



Detección morfológica de la podredumbre carbonosa en soja y maíz en Misiones, Argentina¹

Morphological detection of charcoal rot in soybean and corn in Misiones, Argentina

M. Lavilla², A. De Lucía³, M. Heck³, S. Fariza³

¹ Recepción: 9 de junio, 2022. Aceptación: 22 de septiembre, 2022. Este trabajo formó parte de una investigación de enfermedades en soja en Argentina, financiado por la Fundación de la Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires (UNNOBA) y el Convenio INTA-JIRCAS: “Public relation of new soybean variety ‘Doncella INTA-JIRCAS’ and multilocation test of new RR1 variety”.

² Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires, Monteagudo 2772 (2700), Pergamino, Buenos Aires, Argentina. miguellavillapergamino@gmail.com (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-7282-4696>).

³ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA), Cerro Azul, Leandro N. Alem, Misiones, Argentina. delucia.adrian@inta.gob.ar (<https://orcid.org/0000-0001-5479-5126>); heck.monica@inta.gob.ar (<https://orcid.org/0000-0000-0002-7722-6943>); fariza.silvina@inta.gob.ar (<https://orcid.org/0000-0002-7404-4626>).

Resumen

Introducción. La podredumbre carbonosa causada por *Macrophomina phaseolina* es un patógeno que sobrevive en el suelo mediante microesclerocios (fase de *Sclerotium bataticola*). Este patógeno afecta a diferentes cultivos, entre los que se destacan la soja (*Glycine max* L. Merrill) y el maíz (*Zea mays* L.), por su importancia en la Argentina. **Objetivo.** Demostrar que el causante de las muertes de las plantas de soja y de maíz en los años de sequía en la provincia de Misiones es la podredumbre carbonosa. **Materiales y métodos.** Se recolectaron muestras de diferentes localidades de la provincia de Misiones, Argentina, durante febrero de 2022. Mediante la observación a ojo desnudo de plantas enfermas y con el auxilio de microscopía estereoscópica y microscopio óptico se determinó la identidad del patógeno presente. **Resultados.** Se detectó la presencia de microesclerocios compatibles con *S. bataticola* como agente causal de podredumbre carbonosa en las muestras de maíz y soja, en todas las muestras de la provincia de Misiones. **Conclusión.** La podredumbre carbonosa causada por *M. phaseolina* se encuentra presente en los cultivos de soja y de maíz en la provincia de Misiones, Argentina.

Palabras clave: diagnóstico, enfermedades, fitopatología, *Macrophomina phaseolina*, cultivos.

Abstract

Introduction. Charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina* is a pathogen that survives in the soil through microsclerotia (*Sclerotium bataticola* stage). This pathogen affects different crops, among which soybeans (*Glycine max* L. Merrill) and corn (*Zea mays* L.) stand out due to their importance in Argentina. **Objective.** To demonstrate that the cause of the deaths of soybean and corn plants in years of drought in the province of Misiones is charcoal rot. **Materials and methods.** Samples were collected from different locations in the province of Misiones, Argentina



during February 2022. Through naked eye observation of diseased plants and with the help of stereoscopic and optical microscopy, the identity of the pathogen present was determined. **Results.** The presence of microsclerotia compatible with *S. bataticola* as the causal agent of charcoal rot was detected in corn and soybean samples in all samples from the province of Misiones. **Conclusion.** Charcoal rot caused by *M. phaseolina* is present in soybean and corn crops in the province of Misiones, Argentina.

Keywords: diagnosis, diseases, phytopathology, *Macrophomina phaseolina*, crops.

Introducción

En la Argentina, la producción de soja y de maíz es de 43 300 000 t y 52 000 000 t convirtiéndolos en el 3° y 6° productor de ambos cultivos, respectivamente (Bolsa de Cereales, s. f.). Las enfermedades de raíz y de tallo pueden afectar considerablemente a los cultivos de soja y de maíz. En soja, este tipo de enfermedades pueden generar pérdidas de rendimiento cercanas al 55 % (Lavilla & Ivancovich, 2021).

