

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Evaluación de la Condición de Salud de una Plantación de *Pinus leiophylla* Schiede ex
Schltdl. & Cham., en la Comunidad Indígena de Cherán, Michoacán

Por:

FRANCISCO SÁNCHEZ MACÍAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila México

Diciembre, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación de la Condición de Salud de una Plantación de *Pinus leiophylla* Schiede ex
Schltdl. & Cham., en la Comunidad Indígena de Cherán, Michoacán

Por:


FRANCISCO SÁNCHEZ MACÍAS

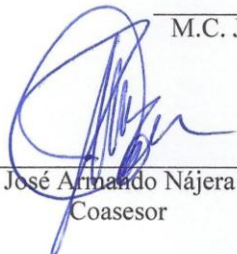
TESIS

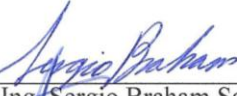
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

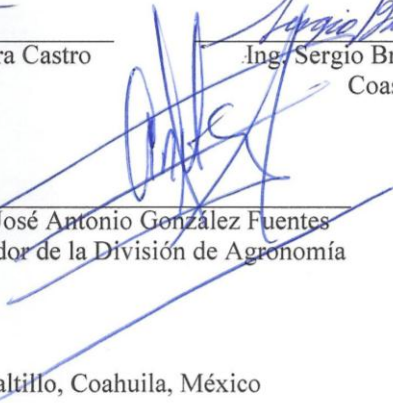
INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:


M.C. Jorge David Flores Flores
Asesor Principal


M.C. José Armando Nájera Castro
Coasesor


Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2019

DEDICATORIA

A MI SANGRE

Mi familia, por todo el amor y apoyo que me brindaron para concluir esta meta. Son mi fuerza y este logro es para Ustedes. ¡GRACIAS!

A mis abuelos, tíos y primos por esos abrazos y palabras grabadas en el corazón.

A quienes ya no se encuentran entre nosotros, por esos recuerdos en mi memoria.

“JUCHARI UINAPIKUA”

AGRADECIMIENTOS

Gracias al Creador por darme la oportunidad de llegar a este momento. Gracias a la existencia.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme las puertas y darme le impulso para seguir adelante en mi camino.

A mi comunidad, “Cherán K’eri” por acogerme entre su abundante naturaleza y por la calidez de su gente.

A los consejos de Bienes Comunes (2005-2018 y 2018-2021) por brindarme la mano en este proceso.

A profesores y personal del Departamento Forestal por darme las herramientas para mi formación profesional.

Al M.C. Jorge David Flores Flores por los consejos, el conocimiento compartido y haberme dedicado su tiempo asesorándome en esta investigación.

Al M.C. José Armando Nájera Castro por el tiempo brindado y el aprendizaje que me dejó al asesorarme en este estudio.

Al Ing. Sergio Braham Sabag por la atención brindada y aconsejarme para terminar este trabajo.

A la Q.F.B. María Cristina Sánchez Flores por todo el apoyo otorgado, por sus consejos y por ser una grandiosa persona.

Al Dr. Faustino Lara Victoriano por expandir mis horizontes, brindarme su tiempo y sus consejos para mi formación personal y profesional.

Al Departamento de Parasitología por abrirme las puertas y ofrecerme el material para concluir este trabajo.

Al Centro Internacional de Servicios Fitosanitarios por brindarme su espacio para realizar este trabajo.

Al Ing. Claudio A. Leal Cantú por abrirme las puertas de su casa, por el inmenso apoyo brindado y por su amistad.

A César, por el inmenso apoyo que me diste hasta el último momento y por tu amistad. Gracias carnalito.

A mis amigos, por su cariño y apoyo, y por todos esos buenos y malos momentos que compartimos. Mi “bandera”, Cristabel, Enrique “Kike”, Juan Carlos, Víctor, Juan Manuel, Yareli, José, Luis Carlos, Fernando y aquellos que faltan por mencionar.

A esas personas maravillosas que se cruzaron en mi camino y me brindaron su mano durante mi estancia en esta bella ciudad, Saltillo.

¡DIOSÍ MEIAMU!

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESÚMEN	iii
ABSTRAC	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos e hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Conceptos afines a esta investigación	3
2.2 Clasificación taxonómica de <i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl & Cham.	6
2.3 Descripción morfológica	7
2.4 Distribución	9
2.5 Condiciones ecológicas de la especie	9
2.6 Especies asociadas	10
2.7 Usos e importancia de <i>Pinus leiophylla</i>	10
2.8 Plagas y enfermedades de <i>Pinus leiophylla</i>	11
2.9 Trabajos a fines	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1 Descripción del área de estudio	19
3.1.1 Descripción de la plantación	20
3.2 Muestreo empleado	21
3.3 Variables evaluadas	23
3.4 Análisis de laboratorio	27
3.5 Análisis estadístico	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1 Supervivencia	29
4.2 Estado de salud	30
4.3 Fitopatógenos identificados	36
4.4 Análisis estadístico	57
4.4.1 Frecuencias de fitopatógenos	59
V. CONCLUSIONES	61
VI. LITERATURA CITADA	62
APÉNDICE	82

ÍNDICE DE FIGURAS		Página
Figura 1. a) Vista panorámica de <i>Pinus leiophylla</i> y b) Muestra botánica de <i>P. leiophylla</i> .		8
Figura 2. Distribución de <i>Pinus leiophylla</i> en la República Mexicana		9
Figura 3. Índice de presión de especies del género <i>Dendroctonus</i> sobre la distribución de <i>Pinus leiophylla</i> . Azul claro (bajo), amarillo (medio) y rojo (alto)		13
Figura 4. Elementos del triángulo de una enfermedad		13
Figura 5. Ubicación geográfica del municipio de Cherán, Michoacán.....		19
Figura 6. Plantación de <i>Pinus leiophylla</i> (huerto resinero) en la comunidad de Cherán, Michoacán		21
Figura 7. Distribución espacial de los sitios de muestreo		22
Figura 8. Delimitación de los sitios de muestreo		23
Figura 9. Medición de variables dasométricas		26
Figura 10. Metodología para el aislamiento e identificación de hongos fitopatógenos		27
Figura 11. Porcentajes del tipo de daño en fuste de <i>Pinus leiophylla</i>		32
Figura 12. Signos de daños en fuste de <i>Pinus leiophylla</i> . a) Despuntado, b) Bifurcado, c) Ondulado, d) Golpeado, e) Acamado, f) Trozado y g) Plagado		32
Figura 13. Signos y síntomas en el fuste por categorías de daño		33
Figura 14. Porcentaje de daños en copa de <i>Pinus leiophylla</i> del total de árboles evaluados		34
Figura 15. Sintomatología observada en copa de <i>Pinus leiophylla</i> . a) Clorosis foliar, b) Parte del follaje color café, c) Ramas onduladas, d) Pigmentaciones en acículas, e) Rama quebrada, f) Defoliación y g) Brote final curvo		35
Figura 16. Categoría de los daños observados en <i>Pinus leiophylla</i>		35
Figura 17. <i>Alternaria alternata</i> . a) Colonia de <i>A. alternata</i> , b) Conidióforos y conidios y c) Síntoma en acícula de <i>Pinus leiophylla</i>		38
Figura 18. <i>Capnodium sp.</i> a) Comparación entre acícula de <i>Pinus leiophylla</i> infectada y sana, b) Micelio de <i>Capnodium sp</i> sobre acícula muerta y c) Fumagina en <i>P. leiophylla</i> ...		41
Figura 19. <i>Cladosporium sp.</i> a) Colonia de <i>Cladosporium</i> , b) Hifa y conidios, c) Pigmentaciones negras sobre acícula, d) Punta de acícula necrótica a causa de <i>Cladosporium</i> y e) Ramilla de <i>Pinus leiophylla</i> defoliada por la enfermedad		43
Figura 20. <i>Coleosporium sp.</i> a) Ecios sobre acícula de <i>Pinus leiophylla</i> , b) Ecio emergiendo de acícula de <i>P. leiophylla</i> , c) y d) Uredosporas de <i>Coleosporium</i> y e) Ramilla de <i>P. leiophylla</i> defoliada por la roya de la acícula		46
Figura 21. <i>Doratomyces sp.</i> a) Colonia de <i>Doratomyces</i> , b) y c) Sinemas, d) Conidios y e) Hifas		49
Figura 22. <i>Lophodermium sp.</i> a) Acícula de <i>Pinus leiophylla</i> infectada por <i>Lophodermium</i> , b) Apotecios en acícula muerta, c) Corte transversal de apotecio, d) Ascas y e) Ascosporas		52
Figura 23. <i>Ulocladium sp.</i> a) Colonia de <i>Ulocladium</i> , b) y e) Corte transversal de acícula de <i>Pinus leiophylla</i> enferma y d) Conidios		55
Figura 24. <i>Pityophthorus sp.</i> a) y b) Espécimen de <i>Pityophthorus sp.</i> , c) Signo de aserrín y galerías, d) Brote de <i>Pinus leiophylla</i> muerto por ataque, e) y f) Brotes barrenados por <i>Pityophthorus</i>		57
Figura 25. Frecuencia absoluta de hongos identificados		60

ÍNDICE DE CUADROS		Página
Cuadro 1. Escala de daño para evaluar condición de salud en fuste y copa		24
Cuadro 2. Escala para determinar la incidencia de patógenos.....		25
Cuadro 3. Valores de F no significativos para las variables evaluadas ($F > 0.05$)		58
Cuadro 4. Comparación de medias de la variable longitud de brote con la prueba de Rango múltiple de Duncan (1955)		59
Cuadro 5. Frecuencias de hongos en el huerto resinero		60

RESÚMEN

La evaluación de la condición de salud de una plantación consiste en aplicar técnicas que permitan recabar información sobre las causas que afectan a una población o comunidad de especies forestales y que se pueda utilizar para el manejo y administración de las mismas. Los objetivos del presente estudio fueron evaluar la condición de salud, así como identificar los agentes bióticos y abióticos que afectan a *Pinus leiophylla* Schiede ex Schldl. & Cham. en una plantación de la Comunidad Indígena de Cherán, Michoacán establecida en el año 2015. Se empleó un muestreo simple aleatorio con ocho sitios para registrar variables dasométricas de los árboles (diámetro basal, altura total, crecimiento acumulado y longitud de brote) así como los daños por agentes bióticos y abióticos mediante la observación directa de signos y síntomas en el tallo y el follaje, además se recolectó material vegetativo con sintomatología para analizarse en laboratorio. El principal síntoma en el fuste fue el ondulamiento (64.98%), mientras que en el follaje fueron las manchas foliares (74.75%). De la muestras vegetativas se aislaron los siguientes hongos: *Alternaria alternata*, *Capnodium sp*, *Cladosporium sp*, *Coleosporium sp*, *Doratomyces sp*, *Lophodermium sp* y *Ulocladium sp*. Los análisis estadísticos mostraron que ningún hongo afecta el crecimiento de *P. leiophylla* al no existir diferencias estadísticas significativas.

Palabras clave: *Pinus leiophylla*, condición de salud, evaluación, agentes bióticos y abióticos.

ABSTRAC

The evaluation of the health condition of a plantation consists in applying techniques that require information on the causes that affect a population or community of forest species and that can be used for their management and administration. The objectives of the present study were to evaluate the health condition, as well as to identify the biotic and abiotic agents that affect *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. in a plantation of the Indigenous Community of Cherán, Michoacán established in 2015. A simple random sampling with eight sites was used to record dasometric variables of trees (basal diameter, total height, accumulated growth and sprout length) as well as damage by biotic and abiotic agents by direct observation of signs and symptoms on the stem and foliage, in addition vegetative material with symptomatology was collected for laboratory analysis. The main symptom in the shaft was the undulation (64.98%), while in the foliage were leaf spots (74.75%). From the vegetative samples the following fungi were isolated: *Alternaria alternata*, *Capnodium sp*, *Cladosporium sp*, *Coleosporium sp*, *Doratomyces sp*, *Lophodermium sp* and *Ulocladium sp*. The statistical analyzes affected that no fungus affects the growth of *P. leiophylla* as there are no specific statistical differences.

Keywords: *Pinus leiophylla*, health condition, evaluation, biotic and abiotic agents

I. INTRODUCCIÓN

La demanda de los recursos forestales aumenta con el crecimiento demográfico, originando problemas en el ambiente, en los procesos de transformación de la materia prima y en la comercialización al tratar de satisfacer las crecientes necesidades, representando una amenaza para la conservación y productividad de los recursos forestales, aumentando día con día la superficie deforestada en México (FAO, 1982).

Gutiérrez (1975) pronosticó que “Cuando ya no haya espacio boscoso que desmontar para las labores agrícolas entonces vendrá el desarraigo, el bracerismo y los problemas de sobrepoblación en las ciudades, lo cual se habría evitado si desde un principio los suelos forestales se hubieran dedicado al cultivo del bosque y no a otros usos”. Para atender tales situaciones se promueve el establecimiento de plantaciones forestales que permitan restaurar los ecosistemas y aumentar el rendimiento sus recursos, así como la generación de ingresos económicos a través de los productos maderables y no maderables provenientes de esas plantaciones forestales (FAO, 2010).

Para el año 2014, México contaba con una superficie cubierta de aproximadamente 270,000 hectáreas de plantaciones forestales (CONAFOR, 2014), las cuales deben sujetarse a evaluaciones periódicas para su mejor desarrollo dasométrico.

Como parte de la conservación de los bosques, el estado de Michoacán (considerado uno de los estados de la República Mexicana más afectados por el claudestinidadaje de madera y el cambio de uso de suelo irracional) ha desarrollado estrategias para la rehabilitación de los bosques mediante el establecimiento de 50,000 ha para plantaciones forestales comerciales y 425,000 ha de reforestaciones, plantaciones agroforestales y dendroenergeticas (COFOM, 2007). Estas plantaciones y reforestaciones son propensas a ser dañadas por agentes que afectan el desarrollo y productividad de los árboles. Los principales problemas fitosanitarios que afectan las masas arboladas del Estado de Michoacán son insectos descortezadores, plantas parásitas y royas (COFOM, 2018), ante esta problemática se han empleado métodos para identificar los factores que llegan a deteriorar la salud de las comunidades vegetales, el monitoreo de áreas boscosas contribuye al proceso de suprimir uno o más de estos factores.

El monitoreo de las plantaciones forestales consiste en reconocer qué elementos afectan el desarrollo potencial de las especies empleadas, tales factores pueden ser de carácter biótico (insectos forestales, hongos, bacterias, virus, mamíferos, entre otros) o agentes abióticos como fenómenos meteorológicos (precipitaciones torrenciales, granizadas, heladas, sequías, entre otros), condiciones del sitio (déficit de nutrientes en el suelo, temperatura, humedad relativa y textura del suelo), así como la procedencia de la planta. Ubicar las causas que afectan el funcionamiento fisiológico de los árboles contribuye al tratamiento de problemas fitopatológicos que lleguen a originarse, por lo cual esta investigación tiene los siguientes objetivos.

1.1 Objetivos e hipótesis

Objetivo general: Evaluar la condición de salud de la especie *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., en una plantación forestal.

Objetivo particular: Identificar los agentes bióticos y abióticos que afectan la salud y el crecimiento de la plantación forestal bajo estudio.

Hipótesis formuladas:

H₀: No existen agentes bióticos y abióticos que afecten la salud y crecimiento de *Pinus leiophylla*.

H_a: Existe al menos un agente biótico o abiótico que afecta la salud y el crecimiento de las plantas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Conceptos afines a esta investigación

Evaluación de plantaciones forestales:

La evaluación de una plantación consiste en la aplicación de técnicas que permitan recabar información de alguna o algunas características particulares de una población o comunidad de especies forestales. La información obtenida se emplea para elaborar un análisis que se podrá usar para escoger un plan eficiente de acciones a llevar a cabo en la plantación a futuro, tanto en el manejo de la masa arbolada, como en la administración de la misma (Torres y Magaña, 2001).

