



## Caracterización y control de la caída foliar en pinos de Puebla Characterization and control of leaf shedding in pines of Puebla

Sheyla Nallely Muñoz Belmont<sup>1</sup>, Victor Javier Arriola Padilla<sup>1\*</sup>, Ramiro Pérez Miranda<sup>1</sup>, José Francisco Reséndiz Martínez<sup>1</sup> y Martín Enrique Romero-Sánchez<sup>1</sup>

### Abstract

Since 2014, different species of pines of *Sierra Norte de Puebla* have shown important defoliations. In the present study, causal agents were characterized and the effectiveness of chemical and biological products for the control of foliar shedding in the pines of *Puebla* was assessed. Three experimental sites were established in the *Tetela de Ocampo* (1) and *Zautla* municipalities (2). An experimental design was applied as random blocks with seven treatments (T): 1) *Propiconazole*, 2) *Trichoderma* sp., 3) potassium bicarbonate, 4) biological enhancer, 5) Chlorothalonil, 6) Control treatment and 7) *Propiconazole* + biological improver. The assessed variables were the percentage of damage to the crown and the affected surface of the leaf. Foliar shedding of pines is associated with different agents, among which fungi genera *Pestalotiopsis* and *Lophodermium* and insect *Ocoaxo aff. fowleri* stand out; however, in the study sites, these agents were not constantly found. The pines with T4, T3 and T7 presented a lower percentage of affectation in the foliage by fall. Results indicate that the use of biological products offers a viable alternative for the control of the agent of foliar shedding of pine, since in addition, it is environment friendly.

**Key words:** Insecticide, *Lophodermium*, biological improver, *Ocoaxo*, *Pestalotiopsis*, *Pinus*.

### Resumen

A partir de 2014, diferentes especies de pinos de la Sierra Norte de Puebla han presentado defoliaciones importantes. En el presente estudio se caracterizaron los agentes causales y se evaluó la efectividad de productos químicos y biológicos para el control de la caída foliar en dichos taxones. Se establecieron tres sitios experimentales en los municipios Tetela de Ocampo (1) y Zautla (2). Se siguió un diseño experimental de bloques al azar con siete tratamientos (T): 1) Propiconazol, 2) *Trichoderma* sp., 3) bicarbonato de potasio, 4) mejorador biológico, 5) Clorotalonil, 6) Testigo y 7) Propiconazol + mejorador biológico. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de daño de la copa y de la superficie afectada de la hoja. La caída foliar en los pinos se asocia a diferentes agentes, entre los que destacan los micromicetos: *Pestalotiopsis* y *Lophodermium*, así como el insecto *Ocoaxo aff. fowleri*; sin embargo, en los sitios de estudio no se registraron de forma constante. Los pinos con los T4, T3 y T7 presentaron menor porcentaje de caída de follaje. Los resultados indican que el uso de productos biológicos ofrece una alternativa viable para el control del agente causal de la caída foliar del pino; ya que, además, es amigable con el medio ambiente.

**Palabras clave:** Insecticida, *Lophodermium*, mejorador biológico, *Ocoaxo*, *Pestalotiopsis*, *Pinus*.

Fecha de recepción/Reception date: 14 de julio de 2019  
Fecha de aceptación/Acceptance date: 15 de octubre de 2019

<sup>1</sup>Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP. México.

\*Autor por correspondencia; correo-e: arriola.victor@inifap.gob.mx

## Introducción

El territorio mexicano consta de 196 437 500 ha, de las cuales, el área forestal de Puebla abarca 1 698 722 ha; 460 771 corresponden a bosques y 307 455 a selvas medianas y bajas, lo que representa, aproximadamente, 49.4 % de la superficie estatal (Romero, 2011; INEGI, 2014).

El estado reúne una enorme riqueza natural por su ubicación latitudinal y su variación altitudinal, lo que da lugar a un gran número de ecosistemas y tipos de vegetación, entre los que destacan los bosques de coníferas (Neyra y Durand, 1998; Yanes, 2011). Las causas principales del deterioro de los bosques de pino-encino incluyen a la deforestación, los incendios, las sequías, las plagas y las enfermedades, entre otras (Alvarado *et al.*, 2006; Cibrián *et al.*, 2007; Romero, 2011). Algunos de los estudios más recientes con relación a lo anterior indican que se asocian con la presencia de insectos y hongos (Pérez *et al.*, 2016; Castro, 2017).

El problema más importante es el ataque por escarabajos descortezadores que son capaces de matar, incluso árboles sanos, seguido de las plantas parásitas; de ellas, las especies de mayor importancia son *Arceuthobium globosum* Hawksworth & Wiens subsp. *grandicaule*, *A. nigrum* Hawksw. & Wiens y *Arceuthobium vaginatum* (Willd.) Presl. subsp. *vaginatum* (Cibrián, 2011).

Por otra parte, uno de los micromicetos que más se ha registrado como posible patógeno asociado a la caída foliar en los pinos de Puebla es *Lophodermium* (Pérez *et al.*, 2016). De acuerdo con Cibrián *et al.* (2007), los hongos de los géneros *Lophodermella*, *Lophodermium* y *Dothistroma* son causantes de la caída foliar del pino y su distribución abarca a los bosques poblanos. El daño por *Lophodermium* se asocia con factores de estrés; la infestación comienza en la primavera y para el final del verano se presenta la defoliación. Anteriormente, todos los ejemplares de *Lophodermium* se identificaban como *L. pinastri* (Shchard.) Chevall., pero en la actualidad se conocen varias especies (Cibrián *et al.*, 2007). Dvorak *et al.* (2012) señalan que

*Dothistroma* se distribuye, ampliamente, e infecta a más de 80 taxones de coníferas en el mundo, y que su propagación se relaciona a las condiciones climáticas del lugar.