La podredumbre carbonosa (PC) causada por *Macrophomina phaseolina* (fase picnodial), es un patógeno que sobrevive en el suelo mediante microesclerocios (fase de *Sclerotium bataticola*). Las condiciones predisponentes para su desarrollo y el de la enfermedad, son las sequías y las temperaturas superiores a los 30 °C (Ivancovich et al., 2016). Este patógeno afecta a diferentes cultivos, entre los que se destacan por su importancia en Argentina, la soja (*Glycine max* (L.) Merrill) y el maíz (*Zea mays* L.). No obstante, se han citado otros hospedantes alternativos como poroto (*Phaseolus vulgaris* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), maní (*Arachis hypogaea* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.) (Zanella et al., 2020).

Los principales signos de la enfermedad en las raíces son los microesclerocios, que se caracterizan por ser esféricos, ovalados u oblongos, de color marrón claro en la etapa joven y se oscurecen con el envejecimiento (Marquez et al., 2021).

Los síntomas de la PC se manifiestan como una podredumbre de raíces, que provoca un marchitamiento acelerado de la planta y las hojas quedan adheridas a la misma. Transcurrido el marchitamiento, se observa la presencia de microesclerocios sub epidérmicos que se forman en la raíz principal, dándole un aspecto carbonoso. También se observan estrías o líneas de color negro en los tejidos internos de la base del tallo y la raíz principal (Ivancovich et al., 2016).

Una planta que muere por un estrés hídrico (enfermedad no parasitaria) no presenta signos del agente causal de la PC y la raíz tiene únicamente una coloración marrón claro.

Durante el ciclo de cultivo de soja 2000/2001 la PC causó una epifitia de importancia en las provincias de Catamarca, Chaco, Córdoba, Entre Ríos, Santa Fe, Salta, Santiago del Estero y Tucumán (Ploper et al., 2001), sin embargo, hasta el momento no se había reportado su presencia en la provincia de Misiones, Argentina.

El objetivo de este estudio fue demostrar que el causante de las muertes de las plantas de soja y maíz en años de sequía en la provincia de Misiones es de la podredumbre carbonosa.

Materiales y métodos

El relevamiento se realizó en lotes experimentales y de producción de soja y maíz de diferentes localidades de los Departamentos de Leandro N. Alem (27°39'23''S; 55° 26'12''W), Apóstoles (27° 55'36''S; 55°44'30''W), Concepción (27°57'53''S; 55°21'57''W), San Javier (27°5,0'48''S; 55°07'09''W), 25 de Mayo (27°23'06''S;

54°44'35''W), Cainguás (27°10'34''S; 54°48'33''W) y Guaraní (27°32'06''S; 55°09'41''W), de la provincia de Misiones Argentina, durante el mes de febrero de 2022.

Recolección de las muestras

Se relevaron lotes al azar, mediante la recolección de muestras de plantas adultas enfermas, que presentaban sintomatología compatible con la PC a simple vista, acorde con la descripción de Ivancovich et al. (2016), con presencia de marchitamiento y senescencia foliar con retención del peciolo. Las muestras fueron rotuladas con el nombre de la localidad de procedencia y conservadas en bolsas de polietileno transparente.

Diagnóstico de la enfermedad

A cada muestra se le realizó clínica vegetal clásica a nivel de raíz (soja) y médula (maíz), mediante visualización de los microesclerocios a ojo desnudo y bajo microscopio estereoscópico, 20X. La identificación del organismo causal, se realizó mediante el uso de descriptores (Marquez et al., 2021; Short, 1978).

El agente causal fue aislado de raíces de soja y maíz en medio de cultivo agar papa dextrosa (APD) a pH: 5,5. En las mismas, se analizaron los microesclerocios a los siete días del aislamiento del patógeno (Hartman et al., 2015). Asimismo, se observaron los microesclerocios en microscopio óptico, 400X.

