



Nota Fitopatológica

Etiología de la pudrición marrón tostado en fresa (*Fragaria x ananassa*) en el Estado de México

Hugo Velasco-Montaño, Victoria Ayala-Escobar, Daniel Téliz-Ortiz, Programa de Fitosanidad-Fitopatología, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, edo. México. C.P. 56230, México; **Nadia Landero-Valenzuela***, Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo Coahuila. C.P. 25315; **Santos Gerardo Leyva-Mir**, Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, edo. México. CP.56230.

*Autor de correspondencia:
Nadia Landero Valenzuela
nadialandero00@gmail.com

Sección:
Edición Periódica

Recibido:
07 Junio 2024
Aceptado:
17 Noviembre 2024
Publicado:
27 Diciembre 2024
Adelantada 2025

Cita:
Velasco-Montaño H, Ayala-Escobar V, Téliz-Ortiz D, Landero-Valenzuela N y Leyva-Mir SG. 2025. Etiología de la pudrición marrón tostado en fresa (*Fragaria x ananassa*) en el Estado de México. Revista Mexicana de Fitopatología 43(1): 45. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2406-3>



RESUMEN

Antecedentes/Objetivo. En cultivo de fresa establecidos en invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México, en 2022 se observó manchas foliares color marrón tostado y pudrición de frutos con lesiones hundidas asimétricas, que se extendían y adquirían un color marrón. El objetivo del presente trabajo fue identificar el agente causal de la pudrición marrón tostado en frutos y plantas fresa.

Materiales y Métodos. Se colectaron frutos y hojas sintomáticos, de los cuales se obtuvieron aislados fúngicos para realizar las pruebas de patogenicidad en plantas y frutos, en plantas mediante dos métodos de inoculación: aspersión vía foliar y vía raíz; en frutos mediante inmersión. Se emplearon concentraciones de 2×10^6 conidios mL^{-1} . Se amplificó y secuenció la región ITS del rDNA mediante PCR con los iniciadores universales ITS1-ITS4.

Resultados y Discusión. Se identificó morfológica y molecularmente a *Pilidium concavum* como el agente causal de la mancha y pudrición marrón tostado en fresa. Resultó patogénica en frutos de fresa cv. Aromas y en plantas menores de dos meses de edad. Mostró variación en virulencia, en plantas afectadas varió de 40 a 50%, en frutos alcanzó el 100%.

Conclusión. El resultado determina que *Pilidium concavum* es un patógeno que produce mancha foliar marrón tostado y pudrición marrón tostado en frutos de fresa. Permite nuevas líneas de investigación relacionados con el impacto de la enfermedad en la producción, rendimiento y calidad de fresas en México. Esta investigación es el primer reporte de *Pilidium concavum* como patógeno de fresa en el Estado de México.

Palabras clave: *Pilidium concavum*, frutilla, patogenicidad, virulencia.

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria x ananassa*) es una de las frutillas de gran importancia a nivel mundial desde el punto de vista económico, comercial y nutricional (Giampieri *et al.*, 2012; Ikegaya, 2023). Sin embargo, en su ciclo de vida le afecta varios patógenos: hongos, bacterias, virus y nematodos (Petrasch *et al.*, 2019). Los hongos tienen un mayor impacto en la reducción del rendimiento y calidad nutricional, comercial y económica. Pueden infectar todas las partes de la planta y causar daños graves e incluso la muerte de la planta (Garrido *et al.* 2011; Azam *et al.*, 2019). Entre los hongos y oomicetes patógenos que causan más daño a la fresa se encuentran: *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum* sp., *Sphaerotheca macularis*, *Phytophthora* sp., *Verticillium* sp. y *Diplocarpon earlianum* (Reddy, 2016). Además, han surgido nuevos patógenos considerados como emergentes, los cuales adquieren cada vez más relevancia económica y científica con el tiempo.

Los patógenos emergentes pueden poner en riesgo la productividad de la fresa, ya que su incidencia y severidad pueden aumentar rápidamente y causar pérdidas significativas (Milgroom, 2017; Ristaino *et al.*, 2021). Según Pedraza Herrera *et al.* (2022), las enfermedades emergentes son causadas por patógenos que han experimentado cambios en su incidencia, su distribución geográfica o su rango de hospedantes, así como modificaciones en su patogénesis, evolución o han sido descubiertos o reconocidos recientemente. Entre las nuevas enfermedades ocasionadas por patógenos emergentes están la mancha foliar y la pudrición de la raíz y corona causadas por *Neopestalotiopsis* sp. (Rebollar-Alviter *et al.*, 2020; Baggio *et al.*, 2021), pudrición de frutos por *Neofusicoccum* sp. (Zhan *et al.*, 2021), la mancha foliar y antracnosis ocasionadas por *Pestalotiopsis* sp. (Morales-Mora *et al.*, 2019), así como la mancha foliar marrón tostado y la pudrición marrón en frutos causadas por *Pilidium concavum* (Fernández-Ortuño *et al.*, 2014).

