

CARBÓN DE LA PANOJA (*Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*) DEL MAÍZ (*Zea mays*)

De Rossi, R. L.¹; Couretot, L.²; Astiz Gassó, M. M.³; García, J.⁴; Samoiloff, A.²; Guerra, F. A.¹; Vuletic, E.¹; Plazas, M. C.¹; Guerra, G. D.¹

¹Universidad Católica de Córdoba (Capítulo Centro), ²INTA EEA Pergamino, ³Universidad Nacional de La Plata, ⁴Oro Verde. Contacto: roberto.derossi@ucc.edu.ar; couretot.lucracia@inta.gob.ar.

Resumen

El hongo *Sporisorium reilianum*, causa la enfermedad conocida como carbón de la panoja del maíz. Esta enfermedad ha sido registrada en numerosas zonas productoras de maíz a nivel mundial con diferentes niveles de infección, llegando a causar grandes pérdidas económicas y convirtiéndose en una limitante tanto en la producción de semilla como de grano comercial. En las últimas campañas agrícolas se ha detectado una reemergencia del carbón de la panoja en las provincias de Córdoba, San Luis y Santa Fe. Las plantas afectadas presentan menor desarrollo, panojas y espigas deformadas, con presencia de soros de carbón y de filodia. Las teliosporas, que conforman la masa carbonosa que se visualiza sobre las estructuras de la planta, pueden sobrevivir en el suelo por varios años, constituyéndose en el inóculo que infectará a las plantas de maíz en estados fenológicos tempranos, las cuales terminan tornándose improductivas. Es por ello, que es importante conocer a la enfermedad, relevar hasta donde se extiende actualmente la problemática y aplicar medidas de manejo que eviten su dispersión.

Introducción

En el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) pueden ocurrir dos enfermedades que son denominadas con el nombre de carbón: el “carbón común del

maíz”, causado por *Ustilago maydis* (DC.) Corda y el “carbón de la panoja del maíz”, causado por *Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae* (Kühn) Langdon & Fullerton.

En Argentina, el carbón común (*U. maydis*) es el de mayor distribución y el que normalmente se encuentra, campaña tras campaña, en todas las regiones productoras de maíz (Hirschhorn, 1941; Astiz Gassó & Molina, 2010). A pesar de ello, en las últimas campañas agrícolas se ha detectado una reemergencia del carbón de la panoja en las provincias de Córdoba, San Luis y Santa Fe (De Rossi *et al.*, 2021; Torrico *et al.*, 2021).

La enfermedad

Esta enfermedad recibe el nombre de “carbón de la panoja”, por la sintomatología que llama la atención al desarrollar cambios notorios en la estructura floral masculina (panoja). Sin embargo, se debe tener en cuenta que sus síntomas pueden desarrollarse tanto en la panoja como en la estructura floral femenina (espiga). La misma ha sido un problema serio desde la década de 1970 en EE.UU., México, Australia, China, Sudáfrica y Francia, y suele encontrarse en las regiones productoras de maíz del sur de Brasil (Reis *et al.*, 1996; CABI, 2021).

Los primeros registros y antecedentes de la presencia de este patógeno en Argentina fueron realizados entre 1935 y 1941, por la Dra. Elisa

Hirschhorn, en los que menciona y describe a "*Sorosporium reilianum*" (syn= *Sporisorium reilianum*) afectando el cultivo de maíz en diferentes provincias (Hirschhorn & Hirschhorn, 1935; Hirschhorn, 1941).

Síntomas y daño

Los síntomas del carbón de la panoja son visibles durante la etapa de floración en el desarrollo de las panojas y las espigas, a pesar de que el patógeno infecta la raíz durante la germinación y primeras etapas de desarrollo de la plántula, invadiendo sistémicamente los tejidos, hasta llegar al meristema apical (Martínez *et al.*, 1999; 2002; Zhao *et al.*, 2015).