Por lo anterior, los objetivos de esta investigación consistieron en describir los agentes que contribuyen a la caída foliar y evaluar la efectividad de productos biológicos y químicos como alternativa para su control y manejo.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en los municipios Tetela de Ocampo y Zautla, Puebla, en tres sitios (Cuadro 1). El primero tiene una superficie de 328.80 km<sup>2</sup> y el segundo de 266.70 km<sup>2</sup>; ambos se localizan dentro de la zona de climas templados, con una temperatura media anual entre 12 y 18 °C; la cobertura vegetal se compone de bosques templados, entre los que destacan el bosque de pino-encino (*Pinus spp.-Quercus spp.*) y de táscate o junípero (*Juniperus spp.*). La especie más abundante de coníferas es *Pinus pseudostrobus* Lindl. (INEGI, 2014; Pichardo-Segura *et al.*, 2017).

**Cuadro 1.** Sitios, localidades y coordenadas geográficas.

Sitio	Localidad	Municipio	Coordenadas	
			Longitud	Latitud
1	Buenvista	Zautla- parte media	97°44'22.12"	19°44'00.256"
2	Buenvista	Zautla- parte alta	97°37'22.12"	19°37'00.26"
3	Rancho Alegre	Tetela de Ocampo	97°51'29.24"	19°50'32.26"

### Colecta y determinación de agentes causales

Durante el establecimiento de sitios y selección de árboles se realizaron recorridos en la zona afectada para efectuar observaciones de tipo retrospectivo.

Asimismo, se tomaron muestras de follaje que se colocaron en bolsas con cierre hermético para su revisión en el Laboratorio de Sanidad Forestal del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, INIFAP. Las acículas que presentaron lesiones se cortaron en fragmentos y se desinfectaron con alcohol etílico al 10 % por un minuto, con hipoclorito de sodio al 0.5 % durante cinco minutos y se enjuagaron con agua destilada estéril. Posteriormente, se colocaron cinco fragmentos en cajas de Petri con medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar, 39 g L<sup>-1</sup>) y se metieron a una incubadora *Barnstead Lab-Line* 3478 a una temperatura entre 25 y 27 ±°C en condiciones de luz/oscuridad: 12:12 h.

Después de que se desarrollaron los hongos, se aislaron con el propósito de obtener cultivos puros y registrar su forma, textura, tiempo de crecimiento y color de sus estructuras. Se hicieron preparaciones semipermanentes, con la técnica de tinción azul-algodón-lactofenol, bajo el siguiente proceso: se depositó una gota del colorante sobre un portaobjetos, se disgregó una muestra de micelio, y después se colocó un cubreobjetos.

Las muestras que presentaron ascomicetos en fase sexual o teleomorfa, se procesaron con la técnica de cámara húmeda, la cual consistió en cortar los fragmentos de las acículas con tizones o cuerpos fructíferos, de 5 a 6 cm de longitud y se colocaron sobre un triángulo de vidrio esterilizado, dentro de una caja de Petri con una base de papel filtro humedecido con agua destilada estéril.

Las fracciones de acículas con signos de daño foliar, se incubaron durante 10 a 12 días, con la finalidad de inducir la maduración de los cuerpos fructíferos, enseguida, con un microscopio estereoscópico *Carl Zeiss Axiostar Plus*, se efectuó una serie de cortes transversales a los cuerpos fructíferos y se realizaron preparaciones semipermanentes teñidas con azul-algodón-lactofenol a 1 %, para ser observadas al microscopio óptico *Carl Zeiss Stemi* 2000-C.

La identificación se hizo a nivel género con claves taxonómicas (Barnett y Hunter, 1972; Minter, 1981; Nag Raj, 1993; Abarca, 2000; Bensch *et al.*, 2012; Visagie *et al.*, 2014).

Asimismo, se recolectaron especímenes de insectos asociados a los pinos durante los muestreos. Los ejemplares se colocaron en frascos con alcohol al 70 % con sus respectivas etiquetas de colecta. Se determinaron de acuerdo con el grupo taxonómico y los ejemplares se compararon con las referencias especializadas (Castro *et al.*, 2017; Castro *et al.*, 2019).

### **Tratamiento para la caída foliar de pino**

En cada sitio se establecieron parcelas en las que se seleccionaron siete árboles con signos de daño foliar, con una distancia mínima entre ellos de 10 m. Las características que presentaron los individuos fueron altura de 4 a 7 m, diámetro de copa de 9 a 21 m y diámetro normal a la altura de pecho (1.30 m aproximadamente) de 200 a 600 cm; con signos de lesiones en las acículas (manchas cloróticas anilladas).

A cada pino se le aplicó solo uno de los siguientes tratamientos (T): 1) Propiconazol; 2) *Trichoderma* sp.; 3) Bicarbonato de Potasio; 4) Mejorador biológico; 5) Clorotalonil; 6) Testigo (ningún producto); 7) Propiconazol (sobre follaje) + mejorador biológico (suelo). Los niveles de agresividad de los productos utilizados, de acuerdo con la escala de toxicidad y nivel de amenaza del trabajo de Ramírez *et al.* (2007), fueron de 2 a 6.

Para la aplicación, se utilizaron equipos de aspersion (para follaje o suelo) y un sistema de inyección a baja presión (para tronco). La cantidad suministrada con mochilas aspersores se preparó en función de la superficie de cobertura de copa expresada en metros cuadrados; mientras que, para el inyectado fue a razón de 5 mL por cada centímetro de diámetro a la altura de pecho. La dosis exacta y sistema de aplicación para cada árbol y sitio se indican en el Cuadro 2.



**Cuadro 2.** Modo de aplicación y dosis de los tratamientos en cada sitio para el control de la caída foliar del pino en Puebla.

Sitio	Número de pino	1	2	3	4	5	6	7
1	Tratamiento	T4	T1	T3	T7	T2	T6	T5
	Dosis (mL)	0.66	105	1.73	1.08	0.83	-	2.45
	Forma de aplicación	S*	INY*	A*	S+1.08 A	A	-	A
2	Tratamiento	T1	T2	T7	T5	T3	T6	T4
	Dosis (mL)	117.5	5.81	0.91	4.33	0.86	-	0.96
	Forma de aplicación	*INY	*A	*S+0.91 A	A	A	-	A
3	Tratamiento	T7	T3	T4	T6	T2	T1	T5
	Dosis (mL)	1.85	4.56	3.37	-	2.29	98.5	4.25
	Forma de aplicación	S+1.85 A	A	S	-	A	INY	A

(\*): S = Aspersión en suelo; A = Aspersión en follaje; INY = Inyección al tronco.