Salud del árbol:

Boa (2003) define “salud del árbol” al estudio de los agentes bióticos y abióticos que afectan el vigor y la productividad de un árbol, y que son identificados por signos y síntomas. La salud de un árbol puede expresarse cualitativamente describiendo la condición física y fisiológica de las plantas, o cuantitativamente mediante evaluaciones de la condición de la copa o incremento en diámetro, por ejemplo.

Enfermedad y plaga:

Enfermedad es un cambio permanente del aspecto fisiológico o morfológico normal que caracteriza a una planta saludable y que afecta negativamente su desarrollo óptimo, ocasionando defectos en el funcionamiento de uno o varios órganos de la planta. Agentes biológicos como hongos, bacterias, virus, animales y malezas pueden generar enfermedades, estas últimas compiten por agua, luz o nutrientes minerales, reduciendo el crecimiento de una planta específica, no obstante, de los agentes biológicos antes mencionados se considera que los hongos son los de mayor importancia económica (Verduzco, 1976 y Landis *et al.*, 1990).

Plaga es un término de origen antropocéntrico para designar a ciertos insectos forestales (y a otros organismos) cuando éstos sufren un cambio en su ciclo biológico, dado por la alteración del ambiente al grado de llegar a afectar los valores ecológicos, económicos y sociales que se relacionan con las especies forestales (Coulson y Witter, 1990).

Verduzco (1976) describe que las plagas forestales se pueden clasificar de acuerdo al tipo de daño que ocasionan en las plantas:

Cogolleros: los que se alimentan de brotes jóvenes.

Defoliadores: los que se alimentan de hojas de árboles en pie.

Descortezadores: los que se alimentan de la corteza interna y la zona del cambium.

Ambrosiales: los que cultivan hongos en la madera para alimentarse de ellos.

Barrenadores: los que se alimentan del xilema.

Carpófagos: los que se alimentan de frutos y semillas.

Raiceros: los que se alimentan de raíces.

Chupadores: los que se alimentan de savia.

Patógeno:

Son aquellos microorganismos que perturban la fisiología normal de otros seres vivos, ocasionando una serie de problemas sobre su hospedero, ejemplo de algunos microorganismos son bacterias, hongos, nematodos y virus (González, 1976 y Urbina, 2011).

Patógeno primario:

Microorganismos infecciosos que generan enfermedades sobre hospederos sanos, logrando vencer su sistema inmunológico, originando daños fisiológicos e incluso la muerte (Smith *et al.*, 1988 y Manners, 2002).

Patógeno oportunista:

Aquellos microorganismos que en condiciones normales no producen enfermedades en huéspedes sanos, sin embargo, con las condiciones ambientales favorables, puede causar infecciones en individuos debilitados por otros agentes, penetrando a través de heridas superficiales u otros orificios como los estomas en las hojas de plantas o fosas nasales en humanos, por ejemplo (González, 1976 y Manners, 2002).

Síntomas y signos:

Generalmente el término síntoma se usa para describir la respuesta fisiológica o morfológica de la planta ante un factor que afecte la salud y vigor de la misma, ejemplo de ello puede ser la clorosis foliar o amarillamiento del follaje o los casos de resinación en ramas y fustes. Por otro lado, los signos son lesiones, marcas o huellas que son evidencias de un agente biótico o abiótico, por ejemplo, la barrenación de un insecto o el impacto de granizo y lesiones causadas por heladas intensas (Landis *et al.*, 1990).

Forestación y reforestación:

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable define “forestación” al establecimiento de vegetación forestal y al desarrollo de la misma sobre terrenos preferentemente forestales o temporalmente forestales con propósitos de conservación, restauración o producción comercial; así mismo determina que una “reforestación” es el establecimiento inducido de vegetación forestal en terrenos forestales (CGEUM, 2018).

Plantación forestal:

Las plantaciones forestales son formaciones forestales establecidas mediante un proceso de forestación o reforestación. Pueden ser especies introducidas o nativas, con una superficie mínima de 0.5 ha, una cobertura de copa de al menos el 10% del área del terreno y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m (FAO, 2010).

Algunas características mencionadas por Capó (2001) que asigna a una plantación son: a) que las plantaciones forestales se establecen en un área compacta, mayor o igual a una hectárea, b) que son de forma regular y, c) que sus límites están fijamente delimitados. Ello implica que esa área ha sido designada específicamente para realizar una plantación forestal, siendo éste el principal objetivo del uso de ese terreno. Los árboles de una plantación comercial se establecen mediante un orden, distribuyéndolos uniformemente sobre el terreno. Por lo general, la densidad en una plantación no es menor a 400 árboles por hectárea, esta característica diferencia a las plantaciones comerciales de los cultivos de árboles plantados con el propósito de marcar límites o barreras rompevientos.

Huerto resinero:

Se denomina “huerto resinero” a una plantación forestal comercial con el objetivo de aprovechar productos forestales no maderables, en este caso resina (trementina) de especies del género *Pinus* (Tapia y Reyes, 2008).

Mortalidad:

Respuesta de plantas y otros seres vivos ante la lucha por subsistir a causa del ataque de enfermedades, daños de insectos, eventos meteorológicos e incluso por la edad (Padilla, 1987).

Microscopia óptica:

Es la técnica para observar características morfológicas de microorganismos, identificarlos y cuantificarlos con el uso de un microscopio óptico (Kremer, 2012 y Smith, 2018).

Disección:

Practica que consiste en separar tejidos orgánicos de un organismo vivo o muerto con la finalidad de analizar sus estructuras y su complejo anatómico (García *et al.*, 1999 y Mandressi, 2008).

2.2 Clasificación taxonómica de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl & Cham.

Actualmente la clasificación taxonómica del pino es (Naturalista, 1999):

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Pinopsida

Orden: Pinales

Familia: Pinaceae

Género: *Pinus*

Especie: *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl & Cham. (1831).

2.3 Descripción morfológica

Árbol: altura de 15 a 30 m, suele alcanzar 35 m, diámetro a la altura del pecho de 35 a 85 cm, copa generalmente estrecha, irregular y algo abierta, a lo largo del tronco presenta retoños y a veces también en las ramas primarias que comienzan a baja altura, espaciadas regularmente a lo largo del tallo. Las ramillas están levantadas y son de color café con tono cenizo, a veces en sus partes más tiernas con tinte azulado, superficie casi lisa o levemente escamosa debido a la base caediza de las brácteas; puede producir retoños en el tronco y en las ramas gruesas; en ocasiones se han observado conos en el tronco (Figura 1) (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978; Perry, 1991 y Farjon *et al.*, 1997).

Corteza: inicialmente delgada y se separa en escamas deciduas de color gris cuando es joven, gruesa, áspera y rugosa en árboles maduros, con profundas fisuras longitudinales y horizontales formando placas irregulares alargadas, de color gris-café oscuro en árboles maduros (Rusell, 1909; Martínez, 1948; Perry, 1991 y Farjon *et al.*, 1997).

Hojas: finas y delgadas reunidas en el extremo de la ramilla, en fascículos de 4-6 acículas, más frecuente cuatro que seis, de 6-17 cm de longitud y 0.5-0.9 mm de ancho, laxas, en ocasiones más rígidas, de color verde grisáceo con tinte amarillento ocasionalmente (verde en la cara abaxial y color grisáceo en las caras adaxiales), bordes con dientecillos muy pequeños y juntos (Rusell, 1909; Perry, 1991 y Farjon *et al.*, 1997).

Yemas: color amarillo pálido a un anaranjado claro, de forma ovoide, pronto caediza y casi sin resina (Martínez, 1948).

Ramillas: delgadas, frágiles y escamosas, más o menos carnosas, poco rojizas, con frecuencia de un tono ligeramente cenizo, en ocasiones glaucas, fascículos flácidos o extendidos que persisten por dos o tres años (Rusell, 1909; Martínez, 1948 y Farjon *et al.*, 1997).

Vaina: deciduas, en hojas muy jóvenes llegan a medir hasta 20 mm, normalmente 15 mm, de color anaranjado claro, caen cuando las acículas alcanzan el tamaño definitivo y ocasionalmente caen temprano (Martínez, 1948 y Farjon *et al.*, 1997).

Conillos: subterminales con pedúnculo largo y grueso, solitarios o en grupos de 2 a 7, de forma subglobosa, pequeños en el primer año de tono rosado o rosa con un tinte púrpura y

algo más grandes en el segundo año de color café verdoso, escamas armadas con pequeñas espinas conspicuas, ocasionalmente fuertes y persistentes (Russell, 1909 y Perry, 1991).

Conos: de 4-8 x 3-5.5 cm cuando están abiertos, de forma ovada u ovada cónica, subsimétricos, frecuentemente puntiagudos y más o menos reflejados; de 50 a 70 escamas; pedúnculo de 5 a 15 mm; solitarios o en verticilos desde 2 hasta 6 y son persistentes por muchos años, comúnmente seróticos con apófisis delgadas y algo túmida, al inicio su color es verde amarillento y después moreno con tinte olivo, al final tornándose cenicientos; el umbo central muestra claramente los límites del crecimiento de los dos primeros años; después de la polinización necesitan 3 años para madurar, comienzan a abrirse en enero y así parcialmente en distintas épocas (por lo tanto es frecuente observar en un mismo árbol conos en todas las etapas de crecimiento) (Russell, 1909; Martínez, 1948; Eguiluz, 1978 y Farjon *et al.*, 1997).

Semilla: levemente triangular, de 3-5 mm de longitud, de color amarillenta con estrías oscuras; ala articulada de 10-18 x 4-8 mm de color más claro que la semilla; se dispersa de diciembre a febrero (Martínez, 1948; Perry, 1991 y Farjon *et al.*, 1997).



Figura 1. a) Vista panorámica de *Pinus leiophylla* y b) Muestra botánica de *P. leiophylla*.

2.4 Distribución

Del género *Pinus*, ésta es una de las especies con mayor distribución en el país, se le encuentra entre los paralelos 16° a 30° de latitud Norte y meridianos 95° 30' y 109° de longitud Oeste; está presente en los estados de Colima, Chihuahua, Durango, Cd. de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Edo. de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas, como se aprecia en la Figura 2 (Farjon *et al.*, 1997 y CONAFOR Y CONABIO, 2014).

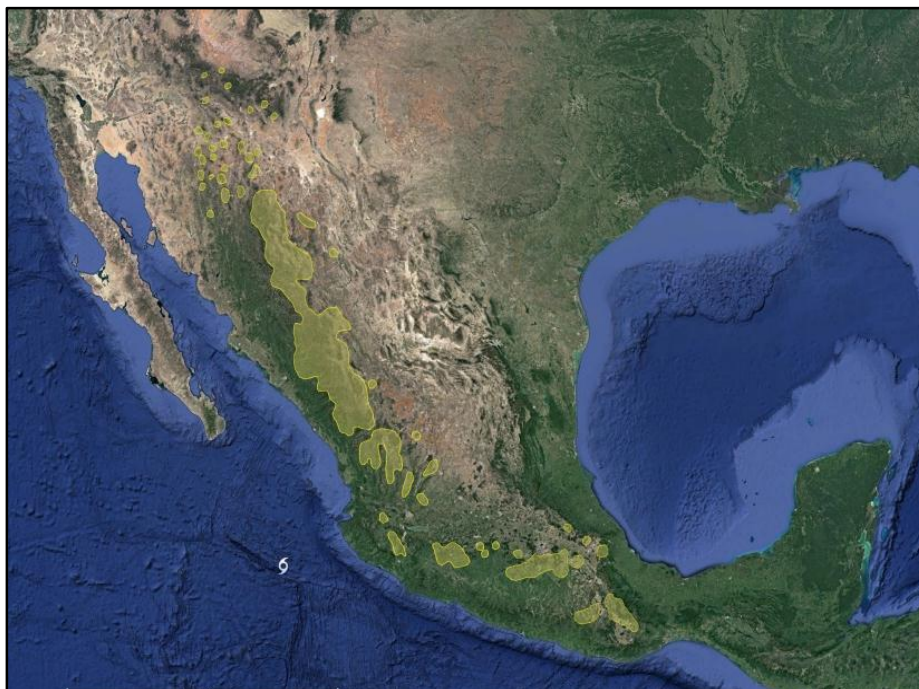


Figura 2. Distribución de *Pinus leiophylla* en la República Mexicana (USGS, 1999).

2.5 Condiciones ecológicas de la especie

Altitud: desde 1,600-2,900 m, predomina más frecuentemente de 2,200 a 2,750 m (Farjon *et al.*, 1997 y CONAFOR y CONABIO, 2014)

Suelo: profundos y permeables, de origen calizo o volcánico según la zona donde se desarrolle; son de color café o amarillo-rojizo; su pH tiende a ser ligeramente ácido con un rango de 5.5 a 6.5, presenta bajas cantidades de materia orgánica, también bajo contenido de Nitrógeno, Calcio y Fósforo, pero ricos en Potasio; son de textura migajón-arenosa, limo-arenosa y limo-arcillosa; rocas ígneas, predominando las dioritas, andesitas y riolitas (Farjon *et al.*, 1997 y CONAFOR y CONABIO, 2014).

Clima: la temperatura máxima que la especie llega a tolerar es de 38°C y la mínima de -15°C, generalmente se desarrolla donde la temperatura es de 14 a 18°C en promedio; se desarrolla en zonas donde el rango de precipitación es de 600 a 1500 mm de lluvia anuales (Eguiluz, 1978 y CONAFOR y CONABIO, 2014).

2.6 Especies asociadas

Es poco común que forme masas puras, lo más frecuente es verla asociada con otras especies arbóreas en toda su distribución. Es un constituyente común de bosques de pino y pino-encino (Farjon *et al.*, 1997), además puede crecer sobre superficies con lava volcánica (Eguiluz, 1978). En las diferentes provincias fisiográficas donde se desarrolla *P. leiophylla* es frecuente verlo asociado con distintas especies, tales como: *Cupressus arizonica*, *Juniperus sp*, *Pinus arizonica*, *P. engelmannii*, *P. lumholtzii* y *P. teocote* en la Sierra Madre Occidental; con *Cupressus benthamii*, *Juniperus deppeana*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. douglasiana*, *P. lawsoni*, *P. michoacana*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. pringlei*, *P. pseudostrobus*, *P. tenuifolia*, *P. teocote* y *Quercus crassipes* en el Eje Neovolcánico; en la Sierra Madre del Sur se ha observado junto a *Abies guatemalensis*, *P. michoacana*, *P. oaxacana*, con variedades del *P. pseudostrobus*, con formas del *P. teocote*, y otras latifoliadas de transición (Eguiluz, 1978 y Santillán, 1991).

2.7 Usos e importancia de *Pinus leiophylla*

P. leiophylla es una especie nativa de México que tolera sequías e incendios moderados, por su madera dura, densa y fuerte pertenece a la sección *Diploxylon*, así como por su alta cantidad de resina, empleada en diferentes industrias (Ramírez, 2012).

Su madera no es de alta calidad, pero se emplea en construcciones pesadas, postes para cerca, además para minas, durmientes y cajas de empaque, es más frecuente que se aproveche por su gran producción de resina, para la extracción de brea y aguarrás. (Pérez y Dávalos, 2016).

Por su tolerancia a factores ambientales como sequías moderadas y altas temperaturas, es una especie con potencial para recuperar suelos erosionados (Farjon, 2013 y CONAFOR y CONABIO, 2014).

En el Estado de México y Tlaxcala se prepara un té con la corteza del árbol para contrarrestar malestares por la tos, también se usa como expectorante contra la bronquitis aguda, interviene en el tratamiento de reumas, dermatitis, puede cicatrizar heridas, además es un antiséptico de las vías urinarias y diurético (UNAM, 2009).

Márquez *et al.* (2008) prepararon una infusión con corteza de *P. leiophylla* y encontraron que indujo un efecto antiinflamatorio parcial en ratas de laboratorio.

2.8 Plagas y enfermedades de *Pinus leiophylla*

Plagas

Se han detectado infestaciones del barrenador *Conophthorus conicolens* Wood en conos de *P. leiophylla* en comunidades de la Sierra P´urhépecha, además a este insecto se le ve asociado con *Phalonioptexis asaphes* W., que es una palomilla destructora de conos de *P. leiophylla* principalmente (Del Rio y Mayo, 1988).