Las panojas (**Figura 1**), así como las espigas infectadas (**Figura 1 b y c**), son sustituidas por soros de carbón (tumores globosos e irregulares), cubiertos por una membrana, que más tarde se rompe exponiendo una masa de teliosporas. También puede observarse presencia de filodia (transformación de órganos de la planta en hojas modificadas) (**Figura 2 a**). Las espigas de las plantas infectadas, se tornan esféricas (**Figura 2 b**), los granos son transformados en soros y los elementos vasculares toman aspecto fibroso y permanecen relativamente intactos a medida que las teliosporas son liberadas. Ocasionalmente, pueden encontrarse espigas donde se desarrollaron algunos granos. Generalmente, las plantas infectadas pueden presentar multifloración y disminución de tamaño (Martínez *et al.*, 2002) (**Figura 2 b y c**).

Al madurar, los soros liberan las teliosporas que caen al suelo, y el aire las transporta a cortas distancias (Montes & Díaz, 2006; Ghareeb *et al.*, 2011). Este fenómeno puede generarse por el viento o cuando a la cosecha la panoja/espiga infectada cae al suelo. Diferenciará su desarrollo si la producción se realiza bajo siembra directa, donde el inóculo queda en la superficie, o con algún sistema de labranza que puede distribuir el inóculo en distintos estratos del suelo, aumentando la probabilidad de tener contacto con las raíces.

El daño producido por *S. reilianum* está directamente relacionado con la cantidad de plantas que se infectan, ya que éstas, normalmente no son productivas (Ali & Baggett, 1990) (**Figura 2 b y c**).

Etiología y taxonomía

El carbón de la panoja es causado por el hongo biotrófico basidiomiceto *Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*, sinónimos *Sorosporium reilianum* (Kühn) McAlpine, *Sphacelotheca reiliana* (Kühn) Clinton y *Ustilago reiliana* Kühn.

Han sido descritas dos formas especiales (f. sp.) de este patógeno, una que infecta al sorgo (*S. reilianum* f. sp. *reilianum*) y que presenta cuatro razas fisiológicas, y otra forma especial que infecta solamente al maíz y no presenta razas fisiológicas (*S. reilianum* f. sp. *zeae*) (Poloni & Schirawski, 2016).

Ciclo y epidemiología

El ciclo de la enfermedad inicia cuando las teliosporas presentes en espigas y panojas son diseminadas por el viento y lluvia, para finalmente depositarse en el suelo, en donde sobreviven hasta cinco años (Matyac & Kommedahl, 1985a; Martínez *et al.*, 2001). Es así, que *S. reilianum* es considerado un hongo de suelo, porque las teliosporas sobreviven en él, y se constituyen así en la principal fuente de inóculo (Lübberstedt *et al.*, 1999). Es un hongo dimórfico, que presenta una fase saprofitica haploide y una fase parasítica diploide. Infecta al maíz únicamente durante la emergencia de las plántulas, por medio de las teliosporas presentes en el suelo (Xu *et al.*, 1999). El micelio infectivo penetra las raíces de las plántulas de maíz, por esta razón en etapas tempranas de la infección hay una proliferación de hifas alrededor de la raíz (Martínez *et al.*, 2001). El micelio crece sistémicamente con el meristema, terminando por invadir los tejidos florales cuando todavía no se han diferenciado, y luego de la esporogénesis, las inflorescencias son reemplazadas total o parcialmente por soros negros colmados de teliosporas (Xu *et al.*, 1999). Las teliosporas también pueden estar presentes infestando las semillas, y, a pesar de que éstas no son consideradas una fuente de inóculo de gran relevancia cuando la enfermedad ya está presente en una región, es de fundamental importancia para su diseminación e introducción en nuevas áreas. Los factores ambientales que favorecen la infección incluyen suelo seco (humedad de 15 a 25 % peso/peso) con temperaturas de 23 a 30 °C (Martínez *et al.*, 2000).

