

9. Incidencia de *Fusarium circinatum* en un ensayo de progenies de *Pinus patula* en Xico, Veracruz



DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.425.09>

GUILLERMO RODRÍGUEZ RIVAS *
ADARELY YETZALY SALAS-SÁNCHEZ **

DAVID ALARCÓN-UTRERA ***

JESÚS DORANTES LÓPEZ ****

EDUARDO HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ *****

Resumen

El cancro resinoso causado por *Fusarium circinatum* es una de las enfermedades forestales más importantes en plantaciones de pino con relevancia internacional por su impacto en ecosistemas naturales y plantaciones comerciales, además del daño significativo en la calidad de la madera. En la localidad Coxmatla, Xico, Veracruz, se tiene instalado un ensayo de progenies de *Pinus patula* con 20 bloques y 64 familias distribuidas de 14 procedencias donde se ha notado la presencia de árboles afectados con *F. circinatum*. El objetivo de este trabajo fue tipificar los daños visibles causados por el hongo y analizar su distribución entre procedencias de *P. patula*. Se realizó un estudio de sanidad forestal en donde se evaluó la incidencia de *F. circinatum*. Se realizó un recorrido sistemático para

* Maestro en Ciencias. Profesor en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: 0009-0008-0694-9838. Correo electrónico: guilrodriguez@uv.mx

** Estudiante en Facultad de la Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, México. Correo electrónico: zS21010482@estudiantes.uv.mx

*** Doctor en Ciencias Agropecuarias. Profesor en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4413-5946>; correo electrónico: davalarc@uv.mx

**** Biólogo. Profesor-Investigador en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, México. Correo electrónico: jdorantes@uv.mx

***** Doctor en Ciencias Agropecuarias. Profesor en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Popular Autónoma de Veracruz, México. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2850-2235>; correo electrónico: hernandez23@ueh.edu.mx

registrar la sintomatología típica de *F. circinatum* en los árboles. Los datos fueron organizados en bases de datos y analizados mediante la prueba de chi-cuadrada. Los resultados mostraron que el 47% de los árboles presentó algún tipo de daño, siendo la exudación resinosa seca el síntoma más frecuente. Asimismo, se detectaron diferencias significativas entre procedencias ($P < 0.05$), en donde Calchualco fue la más afectada por *F. circinatum*, mientras que Tlacolulan fue la que presentó menor daño, lo que sugiere que la susceptibilidad está influida por la genética del origen geográfico.

Palabras clave: *sanidad forestal, ensayo de progenies, formación ambiental*

Introducción

En México, el género *Pinus* tiene gran importancia ecológica, económica y social, su valor económico es alto ya que es fuente de madera, leña, pulpa, resina y semillas, además, sustenta la industria forestal y proporciona servicios ambientales. La mayoría de sus especies se restringen a determinados rangos geográficos, en donde el clima y el suelo son los factores principales que delimitan su distribución. El cambio en el clima y la actividad antropogénica inducen modificaciones en la fenología, el crecimiento, e incluso en la dinámica poblacional, así como en los intervalos de distribución de muchas especies (Sánchez-Castillo *et al.*, 2022).

Los ensayos de progenies son plantaciones en las cuales se evalúa a los progenitores con base en la respuesta de su descendencia, esta información sirve para determinar el valor genético de los árboles inicialmente seleccionados, mediante la evaluación de parámetros genéticos bajo un diseño experimental determinado (Morales *et al.*, 2013). En México existen programas de mejoramiento genético forestal con ensayos de progenies de *Pinus patula*. Dentro de los parámetros más comunes a evaluar se encuentran la adaptabilidad, el crecimiento en diámetro y altura, así como la tolerancia y resistencia a plagas para posteriormente analizar parámetros genéticos como la heredabilidad (Flores *et al.*, 2014).

El cancro resinoso causado por el hongo fitopatógeno *Fusarium circinatum*, representa una amenaza creciente para los ecosistemas forestales y

las plantaciones comerciales debido a su expansión geográfica (Tovar *et al.*, 2007). Este hongo provoca daños en semilla, planta de vivero y árboles adultos en los que ocasiona debilitamiento estructural, reducción en el crecimiento y pérdidas significativas en la calidad de la madera (Aloi *et al.*, 2021). *Fusarium circinatum* es originario del este de Estados Unidos y su presencia se ha extendido a México, así como a otros países de Latinoamérica y Europa (CONAFOR, 2025). En algunas zonas de la región montañosa del estado de Veracruz donde se cultiva *P. patula* ya se encuentra presente (CONAFOR, 2025) y se ha detectado en un ensayo de progenies en la localidad de Coxmatla, en el municipio de Xico, Veracruz.

La detección y tipificación del daño por este agente biótico permitirá proponer medidas preventivas y/o de manejo oportunas. El objetivo del presente trabajo fue tipificar el daño por *F. circinatum* mediante la observación de exudaciones resinosas y marchitez del ápice para analizar su incidencia a nivel de procedencias en un ensayo de progenies de *P. patula*, lo que permitirá en un futuro seleccionar platas tolerantes al patógeno y contribuirá en el desarrollo de programas de mejoramiento genético enfocados en la sanidad forestal.