La presencia de la mancha y pudrición marrón tostado en fresa ha sido reportada hasta la fecha únicamente en nueve países: India, Venezuela, Polonia, Brasil, Bélgica, China, EUA, Irán y Corea del Sur (Fernández -Ortuño *et al.*, 2014; Park *et al.*, 2017). La gravedad de los daños causados por esta enfermedad varía considerablemente, desde un tres hasta un 50% de infección en plantas de invernadero e incluso al 70% en frutos almacenados (Lopes *et al.*, 2010; Debode *et al.*, 2011). El patógeno responsable de esta enfermedad es *Pilidium concavum* con un amplio rango de hospedantes en plantas silvestres y cultivadas. Entre las plantas silvestres afectadas se encuentran: *Fallopia japonica*, *Hieracium caespitosum*, *Aesculus hippocastanum*, *Greyia radlkoferi*, los hospedantes cultivados incluyen: *Olea europaea*, *Fragaria x ananassa*, *Paeonia suffruticosa*, *Bergenia crassifolia*, *Rosa rugosa*, *Eucalyptus* spp. *Prunus domestica*, *Vaccinium corymbosum*, *Vitis vinifera* e *Ilex paraguariensis* (Aguin *et al.*, 2016; Karimi *et al.*, 2016; Lopez *et al.*, 2020). La evolución de los patógenos emergentes hacia nuevas áreas geográficas plantea desafíos adicionales para el gobierno, agricultores y científicos ya que deben estar preparados para enfrentar una gama cada vez más amplia de enfermedades que amenazan la seguridad alimentaria y la estabilidad económica. Debido a la incidencia de la pudrición marrón tostado en frutos y hojas de fresa, en Montecillo, Texcoco, México, se planteó el presente trabajo con el objetivo de identificar el agente causal de la pudrición marrón tostado en frutos plantas de fresa, mediante pruebas de patogenicidad, características morfológicas y pruebas moleculares.

Se realizó un muestreo aleatorio y se recolectaron diez plantas de fresa con síntomas de: mancha foliar, necrosis del pedúnculo floral y pudrición de frutos. Esto se llevó a cabo en los meses de octubre y noviembre de 2022 en el invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México, ubicado en las coordenadas 19°27'37"N 98°54'12"W. Las muestras se etiquetaron, empaquetaron en bolsas de polipapel y transportaron en hielera para su procesamiento en el laboratorio de Fitosanidad-Fitopatología, del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Edo. de México. Las muestras se cortaron en tejidos de 1 cm por lado, se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 1% durante tres minutos y se pusieron cinco tejidos por cada muestra en medio papa-dextrosa-agar (PDA; Bioxón®, Becton Dickinson de México) y en cámara húmeda. Se obtuvieron aislamientos de frutos y hojas. El reaislamiento del microorganismo asociado a folíolos y frutos sintomático de la cámara húmeda se realizaron en agua agar (AA; BD Bioxón®, Becton Dickinson de México) con el procedimiento descrito por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA, 2018). Las siembras se incubaron bajo luz blanca natural a temperatura de laboratorio de 25 ± 2 °C durante 72 h, hasta observar crecimiento micelial. Para la purificación del aislamiento, se transfirió punta de hifa en PDA. Los aislamientos monospóricos se obtuvieron mediante diluciones seriales, que se sembraron en AA al 1.6% y se incubaron durante 18 h; de ahí un conidio germinado se transfirió a medio PDA y las siembras se incubaron 25 ± 2 °C. Se conservaron a 15°C en tubos de ensayo con PDA inclinado, adicionados con aceite mineral estéril (Montesinos *et al.*, 2015). La identificación morfológica se realizó con ayuda de claves taxonómicas reportadas por Barnett y Hunter (2006) y para la especie con claves de Palm (1991) y Rossman *et al.* (2004). Se realizaron preparaciones semipermanentes con glicerol al 50% en portaobjetos para observarlas bajo el microscopio compuesto BX51 (Olympus, Japón). Se determinó coloración micelial, así como la morfología y morfometría conidial en 100 conidios por aislado con edad de 14 d después de siembra.

Para las pruebas de patogenicidad se hicieron inoculaciones en frutos de fresa maduros, homogéneos en tamaño y color, y en plántulas de fresa cv. Aromas. La patogenicidad se evaluó en frutos con heridas y frutos sin heridas, previamente desinfestados. Las heridas se realizaron con una aguja estéril hasta una profundidad de 1 cm de profundidad en cada fruto. Se ocuparon cinco frutos por tratamiento. La inoculación se realizó sumergiendo los frutos durante 3 min en la suspensión conidial de 2×10^6 conidios mL^{-1} ajustados mediante hematocitómetro. Los frutos testigos se sumergieron en agua destilada estéril por 3 min. Los frutos se colocaron en un domo de plástico con toallas húmedas estériles, como cámaras húmedas y se incubaron a temperatura de 25 ± 2 °C, con luz blanca natural. La incidencia se evaluó como porcentaje de frutos afectados por el patógeno y la severidad como porcentaje de tejido afectado por el patógeno. En plantas se evaluó en plántulas de 1-2 meses de edad, 3-4 meses de edad y mayor a 4 meses de edad. Se inocularon por aspersión con suspensiones de esporas de 2×10^6 conidios mL^{-1} , tanto vía foliar como radicular. Se asignaron diez plantas por tratamiento. Las plantas testigo se asperjaron con agua bidestilada estéril. Se incubaron en una cámara de crecimiento, con fotoperiodo de 12 h luz de día y 12 h de oscuridad, con una humedad relativa de 80% por siete días y se evaluaron la incidencia y severidad cada 24 h hasta los 20 d después de la inoculación. La incidencia se evaluó como porcentaje de folíolos afectados por el patógeno y la severidad mediante la construcción de una escala visual de siete clases de severidad (Figura 1). Los folíolos de las plantas asintomáticas se desinfestaron y se incubaron en cámara húmeda por

cinco días y se evaluó la incidencia. Las pruebas de patogenicidad se realizaron por triplicado. Los datos de incidencia y severidad se ajustaron en una distribución normal, se utilizó la prueba Tukey en la comparación de medias ($P \leq 0,05$).