La primera aplicación y muestreo se realizó en septiembre de 2016; el segundo suministro de productos en octubre (excepto para los árboles con la solución inyectada), en noviembre la tercera aplicación y, finalmente, la segunda toma de datos, en marzo de 2017.

### Análisis de variables

La evaluación de la efectividad de los tratamientos se hizo a partir del nivel de daño con base en dos variables: 1) variable cualitativa: se consideró el color de las acículas con el uso de la escala porcentual propuesta por Sociedad Europea de Investigación en Maleza (EWRS) (Champion, 2003); y 2) variable cuantitativa: se determinó mediante el conteo y longitud (cm) de las manchas cloróticas presentes en las acículas por ramilla; de cada una se seleccionaron 10 fascículos al azar, se contaron y se midieron todas las manchas cloróticas presentes por acícula.

Posteriormente, se generó una base en *Excel* (2007) para calcular la estadística descriptiva y un promedio de cada tratamiento por la longitud del daño de las manchas cloróticas en las acículas. Finalmente, se efectuó un análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre tratamientos (*Statistic JMP 4*) (SAS, 2000). Además, se realizó la prueba de *Dunnnett* para la comparación de medias múltiples y para confrontar la efectividad entre tratamientos del primero y el último muestreo.

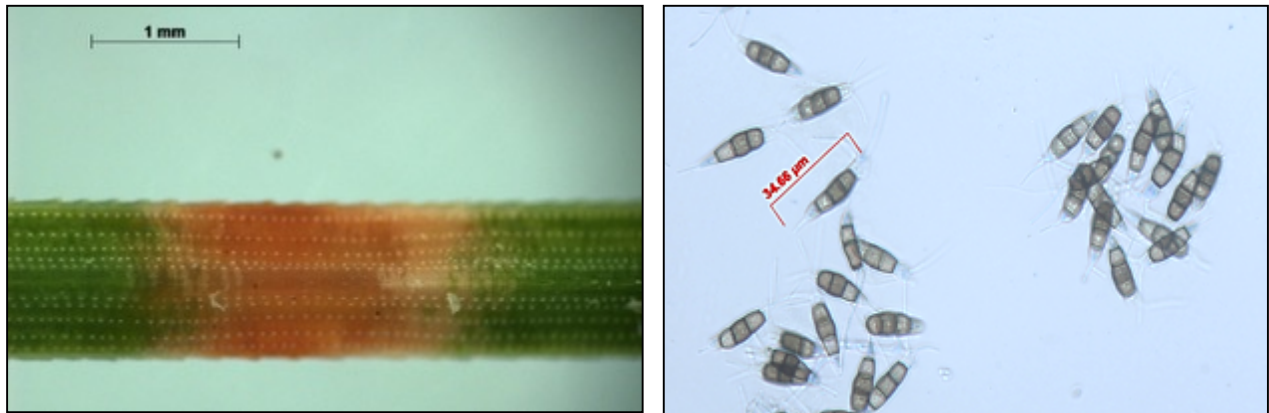
## **Resultados y Discusión**

### **Agentes asociados a la caída foliar**

De las muestras de follaje se determinaron los micromicetos hasta género, excepto uno, debido a que el enfoque inicial de este estudio no fue taxonómico. Los taxa fueron: *Alternaria*, *Aspergillus* sp., *Cladosporium cladosporoides* (Fresen.), *Penicillium* sp., *Pestalotiopsis* sp. y *Lophodermium* sp.; los dos últimos se consideran hongos asociados a enfermedades en árboles forestales.

*Pestalotiopsis* sp. se asoció al daño foliar en los tres sitios experimentales (Figura 1); a pesar de la capacidad patogénica de algunas especies, su desarrollo es limitado por el estado vegetativo de la planta; al infectarla, puede afectar y lesionar directamente la superficie foliar, por lo que es un agente causal primario. Por otra parte, las salpicaduras de agua son el principal vínculo de diseminación de sus esporas, por lo que se sugiere como medida de control reducir o limitar el riego mediante aspersores, siempre que sea posible (Romero *et al.*, 2009).





Cortesía: Muñoz-Belmont.

Izquierda: Mancha clorótica; Derecha: Estructura de los conidios septados y flagelados sin micelio.

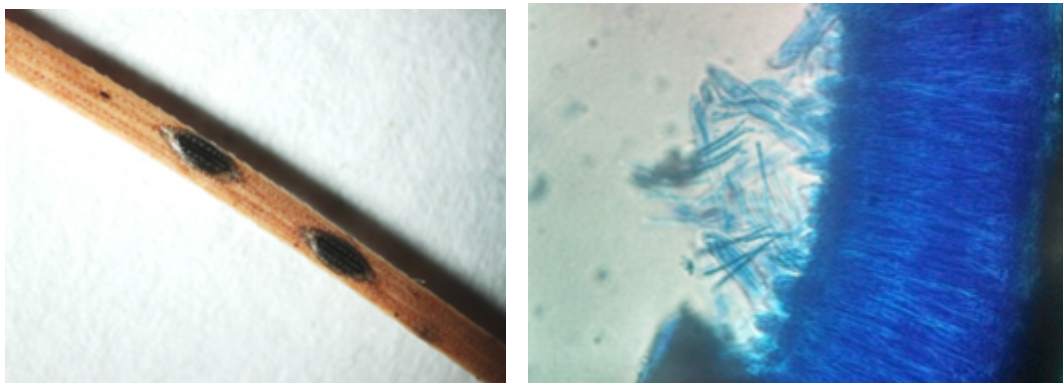
**Figura 1.** *Pestalotiopsis* sp.