P. leiophylla puede hospedar insectos que causan distintos daños según la parte del árbol atacada (Cibrián *et al.*, 2007). A continuación se muestran los tipos de daño.

Daños a corteza, floema y cambium:

Dendroctonus approximatus Hopkins (Curculionidae: Scolytinae), *D. mexicanus* Hopkins (Curculionidae: Scolytinae), *D. parallellocollis* Chapuis (Curculionidae: Scolytinae), *D. rhizophagus* Tomas y Bright (Curculionidae: Scolytinae), *D. valens* LeConte (Curculionidae: Scolytinae), *Hylurgops spp* (Curculionidae: Scolytinae), *Ips bonansea* Hopkins (Curculionidae: Scolytinae), *I. grandicollis* (Eichhoff) (Curculionidae: Scolytinae), *I. integer* (Eichhoff) (Curculionidae: Scolytinae), *I. lecontei* Swaine (Curculionidae: Scolytinae), *I. mexicanus* (Hopkins) (Curculionidae: Scolytinae) y *Synanthedon cardinalis* Dampf (Sessidae: Sessinae).

Daños a conos y semillas:

Apolychrosis synchysis Pogue (Tortricidae: Tortricinae), *Conophthorus conicolens* Wood (Curculionidae: Scolytinae), *Conotrachelus neomexicanus* Fall (Curculionidae: Molytinae), *Dioryctria cibriani* Mutuura y Neunzig (Pyralidae: Phycitinae), *D. erythropasa* (Dyar)

(Pyralidae: Phycitinae), *D. pinicolella* Amsel (Pyralidae: Phycitinae) y *Leptoglossus occidentalis* Heidemann (Coreidae: Coreinae).

Daños al follaje:

Eutachyptera psidii (Sallé) (Lasiocampidae: Lasiocampinae), *Neodiprion omosus* Smith (Diprionidae: Diprioninae), *Preptos hidalgoensis* Beutelspacher (Lasiocampidae: Lasiocampinae) y *Zadiprion falsus* Smith (Diprionidae: Diprioninae).

Daños a brotes y yemas:

Dioryctria cibriani Mutuura y Neunzig (Pyralidae: Phycitinae), *Rhyacionia flammicolor* Powell (Tortricidae: Olethreutinae) y *Toumeyella pinicola* Ferris (Coccidae: Coccophaginae).

Daños a la madera:

Gnathotrichus sulcatus (LeConte) (Curculionidae: Scolytinae), *Hylurgops spp* (Curculionidae: Scolytinae), *Ips integer* (Eichhoff) (Curculionidae: Scolytinae), *I. lecontei* Swaine (Curculionidae: Scolytinae).

Daños a raíces:

Dendroctonus parallelcollis Chapuis (Curculionidae: Scolytinae).

Salinas *et al.* (2010) reportan los siguientes porcentajes de infestación de los descortezadores del género *Dendroctonus* que atacan a *P. leiophylla* en México: *Dendroctonus adjunctus* (2.9%), *D. approximatus* (16.7%), *D. brevicornis* (15.4%), *D. frontalis* (5.4%), *D. mexicanus* (37.8%), *D. parallelcollis* (31.6%), *D. rhizophagus* (10.1%) y *D. valens* (15.5%), además generaron un índice de presión por descortezadores según la distribución de este pino (Figura 3).

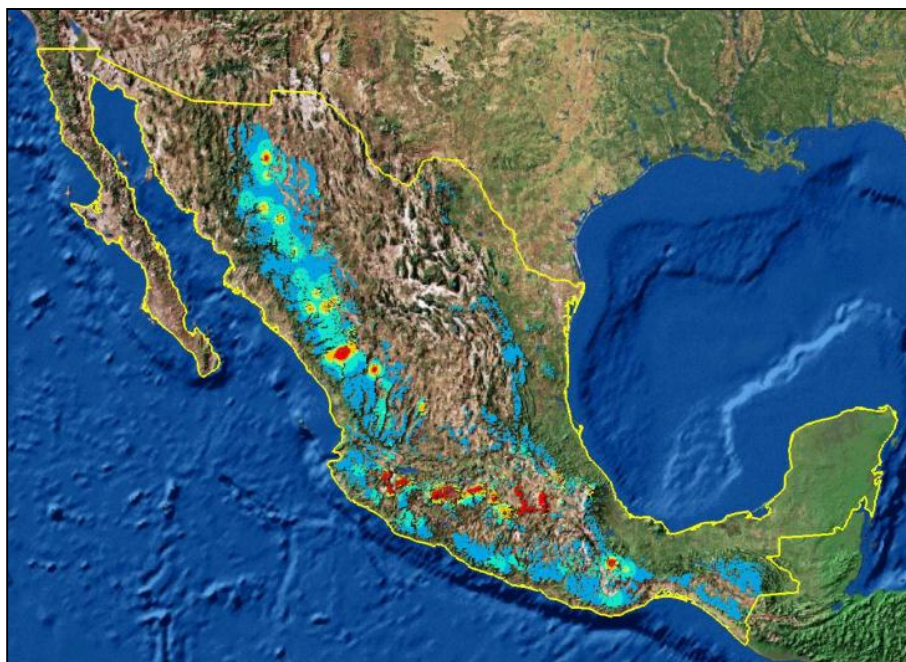


Figura 3. Índice de presión de especies del género *Dendroctonus* sobre la distribución de *Pinus leiophylla*. Azul claro (bajo), amarillo (medio) y rojo (alto) (Salinas *et al.*, 2010).

Enfermedades

Para que se lleve a cabo un proceso de infección por un agente biológico se requieren tres elementos fundamentales interrelacionados que son un hospedero susceptible, un patógeno virulento y las condiciones del ambiente que favorezcan al patógeno y que afecten al hospedero (Urbina, 2011), como se muestra en la Figura 4. Agrega el autor que para controlar una enfermedad basta con lograr manejar adecuadamente cualquiera de los componentes de esta triada.

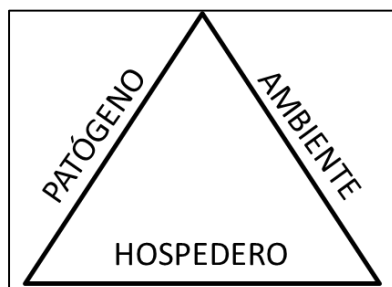


Figura 4. Elementos del triángulo de una enfermedad (Urbina, 2011).

Por otra parte, Cibrián *et al.* (2007) mencionan que *P. leiophylla* puede presentar las siguientes enfermedades:

Cancros:

Fusarium circinatum, cancro que provoca la exudación de resina tallo y ramas del individuo, así como decoloración del follaje.

Royas:

El género *Coleosporium* es una roya de las acículas que genera áreas de medio milímetro aproximadamente de tonalidad rojiza o violácea, además se produce una diminuta gota de resina sobre la aguja.

Cronartium quercuum quercuum (roya esférica del pino-encino) origina una hinchazón hemisférica en un lado del tallo o en las ramas más viejas del árbol, esta hinchazón avanza hasta volverse esférica y finalmente se alarga.

Cronartium conigenum (roya agalladora de conos de pino) ocasiona la hinchazón del cono, deformándolo y agrandándolo más de su tamaño normal, causando la muerte del mismo, afectando así la producción de semillas. Aunque *P. leiophylla* produce grandes cosechas de conos y la producción es muy buena en muchas áreas, así mismo es susceptible al hongo

Pudrición:

Heterobasidium annosum, hongo que pudre la raíz y el tronco del hospedero, disminuyendo el volumen de madera causado por la muerte del árbol.

Leptographium terebrantis es un hongo que mancha la madera de un tono azul, y empieza a originarse bajo las galerías de larvas de *Dendroctonus valens*, insecto con el cual vive asociado.

El hongo saprófito *Trichaptum abietinum* puede subsistir en madera muerta o en descomposición de *P. leiophylla* y otras coníferas.

Sánchez (1980) reportó que el hongo *Fomes annosus* causó pudrición de raíces y tronco de *P. leiophylla* en bosques de la Meseta P´urhépecha del estado de Michoacán.

Plantas parásitas

Vázquez y Pérez (1982) evaluaron el efecto del parasitismo del muérdago verdadero (*Psittacanthus schiedeanus* Cham. & Schlecht Blume) sobre *P. leiophylla* y estimaron una pérdida de madera de 2.3690 m³/ha para esta especie en un período de cinco años.

Muérdago enano como *Arceuthobium gillii*, *A. nigrum*, y el muérdago verdadero *Psittacanthus calyculatus*, *P. macrantherus*, y *Cladocolea microphylla* pueden ser huéspedes de *P. leiophylla* (Cibrián *et al.*, 2007).

Contaminantes en el ambiente

P. leiophylla sufre los efectos de contaminantes atmosféricos como el dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO y NO₂) y Ozono (O₃) (Barrantes, 2001), estos compuestos originan necrosis, pigmentaciones blancas o verde pálido, coloraciones marrón-rojizas y clorosis en el follaje, disminuyendo así la tasa fotosintética, generando defoliación prematura y reduciendo el crecimiento de raíces, diámetro y altura, además de que baja la producción de semillas (Cibrián *et al.*, 2007), entre los daños indirectos aminoran las colonias de micorrizas, quienes favorecen a la absorción de nutrientes y agua a través de la simbiosis (López, 1997).

Resinación excesiva y ocoteo inmoderado

La resinación de pinos es una actividad de las comunidades donde se beneficia el bosque y los “resineros”, pero cuando las prácticas de extracción no se hacen adecuadamente, por ejemplo, exceso de “caras” por árbol, ancho de cara sobrepasado o caras muy profundas, pueden estresar o debilitar al árbol, poniendo vulnerable a plagas y enfermedades. Otra actividad es el ocoteo, que, cuando se sobreexplota a un solo árbol, este disminuye sus procesos fisiológicos y reduce su resistencia a vientos torrenciales (Cibrián *et al.*, 2007).

Deficiencias nutricionales

Las bajas cantidades de macro y micronutrientes afectan el rendimiento en todas las especies vegetales, por lo que *P. leiophylla* es vulnerable a estos déficits si se encuentra fuera de su hábitat natural, incluso en el mismo por la competencia entre plantas (Cibrián *et al.*, 2007). La escases de micro y macronutrientes en el suelo, así como de los

macroelementos en el ambiente, reducen el vigor y desarrollo de las plantas, esto puede expresarse en el follaje clorótico, purpúreo o necrótico, deformaciones foliares y marchitamiento de brotes, entre otros síntomas; lo anterior hace que las plantas sean más vulnerables al ataque de plagas y enfermedades, así como tener menor resistencia a fenómenos meteorológicos (Barbazán, 1998).

Fenómenos meteorológicos

Eventos meteorológicos como son huracanes, vientos torrenciales, heladas, periodos de sequía, rayos, entre otros, pueden impactar en los ecosistemas causando daños mecánicos y fisiológicos en las plantas (Cibrián *et al.*, 2007).

2.9 Trabajos a fines

Para determinar la condición de salud de una plantación de cinco procedencias de *Pinus greggii*, Becerril (2017) evaluó en tres ocasiones: a) La presencia de plagas y enfermedades que afectan el follaje, el fuste, la yema apical y los conos y, b) síntomas de daño por factores bióticos y abióticos, basándose en una escala tipo Likert (1932) (Muy saludable, Saludable, Regular y Malo) para determinar la condición de salud del arbolado. Concluyó que 31.3% de las plantas presentaron condición muy saludable, el 48.3% saludable, el 15.4% regular y el 5% malo. Los daños que observó con mayor frecuencia fueron el ondulamiento del fuste (40.62%), la presencia de barrenadores de yemas y brotes (39%), clorosis foliar (29.28%), bifurcaciones (17.54%), presencia de conos colapsados e hipertrofiados (<10%), árboles despuntados (<10%) y algunos acamados (<10%). Además, encontró correlación entre los árboles bifurcados y ondulados con el impacto nocivo de plagas que se alimentan de yemas y brotes.

Claudio *et al.* (2012) evaluaron los daños por patógenos fúngicos en pinos y encinos de un Área de Protección de Flora y Fauna, emplearon de muestreo un arreglo factorial que contempla tres niveles de vegetación (rodal puro de pino, rodal puro de encinos y rodal con ambas especies mezcladas), dos exposiciones y cuatro rangos de altitud, con un total de 24 zonas de muestreo y cada una de ellas con tres parcelas de 1000 m² distribuidas aleatoriamente. Para la evaluación de los daños usaron criterios como estado del árbol (sano, dañado y muerto), el agente causal de daño (hongos, insectos, hongos+insectos o agente desconocido), parte del árbol afectada (fuste, copa, conos y árbol completo), así

como la extensión de los daños en copa y fuste, para lo último utilizaron la siguiente escala: árbol sano (0% de daños), moderado (1-25% de daños), severo (26-50% de daños), grave (51-75% de daños), muy grave (76-99% de daños) y muerto (100% dañado). Del total de los árboles evaluados determinaron que el 93% presentaron algún tipo de daño, que el 92% presentan daños en todo el árbol (fuste y copa), siendo *Pinus oocarpa* la especie más afectada, con el 17% de los árboles de su especie en condiciones de salud graves.

González (2004) determinó los agentes asociados al tizón de las acículas y estimó el grado de incidencia y severidad por daños de patógenos en reforestaciones de *Pinus oocarpa* y *P. maximinoi*, uso un muestreo dirigido para evaluar el arbolado, con ello determinó que los patógenos (*Lophodermium sp* y *Dothistroma sp*) reducen sus procesos biológicos con precipitaciones altas, también estimo una incidencia de las enfermedades de 53% al inicio de la evaluación, seis meses después la incidencia aumento a 99%, la alta humedad relativa y bajas precipitaciones favorecen la severidad de los hongos sobre los árboles.

Flores (2016) realizó una evaluación sobre la condición morfológica, vulnerabilidad y la condición general de salud de *Pinus cembroides* así como su posible relación con el diámetro de la base (cm), altura (m) y cobertura de copa (m²) de cuatro áreas en una reforestación. El autor determinó una condición morfológica normal del arbolado, además indicó que *P. cembroides* tuvo un alto grado de vulnerabilidad a los diversos factores del área. Determinó una condición de salud regular y no obtuvo valores significativos ($R_{\max}=0.352$) en el análisis de correlación entre la salud de los árboles y las variables dasométricas. Reportó que los factores de carácter antropogénico y plagas (*R. arizonensis* y *Dasyneura sp*) fueron los que causaron mayor daño a la reforestación.

Castillo y Guido (2014) evaluaron la sobrevivencia y condición fitosanitaria de una plantación de *Pinus oocarpa* Schiede con diferentes mezclas de suelo, dos niveles de desinfección (Cal y un hongo del género *Trichoderma*) y un testigo (sin desinfección). Determinaron el 81.02% de sobrevivencia global y de las 264 plantas evaluadas obtuvieron 155 plantas sanas, 42 plantas cloróticas, 15 dañadas y 52 muertas, resultando el tratamiento con la planta más sana que consistió de 70% suelo y 30% arena con la planta desinfectada con *Trichoderma*, y el tratamiento con la planta más afectada fue el de 100% suelo y planta desinfectada con *Trichoderma*, con un 26.67% de plantas afectadas del total de la

plantación. Al segundo mes de evaluación, encontraron daños en la yema terminal por hormiga arriera afectando al 5.68% de la plantación, para el cuarto mes detectaron clorosis y un tono café oscuro en el follaje, así como pequeñas perforaciones en la parte media del tallo, provocando que este se doblara y posteriormente muriera.

Moreno (2019) llevó a cabo un experimento con tres tratamientos de fertilización (N: 333.59 g, P: 109.35 g y K: 188.67 g) y un testigo en una plantación de *Pinus patula* Schl. et Cham., con el fin de estimar el grado de ataque de *Sphyrapycus varius*, un ave succionadora de savia, con respecto a los nutrimentos. Menciona que aunque raramente mata los árboles, sus fustes presentan deformaciones importantes que afectan la calidad de la madera y, determinó que los nutrimentos deficientes en el área favorecen el ataque de *S. varius*, además recomienda aplicar nitrógeno y fósforo para disminuir la incidencia del ave.