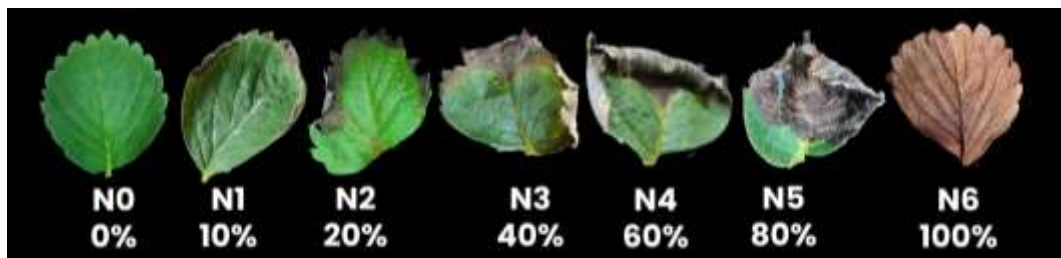


Figura 1. Escala visual para la evaluación de la severidad de la mancha foliar marrón tostado en fresa. Elaboración propia.

Para la identificación molecular se recolectaron micelio y conidios para extraer el DNA genómico, según la técnica de Ahrens y Seemüller (1992). Posteriormente, se amplificaron las regiones del gen ribosomal (rDNA) del espaciador transcrito interno ITS1 e ITS2 mediante PCR con los iniciadores universales ITS5 e ITS4 (Martin y Rygiewicz, 2005), mediante el método de Sanger en la empresa Macrogen (Korea). Las secuencias obtenidas se purificaron y consensaron con las secuencias depositadas en el Banco de Genes del National Center for Biotechnology Information (NCBI) basados en búsquedas y literatura BLAST. Las secuencias que mostraron una similitud de 100% se alinearon en el software MEGA11 versión 11.0.13 (Tamura *et al.*, 2021) y el algoritmo de Clustal y se compararon con las secuencias depositadas en GenBank del National Center for Biotechnology Information (NCBI), con apoyo de la herramienta BLAST. Las secuencias de mayor similitud se extrajeron del banco de datos para el análisis filogenético mediante la construcción de un árbol de unión de vecinos con el método Bootstrap y el modelo Tajima-Neil. Se consideró a *Chaetomella raphigera* como grupo externo (Número de acceso MH860747) y las secuencias de los aislamientos se depositaron en el Banco de Genes del NCBI. Los síntomas observados en los frutos de fresa cv. Aromas son lesiones hundidas asimétricas, húmedas; de color rosa, sin halo clorótico en el epicarpio. La lesión se extiende y se torna de color marrón con masas de conidios blancos que se tornan rosa-rojo y finalmente marrón en la superficie de la lesión (Figura 2A-B). Las lesiones en hojas empiezan por el margen o en el ápice como manchas marrones, asimétricas, con progreso hacia la parte basal de la hoja, caracterizándose como hojas tostadas (Figura 2D-E).

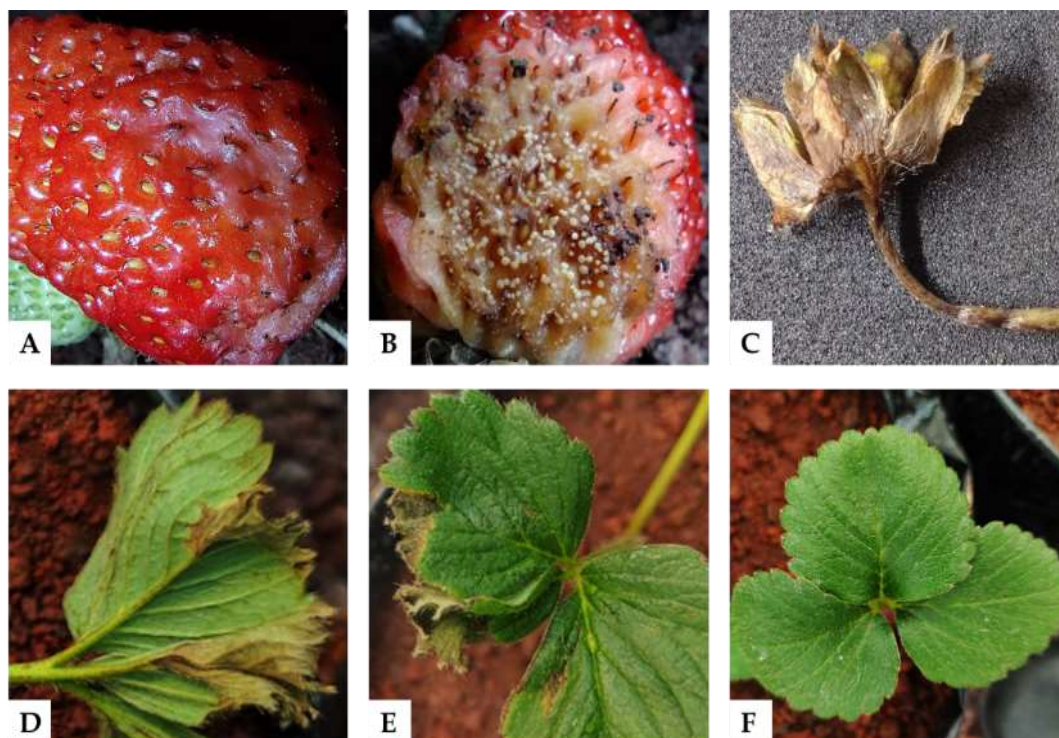


Figura 2. A) Fruto con lesiones hundidas húmedas. B) Fruto con pudrición marrón y estructuras fúngicas. C) Estrangulamiento de color marrón en el pedúnculo floral. D-E) Hojas con bordes marrón tostado. F) hojas sanas.

