



Podredumbre carbonosa de la soja, causada por *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., un hongo oportunista muy dependiente del estrés hídrico y térmico.

Ivancovich, A.^{1,3}, Flores, C.² y Lavilla, M.³
Mayo, 2016.

Palabras-claves:

Macrophomina phaseolina, podredumbre carbonosa de la soja (PCS), manejo de la PCS

1- Caracterización de la PCS y de su agente causal a través del conocimiento de sus aspectos epifitológicos

El hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. es un patógeno distribuido mundialmente, con más de 500 especies de plantas hospedantes (Mihail y Taylor, 1995) que pertenece a la clase Deuteromicetes. *M. phaseolina* es sumamente polífago e infecta, entre otros hospedantes de importancia agrícola, a la soja (*Glycine max* L.), causando la enfermedad conocida como "podredumbre carbonosa de la soja" (PCS) (Abawi y Pastor-Corrales, 1990).

M. phaseolina es un hongo que es favorecido por temperaturas altas (28 a 35 °C) y baja humedad edáfica (Mayek-Pérez *et al.*, 2001). Este hongo produce microesclerocios como estructuras vegetativas de resistencia (foto 1) dentro de los tejidos infectados y sobrevive de esa forma en los rastrojos, o en forma libre en el suelo (Pearson *et al.*, 1984; Almeida *et al.*, 2003). Esa sobrevivencia es de varios años en suelos secos y más corta en suelos húmedos.

La infección primaria de *M. phaseolina* se produce cuando los microesclerocios, que pueden sobrevivir por períodos prolongados 1 a 3 años, intersectan al sistema radicular de la planta. Cuanto más temprana ocurra la infección del hospedante mayor será el daño que ocasione en el mismo. La infección es favorecida por varios días con bajo contenido hídrico en el suelo y temperaturas que superen los 30 °C (Burton *et al.*, 1987; Raut, 1983; Raut, 1985). Bhutta *et al.*, (1995) ha estudiado en plántulas de girasol que la infección de *M. phaseolina* se desarrolla en tan solo 48 horas; observando los primeros síntomas entre los 3 a los 7 días después de la infección. A partir del momento de la infección la enfermedad progresa y coloniza la raíz que cambia su aspecto de blanco intenso a un color grisáceo.

La PCS se observa en los lotes en forma de manchones (foto 2), en algunos casos asociados a las cabeceras del cultivo donde se ha producido una mayor circulación de la maquinaria que significa mayor compactación del suelo, y/o por presencia de cortinas de árboles con la consiguiente menor humedad del suelo en su adyacencia.

1. E.E.A. INTA Pergamino.
2. E.E.A. INTA Yuto.
3. Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA).

En relación a la distribución de microesclerocios a diferentes profundidades del suelo, se ha informado la presencia de un mayor número de ellos entre 0 a 7,5cm que entre 7,5 y 15cm, y menor cantidad de esclerocios a profundidades de 10-20cm, que a la profundidad de 0-5cm.

El inóculo de *M. phaseolina* en semillas es aparentemente de poca significancia epifitológica en el sur y centro de Argentina. Sin embargo, en EEUU, México, India, Brasil, Venezuela y norte de Argentina se ha determinado su presencia en diversos cultivos debido al uso de semilla infectada o de semillas tratadas con productos de baja eficiencia.