En plantaciones de otras especies forestales, García (2005) empleó un muestreo sistemático con sitios circulares de 100 m² para evaluar el vigor, la sobrevivencia y el estado fitosanitario de plantaciones forestales de cinco especies de clima tropical [*Swietenia macrophylla* King, *Cedrela odorata* L., *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken, *Tabebuia rosea* (Bertol.) D.C. y *Tabebuia donell-smithii* Rose], estimó un 85.77% de sobrevivencia, 78.24% de plantas sanas y 85.56% de plantas vigorosas, así como el 14.61% de árboles dañados por insolación, 3.97% por *Hypsiphylla grandella* Zeller y 1.67% por hormigas.

Jiménez *et al.* (2012) contaron mensualmente la incidencia y daños de *Hypsiphylla grandella* Zeller de forma directa en cada una de las plantas seleccionadas de nueve unidades experimentales en plantaciones de *Cedrela odorata* L., además obtuvieron diariamente durante el lapso del estudio las variables meteorológicas temperatura ambiente, máxima y mínima (°C); precipitación (mm), humedad relativa (%) y radiación solar (W/m²), con esto realizaron un análisis de las localidades en conjunto y reportaron una correlación alta de temperatura mínima y precipitación con la incidencia de ataque de *H. grandella*. Concluyeron que al usar estas variables se puede predecir la presencia de ataque, pero no la intensidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

Ubicación geográfica

La comunidad indígena de Cherán se localiza en la Meseta Púrhépecha al noroeste del Estado de Michoacán con coordenadas $19^{\circ}41'15''$ N y $101^{\circ}57'17''$ O, a una altitud entre 2200 y 3200 msnm (Figura 5) (INEGI, 2009).

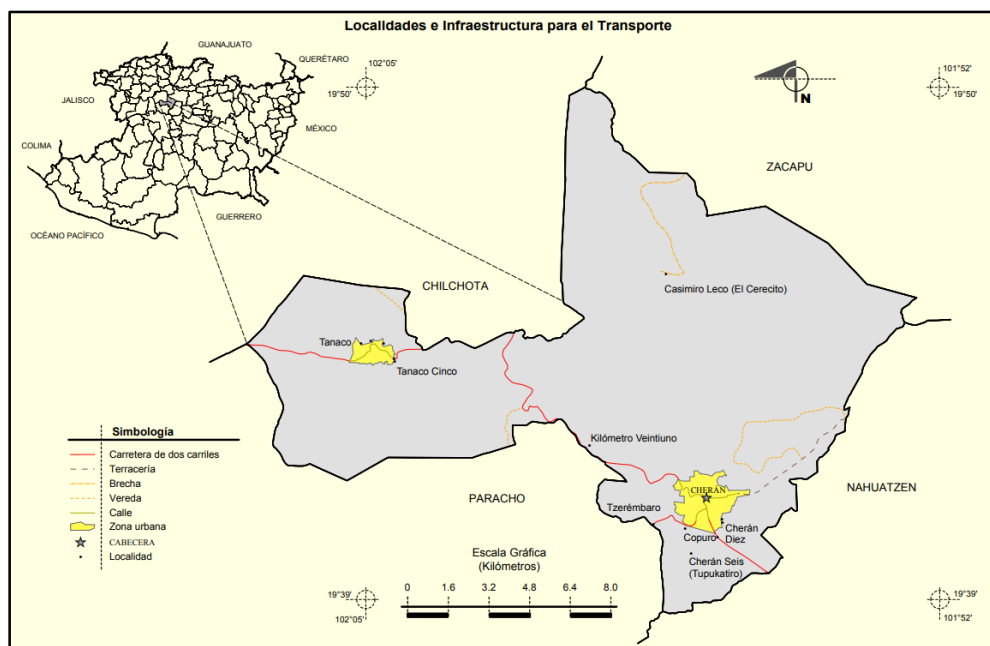


Figura 5. Ubicación geográfica del municipio de Cherán, Michoacán (INEGI, 2009).

Fisiografía

Pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico y subprovincia Neovolcánica Tarasca (INEGI, 2009).

Hidrografía

Se ubica en las regiones hidrológicas Lerma-Santiago (68.18%) y Balsas (31.82%) dentro de las cuencas R. Lerma-Chapala (68.18%) y R. Tepalcatepec-Infiernillo (31.82%) (INEGI, 2009).

Clima

El clima corresponde al grupo C(W2) (w) que se describe como templado subhúmedo con lluvias en verano, temperatura de entre 12° y 18°C y un rango de precipitación de 1000 a 1200 mm por año (García, 1973 y INEGI, 2009).

Edafología

Predomina el tipo de suelo Andosol (86.57%), seguido por el Leptosol (8.76%) y por último el suelo Cambisol (1.95%) (INEGI, 2009).

Vegetación

La vegetación corresponde a bosque de pino-encino, bosque de pino y pequeñas porciones de pastizal. Las principales especies arbóreas son: *Pinus pseudostrobus* Lindl. var. *pseudostrobus*, *P. devoniana* Lindley, *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. montezumae* Lamb., *Abies religiosa* (Kunth Schltdl. et Cham.), *Quercus rugosa* Née, *Q. candicans* Née., *Q. crassipes* Humb. & Bonpl., *Alnus acuminata* Kunth., *Arbutus xalapensis* Kunth., *Prunus serotina* ssp *capulí*, *Crataegus pubescens* (Kunth) Steudel, *Cupressus lindleyi* Klotzsch ex Endl. (introducida) y *Sapindus saponaria* (Michú) (CMGC, 2015 y INEGI, 2017).

Fauna

En la comunidad hay presencia de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), coyote (*Canis latrans*), gato montés (*Lynx rufus*), mapache (*Procyon lotor*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), tejón (*Meles meles*), entre otras especies de roedores, reptiles, anfibios, aves e insectos (INAFED, 2010 y CMGC, 2015).

3.1.1 Descripción de la plantación

La plantación en estudio la conforma *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham (pino chino), tiene una superficie de 10.6 hectáreas y se encuentra en el paraje denominado “Tres Esquinas” al noroeste del centro de población, está diseñada acorde a las curvas de nivel (3 m entre plantas y 3 m entre líneas) y plantada en cepa común (Figura 6), se realizó en el año 2015 como parte del programa “Ejido Verde y Resinado” con el objetivo de producir

resina de pino, así como restaurar el ecosistema que fue degradado con mayor auge durante el año 2011 (CMGC, 2015).



Figura 6. Plantación de *Pinus leiophylla* (huerto resinero) en la comunidad de Cherán, Michoacán.

3.2 Muestreo empleado

Para establecer las parcelas de muestreo primero se delimitó el polígono del predio con un GPS Garmin Legend.

Vega (2013) usó un muestreo completamente al azar estratificado para evaluar el desarrollo dasométrico y vigor de plantaciones forestales, por lo que, en esta investigación se estableció un muestreo simple aleatorio donde se emplearon ocho sitios para registrar signos y síntomas causados por agentes bióticos y abióticos, además se recolectó material vegetativo con sintomatología para analizarse en laboratorio.

Distribución de los sitios

Los sitios se distribuyeron con el software QGIS 2.14.3 con la herramienta “Puntos al azar” y se grabaron las coordenadas UTM WGS 84 en el GPS. La Figura 7 muestra la distribución de los sitios en el predio.

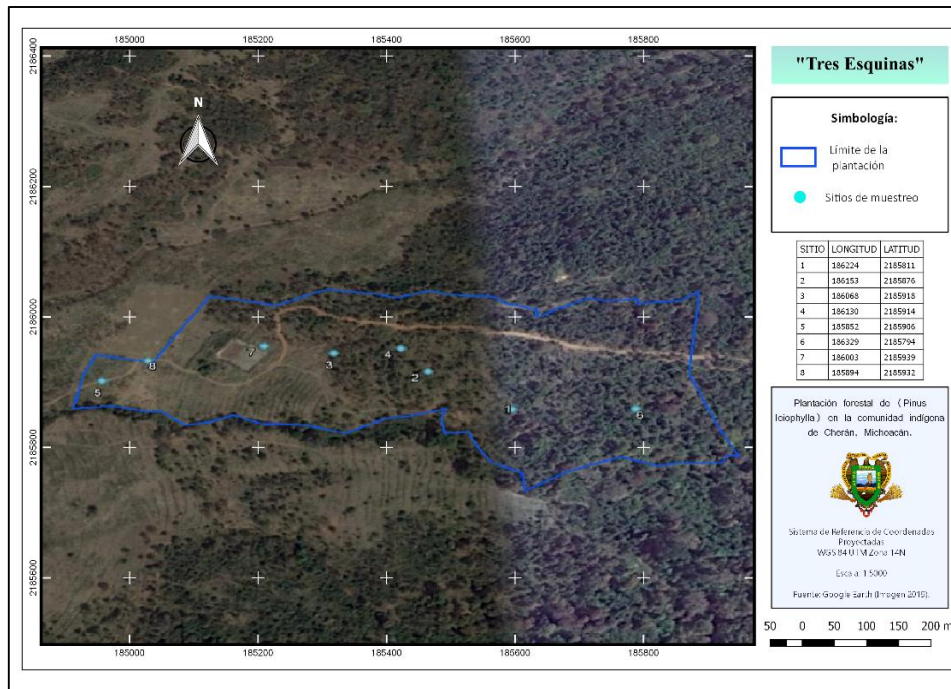


Figura 7. Distribución espacial de los sitios de muestreo.

Tamaño y delimitación de los sitios

Para evaluar la sanidad de una plantación Murillo y Camacho (1997) proponen emplear sitios circulares de 150 m^2 (6.91 m de radio) para densidades de 1000 a 1400 plantas por hectárea. El huerto resinero en estudio tiene una densidad de 1111 árboles por hectárea, y para este caso se usaron sitios circulares de 250 m^2 y 8.92 m de radio, delimitados con una cuerda de la longitud del radio, para eso, se usó la coordenada de cada sitio como centro de los mismos, sobre el cual se ubicó un extremo de la cuerda y el otro extremo se estiró completamente en dirección opuesta, con la cuerda tensa, una de las puntas se desplazó en sentido de las manecillas del reloj hasta cerrar el círculo (Figura 8).

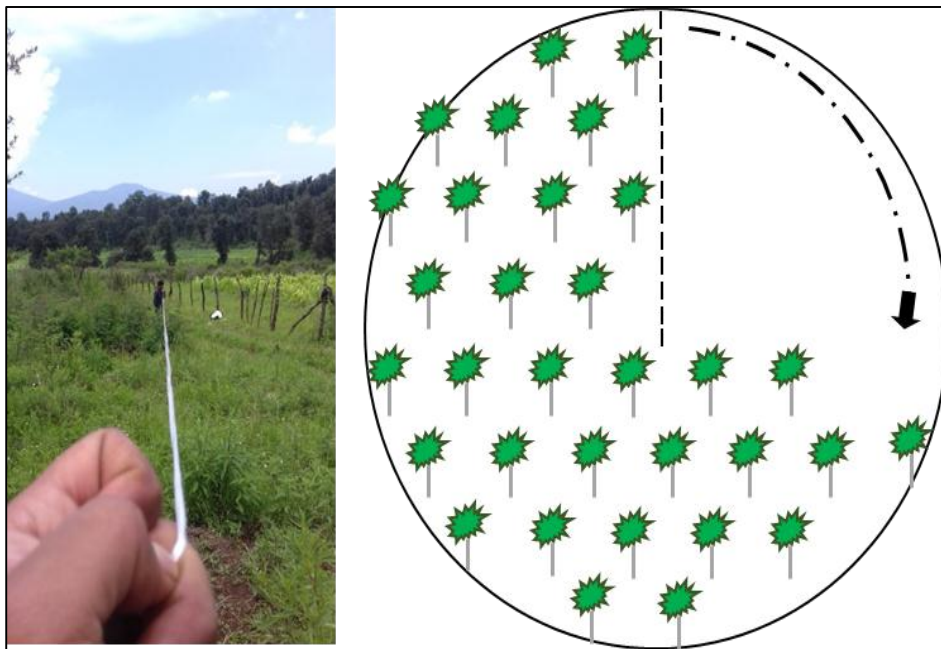


Figura 8. Delimitación de los sitios de muestreo.

3.3 Variables evaluadas

Variables cualitativas

La evaluación de estas variables fue con base a la observación directa de signos y síntomas presentes en el fuste y la copa de los árboles, la sintomatología que se considero fue la siguiente:

Evaluación del fuste

Basándose en la escala de daños del Cuadro 1 propuesta por Murillo y Camacho (1997), se evaluó en el tallo de la planta las siguientes características:

Despuntado: cuando el árbol se encontraba sin la yema o brote terminal.

Bifurcado: cuando se observaron dos tallos emergentes de un tallo principal.

Ondulado: cuando el fuste del árbol se desarrolló longitudinalmente en forma de ondas.

Golpeado: tallo que sufrió un impacto contra un objeto o cuerpo.

Acamado: fuste con una inclinación mayor al 30% respecto a un eje vertical imaginario, en este caso el tallo.

Plagado / Enfermo: signo o síntoma causado por un factor biótico.

Trozado: corte transversal a lo largo del tallo, del último verticilo superior hacia la base.

Evaluación de la copa

La evaluación de signos y síntomas en la copa también se basó en la escala del Cuadro 3, estas variables son:

Amarillento: follaje con clorosis foliar.

Café o rojiza: copa con una coloración café a rojiza.

Defoliado: copa con pérdida de acículas.

Manchas: hojas con puntos o manchas de color distinto al del follaje sano.

Ramas quebradas: ramas trozadas en cualquier sección de la misma o desgajadas desde el entrenudo.

Ramas onduladas: ramas con crecimiento curvo.

Punta ondulada: brote terminal curvado.

Incidencia de patógenos

La incidencia de patógenos en el follaje únicamente se evaluó en los árboles de la plantación inicial (establecida en el año 2015) sin considerar los replantes de años posteriores, los cuales se tomaron en cuenta para las variables mencionadas anteriormente. El Cuadro 2 muestra las categorías de infestación por patógenos en la que se basó para evaluar esta variable.

Cuadro 1. Escala de daño para evaluar condición de salud en fuste y copa.

Categoría	Valor numérico	Porcentaje de evidencias
No visible	0	0%
Poco visible	1	> 0% < 50%
Muy visible	2	≥ 50%

Cuadro 2. Escala para determinar la incidencia de patógenos.

Categoría de daño	Porcentaje de evidencias de signos y síntomas
0	Árbol sano con 0% de evidencias
1	Poco visible, > 0% de evidencias pero < 30%
2	Moderadamente visible, ≥ 30% de evidencias pero < 60%
3	severamente visibles, ≥ 60% de evidencias
4	Muerto por factor identificado
5	Muerto por causas desconocidas

VARIABLES CUANTITATIVAS

Supervivencia

La supervivencia de una plantación indica la proporción en porcentaje de árboles vivos de un determinado momento respecto al total de árboles plantados al inicio en una plantación (Murillo y Camacho, 1997); para este caso únicamente se contaron los árboles que sobrevivieron de la plantación inicial y se registraron como árboles muertos a las cepas sin individuos y con replantes de años posteriores.

Para el cálculo de la proporción de supervivencia se empleó la siguiente ecuación (CONAFOR, 2013):

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n ai}{\sum_{i=1}^n mi}$$

Dónde:

p = Proporción estimada de árboles vivos.

ai = Número de árboles vivos en el sitio i .

mi = Número de árboles plantados en el sitio i .

VARIABLES DASIOMÉTRICAS

Diámetro basal: se utilizó un flexómetro y se midió al ras del suelo el diámetro de la base del tallo en centímetros.

Altura total: se midió la altura en metros con un flexómetro desde la base del tallo hasta el meristemo final de la planta.

Longitud del brote: con un flexómetro se midió el brote final en centímetros, desde la yema terminal hasta el primer verticilo superior.