La detección y tipificación del daño por este agente biótico permitirá proponer medidas preventivas y/o de manejo oportunas. El objetivo del presente trabajo fue tipificar el daño por *F. circinatum* mediante la observación de exudaciones resinosas y marchitez del ápice para analizar su incidencia a nivel de procedencias en un ensayo de progenies de *P. patula*, lo que permitirá en un futuro seleccionar platas tolerantes al patógeno y contribuirá en el desarrollo de programas de mejoramiento genético enfocados en la sanidad forestal.

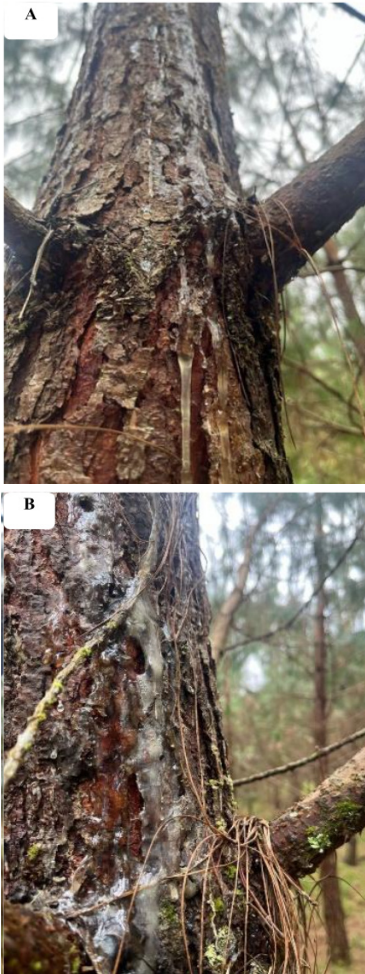
Materiales y métodos

El trabajo se realizó en una plantación (ensayo de progenies) de *P. patula* establecida en 2017, ubicada en el Rancho Don Silvino a 2009 msnm, en la localidad de Coxmatla, en el municipio de Xico, Veracruz (19°25'58.6"N; 97°04'42.6"O). El diseño del ensayo fue conformado por 20 bloques con 64 familias provenientes de los ejemplares sobresalientes de 14 procedencias dentro del estado de Veracruz, seleccionadas por encontrarse en el rango natural de distribución de la especie: Las Vigas, Xico, Ixhuacán de los Reyes, Tehuipango,

Tlaquilpa, Atlahuilco, Soledad Atzompa Mariano Escobedo, Maltrata, Acajete, Tlacolulan, Calcahualco, Atzitzintla, y Camerino Z. Mendoza.

Figura 9.1. Daños causados por *F. circinatum* en árboles de *P. patula* en la localidad de Coxmatla, Xico, Veracruz.

- A) Exudación resinosa cristalina.
B) Exudación resinosa seca.



Se establecieron criterios para clasificar el daño: exudación resinosa cristalina, exudación resinosa seca y ápice marchito o seco. Se realizó un recorrido por toda la plantación con el fin de hacer las observaciones en cada uno de los árboles y registrar todos los datos. Una vez concluida esta etapa en campo, se elaboró una base de datos utilizando el programa Microsoft Excel, en la cual se integraron y organizaron de manera sistemática los datos obtenidos. Se aplicó una prueba estadística exploratoria de Chi-cuadrada ($\alpha = 0.05$) con el objetivo de establecer si las familias y las procedencias, presentaron diferencias respecto al daño causado por *F. circinatum* de manera separada. Debido a la mortalidad de algunas plantas en los bloques, se consideró al menos 10 réplicas para el análisis en todas las familias y procedencias ($n > 10$).

Resultados y discusión

De un total de 1280 árboles establecidos inicialmente se tiene un porcentaje de sobrevivencia de 82% (1052 árboles), de los cuales el 47% presentó algún daño por *F. circinatum*. En la observación se encontró que el 16% de los árboles presentan exudación resinosa cristalina (figura 9.1 A), y el 31% exudación resinosa seca (figura 9.1 B), mientras que el 5% presenta marchitez en el ápice.

Asimismo, con los datos obtenidos se realizaron análisis a nivel de procedencia, de los cuales se identificaron los valores máximos y mínimos. En cuanto a las 14 procedencias, Calcahualco fue la más afectada con un 71% de daño por *F. circinatum*, y Tlacolulan fue la que tuvo menor daño con un 31% (tabla 9.1).

Tabla 9.1. Porcentajes de daños causados por *F. circinatum* en árboles de *P. patula* en un ensayo de progenies con distintas procedencias del estado de Veracruz, establecido en la localidad de Coxmatla, Xico, Veracruz.