*Pestalotiopsis* se registró en Colima en el 2009 en relación a la “enfermedad del ciprés”, en una plantación de 20 ha de *Cupressus lusitanica* Mill. (Valdez *et al.*, 2009). En Puebla, de acuerdo con Morales *et al.* (2017) se ha detectado en cultivos de fresa. Cibrián *et al.* (2007) indican que en México *Pestalotiopsis funerea* (Desm.) Steyaert afecta a gran número de hospedantes, tanto latifoliadas como coníferas.

*Lophodermium* sp. (Figura 2), al igual que *Pestalotiopsis*, se colectó en los tres sitios. De acuerdo con Cibrián *et al.* (2007) se asocia con factores de estrés como la contaminación. Minter (2015) cita que se distribuye de manera abundante en diversos bosques de pinos alrededor del mundo.







Cortesía: Reséndiz-Martínez.

Izquierda = Acícula de pino con cuerpos fructíferos; Derecha = Histerotecio con ascas.

**Figura 2.** *Lophodermium* sp.

Rajkovic *et al.* (2013) señalaron que los primeros síntomas visibles del ataque en árboles de Navidad son manchas amarillas a cafés en los meses de septiembre y octubre, lo cual coincide con las fechas de muestreo de esta investigación.

Pérez *et al.* (2016) definieron que los requerimientos climáticos para el desarrollo de *Lophodermium* existen en Puebla, por lo que el patógeno tiene un gran potencial de presentarse y extenderse a nuevos rodales de coníferas en el estado. El micromiceto en su etapa de crecimiento y desarrollo mostró un nivel alto de distribución, lo que sugiere que podría volverse más resistente a los cambios y alteraciones del medio, debido a que después de 11 años aún se le encuentra y, probablemente, aumente su densidad poblacional.

Por otra parte, durante los recorridos y muestreos se registró la presencia de *Ocoaxo aff. fowleri* (Lallemand) en Zautla (Figura 3) que de acuerdo con Castro *et al.* (2017) junto con *O. assimilis* (Walker) y *O. varians* (Stål) se presenta en los estados de Oaxaca y Puebla, y posiblemente exista una relación con la declinación de los bosques de pino.





Cortesía: Arriola-Padilla.

**Figura 3.** *Ocoaxo aff. fowleri* (Lallemand) sobre acículas de pino.

Los agentes bióticos identificados representan lo que normalmente es la relación entre los insectos y los hongos patógenos, ya que la mayoría de las enfermedades causadas por micromicetos inician cuando la planta está previamente dañada o en condiciones de estrés fisiológico (Lilja *et al.*, 2010); es decir, que en este caso el insecto puede actuar como el agente causal primario; sin embargo, en el presente estudio, no se observaron zonas con el cercópido, pero sin afectaciones en el follaje.

Pichardo-Segura *et al.* (2017) destacaron que las variaciones de los valores de precipitación, temperatura y humedad relativa en distintas localidades de Puebla, favorecen la existencia de los agentes causales que ocasionan la caída foliar.

## Evaluación de tratamientos

El análisis de la variable cualitativa (Cuadro 3) para el primer sitio sugiere que los tratamientos de Mejorador biológico, Bicarbonato de Potasio y *Trichoderma* sp. son efectivos, ya que los árboles tratados presentaron signos ligeros del daño, en comparación con el testigo que mostró daño medio.

**Cuadro 3.** Evaluación final de la variable cualitativa por monitoreo visual de tres sitios afectados por el agente de la caída foliar en el estado de Puebla.

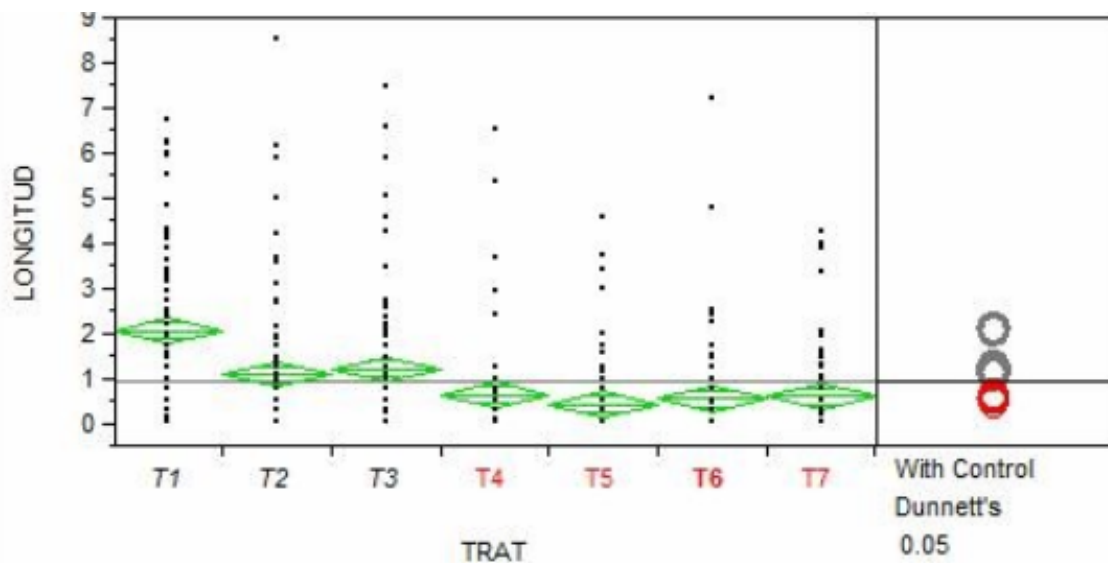
Sitio	Número de pino	Monitoreo de follaje	Tratamiento	Observaciones
1	1	Signos muy ligeros	Mejorador Biológico	Verde alimonado
	2	Daños severos	Propiconazol	Verde en PM
	3	Signos muy ligeros	Bicarbonato de Potasio	Verde alimonado
	4	Daños severos	Combinación	Seco en PA
	5	Signos ligeros	<i>Trichoderma</i> sp.	Seco en las puntas
	6	Daño medio	Testigo	Seco en PB
	7	Daños muy elevados	Clorotalonil	Seco en PB y PM
2	1	Daños muy elevados	Propiconazol	Seco en PB
	2	Daño medio	<i>Trichoderma</i> sp.	Seco en PM
	3	Signos muy ligeros	Combinación	Seco en las puntas
	4	Daños severos	Clorotalonil	Verde alimonado
	5	Daños severos	Bicarbonato de Potasio	Seco en PM
	6	Daños muy elevados	Testigo	Verde en PB
	7	Daños muy elevados	Mejorador biológico	Seco en PM y PB
3	1	Signos muy ligeros	Combinación	Seco en las puntas
	2	Signos muy ligeros	Bicarbonato de Potasio	Seco en las puntas
	3	Signos muy ligeros	Mejorador biológico	Seco en las puntas
	4	Daño medio	Testigo	Seco en PB
	5	Daños elevados	<i>Trichoderma</i> sp.	Seco en PM y PB
	6	Daños elevados	Propiconazol	Verde en PB
	7	Signos muy ligeros	Clorotalonil	Seco en las puntas