Resultados

Durante los años 2021 y 2022 se presentaron condiciones ambientales coincidentes con la fase fría del fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENSO). En la provincia de Misiones, este fenómeno se caracterizó por un marcado déficit de precipitaciones entre los meses de diciembre 2021 y febrero 2022, asociado a una irregular distribución de las mismas (Figura 1), y registros térmicos superiores a lo esperado según la serie histórica del sitio (Figura 2).

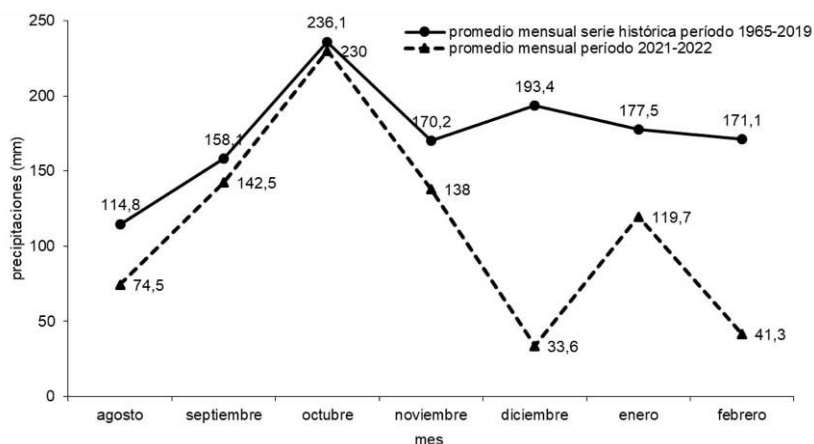


Figura 1. Precipitaciones (mm) registradas en la Estación Experimental Cerro Azul del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Cerro Azul, Misiones – Argentina, de agosto 2021 a febrero 2022 versus la serie histórica 1965-2019.

Figure 1. Precipitation (mm) recorded at the Cerro Azul Experimental Station of the Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Cerro Azul, Misiones - Argentina, from August 2021 to February 2022 versus the historical series 1965-2019.

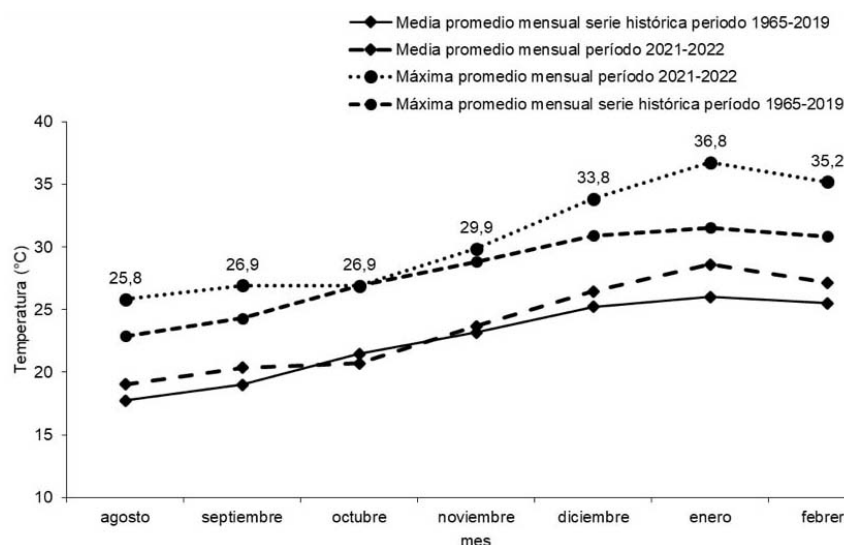


Figura 2. Temperaturas (°C) registradas en la Estación Experimental Cerro Azul del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Cerro Azul, Misiones – Argentina, de agosto 2021 a febrero 2022 versus la serie histórica 1965-2019.