Crecimiento acumulado: se midió en centímetros con un flexómetro la distancia del último verticilo superior correspondiente al año 2019 hacia abajo, en el verticilo perteneciente al año 2015, considerando un año entre verticilo y verticilo.

El fin de registrar estas variables fue para conocer si los patógenos reducen el crecimiento de los pinos, de ser el caso. La Figura 9 muestra la medición de estas variables.

Las variables observadas se registraron en dos formatos de campo distintos para después trasladar los datos a un libro del programa Microsoft Excel.

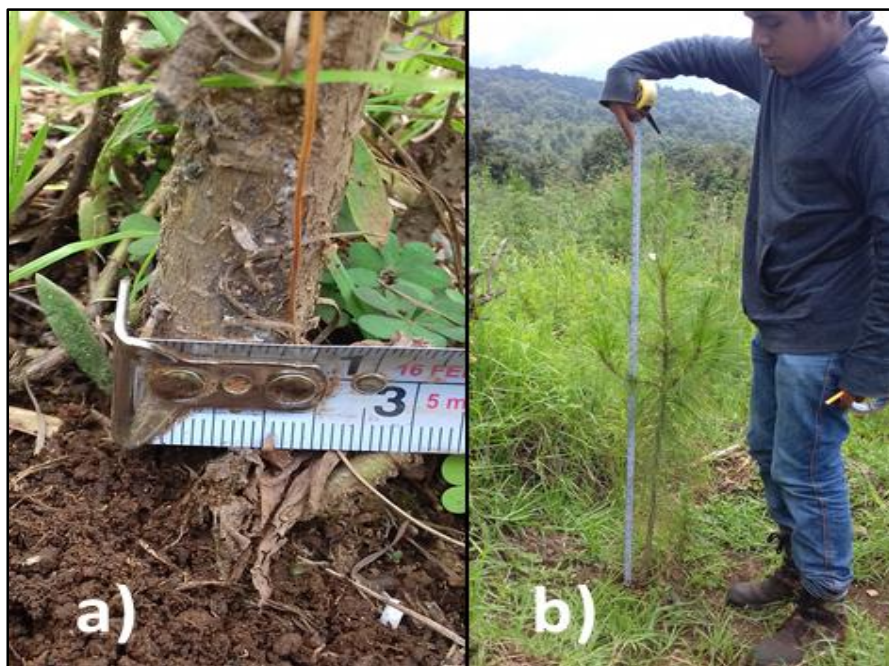


Figura 9. Medición de variables dasométricas.

3.4 Análisis de laboratorio

Las muestras recolectadas en campo fueron llevadas al laboratorio de fitopatología de la UAAAN donde fueron analizadas con técnicas de microscopía óptica, usando un microscopio (Nikon Eclipse E100) y un estereoscopio (Halógena Dual) 7X – 180X Modelo SM-2TYT.

El aislamiento de patógenos fúngicos se hizo en medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar (PDA) para patógenos facultativos (Claudio *et al.*, 2012), mientras que para los patógenos obligados se emplearon cámaras húmedas (Marmolejo, 2018). La Figura 10 muestra el procedimiento de aislamiento e identificación de patógenos.

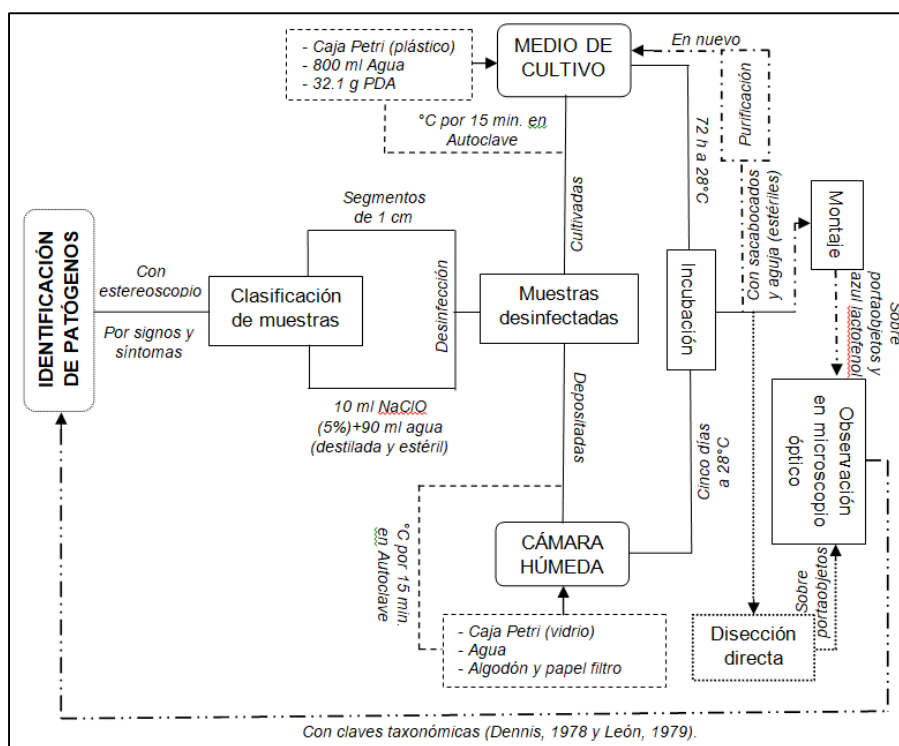


Figura 10. Metodología para el aislamiento e identificación de hongos fitopatógenos.

Para la desinfección de las muestras, estas se inmergieron en una solución 1:10 de cloro comercial y agua destilada estéril durante un minuto y dos enjuagues con agua destilada estéril (Reséndiz *et al.*, 2015).

El cultivo y el depósito de las muestras en las cajas, así como la purificación, se realizaron en una campana de transferencia para evitar contaminación por otros microorganismos. Las

pinzas de disección, el sacabocados, el bisturí y las agujas que se usaron en los métodos de asilamiento e identificación se esterilizaron con alcohol (5%) y un mechero de alcohol para prevenir contaminación.

3.5 Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico se utilizó un diseño experimental completamente al azar con siete tratamientos (los hongos encontrados y un número variable de repeticiones). Se practicaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias con la Prueba de rango múltiple de Duncan (1955). Las variables evaluadas fueron, diámetro basal (cm), altura total (m), crecimiento acumulado (cm) y longitud de brote (cm).

Modelo estadístico

De acuerdo al diseño completamente al azar, el modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + P_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Observación del i-ésimo hongo dentro del j-ésimo sitio

μ = Media de cada variable dasométrica

P_i = efecto del i-ésimo hongo

E_{ij} = Efecto del grado de afectación sujeto a- i-ésimo hongo y el j-ésimo sitio

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Supervivencia

La supervivencia de *Pinus leiophylla* de la plantación inicial, a cuatro años de establecida fue de 35.45%, valor inferior al reportado en una comunidad del municipio de Huasca de Ocampo, Hidalgo, donde la sobrevivencia de *P. leiophylla*, a seis meses de haberse establecido una plantación fue de 47% en plantas testigo y 74% en plantas con un tratamiento de 616 cc de espuma fenólica hidratada (Palacios *et al.*, 2015); en otro caso se mostró una supervivencia de 90% para la misma especie al año de haberse plantado en un huerto semillero en Montecillo, Estado de México (Jasso *et al.*, 1993). La variación del valor reportado para el huerto resinero respecto a las otras evaluaciones puede atribuirse al tiempo en que fueron evaluadas las tres plantaciones después de haber sido establecidas, además de las condiciones particulares en cada lugar.

En un experimento que se desarrolló en vivero con plántulas de nueve meses de edad de *P. leiophylla*, originarias de 11 poblaciones del centro de México, que fueron sometidas a un período de sequía de dos meses con tres niveles de humedad, una de las poblaciones obtuvo 0% de mortandad mientras que otra alcanzó un 40% al terminar el periodo, aunque no se hace referencia a que tratamiento correspondían (Martínez *et al.*, 2002). En otra evaluación de sobrevivencia de plántulas en campo, al suroeste de Arizona, cinco especies de pino fueron sometidas a estrés hídrico, siendo *P. leiophylla* la segunda especie con mayor sobrevivencia y tolerancia a sequía después de *P. discolor*, quienes sobrevivieron a estas condiciones por 60 días (Barton y Teeri, 1993).

Aproximadamente a 40 km de la plantación en estudio, en plantaciones de *P. pseudostrobus* y *P. greggii* establecidas en 1996, los porcentajes de sobrevivencia fueron de 57.5 y 55.5% respectivamente, valor que se vio afectado por el ataque de “tuzas” (*Zygoeomys trichopus* Merriam) (Muñoz *et al.*, 2011), un mamífero que se alimenta de las raíces de árboles jóvenes, considerado uno de los principales factores que reducen la sobrevivencia de especies nativas de la región (entre ellas *P. leiophylla*) usadas en plantaciones forestales establecidas en la Meseta P´urhépecha, Michoacán (García y

Aguilar, 1996), además del mal manejo de la planta al transportarla al sitio de plantación (Muñoz *et al.*, 2011).

Las causas de mortalidad del huerto resinero en “Tres Esquinas” no fueron determinadas, pudieron haber intervenido tanto factores abióticos como bióticos que matan a los árboles, por ejemplo las tuzas, como es el caso de la comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro, donde este mamífero redujo la sobrevivencia de *P. pseudostrobus* y *P. montezumae* hasta 35% en plantaciones forestales (Barrera *et al.*, 2018), valor muy próximo al de *P. leiophylla* aquí reportado.

4.2 Estado de salud

Se muestran los resultados del estado de salud general de la plantación según la parte evaluada en los árboles.

Condición del fuste

El síntoma más frecuente en el tallo fue el ondulamiento, presente en el 68.98% del total de árboles muestreados, este síntoma también fue el más común de *Pinus greggii* en la Sierra de Arteaga, Coahuila, que se vio en el 40.62% de los árboles evaluados (Becerril, 2017). En un vivero de Cartago, Costa Rica, el segundo defecto que más observó en plántulas de *Cupressus lusitanica* fue la torcedura del tallo, que apareció en el 2.21% de los individuos, atribuyendo esta causa a la calidad genética de la semilla (Sánchez y Murillo, 2004). Especies del género *Rhyacionia* (Tortricidae: Tortricinae) son conocidas por atacar brotes de pinos, lo que genera malformaciones en el fuste y ramas de los árboles que infesta (Gómez *et al.*, 2010), otras causas que generan deformaciones en el tallo son los virus, que alteran el metabolismo de las células, la otra es por el ataque de ardillas cuando se alimentan de yemas terminales (INAB, 2017).

En segundo lugar se observaron los árboles acamados con 10.27% del total de pinos, en otra plantación de *P. greggii* solo se presentó el 3.51% de los árboles con esta característica (Becerril, 2017), esta afectación puede darse después de lluvias torrenciales, granizadas intensas o fuertes corrientes de viento, lo cual se ve favorecido por plantas con la raíz no muy profunda o con, la edad del árbol o por condiciones morfológicas (SEDAGRO, 2007).

Dos de los daños menos observados fueron los fustes golpeados (1.18%), causa del impacto entre el tallo y otro objeto, que puede deberse al manejo y transporte inadecuado de las plantas o a labores culturales como rehabilitación del cajete (Muñoz *et al.*, 2011); la otra afectación fue en la categoría de plagado y/o enfermo (1.18%), donde se observó la presencia de *Pityophthorus sp* (Curculionidae: Scolytinae) en la parte media del fuste, detectado por los residuos de aserrín y las galerías interiores en la corteza, otro síntoma por este insecto es la muerte de brotes y ramillas (Cibrián *et al.*, 2007); se describe a la especie en un apartado posterior. La mayoría de las especies del género *Pityophthorus* se consideran descortezadores secundarios que atacan árboles debilitados, como aquellos que son afectados por incendios forestales, tal es el caso de *Pinus patula* en el Estado de Hidalgo, donde se recolectaron estos coleópteros en los troncos de pinos afectados por el fuego después de un incendio (Fonseca *et al.*, 2014). Especímenes de este insecto fueron capturados con trampas en cuatro áreas con bosque de pino y pino-encino del estado de Michoacán (COFOM, 2018), por lo que se reafirma la presencia de este descortezador secundario en el Estado, ahora reportado en la comunidad de Cherán, Michoacán. Los porcentajes del resto de las afectaciones en la población de *P. leiophylla* se muestran en la Figura 11, y la sintomatología encontrada en el fuste en la Figura 12.

Debido a que este insecto solo se encontró en siete árboles, no se considera un problema grave hasta el momento, lo que debería estudiarse a futuro en la misma plantación o en otros huertos resineros de la comunidad.

El 35% de los árboles presentó el ondulamiento del fuste con categoría poco visible, el 22% se mostró con categoría muy visible y el resto de los árboles no presento este síntoma, las categorías en los árboles acamados fueron de 7.24% poco visible y el 3.03% muy visible, siendo estas dos sintomatologías las más representativas de la plantación. En Valdivia, Chile se llevó a cabo una evaluación de la calidad de planta de *Pinus radiata* donde únicamente el 0.2% de los árboles presentaron tallo ondulado (Reyes, 2009). En otra investigación, el 3% de las plantas de *Pseudotsuga menziesii* evaluadas mostraron el tallo curvo como respuesta a la aplicación de un fertilizante granulado (Zas y Pichel, 2001). Las demás categorías de daño por sintomatología observada en *P. leiophylla* del huerto resinero se muestra en la Figura 13.

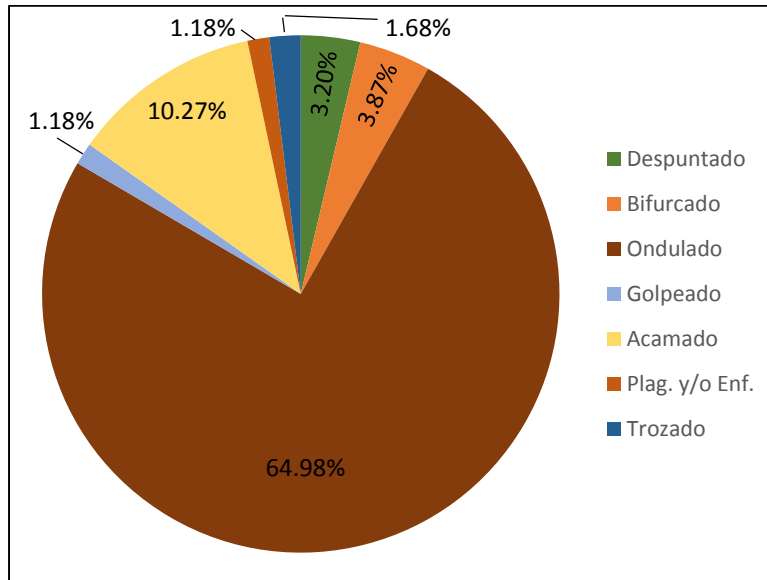


Figura 11. Porcentajes del tipo de daño en fuste de *Pinus leiophylla*.