El aislado en medio PDA, formó colonias circulares de forma regular a irregular, la presencia de micelio blanco fue escaso a nulo (forma de masa) con bordes regulares. El color de la base del crecimiento de la colonia se tornó de canela a marrón. A partir de los 12 d de incubación en medio cultivo PDA los bordes de la colonia se pigmentaron de color marrón claro a oscuro. A los 14 d después de la siembra se visualizó la formación de esporodocios formados en círculos concéntricos, con aspecto gelatinoso, con base negra, discoides a hemisféricos de color marrón claro a marrón oscuro, suborbiculares de 354 a 658 x 370 a 688 μm de largo y ancho. Conidióforos hialinos, unicelulares, cilíndricos, filiforme de 17.64 a 48.04 x 0.83 a 2.49 μm , largo y ancho. Los conidios son hialinos, aseptados, fusiforme, con forma de canoa a alantoides de 5.84 a 10.95 x 1.29 a 3.63 μm , largo y ancho (Figura 3). No se observó etapa sexual. Las características anteriores corresponden a las descritas por Palm (1991) y Rossman (2004) para *Pilidium*, reportándose como parásito facultativo con síntomas similares a los reportados por Debode *et al.* (2011) y Fernández-Ortuño *et al.* (2014).

El alineamiento de las secuencias en el banco de genes (GenBank) del NCBI, mostró una similitud de 100% con *Pilidium concavum* y *P. lythri*. En el árbol filogenético (Figura 4) el aislamiento se ubicó en un clado que comprende los aislamientos de referencia de *P. concavum* y *P. lythri*. Asimismo, se confirmó que *P. concavum* se relaciona más con *P. pseudoconcavum*, con un soporte de 94%. Los aislados se registraron en la base de datos GenBank con las accesiones OR568456 y OR568457. La presencia de *P. concavum* como patógeno de hojas y frutos se ha reportado en varios países, incluyendo la India (Phatak y Payak, 1965), Venezuela (Cedeño *et al.*, 2001), Polonia (Gołębniak y Jarosz,

2003), Brasil (Lopes *et al.*, 2010), Bélgica (Debode *et al.*, 2011), China (Geng *et al.*, 2012), EUA (Fernández-Ortuño *et al.*, 2014), Irán (Ayoubi *et al.*, 2016) y Corea (Park *et al.*, 2017). Sin embargo, en México no había reportes de daños por este patógeno.

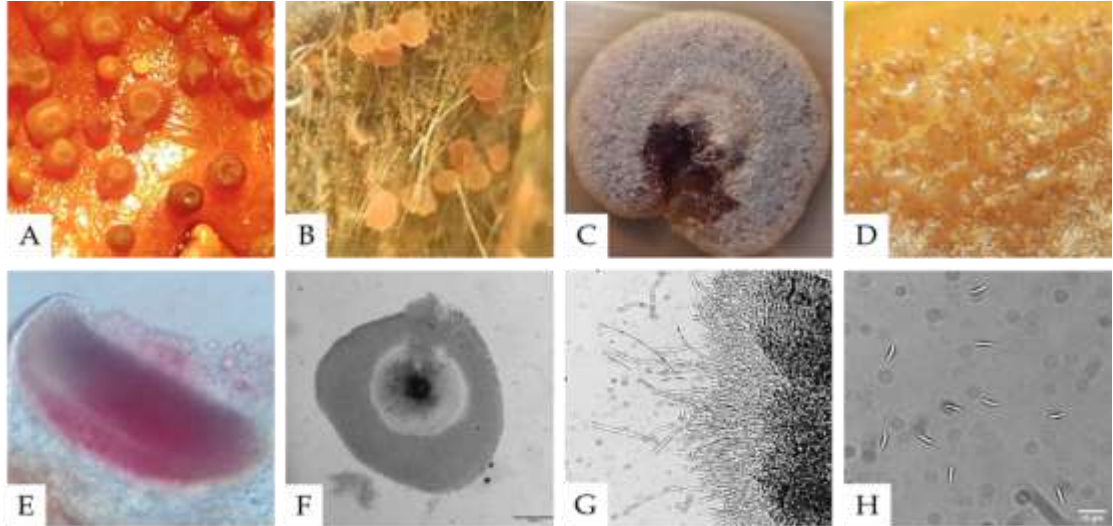


Figura 3. A) Esporodocios en frutos de fresa. B) Esporodocios en el envés de la hoja. C-D) colonia gelatinosa con masa de conidios en medio de cultivo PDA. E-F) corte longitudinal y transversal del esporodocio. G) Conidióforos hialinos, cilíndrico, filiforme. H) Conidios hialinos, aseptados, alantoides.

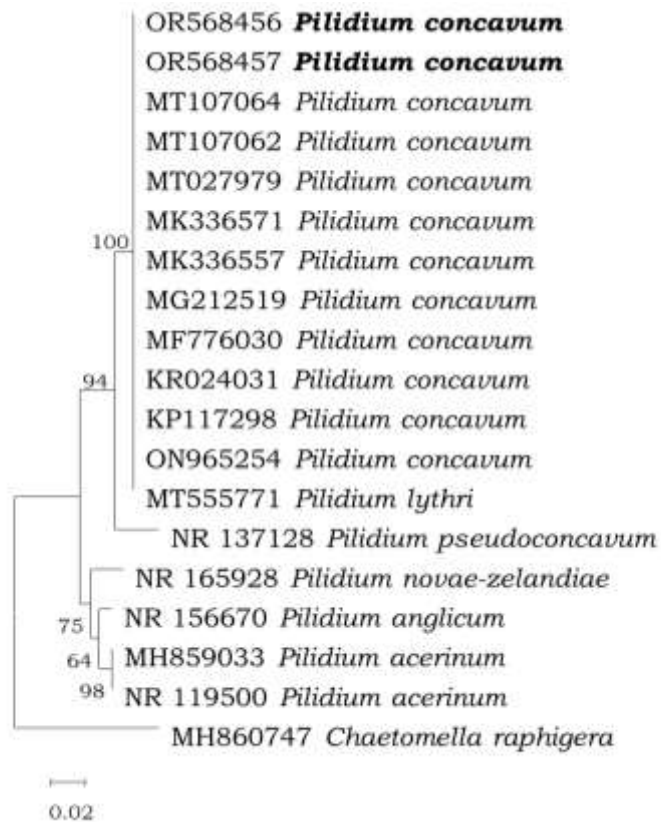


Figura 4. Árbol filogenético basado en unión vecinos de la secuencia rDNA-ITS, que muestra una afinidad filogenética del aislado México (en negritas) con *Pilidium concavum* por encima del 95% del nodo. La barra de escala representa 0.02 sustituciones de nucleótidos por sitio.

