

El carbón del amaranto: biología, epidemiología y perspectivas de manejo sostenible

Adriana Zamudio-Colunga¹

Eduardo Espitia-Rangel^{2,§}

Ignacio Benítez-Riquelme¹

Amalio Santacruz-Varela¹

Fernando Castillo-Gonzalez¹

1 Posgrado en PREGEP Genética-Campus Montecillo-Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

2 Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México.

Autor para correspondencia: espitia.eduardo1957@gmail.com.

Resumen

El amaranto es un cultivo de gran valor nutricional y social en México; sin embargo, su producción se ve amenazada por el carbón del amaranto (*Thecaphora amaranthi*), un hongo capaz de causar pérdidas de hasta el 100% en campos infectados. En este trabajo se reúne información del patógeno hasta el año 2025 que pueda aportar conocimiento del tema para nuevos estudios científicos. El patógeno forma teliosporas resistentes que permanecen viables durante varios años en el suelo, lo que dificulta su erradicación. No se tienen fungicidas específicos para su control, las estrategias sugeridas para su control es el uso de semillas certificadas, rotación de cultivos y el uso de genotipos resistentes. Comprender la interacción del patógeno con su ambiente y hospedante es esencial para formar programas integrales que garanticen la sustentabilidad del cultivo y la seguridad alimentaria de las comunidades productoras.

Palabras clave:

Thecaphora amaranthi, control, diagnóstico.



License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Introducción

El cultivo de amaranto se adapta a diferentes condiciones climáticas, tiene propiedades nutritivas, agronómicas, industriales y económicas, es una gran opción para las comunidades rurales, generando inversión y creando empleos en el campo (Espitia *et al.*, 2010).

En el amaranto se presentan patógenos que afectan su desarrollo y producción, como el carbón del amaranto (*Thecaphora amaranthi*) es un hongo presente en la semilla que causa una enfermedad agresiva y devastadora que puede llegar a reducir el rendimiento de grano hasta del 100% (Espitia *et al.*, 2010).

Los hongos del carbón son un grupo de patógenos que pertenecen al filo Basidiomycota, se distinguen por formar una estructura de resistencia llamada teliospora, la cual produce esporas secundarias hialinas, son heteroicos, con una amplia gama de hospederos. Se ubican filogenéticamente en la clase Ustilaginomycetes, en la subclase Ustilaginomycetidae, en el orden Ustilaginales, en la familia Glomosporiaceae, del género *Thecaphora* (Smith *et al.*, 2020).

Thecaphora es un género importante que incluye alrededor de 65 especies que infectan hospederos pertenecientes a una amplia variedad de familias dicotiledóneas (Raza *et al.* 2022; Schuster *et al.*, 2024). En los últimos años su estudio ha aumentado, sin embargo, varias especies del género no han sido estudiadas a profundidad (Díaz *et al.*, 2024). El objetivo de la investigación fue abordar el estado del arte hasta el año 2025 de manera integral en *T. amaranthi*: biología, epidemiología y estrategias de manejo, así como los avances en el diagnóstico molecular y control sostenible.

Biología de *Thecaphora spp.*

Las especies de *Thecaphora* tienen un solo ciclo de vida (Smith *et al.*, 2020). Infectan a la planta, afectando su estigma y anteras durante la floración. Una vez que el hongo está establecido en la planta, generalmente previo a la antesis, produce estructuras reproductivas de resistencia llamadas teliosporas, tienen paredes celulares engrosadas, constituidas con material residual de la pared celular del hospedero, se transforman en agallas, el hongo completa su ciclo de vida dentro de estas, por lo que, no está expuesto al medio ambiente, haciendo el control de este patógeno extremadamente difícil (Arias *et al.*, 2021).

Los síntomas del carbón son variables, la infección puede originar desde una pequeña mancha o pústula hasta la transformación completa de los granos en una masa carbonosa de teliosporas. En algunos casos se han observado vainas hipertróficas sin ningún signo interno del patógeno (Bennett *et al.*, 2021).