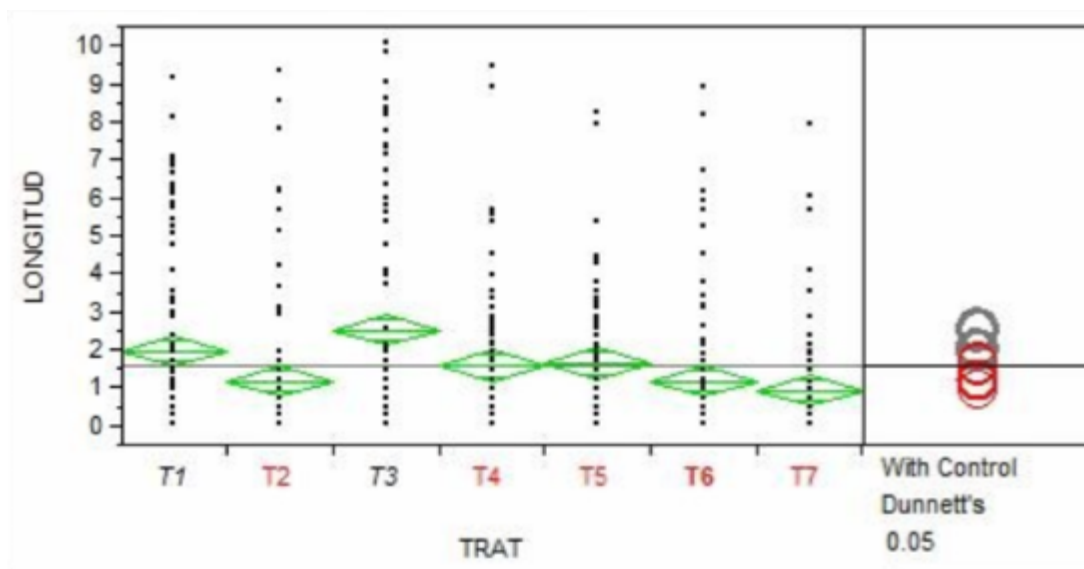
\*Copa: PA = Parte alta; PM = Parte media; PB = Parte baja.

En el segundo sitio, los pinos tratados con Propiconazol + Mejorador biológico, evidenció signos muy ligeros, en comparación al testigo con daños muy elevados al igual que el resto de los pinos del área, en donde se observaron daños severos de la enfermedad de una visita a otra en todos los árboles del sitio.

En el tercer sitio, los pinos tratados con Propiconazol + Mejorador biológico, Bicarbonato de Potasio, Mejorador biológico y Clorotalonil mostraron signos muy ligeros, en comparación al testigo que registró daño medio.

El análisis con la prueba de *Dunnett* entre tratamientos del primer sitio (Figura 4) sugirió la existencia de diferencias significativas entre las medias del último muestreo ( $p \leq 0.02$ ). Al comparar los resultados de la primera y la última toma de datos, el tratamiento con Propiconazol (T1) y la combinación de Propiconazol + Mejorador biológico (T7) fueron los más efectivos, pues el daño entre muestreos se mantuvo estable, a diferencia del resto de los árboles que manifestaron un leve incremento de daño para el último muestreo.





En color rojo los tratamientos por abajo de la media, y en negro por arriba (Prueba de *Dunnett*).