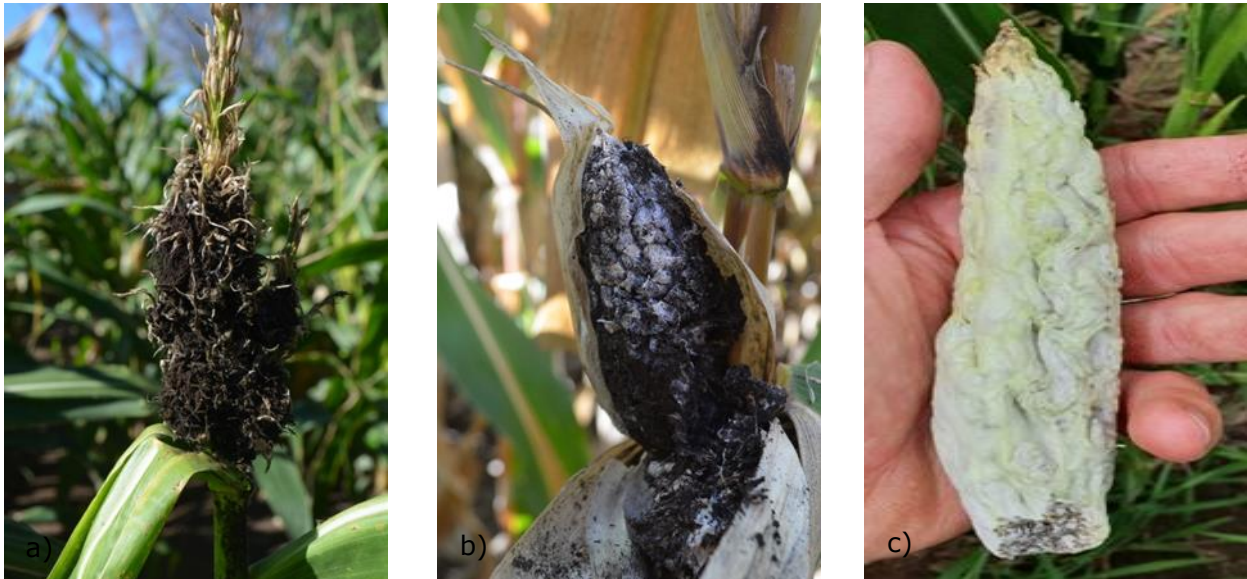


Figura 1. a) Panoja, b) y c) espigas de maíz con síntomas de soros y masa carbonosa producida por *Sporisorium reilianum*, en Corral de Bustos (Córdoba), 2021.

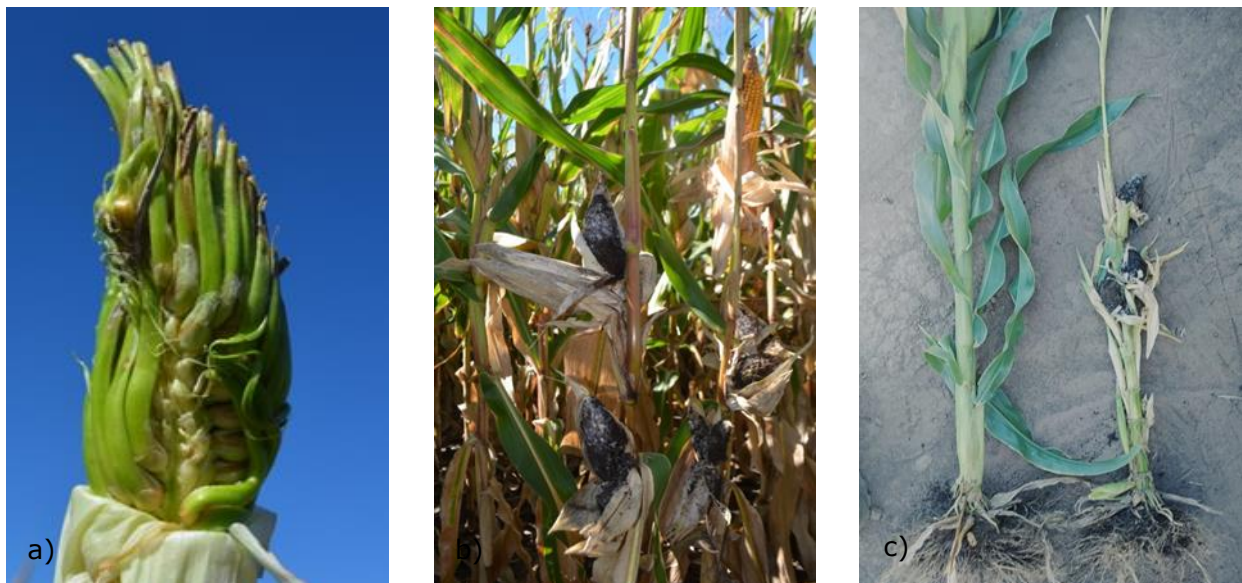


Figura 2. a) Espiga con filodia, b) y c) síntomas de multifloración y masa carbonosa, c) izq. sana - der. enferma por *Sporisorium reilianum*. en Corral de Bustos (Córdoba), 2021.