Las vainas severamente afectadas por carbón producen, en su interior, millones de teliosporas. Esta característica es de especial importancia en la cosecha, ya que durante la trilla las vainas pueden romperse, dispersando las teliosporas y contaminando los suelos. Sumado a esto, las teliosporas sobreviven varios años en el suelo conservando su viabilidad sin modificar su capacidad de infección (Cazón *et al.*, 2016; Rago *et al.*, 2017).

Thecaphora es un hongo habitante de suelo, las teliosporas permanecen libres sin disminuir su capacidad de infección durante cuatro años (Cazón *et al.*, 2016). En algunas especies como *T. frezii* puede ser hasta de seis años su longevidad, donde pueden sobrevivir debido a su estado metabólico latente (Díaz *et al.*, 2024). Estas características propias de este patosistema logran la adaptación y permanencia del carbón en lotes productivos (Rago *et al.*, 2017).

Especies de *Thecaphora*

Se conoce más de 90 hospedadores de *Thecaphora* en el mundo, algunas de importancia agrícola, cada especie tiene especificidad hacia su hospedante y pueden variar en su distribución geográfica y severidad de la enfermedad que causa (Vánky *et al.*, 2008). Las enfermedades causadas por

Carbón del amaranto (*Thecaphora amaranthi*) identificado en plantas de amaranto, la principal limitación en la producción de amaranto es una enfermedad agresiva y devastadora que puede llegar a reducir el rendimiento de grano hasta el 100% (Espitia *et al.*, 2010).

El carbón de la papa (*Thecaphora solani*) es una de las enfermedades fúngicas más importantes que afectan a la papa, causando importantes pérdidas de rendimiento que muchas veces superan el 90% (Andrade *et al.*, 2004). Carbón del cacahuete (*Thecaphora frezii*) la mayoría de los cultivares son susceptibles al patógeno, causando pérdidas significativas de un 35% en la producción (Marinelli *et al.*, 2008).

Carbón del ruibarbo chino (*Thecaphora dahuangis*) representa entre el 14% y el 26% de las pérdidas de rendimiento en las plantaciones de la provincia de Gansu, China (Piatek *et al.*, 2021), entre otras.

Distribución de *Thecaphora spp.*

Las especies de *Thecaphora* tienen una amplia distribución geográfica, se encuentran en el continente americano en Cuba, Argentina, Ecuador y México También se presentan en Australia, República Checa, Alemania, Rumania, China, Finlandia y Polonia, dependiendo de sus plantas hospederas. La transmisión de este patógeno es por teliosporas aerotransportadas donde el viento es el modo de dispersión más común de este carbón (Bernal *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2002; Piatek *et al.*, 2021).

Factores de incidencia de *Thecaphora spp.*

Algunos estudios mostraron una relación lineal significativa entre las pérdidas de rendimiento estimadas y la intensidad de la enfermedad, además de que el menor contenido hídrico de suelo de 30%, predispone significativamente a una mayor infección de carbón (Paredes *et al.*, 2017).

El aumento de la prevalencia de la enfermedad, indica que la semilla contaminada ha sido el principal vehículo de introducción en las distintas regiones productoras (Cazón *et al.*, 2016).

El rango térmico óptimo para el desarrollo del patógeno oscila entre 16-27 °C, se encontró que 25 °C es óptimo para la germinación de las teliosporas. Para su desarrollo se requiere de una humedad relativa alta y períodos prolongados sin descensos en la humedad cercanos al 100%.

Al no presentar síntomas en la parte aérea, el hongo pasó desapercibido por muchos años de la mirada de técnicos y productores. Las vainas carbonosas producen millones de teliosporas que aumentan gradualmente el inóculo en los suelos. Esto fue aumentando la presión de la enfermedad observada año tras año (Espitia *et al.*, 2010).

La maquinaria agrícola y las semillas del cultivo pueden estar contaminadas por esporas de *Thecaphora* y también contribuyen a la dispersión del patógeno, como ocurre con diversos patógenos de suelo (Katan, 2017).