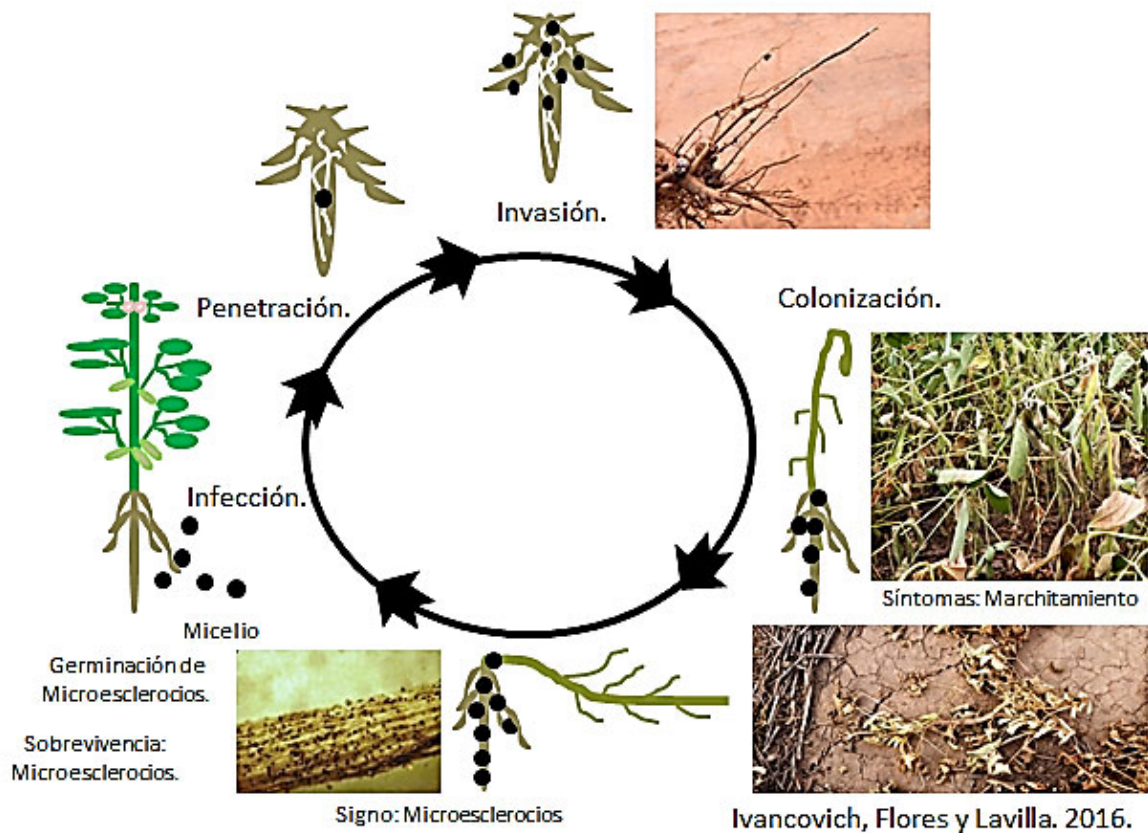
La asociación de *M. phaseolina* con la semilla de soja puede constituir una fuente de inóculo primario a campo y una vía importante de diseminación e introducción de esta enfermedad en nuevas áreas destinadas al cultivo.

Los síntomas de la PCS se manifiestan como una podredumbre de raíces que provoca un marchitamiento acelerado de la planta, quedando las hojas adheridas a la misma (foto 2). El signo se manifiesta en las raíces (una vez que la planta se marchita completamente) con la presencia de microesclerocios sub epidérmicos que se forman en la raíz principal (que se descortezan fácilmente) y le dan el aspecto carbonoso a las mismas que origina el nombre de la enfermedad. También se observan estrías o líneas de color negro, en los tejidos internos de la base del tallo y la raíz principal.

M. phaseolina es un hongo que muestra amplia variabilidad morfológica, fisiológica, patogénica y genética (Jones et al., 1998; Manici et al., 1995; Mayek-Pérez et al., 1997; 1999; 2001; Mihail y Taylor, 1995; Su et al., 2001), que le ha permitido adaptarse a diferentes condiciones ambientales y tener una amplia distribución geográfica; además, el hongo presenta dos fases asexuales dentro de su ciclo de vida, la fase esclerocial (*Rhizoctonia bataticola* (Taubenhaus) E.J. Butler) que es saprofítica y la fase picnidial (*M. phaseolina*) que es la patogénica. La fase sexual se denomina *Orbilia obscura* (Ghosh) Mukerji y Basak (Mihail, 1992).