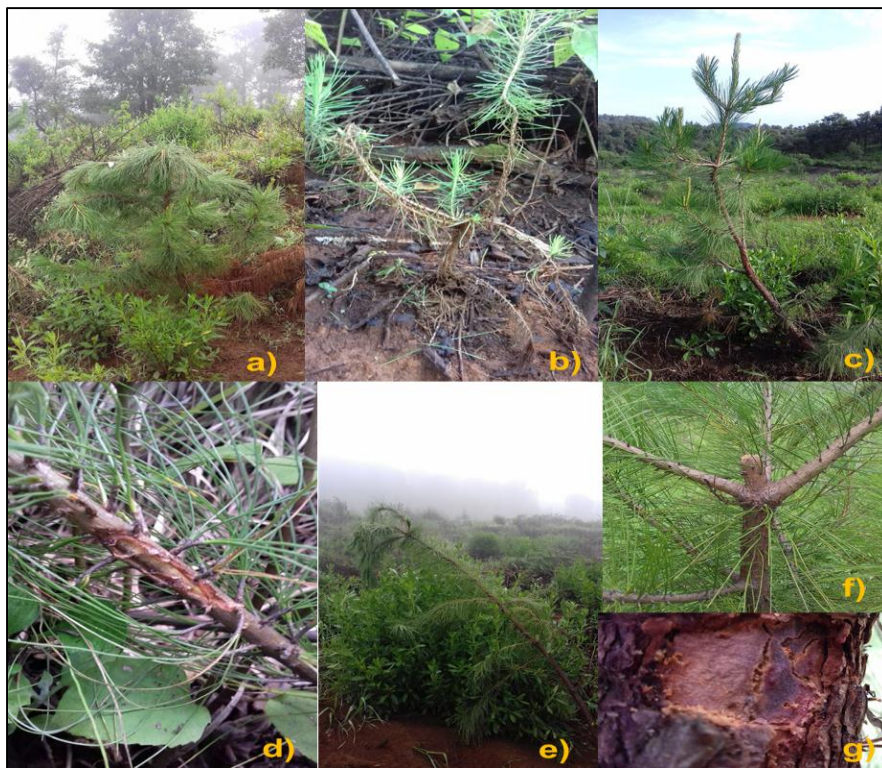


Figura 12. Signos de daños en fuste de *Pinus leiophylla*. a): Despuntado, b): Bifurcado, c) Ondulado, d) Golpeado, e) Acamado, f) Trozado y g) Plagado.

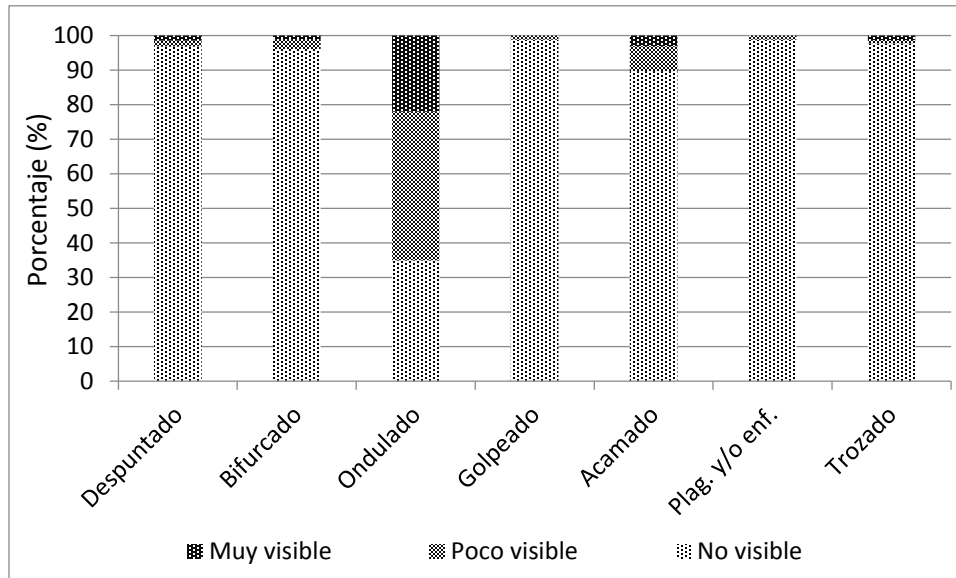


Figura 13. Signos y síntomas en el fuste por categorías de daño.

Condición de la copa

Las sintomatologías más observadas en la copa de *Pinus leiophylla* fueron manchas y pigmentaciones en el follaje (74.75%) a causa de hongos patógenos que serán descritos posteriormente. Algunas causas que también generan estas pequeñas manchas o puntos, se deben a contaminantes atmosféricos, virus o bacterias (Cibrián *et al.*, 2007). *Alternaria alternata* es uno de los patógenos que originan estas pequeñas manchas y que fue descrito en especies de *Pinus* en el estado de Michoacán (Cibrián *et al.*, 2008), estas características también fueron descritas por Morales (1991) en plántulas de *Pinus spp* en un vivero de Uruapan, Michoacán, en otro invernadero de Saltillo, Coahuila, *A. alternata* fue responsable de pequeñas manchas cafés en hojas de pinos y otras coníferas (Gutiérrez, 2005); el segundo síntoma presente fue el ondulamiento de ramas (28.11%), que, al igual que en el fuste, las causas pueden ser atribuidas al ataque de insectos cogolleros, virus o calidad inadecuada de la semilla (Sánchez y Murillo, 2004; Gómez *et al.*, 2010 y INAB, 2017), tal es el caso de *P. cembroides* en una reforestación de Saltillo, Coahuila, donde *Retinia arizonensis* (Tortricidae: Tortricinae) fue la causante de deformaciones en la copa por alimentarse de yemas terminales en esta especie (Flores, 2016). La clorosis foliar se presentó en el 8.24% de los pinos, valor que difiere al de Becerril (2017), quien determinó el 29.28% de los árboles de *P. greggii* con follaje clorótico, atribuyendo posibles causas a

la competencia entre especies por nutrientes y luz solar. La deficiencia de hierro (Fe) fue la principal causa que ocasionó clorosis en acículas de *P. leiophylla* de un huerto semillero en Montecillo, Estado de México (López y Estañol, 2007). La condición de la copa es un indicador altamente confiable para diagnosticar la salud de un árbol debido a que los síntomas por el mal funcionamiento de sus procesos fisiológicos pueden ser observados a larga distancia (Saavedra *et al.*, 2016). El resto de la sintomatología de la copa se muestra en la Figura 14, así como las características de estas en la Figura 15.

Las manchas del follaje se observaron con categorías de 69.5% poco visible y 5.22% muy visible, siendo éste síntoma el más visible en *P. leiophylla* del huerto resinero de Tres Esquinas, el segundo síntoma más observado fueron las ramas onduladas, con 23.4 y 4.71% para categorías poco visible y muy visible respectivamente, el resto de las plantas no presentaron esta característica. Las manchas foliares son frecuentes en plantaciones forestales de *Eucalyptus spp.* y coníferas, y estas son causadas por fitopatógenos como hongos y bacterias (Pérez *et al.* 2013). Las demás características de daño se presentaron en menor frecuencia (Figura 16).

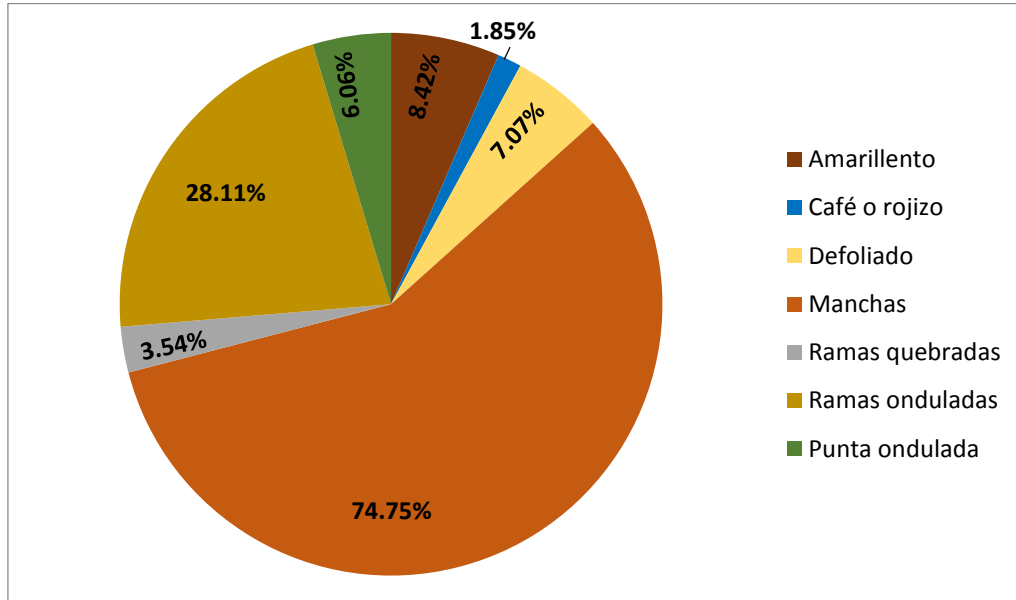


Figura 14. Porcentaje de daños en copa de *Pinus leiophylla* del total de árboles evaluados.



Figura 15. Sintomatología observada en copa de *Pinus leiophylla*. a) Clorosis foliar, b) Parte del follaje color café, c) Ramas onduladas, d) Pigmentaciones en acículas, e) Rama quebrada, f) Defoliación y g) Brote final curvo.

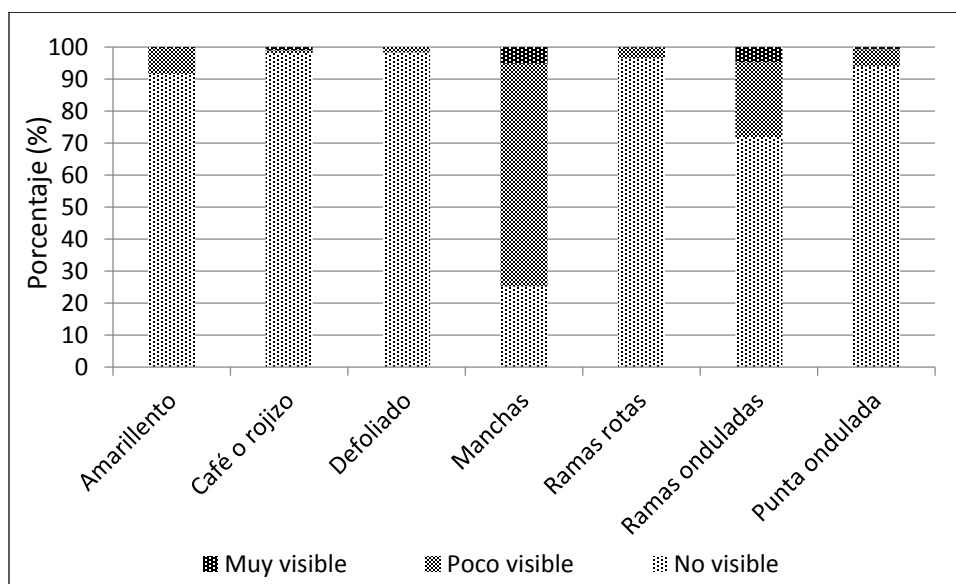


Figura 16. Categorías de los daños observados en *Pinus leiophylla*.

4.3 Fitopatógenos identificados

Las acículas de *Pinus leiophylla* analizadas en laboratorio demostraron la presencia de cuatro hongos saprófitos, que, bajo las condiciones adecuadas cambian su rol a patógenos oportunistas (Urbina, 2011); también se identificó una roya y un tizón de las acículas, estos dos últimos caracterizados por ser patógenos obligados (León y Cummins, 1982). Se describen a continuación los hongos identificados, así como los signos y síntomas de cada uno sobre *P. leiophylla*.

Mancha marrón de la hoja (*Alternaria alternata* (Fries) Kessler)

Sinonimias. *Alternaria alternata* f.sp. *fragariae* Dingley, *A. fasciculata*, *A. alternata* f.sp. *lycopersici* Grogan *et al.*, *A. tenuis* Nees y *Torula alternata* Fries (IMA, 2016 y CABI, 2019).

La posición taxonómica actual de la especie es (IMA, 2016):

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Alternaria*

Especie: *A. alternata* (Fries) Kessler

Morfología. Hifas segmentadas y oscuras; conidióforos oscuros, septados, en su mayoría simples y simpódicos; conidios oscuros que reciben el nombre de porosporas, regularmente septados a lo largo y ancho (muriformes) dispuestos irregularmente, con formas ovoide, obclavado o elíptico, solitarios o en cadenas acropétalas (Barnet y Hunter, 1998 y INSHT, 2015), en medios de cultivo como PDA forma colonias de apariencia pubescente o algodónada, que al inicio es de color blanco y conforme crece adquiere un color verde oliváceo, en ocasiones con tonalidad blanco grisáceo en la periferia de la colonia (Rivas y Mühlhauser, 2014).

Signos y síntomas. Sobre las hojas comienzan a observarse pequeños puntos de \pm un milímetro de diámetro color marrón o pardo oscuro, rodeados por un halo clorótico, que, al aumentar de tamaño llegan a juntarse hasta generar una necrosis más severa; en frutos se presentan lesiones de apariencia atrofiada con coloración marrón o negro; sobre la madera húmeda y otros alimentos en descomposición aparece en forma de moho, que aumenta gradualmente (CABI, 2019 y SINAVIMP, 2019).

Hospederos. Tiene una diversidad de hospederos, tanto plantas como animales, incluyendo el ser humano (Anderson, 2019). Este es un hongo que ha sido aislado de diferentes hospederos, entre las plantas que más infesta se encuentran especies de la familia Solanaceae (Carreño *et al.*, 2007). Este hongo ha sido aislado de *Pinus arizonica*, *P. cembroides*, *P. halepensis*, *P. hartwegii*, *P. pseudostrobus*, *Picea glauca*, y especies del género *Populus*, entre una variedad de hospederos más (Soldevilla, 1995; Fuentes *et al.*, 1999; Reséndiz *et al.*, 2015 y Marmolejo, 2018).

Condiciones en las que se desarrolla. La humedad relativa (HR) óptima para que *A. alternata* desarrolle es de 25-30%, pero prolifera mayormente con una HR superior a 80%; la temperatura que requiere va de 2 hasta 33°C, con un rango de pH entre 2 y 8 (Sandoval, 2004 y INSHT, 2015); se ve favorecido por una alta densidad de hojas, ramas, número de plantas por superficie, donde la aireación es poca y la humedad se conserva; se propaga con la lluvia, el viento, herramientas de trabajo entre otros artefactos y sobrevive en materia orgánica del suelo y otras hospederas infestadas (Jaramillo *et al.*, 2007).

Importancia. *A. alternata* es una especie ampliamente distribuida por el mundo, cumple un papel importante en los ecosistemas como hongo saprófito degradando la materia orgánica del suelo (Arias y Jerez, 2008), pero llega a hospedar plantas estresadas y debilitadas por otros factores, penetrando por heridas superficiales y afectando distintos órganos de la misma, tomando así un papel de patógeno oportunista, causando pérdidas en cultivos agrícolas principalmente (Pontón *et al.*, 2002 y Jaramillo *et al.*, 2007).

En los árboles de *Pinus leiophylla* evaluados, *A. alternata* se observó sobre las acículas, en forma de pequeñas manchas café e irregulares. Estos signos y síntomas se vieron comúnmente sobre hojas viejas, y cercanas a la base de la rama, en la parte baja de la copa. Este patógeno oportunista también ha sido aislado de *Pinus montezumae*, *P. oocarpa*, *P.*

pseudostrobus, *Pseudotsuga macrolepis* y especies de *Quercus*, todas ellas presentes en el estado de Michoacán (Fernández *et al.*, 2012). Esta es una especie cosmopolita y es frecuente en diversos hospederos, entre estos los pinos (Anderson, 2019). La Figura 17 muestra los síntomas de la enfermedad en la acícula, además de algunas estructuras y una colonia.