La taxonomía de este hongo no se precisa y ha pasado por reclasificaciones basadas en características morfológicas y análisis filogenéticos más recientes. El género *Pilidium* de la familia Chaetomellaceae, clase Leotiomycetes se describió por primera vez como *P. acerinum* (Alb. Y Schwein) (Rossman *et al.*, 2004). Actualmente, las especies reconocidas del género son: *P. acerinum*, *P. lythri* (conocida también como *P. concavum*), *P. pseudoconcavum*, *P. eucalyptorum* y *P. septatum* (Rossman *et al.*, 2004; Kirk *et al.*, 2011; Crous *et al.*, 2013; 2015). *Pilidium concavum*, según Palm (1991) y Rossman *et al.* (2004), demostraron la relación entre el sinamorfo *Hainesia lythri*, *Dacryomyces lythri* (teleoformo *Discohainesia oenotherae*), *Peziza oenotherae*, *Pezizella oenotherae* y *Sclerotiopsis testudinacea* como morfotipos de la misma especie, por lo que se consideran sinónimos. Sin embargo, *Pilidium* es el nombre genérico más antiguo utilizado e incluye varias especies fitopatógenas. Recientemente, Rossman (2014) transfirió a *P. concavum* como sinónimo de *P. lythri*, por lo que ahora referirse en cualquiera de los nombres se considera válido, como una misma especie (Johnston *et al.*, 2014).

En las pruebas de patogenicidad, al tercer día después de la inoculación en frutos con heridas se observaron lesiones hundidas de color rosa opaco a marrón con masas conidiales iniciales color blanco, rosa y finalmente se tornó a marrón (Figura 5A), la incidencia y severidad fue de 100%. En frutos sin heridas los síntomas con estructuras fúngicas se presentaron al quinto día después de la inoculación y la incidencia y severidad fue de 100% (Figura 5D). Las estructuras y esporas en los frutos sintomáticos eran morfológicamente idénticas a las colonias originales utilizadas para la producción de inóculo. Los frutos testigos no mostraron ningún síntoma de la enfermedad. Por lo que a través de estas pruebas se determinó que el agente causal de la pudrición marrón en frutos de fresa es *P. concavum*. Como en las pruebas consistentes reportados por Debode *et al.* (2011) y Karimi *et al.*, (2016) en los frutos de fresa.

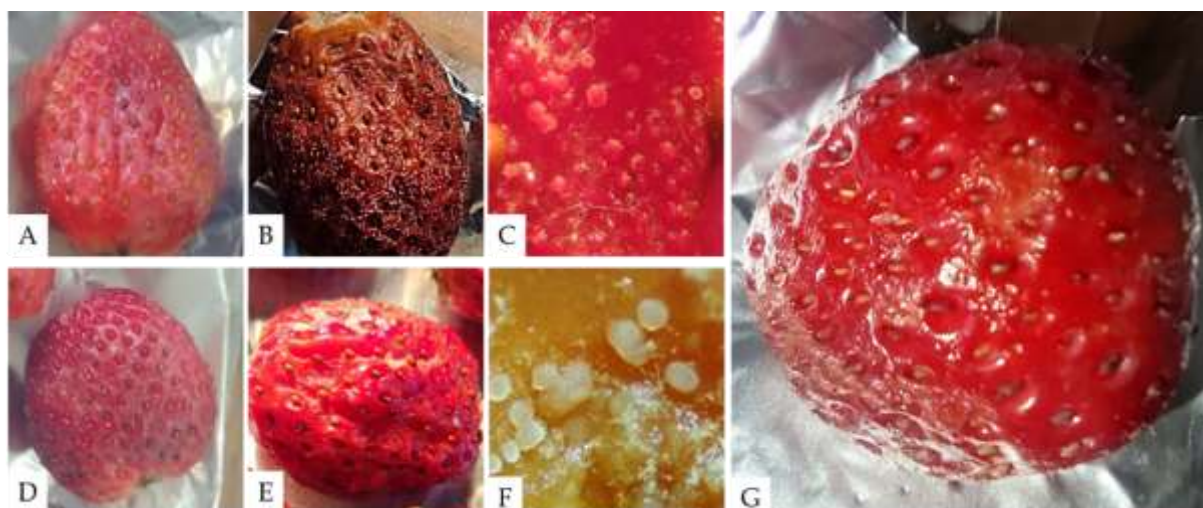


Figura 5. Pruebas de patogenicidad en frutos de fresa inoculados en una concentración de 2×10^6 conidios mL^{-1} del hongo *Pilidium concavum*. **A)** Fruto con heridas inoculado con el hongo. **B)** Fruto con herida con síntomas a las 72 h ddi. **C)** Esporodocios del hongo en el fruto con heridas. **D)** Frutos sin heridas inoculado con el hongo. **E)** Fruto sin herida con síntomas a las 96 h ddi. **F)** Esporodocios del hongo en el fruto sin heridas. **G)** Testigo inoculado con agua destilada estéril, sin ningún síntoma los 96 h ddi.