El conocimiento del ciclo de vida del patógeno, particularmente de las características de sus formas de supervivencia, es importante, ya que cualquier modificación que reduzca el inóculo primario podría contribuir al manejo de las enfermedades que ellos ocasionan (Figura 1).

Figura 1. Ciclo patológico de *Macrophomina phaseolina*



2- Difusión de la PCS en las principales regiones sojeras de la Argentina

De los hongos que afectan las raíces de soja, *M. phaseolina* es el que requiere mayor atención debido a que la enfermedad que causa está incrementándose progresivamente en las regiones sojeras del mundo, constituyéndose en una de las enfermedades de mayor amenaza para la sustentabilidad por su difícil control. En Argentina se menciona a la PCS como causal de importantes pérdidas en la cosecha en distintas campañas agrícolas (Wrather *et al.*, 1997, 2001).

Esta enfermedad se la observa prácticamente todos los años en las zonas sojeras de la Argentina, con una incidencia y severidad relacionadas directamente a períodos de estrés hídrico y térmico, siendo suficiente períodos de 7-10 días continuos en esas condiciones. Cuando más frecuente es la ocurrencia de esos períodos mayor es la incidencia y severidad de la enfermedad, y su efecto sobre los rendimientos.

La PCS causó en Argentina una epifitía de importancia durante el ciclo de cultivo de soja 2000/2001 en las provincias de Catamarca, Chaco, Córdoba, Entre Ríos, Santa Fe, Salta, Santiago del Estero y Tucumán (Ploper *et al.* 2001).

En los años 2001/02 - 2002/2003 y 2003/04 se observó un incremento progresivo de la PCS, especialmente en las zonas productoras del NOA y del NEA. A similitud de lo ocurrido en las provincias del NEA en la campaña 2000/01, las elevadas temperaturas y períodos de sequía durante la maduración de los granos registradas en la región NOA durante las campañas 2003/04 y 2004/05 influyeron en la aparición de la PCS en las zonas productoras de soja de la provincia de Salta.

En el verano de 2016 en muchas regiones de Argentina el cultivo de soja estuvo expuesto (por cortos o largos períodos) a situaciones de estrés hídrico y térmico, que favorecieron el desarrollo de la PCS. Ivancovich, Flores y Lavilla en relevamientos realizados en las provincias de Jujuy y Salta detectaron la enfermedad en un 30% de los lotes observados, con mayor incidencia y severidad en las cercanías de Tartagal. Lavilla e Ivancovich observaron una incidencia de entre 5 y 10% en las provincias de Tucumán, Santiago del Estero y en el norte de la provincia de Santa Fe, y del 5% en el norte de la provincia de Buenos Aires y sur de la provincia de Santa Fe.

3- Manejo integrado de la podredumbre carbonosa de la soja

Debido a que no existen variedades resistentes para el manejo de la PCS se recomienda implementar prácticas culturales que minimicen las situaciones de estrés hídrico y térmico que predisponen a la enfermedad. Entre esas prácticas culturales se pueden citar fechas de siembra, riego, rotación con cultivos no susceptibles a la enfermedad, evitar siembras de soja de segunda, después de trigo, avena o cebada, en lotes con historia de presencia del patógeno, ya que los rastros de esos cultivos antecesores incrementan la relación carbono-nitrógeno que favorece el desarrollo de la enfermedad.

Reznikov et al. (2011) evaluaron (en condiciones de inoculaciones artificiales) el control de *M. phaseolina*, con fungicidas curasemillas (pyraclostrobin + metil tiofanato) y biofungicidas (*Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp.), en dos cultivares de soja (Munasqa RR y A 8000 RG. El resultado demostró que en ambos cultivares la respuesta a los tratamientos para rendimiento fue similar. Asimismo, los mejores tratamientos para el control de *M. phaseolina* fueron los de pyraclostrobin + metil tiofanato, seguidos por los de *Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp.