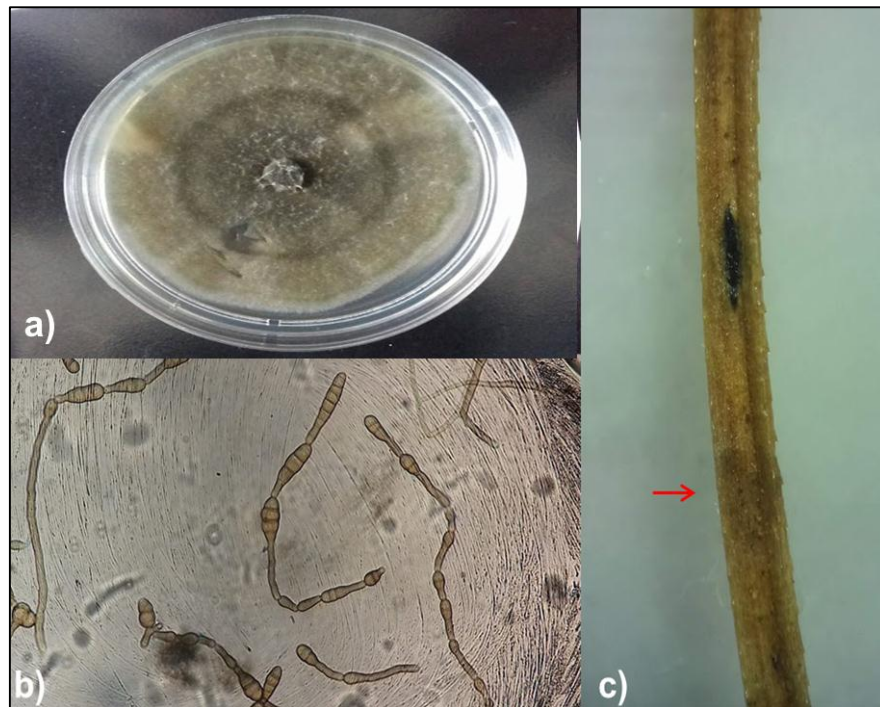


Figura 17. *Alternaria alternata*. a) Colonia de *A. alternata*, b) Conidióforos y conidios y c) Síntoma en acícula de *P. leiophylla*.

Fumagina (*Capnodium* Mont.)

Sinonimias. *Asterina* (Cooke), *Dimerosporium* (Cooke & Broome) Sacc. y *Microxyphiella* (Cooke & Broome) Speg. (IMA, 2016).

El hongo que causa la fumagina tiene la siguiente clasificación taxonómica (ITIS, 2019):

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Capnodiaceae

Género: *Capnodium* Mont.

Morfología. Hifas septadas, cilíndricas, característicamente oscuras; ascocarpos dipersos, de forma subglobosa, globosa o elipsoidal color marrón oscuro, con tallos cortos, en ascocarpo maduro se presenta un ostiolo; las ascas, bitunicadas, con ascosporas de color marrón oscuro y fasciculadas, de forma cilíndrico-claviforme (Hughes, 1976 y Reynolds, 1999); en sus estados anamórficos (género *Asbolisiaceae*) los picnidios que genera son de forma alargada, de cuellos estrechos, largos o cortos y en el ápice una abertura en forma de canal (canal ostiolar), su base no tiene la apariencia de un bulbo además carecen de ; peridios pálidos a marrón oscuro, con ocho esporas dentro los conidios son unicelulares, hialinos y de tamaño pequeño (Chomnunti *et al.*, 2011).

Signos y síntomas. El micelio no penetra los tejidos vegetales, pero, en el haz de las hojas y otros órganos de las plantas forma una capa negruzca, irregular, de apariencia afelpada, que se desprende fácilmente, esta costra negra afecta la respiración y transpiración además de disminuir la actividad fotosintética de las plantas, reduciendo su desarrollo y debilitándolas para el ataque de otros patógenos (Torres, 2003 y Desiderio, 2017). El hongo se desarrolla sobre secreciones azucaradas en la superficie de las hojas, brotes nuevos, frutos y flores de plantas, estas segregaciones son producidas por insectos (de aparato bucal chupador) como pulgones, chinches, cochinillas y mosquitas blancas que se alimentan de la savia de sus hospederos (Berlanga y Hernández, 1999 y Verde, 2005).

Hospederos. Es una enfermedad común de árboles frutales como cítricos, papayo y especies del género *Mangifera* (Berlanga y Hernández, 1999 y Tsatsia y Jackson, 2017) *Mercurialis perennis*, especies del género *Phillyrea* (Dennis y Ellis, 1952). Entre las especies forestales en las que *Capnodium spp.* se hospeda se encuentran *Biota orientalis* (L) Ende. *Juniperus*

virginiana Bieb., *Pinus canariensis* C. Smith., *P. halepensis* Mill., *P. radiata* D. Don, *Ulmus pumila* L. (Verwoerd, 1929; Lundquist, 1987; Wendel y Smith, 1990 y Jamila, 2016).

Condiciones en las que se desarrolla. Para que la especie prolifere es obligatoria la presencia de insectos del género *Aleurodicus* (Aleyrodidae: Aleyrodinae), los cuales segregan la “mielecilla” donde se desarrolla el micelio del (Osorio y Cerda, 1984). La abundancia de follaje, alta humedad, poca aireación y escasa iluminación favorecen el crecimiento de la fumagina (Verde, 2005), las temperaturas favorables para la especie van de 17 a 36°C (Martínez *et al.*, 2013). Las esporas se dispersan con el aire y hormigas que también son atraídas por las excreciones azucaradas (Desiderio, 2017).

Importancia. Tiene una distribución amplia por el mundo, se considera un hongo saprófito que cuando infesta pequeñas porciones de las plantas se le considera de poca importancia, pero, cuando las superficies son mayores genera un problema fitosanitario en cultivos agrícolas y plantas de ornato (Berlanga y Hernández, 1999 y Torres, 2003). Los daños por esta especie se consideran secundarios e indirectos, por lo que, para atender la problemática por fumagina se debe erradicar a los insectos que generan las secreciones azucaradas (Tsatsia y Jackson, 2017).

Los signos de esta enfermedad fueron muy visibles sobre el follaje de *P. leiophylla*, a simple vista se observó el micelio del hongo con una coloración oscura, similar al hollín y que se remueve fácilmente de la superficie. Wendel y Smith (1990) reportan a *Capnodium pini* como agente dañino de *P. strobus* al noreste de EUA. Este hongo también tiene una amplia gama de hospederos por el mundo, en el Estado de Michoacán se reporta con frecuencia en frutales como cítricos y guayaba (Fernández *et al.*, 2012). Este hongo se identificó con disección directa del follaje de *P. leiophylla*, donde se desarrolló en gran parte del mismo, como se muestra en la Figura 18.

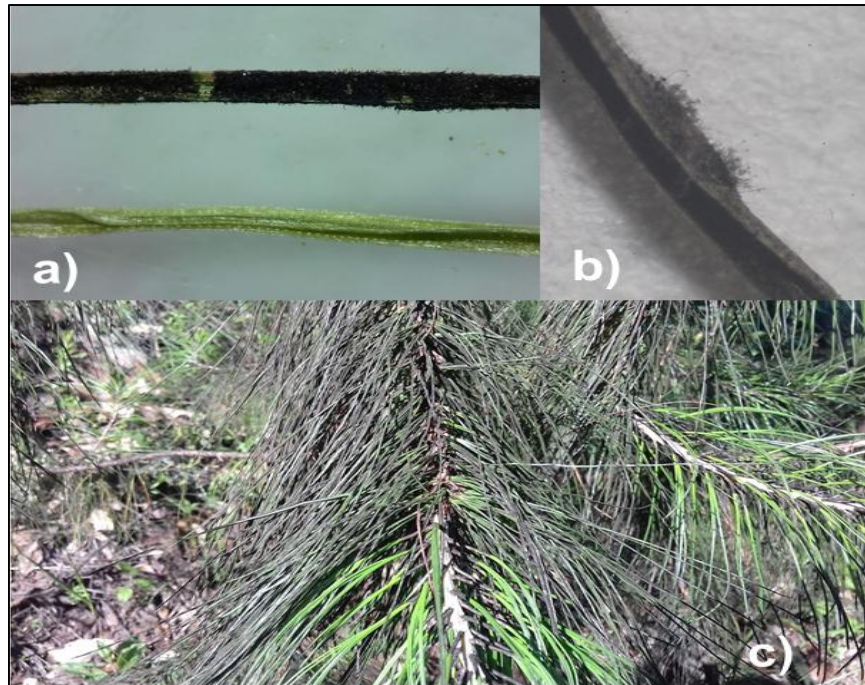


Figura 18. *Capnodium sp.* a) Comparación entre acícula de *Pinus leiophylla* infectada y sana, b) Micelio de *Capnodium sp* sobre acícula muerta y c) Fumagina en *P. leiophylla*.

Mancha foliar (*Cladosporium* Link.)

Sinonimias: *Acrosporella* Riedl & Ershad, *Azosma* Corda, *Davidiella* Crous & U. Braun, *Didymotrichum* Bonord., *Heterosporium* Klotzsch, *Mydonosporium* Corda, *Myxocladium* Corda, *Polyrhizium* Giard, *Spadicesporium* VN Boriss & Dvořinos y *Sporocladium* Chev. (Schubert *et al.*, 2012).

La posición taxonómica de *Cladosporium* es (ITIS, 2019):

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Capnodiales

Familia: Davidiellaceae

Género: *Cladosporium* Link.

Morfología. Hifas septadas, hialinas; conidióforos de coloración oscura, rectos, que ramifican de diferentes maneras cerca del ápice o de la parte media, solitarios o formando grupos, (Rajchenberg *et al.*, 2015); conidios oscuros, llamados también blastosporas, uni o bicelulares, de forma ovoide o subcilíndrica, irregulares, variantes en tamaño, con una o dos celdas, comúnmente forman cadenas acropétalas o ramificadas (Romero, 1993 y Barnett y Hunter, 1998). En medio de cultivo PDA forma colonias de coloración verde olivo oscuro, de apariencia aterciopelada que parece segmentarse radialmente (Pérez y Sánchez, 2019).

Signos y síntomas. Ataca a todos los órganos de las plantas. En semillas genera puntuaciones negras; en frutos provoca una costra con apariencia de sarna; en hojas aparecen pequeñas puntuaciones negras de aproximadamente un milímetro, dispuestas de manera irregular, también ocasiona necrosis que con frecuencia se observa en el borde de la lámina foliar (Ogórek *et al.*, 2012 y Rajchenberg *et al.*, 2015).

Hospederos. Es una especie de gran importancia debido a que afecta cultivos agrícolas, principalmente a especies de la familia Solanaceae, además de hospedarse en personas y animales (Hoog *et al.*, 1995 y Carreño *et al.*, 2007). Algunas especies forestales en las que el hongo ha sido reportado como huésped son especies de *Larix*, *Picea glauca* (Moench) Voss., *Pinus arizonica* Engelm., *P. cembroides* Zucc., *P. halepensis* Mill., *P. hartwegii* Lindl., *P. nigra* J.F. Arnold, *P. ponderosa* Douglas ex C. Lawson, *P. pseudostrobus* Lindl., *P. radiata* D. Don, *Thuja orientalis* L. (Updegraff y Grant, 1975; Fuentes *et al.*, 1999; Moricca *et al.*, 1999; Paul y Yu, 2008; Schubert *et al.*, 2009; Marmolejo, 2018).

Condiciones en las que se desarrolla. Las condiciones de alta HR (mayor a 90%) favorecen a la proliferación del hongo, crecen en un amplio rango de temperatura de 4 a 32°C, siendo el óptimo de 19 a 21°C (Schubert *et al.*, 2012), las esporas se diseminan por el viento, la lluvia, herramientas de trabajo, entre otros medios (Romero, 1993), debido a que no se reproduce sexualmente, este hongo sobrevive como micelio y esclerocios en semillas y partes de plantas enfermas presentes en el área (Ogórek *et al.*, 2012).

Importancia. Este hongo tiene una amplia distribución por el mundo, actuando en el ambiente como saprófito, pero puede causar enfermedades en plantas y personas con mecanismos de defensa bajos, ocasionando pérdidas económicas en cultivos agrícolas y

alergia en humanos (Schubert *et al.*, 2012 y Ogórek *et al.*, 2012). Infecta a las plantas por medio de heridas superficiales o bien a través de las estomas de las hojas, se le encuentra en el aire, alimentos, construcciones, así como en el suelo y otros sustratos (Schubert *et al.*, 2009 y Pérez y Sánchez, 2019).

La distribución mundial de *Cladosporium* le permite tener varios hospederos en los cuales actuar como patógeno oportunista (Pérez y Sánchez, 2019), entre ellos *P. leiophylla*, donde se observó en la punta de la aguja generando necrosis avanzando hacia la vaina del fascículo, más frecuente de la mitad de la copa hacia abajo, sobre las ramas bajas la defoliación comenzó de las acículas de la base de la rama hacia la punta, coincidiendo las muestras de hojas necróticas de *P. ponderosa* donde se encontró este hongo en la Patagonia Argentina (Schubert *et al.*, 2009), asimismo sucedió en el Estado de Nuevo León, donde se detectó en hojas de *P. arizonica*, *P. cembroides* y *P. pseudostrobus* (Marmolejo, 2018). En Michoacán se reporta con mayor frecuencia en cultivos agrícolas como trigo, jitomate y mango, por ejemplo (Fernández *et al.*, 2012). Este hongo fue aislado en medio de cultivo como se puede observar en la Figura 19, además de estructuras morfológicas y signos en *P. leiophylla*.

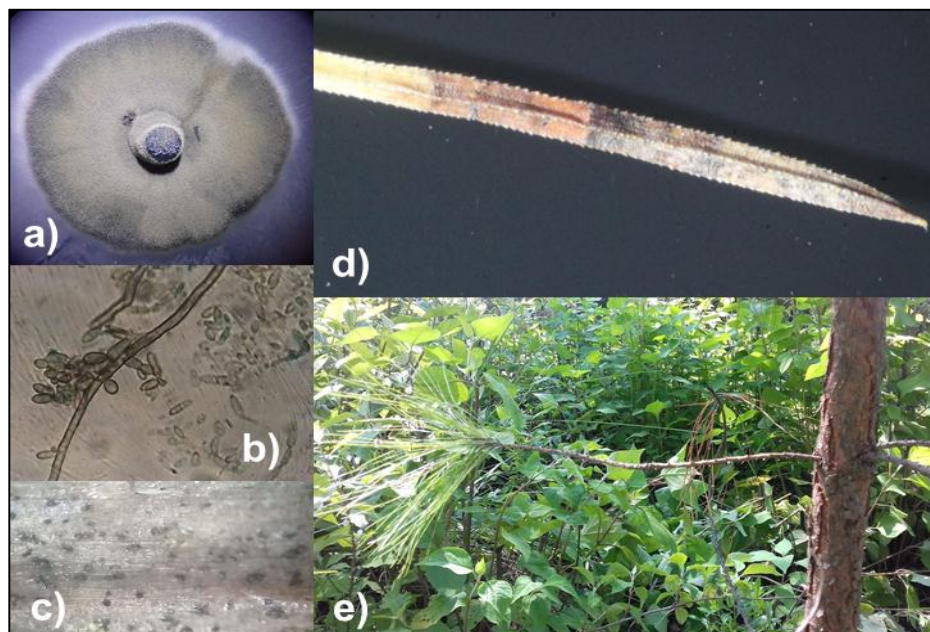


Figura 19. *Cladosporium* sp. a) Colonia de *Cladosporium*, b) Hifa y conidios, c) Pigmentaciones negras sobre acícula, d) Punta de acícula necrótica a causa de *Cladosporium* y e) Ramilla de *Pinus leiophylla* defoliada por la enfermedad.

Roya de la acícula (*Coleosporium* Léveille)

Sinonimias. *Erannium* Bonord., *Gallowaya* Arthur, *Stichospora* Dietel y *Synomyces* Arthur. (IMA, 2016).

La taxonomía de la especie se clasifica de la siguiente manera (ITIS, 2019):

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Pucciniomycetes

Orden: Pucciniales

Familia: Coleosporiaceae

Género: *Coleosporium* Léveille

Morfología. Espermagonio subepidermal, indeterminado; ecio de origen subepidermal, peridermoide, con peridio sólidamente formado, coloración blanca a ligeramente gris; esporas catenuladas, verrucosa con verrugas o columnas que tienden a emerger en varios patrones (el estado aecial generalmente en agujas de *Pinus*) (León y Cummins, 1982). Uredio subepidérmico, eruptivo; uredosporas catenuladas verrucosas como las aeciosporas. Telio (basidiosoro) de origen subepidermal, eruptivo, de apariencia cerosa, áspero cuando está seco y gelatinoso cuando húmedo; teliosporas con una célula, en estratos encostrados, o pseudocatenulados, o catenulados, pared delgada y pálida, pero por lo general apicalmente gruesa y gelatinosa; basidio interno (la teliospora es un basidio) (León, 1979 y León y Cummins, 1982).