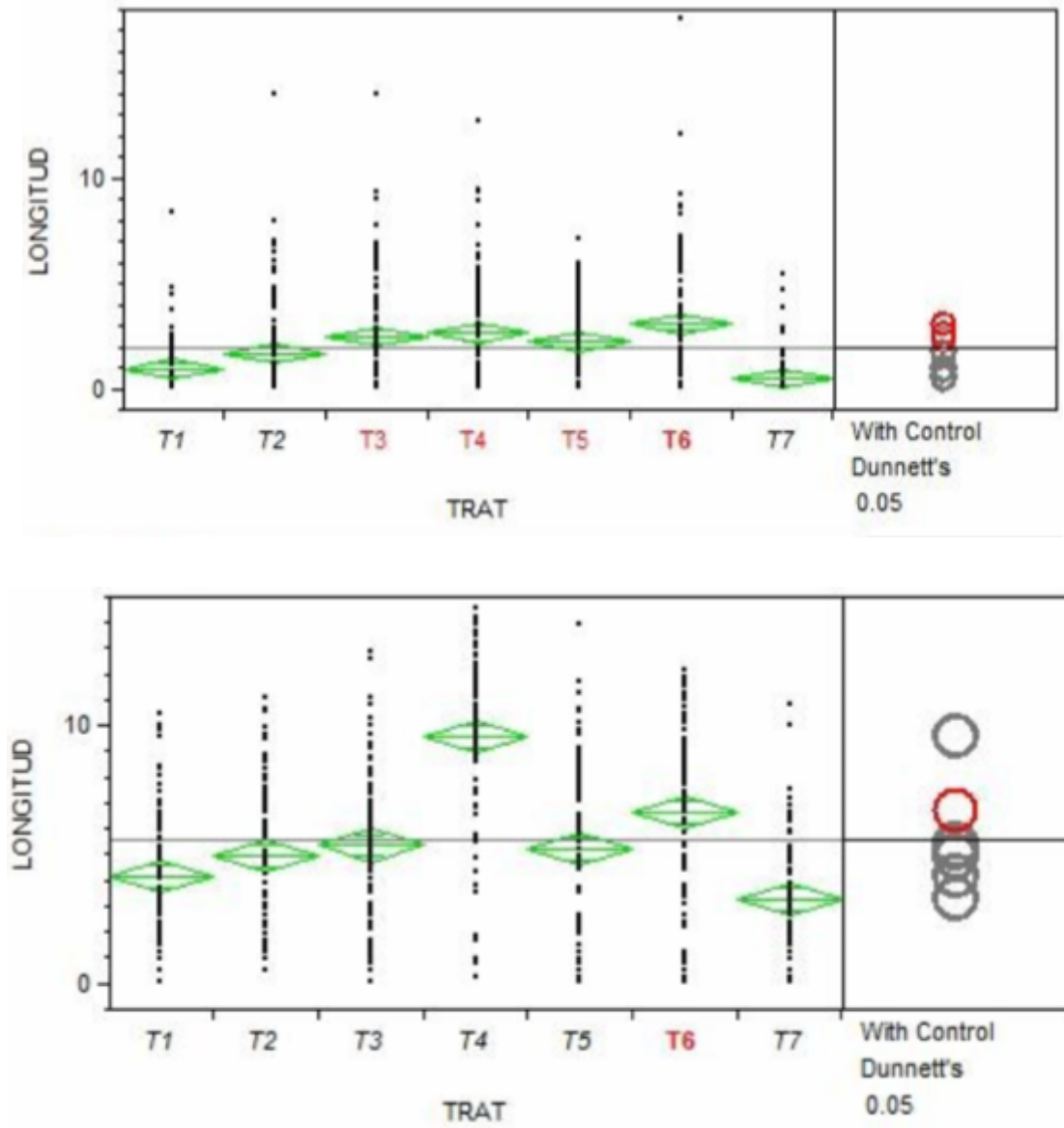
LONGITUD= Longitud del daño (cm); TRAT = Tratamientos.

Arriba = Primer muestreo; Abajo = Último muestreo.

**Figura 4.** Afectación de las acículas en el Sitio 1 (Buenavista, Zautla-parte media).

El segundo sitio (Figura 5) también evidenció diferencias significativas entre los pinos tratados del último muestreo ( $p \leq 0.05$ ). A pesar del drástico incremento de daño en todos los individuos de un muestreo a otro, destaca que la afectación en los pinos tratados con la combinación de Propiconazol + Mejorador biológico (T7) en el último muestreo, fue el más bajo con respecto a los demás.





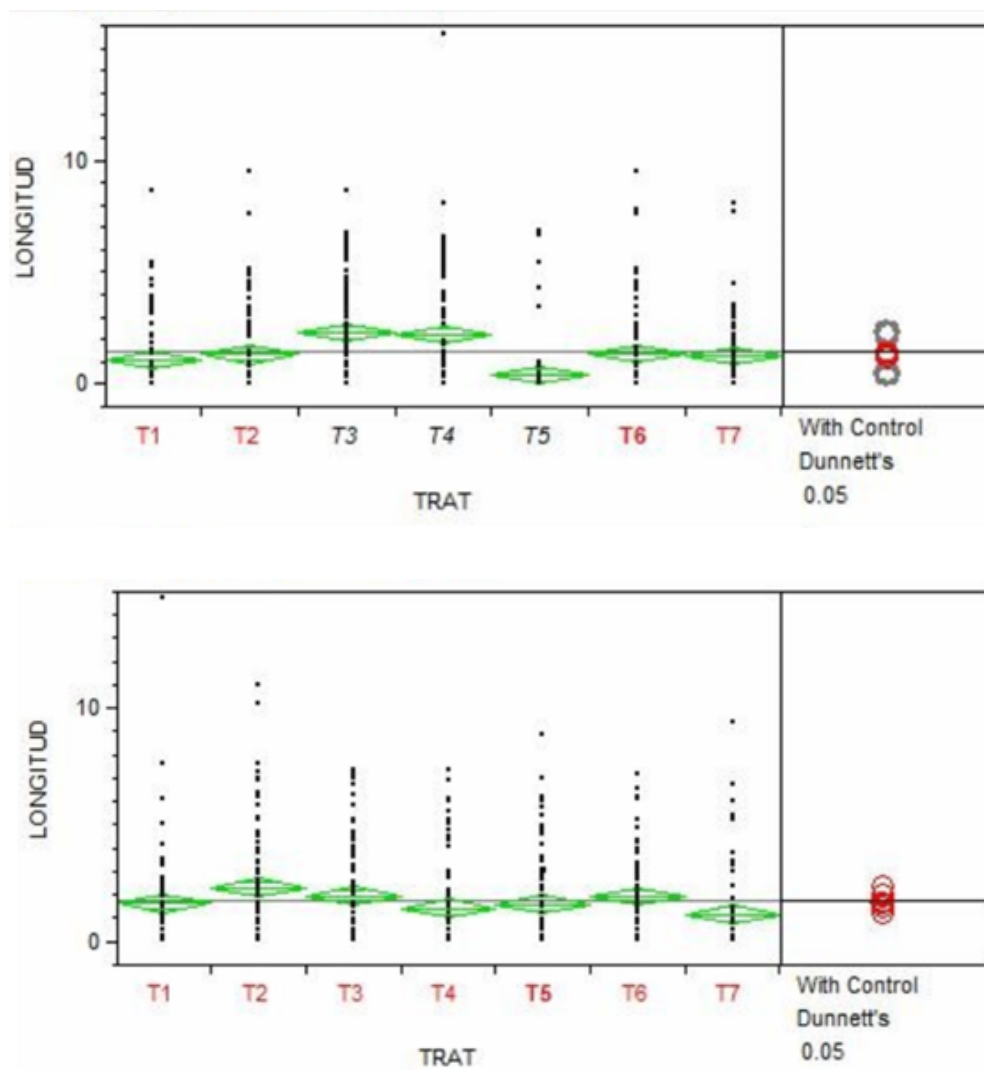
Los tratamientos en color rojo se encuentran por arriba de la media, y en negro por debajo (Prueba de *Dunnett*).