Figure 2. Temperatures (°C) recorded at the Cerro Azul Experimental Station of the Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Cerro Azul, Misiones - Argentina, from August 2021 to February 2022 versus the historical series 1965-2019.

Los síntomas compatibles con la presencia de PC se observaron por primera vez el 8 de febrero del 2022, en lotes experimentales de soja y maíz ubicados en la Estación Experimental Cerro Azul del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EEA INTA Cerro Azul), departamento Leandro N. Alem – Misiones (Figura 3). Se observaron plantas con marchitamiento, senescencia foliar con retención del peciolo, vainas vacías o con granos pequeños con desarrollo anormal (Figura 4). Durante la misma semana, sintomatología del mismo tipo se detectó en lotes de producción de otras localidades de la provincia de Misiones - Argentina (Azara, Apóstoles, Santa Rita, Colonia El Progreso, El Soberbio, Aristobulo del Valle, San Vicente y San Javier).

En las muestras colectadas de plantas enfermas, se detectó la presencia de estructuras vegetativas denominadas microesclerocios, que permitieron determinar como agente causal de la enfermedad a *S. bataticola* (Figuras 5, 6, 7, 8 y 9).

Discusión

La podredumbre carbonosa es una enfermedad con un potencial importante de incidencia en los cultivos de maíz y soja en la Argentina, las pérdidas de rendimiento que puede ocasionar son relevantes en todo el país (Chiesa et al., 2015). La falta de conocimiento acerca de la presencia de *Macrophomina phaseolina* en las diferentes provincias de la Argentina representa una debilidad técnica que condiciona las estrategias de manejo productivas. En coincidencia con los resultados de otros autores, las condiciones ambientales registradas en el período de estudio predisponen el desarrollo de esta enfermedad (Ivancovich et al., 2016; Pearson, 1984; Wrather et al., 2008).

