiente, la transmisión de *F. oxysporum* a través de la semilla de arveja es muy importante desde el punto de vista epidemiológico, para iniciar epidemias de la pudrición de raíces de la arveja. La transmisión de especies de *Fusarium* a través de la semilla de arveja, está bien documentada por Richardson (1979).

## CONCLUSIONES

- La pudrición de raíces en los cultivos de arveja en la granja Tesorito, es una enfermedad de origen fungoso, cuyo agente causante es *Fusarium* sp.
- La caracterización macro y microscópica del hongo indicó que se trata de la especie *Fusarium oxysporum*.
- Debido a que el hongo fue aislado de plantas enfermas de diferentes edades y aún de semillas, se demuestra que *Fusarium* es capaz de infectar los tejidos de la arveja desde siembra hasta cosecha.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, K. P. 1972. Seed pathology. In: T.T. Kozlowski (Editor). Seed Biology, Vol. II. Germination, Control, Metabolism, and Pathology. Academic Press, New York. pp. 317-346.
- Barnett, H. L. & Hunter, B.B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth Edition. Minnesota, USA: Burgess Publishing Company. p. 218.
- Basu, P. K., Crete, R., Donaldson, A.G., Gourley, C.O., Haas, J.H., Harper, F.R., Lawrence, C.H., Seaman, W.L., Toms, H. N. W., Wong, S.I. & Zimmer, R. C. 1973. Prevalence and severity of diseases of processing peas in Canada. Can. Plant Dis. Surv. 53 (1):49-57.
- Bolton, A. T. & A. G. Donaldson. 1972. Variability in *Fusarium solani* f. *pisi* and *F. oxysporum* f. *pisi*. C. J. Plant Sci. 52:189-196.
- Booth, C. 1977. *Fusarium* laboratory guide to the identification of the major species. CMI, Commonwealth Agricultural Bureaux, England. p. 58.
- Buitrago, E. J.Y., Duarte C.J. & Sarmiento, A. 2006. El cultivo de la arveja en Colombia. Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas- FENALCE y Fondo Nacional Cerealista. Ed. Produmedios. Bogotá. Colombia. p. 83.
- Buriticá, P. 1999. Directorio de patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia. Instituto Colombiana Agropecuario, ICA – Universidad Nacional de Colombia, Medellín. PRODUMEDIOS, Santafé de Bogotá. 329 p.
- Castaño-Zapata, J. 1998. Prácticas de laboratorio de fitopatología. Práctica (20). Segunda edición. Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Fitotecnia. Escuela Agrícola Panamericana. Departamento de Protección Vegetal. p 103.
- Castaño-Zapata, J. & Salazar, H. 1998. Illustrated guide for identification of plant pathogens. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. p. 108.
- Corporación Colombia Internacional, CCI. 2000. Manual del exportador de frutas, hortalizas y tubérculos en Colombia. Consulta: Agosto 2011. <http://www.cci.org.co/>.
- Estupiñán, H. & Ossa, J. 2007. Efecto del agente causal de la marchitez vascular de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) el hongo *Fusarium oxysporum* Schlecht, sobre algunas solanáceas y otras especies cultivadas afectadas por formas especiales del microorganismo. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. p. 89 Consulta: Agosto de 2011. <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis293.pdf>.
- Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA. 2010. Sistema de información de la oferta agropecuaria, forestal, pesquera y acuícola. . Consulta: Agosto de 2011. <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/Boletines/tabid/75/Default.aspx>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, FENALCE. 2002. Documento interno. Estadísticas de Producción Nacional. Bogotá, Colombia. p. 1.
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas, FENALCE. 2010. El cultivo de la arveja, historia y su importancia. Consulta: Agosto de 2011. En línea: [http://www.fenalce.org/arch\\_public/arveja93.pdf](http://www.fenalce.org/arch_public/arveja93.pdf).
- Hagedorn, D.J. 1991. Handbook of pea diseases. Madison, Wisconsin. Consulta: Agosto de 2011. <http://learningstore.uwex.edu/assets/pdfs/A1167.pdf>. p. 27.
- Hwang, S.F. & Chang, K.F. 1989. Incidence and severity of root rot disease complex of field pea in northeastern Alberta in 1988. Can. Plant. Dis. Surv. 69 (2):139-141.
- Jones, F.R. 1923. Stem and root rot of peas in the United States caused by species of *Fusarium*. Journal of Agricultural Research 26:459-477.

- Kraft, J.M. & Roberts, D.D. 1969. Influence of soil water and temperature on the pea root rot complex caused by *Pythium ultimum* and *Fusarium solani* f. sp. *Pisi*. *Phytopathology* 59:149-152.
- Kraft, J.M. & Roberts, D.D. 1970. Resistance in peas to *Fusarium* and *Pythium* root rot. *Phytopathology* 60:1814-1817.
- Mead, G., Hudson, M. & Hinton, M. 1993. Microbiological survey of five poultry processing plants in the UK. *Br Poult Sci.* 34:497-503.
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. Blackwell Publishing, Ames, IA, U.S.A. p. 387.
- Lobo A, M. & Girard O, E.L. 1983. Arveja. En: Manual de asistencia técnica (28). Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Bogotá (Colombia). pp. 245-251.
- Lockwood, J.L. & Ballard, J.C. 1960. Evaluation of pea introductions for resistance to *Aphanomyces* and *Fusarium* root rots. *Michigan Agricultural Experiment Station Quarterly Bulletin* 42(4):704-713.
- Restrepo, R. L.J. 1991. Cultivemos la arveja. Coleccionable No.26. La Patria. Manizales. p.15.
- Richardson, M. J. 1979. An annotated list of seed-borne diseases. Third Edition. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England. p. 320.
- Tamayo, P.J. 2000. Enfermedades del cultivo de la arveja en Colombia: Guía de reconocimiento y control. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Corpoica, Fenalce, Sena y SAC. p. 49.
- Tu, J.C. 1986. Incidence and etiology of pea rots in southwestern Ontario. *Can. Plant. Dis. Surv.* 66 (2):35-35.
- Tu, J.C. 1987. Integrated control of the pea root rot disease complex in Ontario. *Plant Dis.* 71 (1):9-13.