Dado el tamaño de las teliosporas, al realizarse las operaciones de arrancado y trilla, vainas afectadas pueden romperse y liberar grandes cantidades de esporas que, junto con la tierra y polvo, pueden ser llevadas por las corrientes de aire hasta al menos 40 metros de distancia y ser depositadas en lotes circundantes. El incremento constante en la intensidad de la enfermedad se debe en gran medida al incremento del inóculo en los suelos, potenciado por la agresividad de la enfermedad y a la cantidad de teliosporas que generan las infecciones de carbón (Paredes *et al.*, 2021).

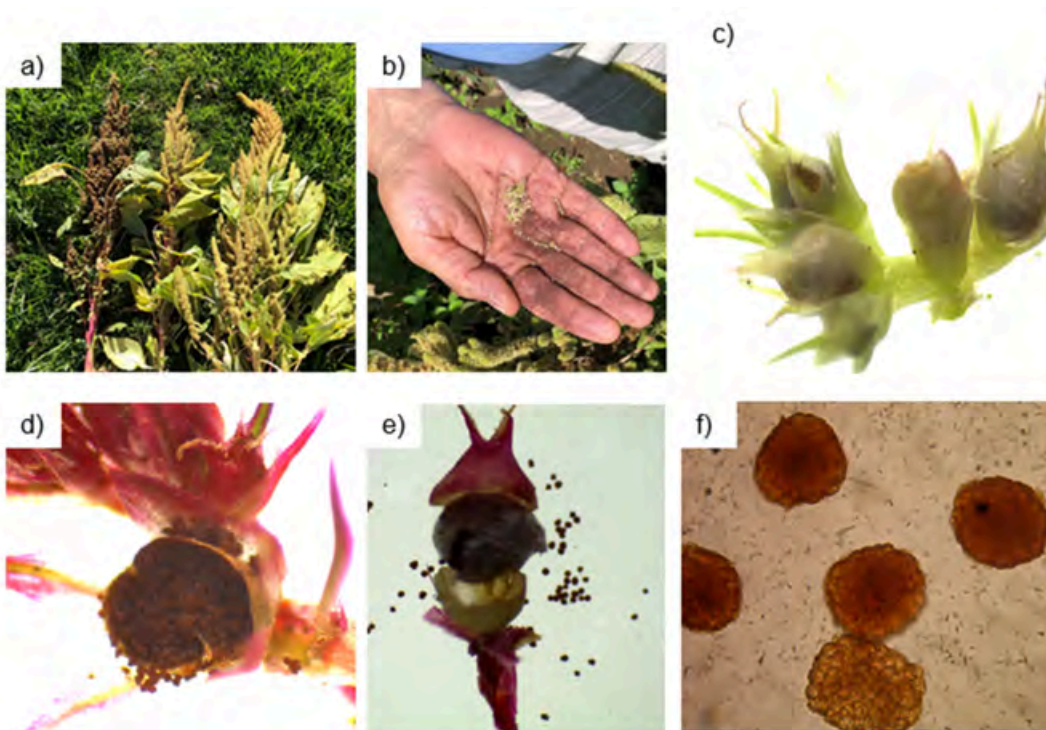


Thecaphora amaranthi

En 1945 Hirschhorn identificó al carbón que ataca a especies de amaranto (*Glomosporium amaranthi*). En 1994 Vánky reclasificó a *Glomosporium amaranthi* Hirsch, transfiriéndolo al género *Thecaphora* por lo que la nueva combinación propuesta es *Thecaphora amaranthi* (Hirschhorn). Se presenta en diferentes especies de la familia Amaranthaceae: *Amaranthus hybridus*, *A. quitensis*, *A. retroflexus* y *A. spinosus* (Pérez *et al.*, 2002).

En el estudio realizado por Bernal *et al.* (2000) identificaron al carbón del amaranto en muestras colectadas en San Miguel del Milagro, Tlaxcala, México, quienes mencionan que ataca las inflorescencias y se desarrolla a expensas del ovario, formando soros color canela oscuro y globosos (Figura 1).

Figura 1 Diferentes aspectos de *T. amaranthi* : a) planta infectada por el carbón del amaranto; b) masa de teliosporas desprendidas al contacto con la panoja; c) inflorescencias formando soros color canela oscuro y globosos; d) pixidio con teliosporas; e) transformación de los granos en teliosporas; y f) teliosporas maduras.