En la India Srivastava et al. (2001) se evaluaron tratamientos de semilla con fungicidas (carboxin más thiram) y un biofungicida (*Trichoderma* spp.) para el control de *M. phaseolina*. El resultado expresado en número de vainas vacías/planta y peso de 100 semillas determinó un efecto significativo a favor de los tratamientos en relación al testigo.

El control biológico de esta enfermedad se plantea como una alternativa válida ante la dificultad de implementar el uso de productos químicos.

El manejo de las enfermedades causadas por patógenos habitantes naturales de los suelos no se ha desarrollado tan rápidamente como con las enfermedades foliares, debido principalmente a la insuficiente y escasa información sobre aspectos biológicos y epifitológicos.

La mayoría de los hongos patógenos de raíces son de muy difícil control en todos los cultivos. Los patosistemas que involucran este tipo de enfermedades son poco atractivos para la mayoría de los investigadores por ello se las considera como enfermedades “abandonadas” por la Fitopatología.

En el caso de la PCS se conoce que los sistemas de manejo que involucren prácticas en las cuales se reduzca los niveles de inóculo y se mantenga una adecuada humedad del suelo, serán los más efectivos a la hora de manejar la enfermedad.

Se ha comprobado que la incidencia de la podredumbre carbonosa en sorgo decrece de un 39% a un 11% en sistemas de labranza mínima comparados con labranza convencional.

Los sistemas de intercultivos pueden resultar adecuados a los fines de minimizar la enfermedad, habiéndose probado que la incidencia del patógeno en algodón fue reducida cuando se lo sembró junto a *Phaseolus aconitifolia*, debido a la disminución de la temperatura del suelo y mantenimiento de la humedad provista por la cobertura.

La fecha de siembra es otra variable que puede ser manejada en algunas áreas de manera de asegurar el escape del cultivo a la enfermedad, evitando que los estadios críticos coincidan con épocas de altas temperaturas y baja precipitación.

El monocultivo de soja o la rotación con cultivos susceptibles favorecen la intensidad de la enfermedad; por lo que la rotación de cultivos puede ser útil para disminuir los valores de incidencia de la PCS en el caso de que un cultivo susceptible se efectúe después de un cultivo no hospedante o menos susceptible. Si bien se cita a las rotaciones como una estrategia adecuada para contribuir a disminuir el potencial inóculo que significan los microesclerocios en el suelo, las mismas han sido poco evaluadas.

El riego y prácticas de labranza que signifiquen mayor disponibilidad de humedad en el suelo han contribuido a disminuir la incidencia de la enfermedad. En relación a este último aspecto, se ha evaluado la supervivencia de patógenos, entre ellos *M. phaseolina* en suelos con diversos tipos de labranzas. Algunos afirman que el hongo no sobrevive en labranzas conservacionistas ya que propiciaría la concentración de un ambiente supresivo a este patógeno, mientras que otros sostienen que la labranza convencional es la más adecuada para su supervivencia. No obstante, los estudios sobre la supervivencia de este patógeno y la influencia de las prácticas de labranza son escasos en este patosistema. Se ha comprobado que la incidencia de la podredumbre carbonosa en sorgo decrece de un 39% a un 11% en sistemas de mínima labranza comparados con labranza convencional.

El monocultivo de soja o la rotación con cultivos susceptibles favorecen la intensidad de la enfermedad; por lo que la rotación de cultivos puede ser útil para disminuir los valores de incidencia de la PCS en el caso de que un cultivo susceptible se efectúe después de un cultivo no hospedante o menos susceptible. Si bien se cita a las rotaciones como una estrategia adecuada para contribuir a disminuir el potencial inóculo que significan los microesclerocios en el suelo, las mismas han sido poco evaluadas.