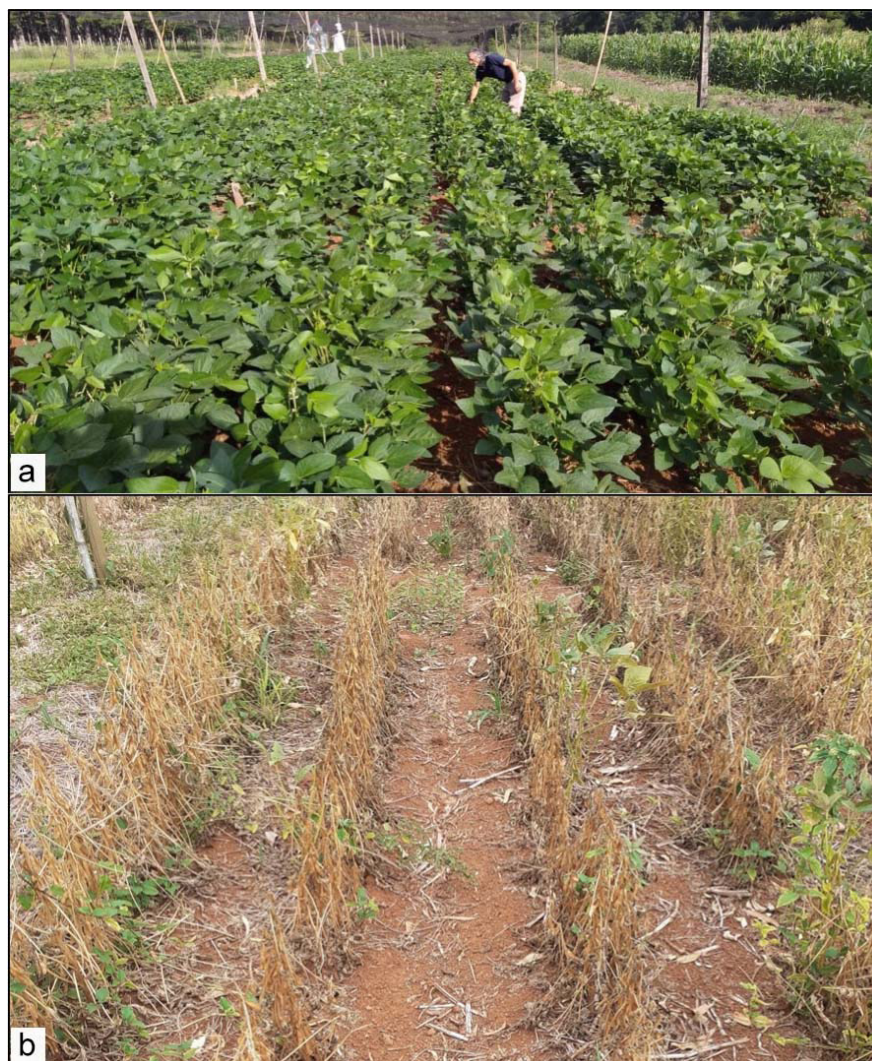


Figura 3. Lote experimental de soja (*Glycine max* L. Merrill) de la Estación Experimental Cerro Azul del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (febrero, 2022). (a) plantas sanas en estado de floración R_2 y (b) plantas enfermas en el llenado de granos R_5 - R_6 con síntomas compatibles con podredumbre carbonosa causada por *Macrophomina phaseolina*. Misiones, Argentina. 2022.

Figure 3. Soybean (*Glycine max* L. Merrill) experimental batch from the Cerro Azul Experimental Station of the Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (February, 2022). (a) healthy plants in flowering stage R_2 and (b) diseased plants in grain filling R_5 - R_6 with symptoms compliant with charcoal rot caused by *Macrophomina phaseolina*. Misiones, Argentina. 2022.

Los microesclerocios son la principal fuente infecciosa de *S. bataticola*. Esta estructura de resistencia es capaz de sobrevivir hasta quince años en suelo (Gupta et al., 2012). Esta información advierte que si el evento climático de sequía vuelve a suceder en la provincia de Misiones, los cultivos de soja y de maíz pueden ser infectados por el hongo, por lo menos en los lotes en donde se diagnosticó la enfermedad.

El ciclo de vida de *M. phaseolina* y el desarrollo de la PC en soja (Figura 9), en condiciones de secano, se desarrolla entre cada siete a diez días. La infección es favorecida por varios días con bajo contenido hídrico en

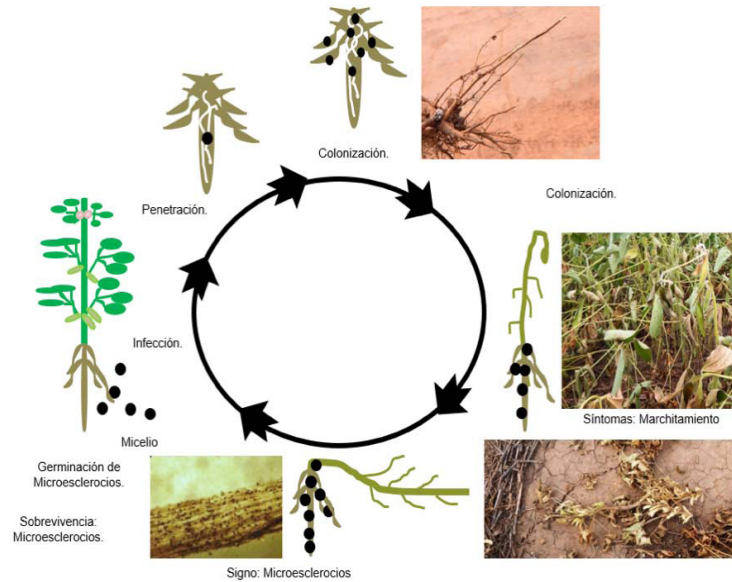


Figura 4. Ciclo de vida de *Macrophomina phaseolina* y de *Sclerotium bataticola* y desarrollo de la podredumbre carbonosa en soja (*Glycine max* L. Merrill). Misiones, Argentina. 2022.