Las plántulas inoculadas de aproximadamente 1 y 2 meses de edad, se observaron síntomas leves en brotes nuevos y en hojas (Figura 6) a los 20 días después de la inoculación. La inoculación en hojas mostró 50% de incidencia con 20% de severidad. La mayoría de los síntomas se observaron en brotes (hojas nuevas) y hojas maduras senescentes. En contraste, en las plantas inoculadas por raíz, la incidencia fue de 40% y los síntomas se presentaron en hojas senescentes y en hojas nuevas con un 10% de severidad. Los folíolos asintomáticos después de 5 d en cámara húmeda se observaron los esporodocios de color anaranjado a marrón en las hojas (Figura 7). Se observaron estructuras fúngicas en un 90% en el tratamiento inoculado en hojas y un 80% en el inoculado en raíz. No se observaron estructuras en tallo, ni raíces, solo en hojas. Se reisoló el microorganismo y a través de la identificación morfológica se determinó su identidad. Se infiere que el hongo es un potencial patógeno para plántulas de vivero. Esto concuerda con Debode *et al.* (2011) y Fernández-Ortuño *et al.* (2014) quienes informaron sobre la infección en vivero y lotes de trasplante. La infección a las plantas fue sistémica. Las plantas inoculadas por raíz presentaron estructuras en las hojas cuando fueron expuestas a cámara húmeda, resultados muy similares a los obtenidos por Lopez *et al.* (2020) al inocular plantas de yerba de mate vía raíz, donde se observaron daños en las hojas. En este estudio se observó en plantas en etapa de fructificación 6 meses después de la inoculación, síntomas de pudrición de frutos, por lo que el inóculo estuvo latente en las plantas y provocó daños cuando las condiciones le fueron favorables. De acuerdo con Hipol *et al.* (2014), *P. concavum* forma parte de los hongos endófitos, ya que pertenece a la clase de los Leotiomycetes del subfilo Pezizomycotina, donde se ubican los hongos endomicorrizas endófitos comunes. Por lo tanto, puede tener la capacidad de ser endófito en las plantas de fresa. La inoculación en plantas de fresa de tres y mayor de cuatro meses de edad no indujo síntomas de pudrición marrón en las hojas. Sin embargo, cuando estas desarrollaron y fructificaron después de 6 meses de la inoculación, los frutos y botones florales presentaron síntomas con estructuras fúngicas de *P. concavum*.



Figura 6. Plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) cv. Aromas menor de tres meses de edad, a los 15 días después de inoculación (dpi) con una suspensión de 2×10^6 conidios por mL de *Pilidium concavum*. A) Inoculación vía foliar; B) Inoculación vía raíz; C) Testigo inoculado con agua destilada estéril.



Figura 7. A) Hojas de fresa asintomáticos después de 28 dpi, puestos en cámara húmeda B) Formación de esporodocios en las hojas después de 5 días en cámara húmeda.

P. concavum es un hongo con amplia gama de hospedantes. Su importancia radica en afectar a cultivos de valor económico especialmente a los frutos de olivo (Arzanlou *et al.*, 2013), yerba de mate (López *et al.*, 2020), racimos de uva (Aguin *et al.*, 2016) y a la fresa (Debode *et al.*, 2011). Por lo que la evolución este patógeno, su distribución geográfica, el rango de hospedantes y su interacción con las plantas adquieren una relevancia creciente en el contexto del cambio climático global. Este fenómeno afecta la comunidad vegetal en todos sus aspectos, desde el crecimiento y reproducción hasta la resistencia y susceptibilidad (Zhao *et al.*, 2017; Tito *et al.*, 2018). Además, el cambio climático altera la población y el comportamiento de los microorganismos, alterando las interacciones entre estos y sus hospedante (Cohen y Leach, 2020). Esto puede llevar a la adopción de nuevas estrategias de invasión mediante la modificación del sistema de virulencia, lo que a su vez podría comprometer la resistencia de las plantas (Cheng *et al.*, 2019). Como consecuencia, la interacción planta-microorganismo puede transformarse de una asociación mutualista a patogénica o viceversa (González *et al.*, 2021). En este estudio, se reporta a *Pilidium concavum* como la especie que causó la pudrición marrón tostado en frutos y hojas de fresa en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Las características morfológicas y las pruebas de patogenicidad junto con la caracterización molecular y una evaluación de la literatura demostraron que no había diversidad genética entre los aislados en folíolos y en frutos, aunque se requieren mayores estudios y monitorear regiones en donde se cultive la fresa. Se asoció con mayor frecuencia los síntomas en frutos, lo que contribuyó a las dificultades de replicación de síntomas en hojas. Se necesita investigación adicional para dilucidar el origen del nuevo patógeno y el ciclo de la enfermedad y desarrollar estrategias integradas para el manejo de la enfermedad en viveros y postcosecha.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Colegio de Postgraduados al programa de Fitosanidad-Fitopatología y al CONAHCYT por beca otorgada.