El carbón del amaranto es una enfermedad monocíclica; es decir, causa solo una infección en el órgano susceptible durante el ciclo de cultivo, no produce inóculo secundario que reinfecte al hospedante en la misma generación. Es una enfermedad poliética, las esporas se acumulan en los suelos año tras año desencadenando mayores concentraciones de inóculo (Rago *et al.*, 2017).

No todos los ovarios son atacados por el hongo. Aquellos que no se utilizan para el desarrollo de soros producen semillas aparentemente normales. Como toda enfermedad monocíclica, uno de los parámetros que mejor explica la epidemia es la cantidad de inóculo inicial (March *et al.*, 2010). En este sentido, la incidencia de la enfermedad dependerá principalmente de la cantidad de teliosporas presentes en el suelo al momento de la siembra del cultivo (Conforto *et al.*, 2019).

Es un patógeno biotrófico (Arias *et al.*, 2021), ataca principalmente a plantas con pobre desarrollo, debido a que la zona donde se cultiva amaranto es un monocultivo continuo, se encontró un alto incremento en el inóculo tanto en la semilla como en los suelos, se considera al carbón del amaranto como la principal enfermedad que limita la producción (Espitia *et al.*, 2010).

Ecología y epidemiología de *T. amaranthi*

La incidencia del carbón del amaranto está estrechamente ligada a las condiciones edáficas y climáticas del sistema productivo. Las teliosporas de *T. amaranthi* pueden permanecer viables por más de cuatro años en el suelo, con capacidad de germinación bajo temperaturas entre 16 y 27 °C y una humedad relativa cercana al 100% (Cazón *et al.*, 2016; Rago *et al.*, 2017).

Se ha observado que suelos con baja disponibilidad hídrica y monocultivos continuos de *Amaranthus* favorecen el incremento del inóculo y la persistencia del patógeno (Paredes *et al.*, 2017).

Adicionalmente, la microbiota del suelo desempeña un papel modulador en la dinámica de infección. Hongos antagonistas como *Trichoderma spp.* y bacterias rizosféricas del género *Bacillus* pueden reducir la viabilidad de las teliosporas mediante competencia o antibiosis, lo cual sugiere un potencial de manejo biológico integrado (Matas *et al.*, 2023).

Ciclo biológico de *T. amaranthi*

La infección ocurre cuando la planta penetra en el suelo, liberando exudados que estimulan la germinación de las teliosporas presentes en el suelo, generando una infección local (Marinelli *et al.*, 2008). En el momento de la germinación, la teliospora (diploide) produce un tubo germinal donde migra el núcleo, formando un promicelio o probasidio.

Luego, el núcleo se divide por meiosis para formar células haploides, desarrollando las basidiosporas (haploides). Las basidiosporas germinan produciendo hifas haploides, las cuales se conjugan con otras de distinta polaridad (somatogamia), se restaura el estado dicariótico y se produce una hifa dicariótica infectiva. Esta hifa es la que penetra en la planta infectando el ovario fecundado y dará comienzo a la infección (Arias *et al.*, 2021).

Las teliosporas esperan el momento en el que la planta genere estructuras que penetren en el suelo para germinar, lograr infectar y colonizar en el hospedante. Una particularidad es que la planta no presenta ningún síntoma visible en la parte aérea y el patógeno no se transloca a ningún otro órgano de la planta, produce la enfermedad en el mismo órgano que infecta, coloniza y esporula (Marinelli *et al.*, 2008).

La infección producida en el ovario acompañará al desarrollo del fruto, y el síntoma será observado en el momento de la cosecha, donde la planta al ser arrancada dejará expuestas las teliosporas y se dispersarán para completar su ciclo.