La fecha de siembra es otra variable que puede ser manejada en algunas áreas de manera de asegurar el escape del cultivo a la enfermedad, evitando que los estadios críticos coincidan con épocas de altas temperaturas y baja precipitación.

Canaday, et al. (1986) estudiaron el efecto del estrés inducido por los herbicidas sobre la colonización de la soja por *M. phaseolina*, concluyendo que el 2.4 DB la incrementó mientras que Alaclor la redujo y Glifosato no tuvo ningún efecto. La Trifluralina redujo la colonización del hongo, en ausencia de estrés. Con la excepción de Trifluralina los cambios en la colonización de raíces por *M. phaseolina* parecerían estar más relacionados con daños en las raíces que en el estrés por herbicida per se.

Foto 1: Microesclerocios de *Macrophomina phaseolina*.



Foto 2: Síntomas de marchitamiento causado por la podredumbre carbonosa de la soja, y distribución de las plantas afectadas en manchones dentro del lote



REFERENCIAS

- Abawi, G.S., and Pastor-Corrales, M.A. 1990. Root rots of beans in Latin America and Africa: Diagnosis, research methodologies, and management strategies. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 114 p.
- Almeida, A.M.R., 1980. Estudo preliminar da sobrevivência de patógenos de soja em restos de cultura coletados nos sistemas de plantio direto e convencional. Resultados de Pesquisa de Soja. 1979/80. Embrapa Soja. pp.113-115.
- Bhutta, A.R., Ahmad SI, Rehber-Bhatti MH, 1995. Oilseed industry development in Pakistan, Science Technology and Development 14 : 20-26.
- Burton, B.D., Jeger, M.J., Reuveni, R., 1987. *Macrophomina phaseolina* infection and vine decline in cantaloupe in relation to planting date, soil environment, and plant maturation. Plant Disease 71: 259-263.
- Canaday, C. H., Helsel, D. G., and Wyllie, T. D. 1986. Effects of herbicide-induced stress on root colonization of soybeans by *Macrophomina phaseolina*. Plant Dis. 70:863-866.
- Cook, R.J., Baker, K.F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, EE.UU. 53 p.
- Fehr, W.R., Caviness, C.E. 1977. Stages of soybean development. Special Report. No. 80. Coop. Ext. Ser., Iowa Agric. And Home Econ. Exp. Stn., Iowa State Univ., Ames, Iowa.
- Figueiredo, M.B., Teranishi, J. and Cardoso, R.M.G., 1969. Incidência de *Macrophomina phaseolina* em feijoeiro e outras plantas cultivadas. O Biológico 35:105-109.
- Ghaffar, A. and Zentmyer, G.A., 1968. *Macrophomina phaseolina* on some new weed hosts in California. Plant Disease Report 52:223.
- Jones, R.W., Canada, S., and Wang, H. 1998. Highly variable minichromosomes and highly conserved endoglucanase genes in the phytopathogenic fungus *Macrophomina phaseolina*. Canadian Journal of Botany 76: 694-698.
- Manici, L.M., Caputo, F., and Cerato, C. 1995. Temperature responses of isolates of *Macrophomina phaseolina* from different climate regions of sunflower production in Italy. Plant Disease 79:834-838.
- Mayek-Pérez, N., López-Castañeda, C., García-Espinosa, R., Martínez-De la Vega, O., Acosta-Gallegos, J.A. 1999. Variación *in vitro* de aislamientos Mexicanos de *Macrophomina phaseolina*. Revista Mexicana de Fitopatología 17:83-90.
- Mayek-Pérez, N., López-Castañeda, C., González-Chavira, M., García-Espinosa, R., Acosta-Gallegos, J.A., Martínez de la Vega, O., and Simpson, J. 2001. Variability of Mexican isolates of *Macrophomina phaseolina* on bases of pathogenesis and AFLP genotype. Physiological and Molecular Plant Pathology 59:257-264. Almeida, A.M.R., Abdelnoor, R.V., Arrabal-Arias, C.A., Calvalho, V.P., Jacoud-Filho, S.S., Marín, S.R.R., Benato, L.C., Pinto, M.C., and Carvalho, C.G. P. 2003. Genotypic diversity among Brazilian isolates of *Macrophomina phaseolina* revealed by RAPD. Fitopatología Brasileira 28:279-285.
- Mayek-Pérez, N., López-Castañeda, C., y Acosta-Gallegos, J.A. 1997. Variación en características culturales *in vitro* de aislamientos de *Macrophomina phaseolina* y su virulencia en frijol. Agrociencia 31:187-195.