REFERENCIAS

- Aguin O, Ferreiroa V, González-Jartín J, Alfonso A, Mansilla JP, y Sainz MJ. (Eds.). 2016. *Pilidium concavum*, ascomiceto asociado a podredumbre de racimo en *Vitis vinifera* “Albariño”. Sociedad Española de Fitopatología. XVIII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología.
- Arzanlou M, Torbati M and Jafary H. 2013. Fruit rot on olive caused by *Pilidium concavum* in Iran. *Australasian plant disease Notes* 8(1): 117–121. <https://doi.org/10.1007/s13314-013-0111-0>
- Ayoubi N, Soleimani MJ and Zare R. 2016. *Pilidium concavum*, causing tan brown rot on strawberry in Iran. *Journal of plant pathology: an international journal of the Italian Phytopathological Society* 98(3): 667–669. <http://www.jstor.org/stable/44280519>
- Azam M, Ejaz S, Naveed URR, Khan M and Rashad Q. 2019. Postharvest quality management of strawberries. In *Strawberry-pre and post-harvest management techniques for higher fruit quality*. Toshiki A y Md A y (eds.). IntechOpen: Rijeka, Croatia, 2019; p. 22. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.82341>
- Baggio JS, Forcelini BB, Wang N-Y, Ruschel RG, Mertely JC, and Peres NA. 2021. Outbreak of leaf spot and fruit rot in Florida strawberry caused by *Neopestalotiopsis* spp. *Plant disease* 105(2): 305–315. <https://doi.org/10.1094/pdis-06-20-1290-re>
- Barnett HL and Hunter BB. 2006. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4th Edition. The American Phytopathological Society. St. Paul Minnesota, 218 p
- Cedeño L, Carrero C, Castro Y, Calderón J, and Quintero K. 2001. Tan brown rot caused by *Discohainesia oenotherae* on strawberry fruits in Merida-Venezuela. *Interciencia* 26(3): 113–116.
- Cheng YT, Zhang L and He SY. 2019. Plant-microbe interactions facing environmental challenge. *Cell Host y Microbe* 26(2): 183–192. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2019.07.009>
- Cohen SP, and Leach JE. 2020. High temperature-induced plant disease susceptibility: more than the sum of its parts. *Current Opinion in Plant Biology* 56:235–241. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2020.02.008>
- Crous PW, Wingfield MJ, Guarro J, Cheewangkoon R, van der Bank M, Swart WJ, Stchigel AM, Cano-Lira JF, Roux J, Madrid H, Damm U, Wood AR, Shuttleworth LA, Hodges CS, Munster M, Yáñez-Morales MJ, Zúñiga-Estrada L, Cruywagen EM, De Hoog GS, ... Groenewald JZ. 2013. Fungal planet description sheets: 154–213. *Persoonia* 31(1): 188–296. <https://doi.org/10.3767/003158513x675925>
- Crous PW, Wingfield MJ, Roux J, Richardson DM, Strasberg D, Shivas RG, Alvarado P, Edwards J, Moreno G, Sharma R, Sonawane MS, Tan YP, Altés A, Barasubiye T, Barnes CW, Blanchette RA, Boertmann D, Bogo A, Carlavilla JR, Groenewald JZ. 2015. Fungal planet description sheets: 371–399. *Persoonia* 35(1): 264–327. <https://doi.org/10.3767/003158515x690269>
- Crous PW, Verkley GJM, Groenewald JZ and Houbraken J. (Eds.). (2019). *Westerdijk Laboratory Manual Series No. 1. Fungal biodiversity*. Second edition. Utrecht, The Netherlands, 438p.
- Debode J, Van Hemelrijck W, Heungens K, Maes M and Creemers P. (2011). First report of *Pilidium concavum* causing tan brown rot on strawberry fruit in Belgium. *Plant Disease*, 95(8), 1029–1029. <https://doi.org/10.1094/pdis-10-10-0752>
- Fernández-Ortuño D, Bryson PK and Schnabel G. 2014. First report of *Pilidium concavum* causing tan brown rot on strawberry nursery stock in South Carolina. *Plant Disease* 98(7): 1010–1010. <https://doi.org/10.1094/pdis-01-14-0048-pdn>
- Garrido C, Carbú M, Fernández-Acero FJ, González-Rodríguez VE and Cantoral JM. 2011. New insight in the study of strawberry fungal pathogens. *Genes, genomes and genomics* 5(1): 24–39.
- Geng WL, Hu P, Ma Z, Zhao XY and Wei YM. 2012. First report of *Pilidium concavum* causing tan brown leaf spot on strawberry in China. *Plant Disease* 96(9): 1377–1377. <https://doi.org/10.1094/pdis-03-12-0310-pdn>
- Giamperio F, Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, Quiles JL, Mezzetti B and Battino M. 2012. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)* 28(1): 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.08.009>
- Gołębniak B and Jarosz A. 2003. First report of tan brown rot (*Hainesia lythri*) on strawberry fruits in Poland.
- González R, Butković A, Escaray FJ, Martínez-Latorre J, Melero Í, Pérez-Parets E, Gómez-Cadenas A, Carrasco P and Elena SF. 2021. Plant virus evolution under strong drought conditions results in a transition from parasitism to mutualism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118(6). <https://doi.org/10.1073/pnas.2020990118>
- Hipol RM, Magtoto LM, Tamang SMA and Damatac AM-II. 2014. Antioxidant activities of fungal endophytes isolated from strawberry *Fragaria x ananassa* Fruit. *Electronic Journal of Biology* 10(4). <https://ejbio.imedpub.com/antioxidant-activities-of-fungal-endophytes-isolated-from-strawberry-fragaria-x-ananassa-fruit.php?aid=6001>