Diagnóstico y detección molecular

El diagnóstico de *Thecaphora amaranthi* ha evolucionado desde la identificación morfológica clásica hasta métodos moleculares de alta precisión. El análisis de regiones ribosomales usando los cebadores universales ITS1/ITS4 y algunos específicos TF2F (5'ATGTCAAAGAGTGCGAAGAC3') y TF2R (5'TATCTTGCTGGTAGGCTGTT3') han demostrado ser efectivo para distinguir especies del género *Thecaphora*, incluyendo aquellas con morfología similar como *T. frezii* y *T. solani* (Cazón *et al.*, 2016).

La amplificación por PCR con iniciadores específicos permite la detección de trazas de ADN fúngico en semillas, suelos o material vegetal, facilitando la certificación fitosanitaria y la prevención de diseminación (Cazón *et al.*, 2016).

Recientemente, se han desarrollado herramientas de qPCR y Loop-Mediated Isothermal Amplification (LAMP) para cuantificar la carga de inóculo en el suelo, con estos métodos se estableció una relación entre la densidad de espores y la gravedad de la enfermedad en las plantas (Pacheco *et al.*, 2025).

El diseño y evaluación de cebadores LAMP se centra en la detección específica de patógenos en el suelo, la implementación exitosa de este ensayo como un dispositivo portátil proporcionaría a

Estrategias de manejo y control para *Thecaphora*

Dada la ausencia de fungicidas registrados con eficacia comprobada contra *Thecaphora amaranthi*, las estrategias de manejo deben centrarse en medidas preventivas y prácticas agroecológicas sostenibles. La prevención primaria de la infección por *Thecaphora* y la diseminación del patógeno comienza desde el productor, con el uso de herramientas las cuales al no ser desinfectadas diseminan las esporas.

El uso de cultivares resistentes es una forma viable y sostenible de controlar al patógeno (Valente *et al.*, 2023). Las estrategias efectivas de manejo de la enfermedad son prácticas agrícolas, como la eliminación del rastrojo, la rotación de cultivos con especies no hospedaderas, uso de semilla libre y la desinfección de maquinaria (Figura 2).

Figura 2 Estrategias efectivas de manejo de *T. amaranthi*: a) revisar la parcela; b) identificar plantas afectadas por el hongo; c) eliminarlas; y d) enterrarlas.



Impacto socioeconómico

El carbón del amaranto representa una seria amenaza para la producción y seguridad alimentaria en regiones rurales de México y América Latina. Las pérdidas superiores al 80% en lotes severamente infestados afectan directamente la economía de pequeños productores y comprometen la disponibilidad de un alimento de alto valor nutricional (Espitia *et al.*, 2010).

A pesar de su importancia, el escaso conocimiento sobre su biología, epidemiología y control limita la formulación de políticas fitosanitarias efectivas. La implementación de programas de monitoreo y capacitación a productores es esencial para reducir la dispersión del patógeno y garantizar la sostenibilidad del cultivo.

Conclusiones

Thecaphora amaranthi constituye un patógeno de relevancia creciente para el cultivo de amaranto en México y regiones de América. Su capacidad de persistencia prolongada en el suelo, la dificultad de su detección temprana y la ausencia de control químico demandan un enfoque integral en la prevención, manejo ecológico y la implementación de la biotecnología como herramienta innovadora y precisa.

Se requiere fortalecer la investigación en diagnóstico molecular, variabilidad genética y resistencia del hospedante, así como evaluar la influencia del microbioma del suelo en la dinámica del patógeno. Comprender los mecanismos de infección y supervivencia de *T. amaranthi* permitirá establecer estrategias de manejo sostenibles que protejan tanto la productividad agrícola como el valor nutricional y cultural del amaranto.

El desarrollo de programas interinstitucionales que integren ciencia, innovación y extensión agrícola será clave para mitigar el impacto del carbón y garantizar la seguridad alimentaria en las comunidades productoras de amaranto.