Procedencias	% Daños generales	% Exudación resinosa		% Marchitez de ápice
		Cristalina	Seca	
Calcahualco	71**	26	45**	3
Acajete	55	24	31	3
Ixhuacán de los Reyes	54	16	38	38**
Atzitzintla	53	12	41	10
Maltrata	53	19	33	0*
Atlahuilco	53	18	34	5
Xico	49	16	33	2
Camerino Z. Mendoza	47	59**	41	5
Las Vigas	46	17	29	2
Soledad Atzompa	41	21	21	0*
Tehuipango	40	11*	30	13
Mariano Escobedo	37	11*	27	1
Tlaquilpa	37	13	24	2
Tlacolulan*	31*	11*	20*	0*

** Mayor porcentaje. * Menor porcentaje.

Fuente: Elaboración propia

El análisis estadístico de Chi-cuadrada del daño general ocasionado por *F. circinatum* mostró diferencias entre procedencias ($P = 0.026$). La evidencia sugiere que la susceptibilidad de *P. patula* a *F. circinatum* está influida principalmente por factores genéticos derivados de su origen regional. En el caso de los tipos específicos de daño estudiados, se observó que la exudación resinosa cristalina es una de las primeras manifestaciones visibles de infección. Este síntoma mostró diferencias ($P = 0.002$) entre procedencias, lo que sugiere que la respuesta inicial frente al patógeno

también está influida por factores genéticos asociados al origen geográfico de las plantas.

Por otro lado, la exudación resinosa seca, que se presenta en etapas más avanzadas de la infección con apariencia similar a la cera, no mostró diferencias significativas entre procedencias ($P = 0.207$). Este patrón indica que una vez que la infección progresa, los árboles tienden a mostrar un comportamiento uniforme en cuanto al desarrollo del daño sin importar su origen. En cuanto a la marchitez del ápice se encontró que la mayoría de las procedencias resistieron las etapas tardías de infección. Ello sugiere que existen plantas de algunos orígenes geográficos que resisten de forma más efectiva el daño por *F. circinatum*.

Entre las procedencias que destacan en su resistencia a *F. circinatum* en todas las evaluaciones se encuentran Tlacolulan, Tlaquilpa, Mariano Escobedo y Tehuipango. Se deduce que su genética podría ser clave para establecer plantaciones con mejores características de resistencia a esta enfermedad.

Conclusiones

El estudio indica que existe variabilidad genética en la respuesta a *F. circinatum*, especialmente en las etapas iniciales de la infección y que el origen geográfico puede ser factor determinante en la susceptibilidad. La identificación de progenies con menor incidencia de daño es clave para el mejoramiento genético y el establecimiento de plantaciones más resilientes en zonas afectadas por este patógeno, por lo que se recomienda complementar este enfoque con análisis de mayor resolución estadística, para incluir comparaciones de familia y complementar contrastes de cada procedencia contra el resto, facilitando así la identificación de genotipos con respuesta diferenciada y potencial tolerancia al patógeno.

Se destaca que los resultados obtenidos provienen de un análisis exploratorio general mediante pruebas de chi-cuadrada, condicionada a identificar patrones generales en las variables de respuesta asociadas al daño por *F. circinatum*. Esta aproximación permitió detectar efectos de las procedencias en algunos síntomas específicos sugiriendo fuertemente que existen genotipos con mayor resistencia que otros a *F. circinatum*, la

identificación y, especialmente, el entrecruzamiento de esos individuos puede representar el eslabón necesario para el mejoramiento genético de la especie y la mayor resistencia al cancro resinoso.

Referencias

- Aloi, F., Zamora-Ballesteros, C., Martín-García, J., Diez, J. J., y Cacciola, S. O. (2021). Co-infections by *Fusarium circinatum* and *Phytophthora* spp. on *Pinus radiata*: Complex phenotypic and molecular interactions. *Plants*, 10(10), 1976. doi.org
- Cibrián Tovar, D., Alvarado Rosales, D., y García Díaz, S. E. (2007). *Enfermedades forestales en México*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Comisión Nacional Forestal. (2025). *Diagnóstico fitosanitario forestal del estado de Veracruz*. <https://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/02%20Informes%20de%20acciones%20operativas/DiagnosticosEstatales/2025/Veracruz.pdf>
- Comisión Nacional Forestal. (2025). *Fusarium circinatum Nirenberg y O'Donnell*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Flores Flores, C., López Upton, J., y Valencia Manzo, S. (2014). *Manual técnico para el establecimiento de ensayos de procedencias y progenies*. Comisión Nacional Forestal.
- Morales, E. G., López-Upton, J., Vargas-Hernández, J. J., Ramírez-Herrera, C., y Gil-Muñoz, A. (2013). Parámetros genéticos de *Pinus patula* en un ensayo de progenies establecido en dos altitudes. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(2), 155-162.
- Sánchez-Castillo, C., Wehenkel, C., Golubov, J., Vanoye-Eligio, V., Martínez-Gallegos, R., De la Rosa-Manzano, E., Torres-Castillo, J. A., y Martínez-Ávalos, J. G. (2022). Estructura y composición de los bosques de *Pinus pinceana* Gordon (Pinaceae), en el norreste de México. *Botanica Sciences*, 100(4), 1058-1072. <https://doi.org/10.17129/botsci.2946>