LONGITUD = Longitud del daño (cm); TRAT = Tratamientos.

Arriba = Primer muestreo; Abajo = Último muestreo.

**Figura 5.** Afectación de las acículas en el Sitio 2 (Zautla-parte alta).

Para el tercer sitio (Figura 6), la diferencia entre los tratamientos del último muestreo refleja una diferencia poco significativa ( $p \geq 0.05$ ). No obstante, la menor longitud de daño se presentó con la combinación de Propiconazol + Mejorador biológico (T7)



En color rojo los tratamientos por abajo de la media, y en negro por arriba (Prueba de *Dunnett*).

LONGITUD = Longitud del daño (cm), TRAT = Tratamientos.

Arriba = Primer muestro; Abajo = Último muestreo.

**Figura 6.** Afectación de las acículas en el Sitio 3 (Rancho Alegre, Tetela de Ocampo).

En cada uno de los sitios, los pinos tratados con el T7 reflejaron menor longitud de daño a comparación del resto de los pinos y entre muestreos; por lo tanto, se consideró el tratamiento más efectivo del estudio.

En la Figura 7, se muestra el pino tratado con Propiconazol + Mejorador biológico del segundo sitio (con mayor perturbación), durante el primer y último muestreo. En la imagen de la derecha se observa que los árboles de alrededor presentan follaje con daño considerable en comparación con el tratado (T7).



**Figura 7.** Pino tratado con Propiconazol + Mejorador biológico del sitio 2, durante el primer muestreo (izquierda) y el último (derecha).



El tratamiento combinado (Propiconazol + Mejorador biológico) fue el más efectivo según el análisis de las dos variables; lo cual, se explica por las propiedades de protección de cada producto. Propiconazol es un fungicida sistémico de amplio espectro que tiene un efecto protector y curativo sobre el follaje, además es adición de nutrientes al suelo, lo que no solo propició la recuperación del árbol enfermo, sino que también lo dotó de protección (follaje-suelo) contra los agentes patógenos presentes en el sitio. Por lo tanto, al suministrar el Mejorador Biológico al suelo, probablemente, funcionó como un doble refuerzo, ya que es un producto orgánico con microorganismos benéficos que cataliza, detona y nutre tanto al suelo como al follaje, por lo que la combinación de los productos en un tratamiento resultó ser el más efectivo entre los que fueron evaluados. Asimismo, aunque en menor medida, los pinos tratados con Bicarbonato de Potasio reflejaron efectividad en dos de tres sitios, por el mismo efecto de protección que reduce la susceptibilidad en las hojas, y brinda estabilidad a todo el árbol (Zavaleta, 2000).

De acuerdo con las categorías de toxicidad y de amenaza para el medio ambiente propuestas por Ramírez *et al.* (2007), el nivel del Mejorador biológico es de 2; el de Propiconazol 6 y el del Bicarbonato de Potasio de 4, por lo que es indispensable considerar dicho factor para su aplicación a largo plazo.

## **Conclusiones**

Los factores bióticos identificados como posible origen de la caída foliar en Puebla son *Pestalotiopsis*, *Lophodermium* y cercópidos; los abióticos como la temperatura, la precipitación y la contaminación favorecen el estrés de los árboles y el desarrollo de los agentes bióticos causales.

Los tratamientos con Mejorador biológico y la combinación de Propiconazol + Mejorador biológico fueron los productos con mayor efectividad contra la caída foliar de pino; el primero es menos tóxico, más amigable con el ambiente y recomendable para las áreas naturales; por lo anterior, es la alternativa conveniente.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la Comisión Nacional Forestal por otorgar financiamiento para la realización de la investigación. A las biólogas Lidia Ramírez Huerta y Cindy Manuela López Guzmán por su apoyo durante las actividades de campo.

## **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## **Contribución por autor**

Sheyla Nallely Muñoz Belmont: aplicación de tratamientos, toma de datos, aislamiento de micromicetos, redacción de manuscrito; Víctor Javier Arriola Padilla: dirección y planeación del proyecto, revisión de manuscrito; Ramiro Pérez Miranda: selección de sitios experimentales, monitoreo de zonas afectadas; José Francisco Reséndiz Martínez: aislamiento y determinación de micromicetos; Martín Enrique Romero-Sánchez: análisis de datos y revisión de manuscrito.

## **Referencias**

Abarca M., L. 2000. Taxonomía e identificación de especies implicadas en la *Aspergilosis nosomical*. Revista Iberoamericana de Micología 17 (3): S79-84.

Alvarado C., M., F. Lozano R., M. A. Martínez O. y J. A. Colmenero R. 2006. Usos y destinos de los suelos en la región de Cuetzalán, Puebla, México. Boletín de Investigaciones Geográficas del Instituto de Geografía 59: 43-58.

Barnett, H. L. and Hunter. B. B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Burgess Publishing Company. Minneapolis, MN, USA. 241 p.

Bensch, K., U. Braun, J. Z. Groenewald and P. W. Crous. 2012. The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology* 72:1-401. Doi:10.3114/sim0003.

Castro V., U. 2017. Familia Cercopidae. *In*: Cibrián T., D. (ed.). *Fundamentos de Entomología Forestal*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Mex., México. pp. 141-144.

Castro V., U., J. Romero N., D. C. Peck, J. M. Valdez C., C. Llanderal C., H. Bravo M., F. Hernández R. and V. D. Cibrián L. 2017. First report of *Spittlebug* species (Hemiptera: Cercopidae) associated with *Pinus* species (Pinaceae) in Mexico. *Florida Entomologist* 100 (1): 206-208. Doi:10.1653/024.100.0136.

Castro V., U., G. S. Carvalho, D. C. Peck, J. M. Valdez C. and J. Romero N. 2019. Two new species of the Spittlebug genus *Ocoaxo* Fennah (Hemiptera: Cercopidae) from Mexico and keys for the groups, Group Three and First Subgroup. *Neotropical Entomology* 48: 260. Doi: 10.1007/s13744-018-0629-0.