- Ikegaya A. 2023. Composition of free sugars and organic acids in Japanese strawberry cultivars and their influence on the perception of sweetness and sourness. *Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16842>
- Johnston PR, Seifert KA, Stone JK, Rossman AY and Marvanová L. 2014. Recommendations on generic names competing for use in Leotiomycetes (Ascomycota). *IMA Fungus* 5(1): 91–120. <https://doi.org/10.5598/imafungus.2014.05.01.11>
- Karimi K, Arzanlou M, Babai-Ahari A and Pertot I. 2016. Biological and molecular characterization of *Pilidium lythri*, an emerging strawberry pathogen in Iran. *Phytopathologia Mediterranea* 55(3): 366–379. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-18391
- Kirk PM, Cannon PF, Minter DW, and Stalpers JA. (Eds.). 2011. Dictionary of the fungi (10a ed.). CABI Publishing.
- Lopes UP, Zambolim L, Lopes UN, Pereira OL, and Costa H. 2010. First report of *Pilidium concavum* causing tan-brown rot in strawberry fruits in Brazil. *Plant Pathology* 59(6): 1171–1172. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02331.x>
- Lopez AC, Alvarenga AE, Zapata PD, Luna MF, and Villalba LL. 2020. Aislamiento e identificación de hongos asociados a *Ilex paraguariensis* St. Hil. *Revista de ciencia y tecnología* 33: 20–26. <https://doi.org/10.36995/j.recyt.2020.33.003>
- Martin KJ, y Rygielwicz PT. 2005. Fungal-specific PCR primers developed for analysis of the ITS region of environmental DNA extracts. *BMC Microbiology*, 5, 28. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-5-28>
- Milgroom MG. (Ed.). 2017a. CHAPTER 1: Introduction to population biology and evolution. In *Population Biology of Plant Pathogens: Genetics, Ecology, and Evolution* (pp. 1–11). The American Phytopathological Society.
- Montesinos-Matías R, Ayala-Zermeño MA, y Berlanga-Padilla AM. 2015. Manual para la conservación y mantenimiento de hongos entomopatógenos. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. Dirección General de Sanidad Vegetal. SAGARPA. SENASICA. Tecomán, Colima, México. Pp. 59. ISBN: 978-968-5384-08-7
- Morales-Mora LA, Martínez-Salgado SJ, Valencia de Ita MA, Andrade-Hoyos P, Silva-Rojas HV, and Romero-Arenas O. 2019. First report of leaf spot and anthracnosis caused by *Pestalotiopsis* sp. On strawberry in Puebla, Mexico. *Plant Disease* 103(10): 2668–2668. <https://doi.org/10.1094/pdis-05-19-1010-pdn>
- Palm ME. (1991). Taxonomy and morphology of the synanamorphs *Pilidium concavum* and *Hainesia lythri* (coelomycetes). *Mycologia*, 83(6), 787–796. <https://doi.org/10.1080/00275514.1991.12026084>
- Park MJ, Back CG, Park JH, and Han KS. 2017. Occurrence of tan brown leaf spot caused by *Pilidium concavum* on *Fragaria ananassa* in Korea. *Han'guk Kyunhakhoe chi* 45(4): 377–380. <https://doi.org/10.4489/KJM.20170044>
- Pedraza-Herrera LA, Sánchez F, Arias-Avila V, Moreno MF y Sánchez-Leal LC. 2022. Enfermedades emergentes y reemergentes de plantas en Latinoamérica: una revisión. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 13(2): 15–51. <https://doi.org/10.22490/21456453.4639>
- Petrasch S, Knapp SJ, van Kan JAL y Blanco-Ulate B. 2019. Grey mould of strawberry, a devastating disease caused by the ubiquitous necrotrophic fungal pathogen *Botrytis cinerea*. *Molecular Plant Pathology* 20(6), 877–892. <https://doi.org/10.1111/mpp.12794>
- Phatak HC, and Payak MM. 1965. *Hainesia lythri* on strawberry. A new disease record for India. *Indian Phytopathology* 237–239.
- Rebollar-Alviter A, Silva-Rojas HV, Fuentes-Aragón D, Acosta-González U, Martínez-Ruiz M, and Parra-Robles BE. (2020). An emerging strawberry fungal disease associated with root rot, crown rot and leaf spot caused by *Neopestalotiopsis rosae* in Mexico. *Plant Disease*, 104(8), 2054–2059. <https://doi.org/10.1094/pdis-11-19-2493-sc>
- Reddy PP. 2016. Strawberry. En *Sustainable Crop Protection under Protected Cultivation* (pp. 245–260). Springer Singapore.
- Ristaino JB, Anderson PK, Bebber DP, Brauman KA, Cunniffe NJ, Fedoroff NV, Finegold C, Garrett KA, Gilligan CA, Jones CM, Martin MD, MacDonald GK, Neenan P, Records A, Schmale DG, Tateosian L and Wei Q. 2021. The persistent threat of emerging plant disease pandemics to global food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118(23). <https://doi.org/10.1073/pnas.2022239118>
- Rossman AY, Cathie-Aime M, Farr DF, Castlebury LA, Peterson KR and Leahy R. 2004. The coelomycetous genera *Chaetomella* and *Pilidium* represent a newly discovered lineage of inoperculate discomycetes. *Mycological Progress* 3(4) 275–290. <https://doi.org/10.1007/s11557-006-0098-4>
- Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2018). Protocolo de diagnóstico: *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* Raza 4 Tropical (Marchitez por Foc R4) [Versión 1.0]. Tecámac, México
- Tamura K, Stecher G and Kumar S. 2021. MEGA11: Molecular evolutionary genetics analysis version 11. *Molecular Biology and Evolution* 38(7): 3022–3027. <https://doi.org/10.1093/molbev/msab120>
- Tito R, Vasconcelos HL and Feeley KJ. 2018. Global climate change increases risk of crop yield losses and food insecurity in the tropical Andes. *Global Change Biology* 24(2). <https://doi.org/10.1111/gcb.13959>
- Zhan Y, Peng W, Xu Z, Feng X and Xu H. 2021. First report on *Neofusicoccum kwambonambiense* causing strawberry root rot on strawberry in China. *Journal of Plant Pathology: An International Journal of the Italian Phytopathological Society* 103(3): 1003–1004. <https://doi.org/10.1007/s42161-020-00720-1>
- Zhao C, Liu B, Piao S, Wang X, Lobell DB, Huang Y, Huang M, Yao Y, Bassu S, Ciais P, Durand JL, Elliott J, Ewert F, Janssens IA, Li T, Lin E, Liu Q, Martre P, Müller C, and Asseng S. 2017. Temperature increase reduces global yields

of major crops in four independent estimates. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 114(35): 9326–9331. [https://doi.org/ 10.1073/pnas.1701762114](https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114)