Bibliografía

- 1 Andrade, O.; Muñoz, G.; Galdames, R.; Durán, P. and Honorato, R. 2004. Characterization, in vitro culture and molecular analysis of *Thecaphora solani*, the causal agent of potato smut. *Phytopathology*. 94(8):875-882. Doi:10.1094/phyto.2004.94.8.875.
- 2 Arias, S. L.; Mary, V. S.; Velez, P. A.; Rodríguez, M. G.; Otaiza-González, S. N. and Theumer, M. G. 2021. Where does the peanut smut pathogen, *Thecaphora frezii*, fit in the spectrum of smut diseases? *Plant Disease*. 105(9):2268-2280. Doi:10.1094/pdis-11-20-2438-fe.
- 3 Bennett, R. S.; Rodríguez, A. V.; Baldessari, J. J.; Chamberlin, K. D.; Payton, M. E. and Wang, N. 2021. A note on the association between *Thecaphora frezii* infection and peanut pod density. *Peanut Science*. 48(1):54-60. <https://doi.org/10.3146/ps20-27.1>.
- 4 Bernal, M. R.; Rodríguez, V. J.; Estrada, G. J. A.; Hernández, L. A. y Gatica, V. M. 2000. Micoflora asociada a la semilla de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana*. 23(1):109-118. Doi: <https://doi.org/10.35196/rfm.2000.1.109>.
- 5 Cazón, L. I.; Conforto, C.; Fernández, F. D.; Paredes, J. A. y Rago, A. M. 2016. Detección molecular de *Thecaphora frezii* en semillas de maní (*Arachis hypogaea*). *Revista de Fitopatología*. 98(2):327-330. Doi:10.4454/JPP.V98I2.034.
- 6 Conforto, C.; Dumon, A. D.; Bernardi-Lima N.; Paredes, J. A.; Monguillot, J. H.; Serri, D. L.; Vargas Gil y Rago, A. M. 2019. Avances en la detección de *Thecaphora frezii* en muestras de suelo. In: XXXIV Jornada Nacional del Cacahuete. General Cabrera, Córdoba, Argentina. 49 p.
- 7 Díaz, M. S.; Soria, N. W.; Figueroa, A. C.; Yang, P.; Badariotti, E. H.; Alasinoa, V. R. and Beltramo, D. M. 2024. Transcriptional study of genes involved in the passage from teliospore to hyphae stage in the fungus *Thecaphora frezii*, the causal agent of peanut smut. *Revista Argentina de Microbiología*. 56(2):175-186. [sciencedirect.com. https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.10.002](https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.10.002).