- Mengistu A, Ray JD, Smith JR, Paris RL. 2007. Charcoal rot disease assessment of soybean genotypes using a colony-forming unit index. *Crop Science* 47:2453-2461.
- Meyer, W.A., Sinclair, J.B. and Khare, M.N. (1972). Quantitative isolation of *M. phaseolina* (*R. bataticola*) from soil using selective medium. *Phytopathology* 62: 1108-1109.
- Mihail, J.D. 1992. *Macrophomina*. pp. 134-136. In: L.L. Singleton, J.D. Mihail, and C.M. Rush (eds.). *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. APS Press. St. Paul, MN, USA. 265 p.
- Mihail, J.D., and Taylor, S.J., 1995. Interpreting of variability among isolates of *Macrophomina phaseolina* in pathogenicity, pycnidium production, and chlorate utilization. *Canadian Journal of Botany* 73:1596-1603.
- Paris R.L., Mengistu A., Tyler J.M., Smith J.R. 2006. Registration of soybean germplasm line DT97-4290 with moderate resistance to charcoal rot. *Crop Science* 46:2324-2325.
- Pearson, C. A. S., Schwenk, F. W., Crowe, F.J., and Kelly, K. 1984. Colonization of soybean roots by *Macrophomina phaseolina*. *Plant Dis.* 68:1086-1088.
- Ploper, L.D., González, V., De Ramallo N., Gálvez R., Devani M. 2001. Presencia de la podredumbre carbonosa del tallo de la soja en el centro y noroeste argentino. *Avance agroindustrial*. 22(2):30-34.
- Raut, J.G., 1983. Transmission of seed borne *Macrophomina phaseolina* in seed. *Science and Technology* 11: 807-817
- Raut, J.G., 1985. Effect of charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* on sunflower plant. *Indian Phytopathology* 38: 245-246.
- Reznikov, S., González, V., Vellicce, G., Castagnaro, A.P. y Ploper, L.D. 2011. Estudios para el control de la podredumbre carbonosa de la soja en tucumán, república Argentina. Publicado en Mercosajo, 2011. 4 p.
- Srivastava, A.K., Singh, T., Jana, T.K., Arora, D.K. 2001. Microbial colonization of *Macrophomina phaseolina* and suppression of charcoal rot of chickpea. In *Microbes and plants*. Edited by A. Sinha. Vedams eBooks (P) Ltd., New Delhi, India. pp. 269-319
- Srivastava, A.K., Singh, T., Jana, T.K., Arora, D.K. 2001. Microbial colonization of *Macrophomina phaseolina* and suppression of charcoal rot of chickpea. In *Microbes and plants*. Edited by A. Sinha. Vedams eBooks (P) Ltd., New Delhi, India. pp. 269-319.
- Su, G., Suh, S.O., Schneider, R.W., and Russin, J.S. 2001. Host specialization in the charcoal rot fungus, *Macrophomina phaseolina*. *Phytopathology* 91:120-126.
- Wrather JA, Anderson TR, Arsyad DM, Gaij, Ploper DL, Porta-Puglia A, Ram HH and Yorinori JT, 1997. Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean producing countries in 1994. *Plant Disease* 81:107-110.