Manejo

Debido a que el inóculo se encuentra en el suelo, las estrategias de manejo se enfocan en evitar la infección durante el desarrollo de la plántula. Para esto, se utilizan estrategias preventivas como: i) tratamiento de semilla con fungicidas específicos, ii) rotación de cultivos por 2 - 5 años, iii) aplicación de fertilizantes nitrogenados y iv) generación de materiales con resistencia (Matyac & Kommedahl, 1985b; Wright *et al.*, 2006; Aquino *et al.*, 2011). Esta última

estrategia, es considerada la más conveniente a largo plazo, al evitar daños y reducir costos de producción. A pesar de ello, aun cuando existen líneas de maíz que presentan variaciones en la susceptibilidad a *S. reilianum*, y que se han utilizado para mapear numerosos QTLs de resistencia, hasta el momento sólo un gen de resistencia de maíz es efectivo frente *S. reilianum* (Chen *et al.*, 2008; Zuo *et al.*, 2015). Al mismo tiempo, como el inóculo de la enfermedad queda en el suelo y puede incrementarse año a año, es importante no realizar laboreos para favorecer la

exposición de las teliosporas al ambiente y a los microorganismos descomponedores, así como monitorear los lotes, buscar síntomas característicos diferenciando entre los dos carbones del cultivo; tomar medidas que eviten la dispersión de la enfermedad, como localizar plantas afectadas, extraerlas, evitando dispersar

teliosporas y eliminarlas (quemarlas), así como limpiar y desinfectar la cosechadora tanto al ingreso como a la salida de lotes con presencia de la enfermedad y de ser necesario solicitar asesoramiento a la Universidad, agencia de INTA o SENASA más cercano.