Champion, G. T., M. J. May., S. Bennett, D. R. Brooks, S. J. Clark, R. E. Daniels, L. G. Firbank, A. J. Haughton, C. Hawes, M. S. Heard, J. N. Perry, Z. Randle, M. J. Rossall, P. Rothery, M. P. Skellern, R. J. Scott, G. R. Squire and M. R. Thomas. 2003. Crop management and agronomic context of the Farm Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 358 (1439): 1801-1818. Doi: 10.1098/rstb.2003.1405.

Cibrián T., D. 2011. Insectos y patógenos que afectan a las áreas arboladas de Puebla. Amenazas a la biodiversidad. *In*: Yanes G., G. (eds). *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México, D. F., México. pp. 285-309.

Cibrián T., D., D. Alvarado R. y S. E. García D. 2007. Enfermedades forestales en México/Forest diseases in Mexico. Universidad Autónoma Chapingo, Conafor-Semarnat, México; Forest Service USDA, USA; NRCAN Forest Service, Canadá y Comisión Forestal de América del Norte, C, FAO. Chapingo, Edo. de Méx., México. 587 p.

Dvorak, M., K. Drapela and L. Jankovsky. 2012. *Dothistroma septosporum*: spore production and weather conditions. Forest Systems 21(2): 323-328.

Doi: 10.5424/fs/2012212-02463.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI). 2014. Anuario estadístico y geográfico de Puebla. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México, D. F., México. 862 p.

Lilja, A., M. Poteri, P. Raija L., R. Rikala, T. Kurkela and R. Kasanen. 2010. Fungal diseases in forest nurseries in Finland. Silva Fennica 44(3): 525-545.

Doi: 10.14214/sf.147.

Minter, D. W. 1981. *Lophodermium* on Pines. Mycological Papers 147:1-54.

Minter, D. W. 2015. Fungi of Ukraine, Rhytismatales. CABI Bioscience, BakehamLane, Egham, Surrey. UK. <http://www.cybertruffle.org.uk/papers/rhytukra/index.htm#abs> (11 de enero de 2018).

Morales M., L. A., S. J. Martínez S., M. A. Valenia de Ita, M. P. Andrade H., H. V. Silva R. and O. Romero A. 2017. First report of leaf spot and anthracnosis caused by *Pestalotiopsis* sp. on strawberry in Puebla, Mexico. Plant Disease 103(10).

Doi: 10.1094/PDIS-05-19-1010-PDN.

Neyra, G. L. y L. Durand S. 1998. Biodiversidad: Recursos Naturales. *In*: Peña J., A., L. Neyra G., E. Loa L. y L. Durand S. (comp). La Diversidad Biológica de México: Estudio de país. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F., México. pp. 62-102.

Pérez M., R., M. E. Romero S., A. González H., E. Pérez S. y V. J. Arriola P. V. 2016. Distribución de *Lophodermium* spp. en bosques de coníferas con escenarios de cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7 (36): 81-97. Doi: 10.29298/rmcf.v7i36.61.

Pichardo-Segura, L. A., R. Pérez-Miranda, L. Ramírez-Huerta, V. J. Arriola-Padilla y A. G. Ramírez-García. 2017. Caracterización de zonas afectadas por el agente causal de la caída foliar de pino en Puebla, México. *AGROProductividad* 10 (8): 35-41.

Nag Raj, T. R. 1993. Coelomycetous anamorphs with appendage-bearing conidia. Mycologue Publications. Waterloo, Ontario, Canada. 1101 p.

Rajkovic, S., M. Markovic and L. Rakonjac. 2013. Incubation methods for forecasting the occurrence and development of *Lophodermium seditiosum* Minter, Staley & Milar on pine. *In*: Nita, M. (ed). Fungicides-Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World. IntechOpen. Belgrade, Servia. 153-182. Doi:10.5772/51233.

Ramírez, D. H., A. M. Zuluaga y E. D. J. Gómez. 2007. Evaluación del riesgo de contaminación por Metamidofos en la microcuenca El Salto del Municipio de El Santuario, Antioquia. *Revista EIA* 8:165-180.

Romero C., S. 2011. El patrimonio forestal de Puebla y su problemática. Usos de la biodiversidad en el estado de Puebla. *In*: López, T., Ma. C. y S. Romero C. (coord.). La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue., México. pp. 243-283.

Romero, M. A., R. Varo, M. E. Sánchez y A. Trapero. 2009. Manchas foliares de *Pestalotiopsis* en viveros forestales. Núm.8. Grupo de Patología Agroforestal de la Universidad de Córdoba. Consejería de Medio Ambiente. Andalucía, España. 4 p.

Statistic JMP 4 SAS. Completar. Statistical Analysis System (SAS). 2000. JMP statistics and graphics guide, version 4. SAS Institute. Inc. Cary, NC, USA. n/p.

Valdez-Lizárraga, M. M., C. A. Zamora-Velázquez, J. R. López-Castillo y R. S. Álvarez C. 2009. Condición forestal sanitaria del estado de Colima. *In: Equihua M., A., E. Estrada V., J. A. Acuña S. y M. P. Chaires G. (eds.). Memoria del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. Colegio de Postgraduados, Jardín Etnobotánico. Oaxaca, Oax., México. pp. 75-81.*

Visagie, C. M., J. Houbraeken, J. C Frisvard., S.-B. Hong., C. H. Klaassen W., G. Perrone, K. A. Seifert, J. Varga, T. Yaguchi and R. A. Samson. 2014. Identification and nomenclature of the *Penicillium* genus. *Studies in Micology* 78: 343-371. Doi: 10.1016/j.simyco.2014.09.001.

Yanes G., G. 2011. Introducción. Diversidad de ecosistemas. *In: Yanes G., G. (ed.). La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Pue., México. pp. 71-90.*

Zavaleta M., E. 2000. Alternativas de manejo de las enfermedades de plantas. *Terra Latinoamericana* 17 (3): 201-2017.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.