Figure 4. Life cycle of *Macrophomina phaseolina* and of *Sclerotium bataticola* and development of charcoal rot in soybean (*Glycine max* L. Merrill). Misiones, Argentina. 2022.



Figura 5. Microesclerocios de *Sclerotium bataticola* en raíces de soja (*Glycine max* L. Merrill). Misiones, Argentina. 2022.

Figure 5. *Sclerotium bataticola* microsclerotia in soybean roots (*Glycine max* L. Merrill). Misiones, Argentina. 2022.



Figura 6. Microesclerocios de *Sclerotium bataticola* en tallo y raíz de maíz. Interior de la base del tallo de maíz que muestra una decoloración negra y trituración de los haces vasculares. Misiones, Argentina. 2022.

Figure 6. *Sclerotium bataticola* microsclerotia in corn stem and root. Inside of corn stem showing black discoloration and shredding of vascular bundles. Misiones, Argentina. 2022.



Figura 7. Microesclerocios de *Sclerotium bataticola* en raíz de soja (*Glycine max* L. Merrill). Vista en microscopio estereoscópico 20X. Misiones, Argentina. 2022.

Figure 7. Microsclerotia of *Sclerotium bataticola* in soybean (*Glycine max* L. Merrill) root. 20X stereoscopic microscope view. Misiones, Argentina. 2022.



Figura 8. Aislamiento de *Sclerotium bataticola*, obtenido a partir de raíces de soja (*Glycine max* L. Merrill) en medio de cultivo agarizado. Misiones, Argentina. 2022.

Figure 8. Isolate of *Sclerotium bataticola*, obtained from soybean (*Glycine max* L. Merrill) roots in agarized culture medium. Misiones, Argentina. 2022.



Figura 9. Microesclerocio de *Sclerotium bataticola*, obteniendo a partir de raíces de maíz (*Zea mays* L.). Microscopio óptico 400X. Misiones, Argentina. 2022.

Figure 9. Microsclerotium of *Sclerotium bataticola*, obtained from maize (*Zea mays* L.) roots. 400X optical microscope. Misiones, Argentina. 2022.

el suelo y temperaturas que superen los 30 °C, los microesclerocios germinan e infectan las raíces de los cultivos. El hongo mata la planta porque invade los haces vasculares y produce una nueva generación de microesclerocios (Figura 8). Los microesclerocios quedan retenidos en los tejidos muertos (rastrojo) en el suelo, para atacar de nuevo a los cultivos en el próximo ciclo productivo. Además, el patógeno puede transportarse de un lote a otro mediante semillas infectadas y maquinaria que presenten restos de suelo o rastrojo infectados por el hongo (Ivancovich et al., 2016).

En plántulas de girasol, la infección por parte de la *M. phaseolina* se desarrolla en tan solo 48 h; los primeros síntomas se presentan entre los tres a los siete días después (Ivancovich et al., 2016). 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. Estos mismos síntomas se observaron en las raíces de soja y de maíz analizadas de los lotes de la provincia de Misiones durante 2022.

El monitoreo de los lotes de soja y maíz, permitió un correcto diagnóstico de la situación a campo y posibilitó establecer que la causa principal de marchitamiento y muerte de plantas pudo deberse a la obstrucción de vasos de conducción con las estructuras fúngicas correspondientes a *Macrophomina phaseolina* y a *Sclerotium bataticola*. Esta apreciación conduce a rechazar la hipótesis de la muerte de plantas por estrés hídrico-térmico.

Este es el primer reporte a nivel provincial de la presencia de podredumbre carbonosa en soja (Reznikov et al., 2018) y maíz en Misiones, Argentina. Esta información puede ayudar a investigadores, mejoradores, productores y asesores a mitigar los efectos negativos que puede causar la presencia de esta enfermedad, en los años con elevadas temperaturas y escasas de precipitaciones (ENSO Fase Niña).