Referencias bibliográficas

- Ali, A. & Baggett, J.R. (1990). Inheritance of resistance to head smut disease in corn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:668-672.
- Aquino-Martínez, J.G.; Sánchez-Flores, A.; González-Huerta, A.; Sánchez-Pale, J.R. (2011). Resistencia de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a *Sporisorium reilianum* y su rendimiento de grano. *Revista Mexicana de Fitopatología.* 29:39-49.
- Astiz Gassó, M.M. & Molina, M. del C. (2010). Capítulo 11: Physiological specialization of Ustilaginales (smut) of *Bromus*, *Zea* and *Triticum* in Argentina. En Arya, A & Perelló A.E. *Management of Fungal Plant Pathogens* CAB International Págs. 138-146.
- CABI, 2021. *Sphacelotheca reiliana* (head smut of maize) (cabi.org). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/50937>, consulta 10/07/2021.
- Chen, Y.; Chao, Q.; Tan, G.; Zhao, J.; Zhang, M.; Ji, Q.; Xu, M. (2008). Identification and fine-mapping of a major QTL conferring resistance against head smut in maize. *Theor. Appl. Genet.* 117: 1241–1252.
- De Rossi, R. L., Couretot, L., Astiz Gassó, M., García, J., Samoiloff, A., Guerra, F., Vuletic, E., Plazas, M.; Guerra, G. (2021). Carbón de la panojoa (*Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*) del maíz (*Zea mays* L.). *Notas de Sanidad Vegetal* N° 2. <http://revistas.bibdigital.uccor.edu.ar/index.php/NSV/article/view/4934>, consulta 12/08/2021.
- Ghareeb, H.; Becker, A.; Iven, T.; Feussner, I.; Schirawski, J. (2011). *Sporisorium reilianum* infection changes inflorescence and branching architectures of maize. *Plant Physiology.* 156: 2037-2052. DOI: 10.1104/pp.111.179499
- Hirschhorn, E. & Hirschhorn, J. (1935) Los carbones del maíz en la Argentina. Caracteres sistemáticos genéticos y parasitarios. *Revista de la Facultad de Agronomía* 20 (2): 108-139.
- Hirschhorn, E. (1941). Las especies de *Sorosporium* de la flora argentina. *Revista del Museo de La Plata.* 3: 335-354.
- Lübberstedt, T.; Xia, X.C.; Tan, G.; Liu, X.; Melchinger, A.E. (1999). QTL mapping of resistance to *Sporisorium reiliana* in maize. *Theoretical and Applied Genetics.* 99:593-598.
- Martínez, C.; Buée, M.; Jauneau, A.; Bécard, G.; Dargent, R.; Roux, C. (2001). Effects of a fraction from maize root exudates on haploid strains of *Sporisorium reilianum* f.sp. *zeae*. *Plant and Soil* 236: 145–153. <https://doi.org/10.1023/A:1012776919384>
- Martínez, C.A.; Jauneau, C.; Roux, C., Savy, C.; Dargent, R. (2000). Early infection of maize roots by *Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*. *Protoplasma* 213:83-92.
- Martínez, C.A.; Roux, A.; Jauneau, A.; Dargent, R. (2002). The biological cycle of *Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*: an overview using microscopy. *Mycologia* 94:505-514. <http://dx.doi.org/10.1080/15572536.2003.11833215>
- Martínez, C.A.; Roux, C.; Dargent, R. (1999). Biotrophic development of *Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae* in vegetative shoot apex of maize. *Phytopathology* 89:247-253. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.1999.89.3.247>
- Matyac, C.A. & Kommedahl, T. (1985a). Factors affecting the development of head smut caused by *Sphacelotheca reiliana* on corn. *Phytopathology* 75:577-581.
- Matyac, C.A. & Kommedahl, T. (1985b). Occurrence of chlorotic spots on corn seedlings infected with *Sphacelotheca reiliana* and their use in evaluation of head smut resistance. *Plant Disease.* 69:251-254. DOI: 10.1094/PD-69-251.
- Montes, G.N. & Díaz, A.F. (2006). Fitopatología. In: Rodríguez del Bosque, L. A. (eds). *Campo Experimental Río Bravo: 50 años de Investigación Agropecuaria en el Norte de Tamaulipas, Historia, Logros y Retos.* Libro Técnico No. 1, INIFAP. Río Bravo, Tamaulipas, México. p. 192-213.
- Poloni, A. & Schirawski, J. (2016). Host specificity in *Sporisorium reilianum* is determined by distinct mechanisms in maize and sorghum. *Molecular Plant Pathology* 17:741-754.
- Reis, E.M. & Casa, R.T. (1996). *Manual de identificação e de controle de doenças do milho.* Passo Fundo. Aldeia Norte Editora, 80p.
- Torríco, A.K.; Barontini, J.; Ruiz Posse, A.; Giménez, M.P. (2021). Registros del carbón de la panoja *Sporisorium reilianum* en maíces de Córdoba y San Luis. *Libro de Resúmenes: 5º Congreso Argentino*

de Fitopatología. 59ª Reunión APS División Caribe. Ernestina Galdeano ... [et al.]. - 1a ed revisada. Córdoba: Asociación Argentina de Fitopatólogos. ISBN 978-987-24373-3-6.

- Wright, P.J.; Fullerton, R.A.; Koolaard, J.P. (2006). Fungicide control of head smut (*Sporisorium reilianum*) of sweetcorn (*Zea mays*). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 34:23-26.
- Xu, M.L.; Melchinger, A.E.; Lübberstedt, T. (1999). Species specific detection of the maize pathogens *Sporisorium reiliana* and *Ustilago maydis* by dot blot hybridization and PCR-based assays. Plant Disease 83: 390–395.
<https://doi.org/10.1094/pdis.1999.83.4.390>
- Zuo, W.L.; Chao, Q.; Zhang, N.; Ye, J.R.; Tan, G.Q.; Li, B.L.; Xing, Y.X.; Zhang, B.Q.; Liu, H.J.; Fengler, K.A.; Zhao, J.; Zhao, X.R.; Chen, Y.S.; Lai, J.S.; Yan, J.B.; Xu, M.L. (2015) A maize wall-associated kinase confers quantitative resistance to head smut. Nat. Genet. 47, 151–157.
- Zhao, X.; Ye, J.; Wei, L.; Zhang, N.; Xing, Y.; Zuo, W.; Chao, Q.; Tan, G.; Xu, M. (2015). Inhibition of the spread of endophytic *Sporisorium reilianum* renders maize resistance to head smut. The Crop Journal 3:8-95.