- 8 Espitia, R. E.; Mapes, S. C.; Escobedo, L. D.; De la O, O. M.; Valencia, P. R.; Martínez, T. G.; Cortés, E. L. y Hernández, C. J. M. 2010. Conservación y uso de los recursos genéticos de amaranto en México. INIFAP, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México, 1ra. Edición. 200 p.
- 9 Hirschhorn, E. 1945. Two new species of the *Tilletiaceae* from Argentina. *Mycologia*. 37(3):278-283. <https://doi.org/10.2307/3754863>.
- 10 Katan, J. 2017. Diseases caused by soilborne pathogens: biology, management and 19 challenges. *Journal of Plant Pathology*. 92(2):305-315. Doi:10.4454/jpp.v99i2.3862.
- 11 March, G. J.; Oddino, C. M. y Marinelli, A. D. 2010. Manejo de enfermedades de los cultivos según parámetros epidemiológicos. Córdoba, Argentina. Biglia Impresores. 193 p.
- 12 Marinelli, A.; March, G. J. y Oddino, C. 2008. Aspectos biológicos y epidemiológicos del carbón del cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) causado por *Thecaphora frezii* Carranza & Lindquist. *Agriscientia*. 25(1):1-6. Doi:10.31047/1668.298x.v25.n1.2735.
- 13 Matas, B. M. A.; Flores-Córdova, M. A.; Pérez, A. S.; Rodríguez R. M. J.; Salas, S. N.; Soto, C. M. C. y Sánchez, C. E. 2023. Hongos *Trichoderma* como control biológico agrícola en México. *Revista Chapingo. Serie horticultura*. 29(3):79-114. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2022.11.015>.
- 14 Pacheco, M. A.; Bruty, S.; Tidd, H.; Morka, E. and Auro S. 2025. Loop mediated isothermal amplification (LAMP) as a rapid and portable diagnostic tool for the detection of pea root rot pathogens. *Sci Rep*. 15(1):34904. Doi:10.1038/s41598-025-18738-9.
- 15 Paredes, J. A.; Cazón, L. I.; Bima, M.; Kearney, M. I.; Nicolino, J. M. y Rago, A. M. 2017. Protocolo de toma de muestras y evaluación para un correcto relevamiento del carbón del cacahuete. In: XXIII Jornada Nacional de Cacahuete. General Cabrera, Argentina. 59-61 pp.
- 16 Paredes, J. A.; Cazon, L. I.; Oddino, C.; Monguillot, J. H.; Rago, A. M. and Molina, J. E. 2021. Efficacy of fungicides against peanut smut in Argentina. *Crop Protection*. 140(2):105403. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105403>.
- 17 Pérez, J. M.; Rodríguez-Hernández, M.; Piepenbring, M. and Minter, D. W. 2002. *Thecaphora amaranthi*. Descriptions of fungi and bacteria. CABI Digital Library. 153(1):1528. <https://doi.org/10.1079/DFB/20056401528>.
- 18 Piatek, M.; Lutz, M.; Wang, Y.; Wang, S. and Kellner, R. 2021. *Thecaphora dahuangis*, a new species causing leaf smut disease of the traditional medicinal plant dahuang (*Rheum palmatum*) in China. *Plant Pathol*. 70(6):1292-1299. <http://doi.org/10.1111/ppa.13385>.
- 19 Rago, A. M.; Cazón, L. I.; Paredes, J. A.; Molina, J. P. E.; Conforto, E. C.; Bisonard, E. M. and Oddino, C. 2017. Peanut smut: from an emerging disease to an actual threat to Argentine peanut production. *Plant Disease*. 101(3):400-408. Doi:10.1094/pdis-09-16-1248-fe.
- 20 Raza, M.; Cai, L.; Abbasi, M. W.; Hafeez, R.; Tariq, M.; Kirk, P. M. and Wijayawardene, N. N. 2022. The first updated checklist of novel fungi in Pakistan (1947-2021). *MycoAsia-Journal Modern Mycology*. 3(1):1-72. <https://doi.org/10.59265/mycoasia.2022-03>.
- 21 Schuster, M.; Schweizer, G.; Reißmann, S.; Happel, P.; Aßmann, D.; Rössel, N.; Güldener, U.; Mannhaupt, G.; Ludwig, N. and Winterberg, S. 2024. Novel secreted effectors conserved among smut fungi contribute to the virulence of *Ustilago maydis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 37(3):250-263. Doi:10.1094/MPMI-09-23-0139-FI.
- 22 Valente, M. T.; Orzali, L.; Manetti, G.; Magnanimiti, F.; Matere, A.; Bergamaschi, V.; Grottoli, A.; Bechini, S.; Riccioni, L. and Aragona, M. 2023. Rapid molecular assay for the evaluation of clove essential oil antifungal activity against wheat common bunt. *Frontiers in Plant Science*. 5(14):141130793. Doi:10.3389/fpls.2023.1130793.

- 23 Vánky, K. 1994. Taxonomical studies on Ustilaginales, XI. Mycotaxon. 51(1):153-174.
- 24 Vánky, K.; Lutz, M. and Bauer, R. 2008. About the genus Thecaphora (Glomosporiaceae) and its new synonyms. Mycological Progress. 7(1):31-39. <https://doi.org/10.1007/s11557-007-0550-0>.
- 25 PENDIENTE: referencia Smith et al. 2020 citada en el texto no aparece en la bibliografía del Word.



El carbón del amaranto: biología, epidemiología y perspectivas de manejo sostenible

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
ISSN (electronic): 2007-9230
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México)

Article/Issue Information
Date received: 01 May 2026
Date accepted: 01 July 2026
Publication date: 01 August 2026
Electronic Location Identifier: e4222
DOI: 10.29312/remexca.v17i5.4222

Categories

Subject: Ensayo

Palabras clave:

Palabras clave:

Thecaphora amaranthi
control
diagnóstico

Counts

Figures: 2

Tables: 0

Equations: 0

References: 25