Conclusión

La podredumbre carbonosa causada por *Macrophomina phaseolina* se encuentra presente en los cultivos de soja y de maíz en la provincia de Misiones, Argentina.

Referencias

- Bolsa de Cereales. (s. f.). *Informes y datos*. Recuperado 21 de septiembre, 2022, de <https://www.bolsadecereales.com/estimaciones-informes>
- Chiesa, M. A., Reznikov, S., Vellicce, G., Bogado, N., Bernal, M. L., De Lisi, V., Cambursano, M. V., García, M. G., Rocha, C. M. L., Gonzalez, V., Morandi, E. N., Ploper, L. D., & Castagnaro, A. P. (2015, septiembre 3-5). *Caracterización patogénica de aislamientos de Macrophomina phaseolina provenientes del Noroeste Argentino y Paraguay* [Presentación]. X Simposio Nacional de Biotecnología, Tucuman, Argentina. <https://bit.ly/3zsrC9i>
- Gupta, G. K., Sharma, S. K., & Ramteke, R. (2012). Biology, epidemiology and management of the pathogenic fungus *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid with special reference to charcoal rot of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Journal of Phytopathology*, 160(4), 167–180. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2012.01884.x>
- Hartman, G. L., Rupe, J. C., Sikora, E. J., Domier, L. L., Davis, J. A., & Steffey, K. L. (2015). *Compendium of soybean diseases and pests* (5th ed.). American Phytopathological Society.
- Ivancovich, A. J., Flores, C. R., & Lavilla, M. (2016). *Podredumbre carbonosa de la soja, causada por Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., un hongo oportunista muy dependiente del estrés hídrico y térmico [Reporte]. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/115>

- Lavilla, M., & Ivancovich, A. (2021). Relación entre enfermedades y rendimiento de granos de soja. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 479–486. <http://doi.org/10.15517/am.v32i2.44057>
- Marquez, N., Giachero, M. L., Declerck, S., & Ducasse, D. A. (2021). *Macrophomina phaseolina*: General characteristics of pathogenicity and methods of control. *Frontiers in Plant Science*, 12, Article 634397. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.634397>
- Pearson, C. A. (1984). Colonization of soybean roots by *Macrophomina phaseolina*. *Plant Disease*, 68, 1086–1088. <https://doi.org/10.1094/pd-68-1086>
- 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.
- Reznikov, S., Vellicce, G. R., Mengistu, A., Silva Arias, R., Gonzalez, V., De Lisi, V., García, M. G., Rocha Carla, M. L., Pardo, E. M., Castagnaro, A. P., & Ploper, L. D. (2018). Disease incidence of charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) on soybean in north-western Argentina and genetic characteristics of the pathogen. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 40(3), 423–433. <https://doi.org/10.1080/07060661.2018.1484390>
- Short, G. E. (1978). Quantitative enumeration of *Macrophomina phaseolina* in soybean tissues. *Phytopathology*, 68, 736–741. <https://doi.org/10.1094/phyto-68-736>
- Wrather, J. A., Shannon, J. G., Carter, T. E., Bond, J. P., Rupe, J. C., & Almeida, A. M. R. (2008). Reaction of drought-tolerant soybean genotypes to *Macrophomina phaseolina*. *Plant Health Progress*, 9(1), Article 01. <https://doi.org/10.1094/php-2008-0618-01-rs>
- Zanella, E. J., Berghetti, J., Scheidt, B. T., Trezzi Casa, R., Bogo, A., Gonçalves, M. J., Berghetti, J., & Martins, F. C. (2020). Charcoal rot severity and yield components of common bean cultivars inoculated with *Macrophomina phaseolina*. *Summa Phytopathologica*, 46(4), 299–304. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/240745>