Signos y síntomas. Sobre acículas de pino la infección es poco aparente, pero se observan pigmentaciones irregulares, rojizas o violáceas de aproximadamente medio milímetro, a causa del micelio, los picnidios también son poco apreciables, se alcanza a ver una pequeña gota de resina (León, 1979 y MARM y SEF 2010). Un signo representativo de esta roya son los ecidios, estos son un conjunto de hifas unidas entre sí y que contienen las ecidiosporas, estos ecios, como también se les conoce, emergen a través de la epidermis de acículas de pinos (con algunas excepciones), que, con el tiempo padecen clorosis debido a

las ecidiosporas que son producidas, lo que genera la defoliación. Las royas se caracterizan por producir hasta seis tipos de esporas en su ciclo de vida (León, 1979 y León y Cummins, 1982).

Hospederos. Especies del género *Coleosporium* hospeda gran cantidad de especies de pinos, entre ellos *Pinus arizonica* Engelm., *P. ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl., *P. cembroides* Zucc., *P. culminicola* Andresen & Beaman, *P. devoniana* Lindey, *P. douglasiana* Martínez, *P. durangensis* Ehrenb., *P. greggii* Engelm., *P. halepensis* Mill., *P. hartwegii* Lindl., *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. montezumae* Lamb., *P. nigra* J. F. Arnold, *P. oocarpa* Schiede ex Schltdl., *P. patula* Schl. et Cham., *P. pseudostrobus* Lindl., *P. ponderosa* Douglas ex C. Lawson, *P. rudis* Endl., *P. teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham., entre otras coníferas (USDA ARS *et al.*, 1923; Spaulding, 1961; Cibrián *et al.*, 2007 y Morales, 2009). Para cumplir otros estadios de su vida se desarrolla sobre hospederos alternos, principalmente especies del género *Stevia* (Helfer, 2013).

Condiciones en las que se desarrolla. Todos los estadios requieren una alta humedad y agua disponible sobre la superficie de las hojas para que las esporas germinen, estas son diseminadas fácilmente por el viento, y, de acuerdo al tipo, varía el rango de temperatura adecuado para su desarrollo, por ejemplo, para las aeciosporas la temperatura es de 10-27°C, con óptima de 25°C; las uredosporas de 20-30°C y óptima de 22°C y las basidiosporas con temperatura de 10-25°C con óptima de 20°C; el patógeno también se ve favorecido por densidades de población altas (Romero, 1993 y Claudio *et al.*, 2012). Las especies de este género son exclusivamente heteroicas, es decir, que necesitan de una especie alterna para desarrollar otros estadios de su ciclo de vida, debido a esta característica se le denomina parásito obligado (León y Cummins, 1982).

Importancia. En México algunas especies infectan cultivos agrícolas (León y Cummins, 1982); algunos casos son poco considerables en especies forestales, pero si se trata de ataques severos y consecutivos año con año provocan defoliación y reducción del rendimiento de árboles pequeños en bosques naturales y plantaciones forestales (Morales, 2009; Zuluaga *et al.*, 2010 y Claudio *et al.*, 2012). Se ha observado que las infecciones

severas en *Pinus leiophylla*, vuelven a la especie más susceptible al ataque de descortezadores (Cibrián *et al.*, 2007).

La roya de las acículas se distinguió por los ecios sobre las acículas, de color blanco a ligeramente grisáceo, y fue más común en las hojas cercanas a la base de las ramas de la parte baja de la copa. Esta roya fue reportada por Claudio *et al.* (2012) sobre *P. devoniana*, *P. douglasiana* y *P. oocarpa* en Jalisco, México, pero puede infectar la mayoría de los pinos causando defoliación prematura y malformación en tallos de plántulas en vivero (Diekmann *et al.*, 2002). Especies de este hongo se hospedan en plantas compuestas del género *Stevia*, herbáceas o arbustivas distribuidas extensamente en Michoacán que necesitan para desarrollar una fase de su ciclo de vida (Fernández, *et al.*, 2012). Este patógeno se reporta sobre *P. leiophylla* en la comunidad de Cherán, Michoacán. Fue identificado mediante disección directa de los apotecios desarrollados sobre las muestras en cámaras húmedas, de los cuales se observó su morfología, como se muestra en la Figura 20.

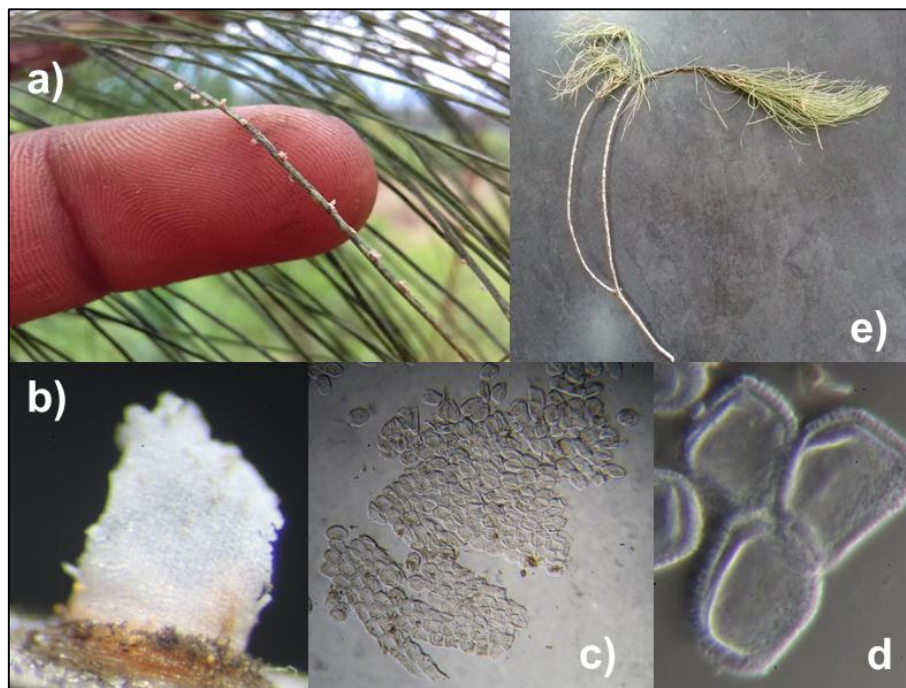


Figura 20. *Coleosporium* sp. a) Ecios sobre acícula de *Pinus leiophylla*, b) Ecio emergiendo de acícula de *P. leiophylla*, c) y d) Uredosporas de *Coleosporium* y e) Ramilla de *P. leiophylla* defoliada por la roya de la acícula.

Moho (*Doratomyces* Corda)

Sinonimias. *Berkeleyna* Kuntze, *Capnostysanus* Speg., *Cephalotrichum* Link, *Echinobotryum* Corda., *Stelechotrichum* Ritgen, *Stysanopsis* Ferraris, *Stysanus* Corda, *Synpenicyllium* Costantin y *Trichurus* Clem. (& Shear) (Sandoval *et al.*, 2016).

Taxonomía de *Doratomyces* (INPN, 2019):

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Microascales

Familia: Microascaceae

Género: *Doratomyces* Corda

Morfología: Hifas oscuras raramente hialinas, simples; conidióforos simples o septados, de color oscuro, solitarios, o característicamente compactos formando sinemas de estípites marrón a negro, con cabeza conidial de forma subglobosa o elipsoidal, color marrón donde se agrupan las células conidiógenas las cuales ramifican (penicilados); las conidias, también llamadas anelosporas, son regularmente oscuras, unicelulares, de forma ovoide, elipsoidal, globosa o subglobosa, dispuestas en cadena y producidas en el ápice de las células conidiógenas en grandes cantidades, de consistencia seca (Dennis, 1978; Sandoval *et al.*, 2016 y Woudenberg *et al.*, 2017). En medios de cultivo como PDA las colonias crecen moderadamente rápido, tienen un aspecto aterciopelado o ligeramente pubescente, funiculosas, de color blanco a ligeramente beige, formando anillos de tonalidad grisácea (Chlebicki, 2008).

Signos y síntomas. Sobre restos de materia orgánica se presentan colonias de tonalidad castaño oscuro o negro; en la madera aserrada produce cavidades por lo que degrada la madera (podredumbre blanda) (Herring y Dickinson, 1999 y Rojas, 2004). Por la Queratinasa que produce degrada la piel de cerdo en cultivos *in vitro* (Friedrich *et al.*, 2005).

Hospederos. Por lo regular es considerado como un hongo saprófito, por lo que sobrevive en los restos de las plantas, aunque puede actuar como parásito secundario en el clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) y en especies del género *Vitis* (García, 1996; Ocete *et al.*, 2002 y Sandoval *et al.*, 2016), también ha sido aislado de raíces de *Arabidopsis thaliana* (Junker *et al.*, 2012). En madera aserrada de pino provoca lo que se le conoce como “podredumbre blanca”, reduciendo su calidad y causando pérdidas económicas (Dade y Gunnell, 1969).

Condiciones en las que se desarrolla. La temperatura óptima para su desarrollo es de 25-30°C, con máxima de 35°C y mínima de 15°C. Se le encuentra en el suelo, materia orgánica, estiércol (Domínguez, 2014; Sandoval *et al.*, 2016 y García, 2018). Necesita de heridas superficiales en plantas para penetrar y actuar como patógeno oportunista de algunas especies (Ocete *et al.*, 2002).

Importancia. Tiene una distribución mundial y no se han reportado daños en personas a causa de este hongo (García, 2018). En los ecosistemas degrada la materia orgánica, poniendo disponibles los nutrientes que necesitan las plantas para su desarrollo, así como de algunos organismos marinos, además es considerado un hongo coprófilo, degradando heces de animales en cuevas turísticas (Piontelli *et al.*, 2006 y Furbino *et al.*, 2018), también puede emplearse en la industria de pieles debido a la queratinasa que sintetiza, útil en el curtido del cuero (Friedrich *et al.*, 2005). *Doratomyces* es un indicador de condiciones inadecuadas del sustrato en el cultivo del champiñón, así como un competidor por espacio y nutrientes (*Agaricus bisporus*) (Buriticá, 1999; Pardo *et al.*, 2007 y Calvo *et al.*, 2011).

Este hongo se caracterizó por los sinemas que desarrolló sobre la colonia, además de su micelio de color blanco, con tonos levemente café, asimilando anillos sobre la colonia. Aunque este hongo se considera saprófito, esas propiedades de degradar la materia orgánica le permiten infestar madera aserrada de *Pinus caribea* y *Gmalina arbórea*, causándoles podredumbre blanca (Castro y Mohali, 2003). En invernaderos de la Ciudad de México en cultivo de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) no fue posible identificar síntomas por este hongo en las plantas (García, 1996), caso similar con las muestras de *P. leiophylla* donde fue aislado, más no se logró identificar signos o síntomas específicos sobre acículas o tallo, sin embargo esto no descarta la posibilidad de que se comporte como patógeno oportunista, habrá que realizar otros estudios con esta especie para determinar si es causante de daños

en plantas vivas. Las acículas de *P. leiophylla* presentaron extremidades necróticas a causa de otros hongos, estos restos de hojas muertas componen el medio para que hongos como *Doratomyces* se desarrollen (Domínguez, 2014), hojas que fueron colocadas en los medios de cultivo para el aislamiento de los hongos, caso de *Doratomyces* como se aprecia en la Figura 21.

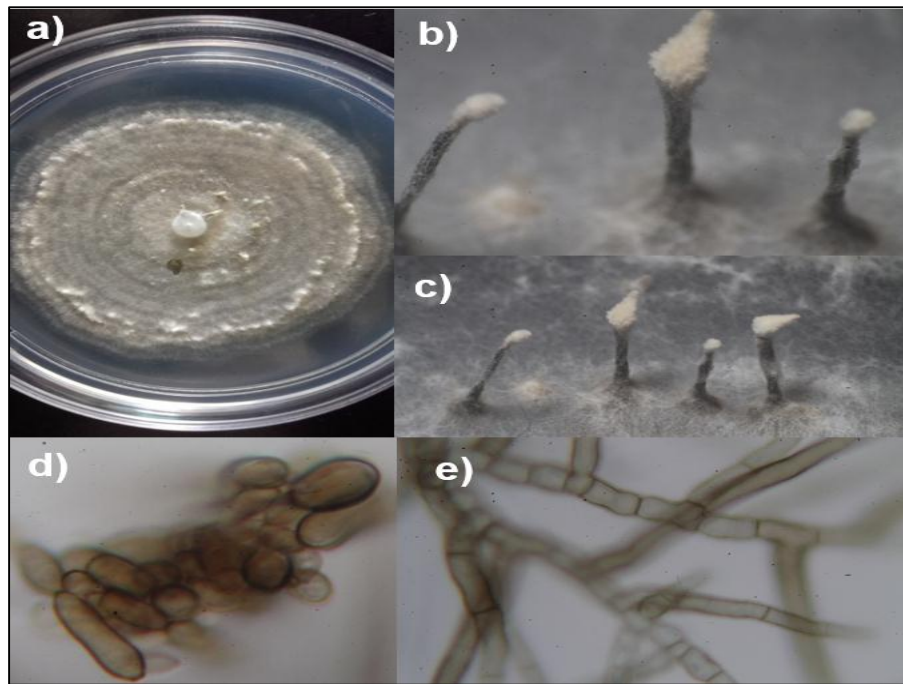


Figura 21. *Doratomyces* sp. a) Colonia de *Doratomyces*, b) y c) Sinemas, d) Conidios y e) Hifas.

Tizón de la acícula (*Lophodermium* Chevalier)

Sinonimias. De *Lophodermium pinastri*: *Hypoderma pinastri* (Schrad.) DC., *Hysterium pinastri* Schrad y *Lophodermellina pinastri* (Schrad.) Höhn. (IMA, 2016).

Anamorfo: *Leptostroma* Fr. Sinonimia: *Thyriostroma* Died. (IMA, 2016).

La clasificación taxonómica actual de *Lophodermium* es (NCBI, 2019):

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Leotiomycetes

Orden: Rhytismatales

Familia: Rhytismataceae

Género: *Lophodermium* Chevalier

Morfología. Apotecios alargados o elípticos, protegidos por un estroma grueso de color negro, algo brillante, que en la madurez abre longitudinalmente; ascas claviformes, de ápice puntiagudo y levemente engrosado; parafisos flexibles, finos y alargados; ascosporas fasciculadas de apariencia alargada, hialinas, no septadas y acomodadas en línea dentro del asca (Dennis, 1978 y Romero, 1993).

Signos y síntomas. Desde octubre hasta marzo, las hojas infectadas aparentan haberse secado, ya que se tornan gradualmente de un tono verde opaco o rojizas a medida que se desarrolla el micelio; durante la primavera siguiente se observan sobre las acículas vivas manchas pardas con márgenes cloróticos, a consecuencia de esto, las hojas se ponen amarillas y marrones a finales de abril, mayo y junio, posteriormente comienzan a caerse como mecanismo de defensa del árbol para deshacerse de las hojas enfermas (French, 1988 y Romero, 1993); en las agujas que caen al suelo durante esa primavera, se manifiestan los picnidios de *Leptostroma pinastri*, anamorfo de *Lophodermium pinastri*; estos picnidios son de color negro, alargados, delgados y dispuestos linealmente, paralelos al eje de la acícula, donde inician su desarrollo bajo la epidermis, que más tarde desgarran al madurar (Ruano, 2003 y Torres, 2003). También en hojas caídas al suelo se observan los apotecios de *Lophodermium*, de forma ovalada, pardos al inicio y negros más tarde, algo lustrosos, cerrados en un comienzo, que más tarde rompen la epidermis, aparentando una grieta (Torres, 2003). Las infestaciones son por lo regular en acículas viejas y ocurren comúnmente en la parte baja de la copa o en ocasiones en todo el árbol (French, 1988).

Hospederos. Es una enfermedad común de todos los pinos (Torres, 2003), algunos hospederos reportados son *Pinus contorta* Douglas, *P. halepensis* Mill., *P. hartwegii* Lindl.,

P. leiophylla Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. nigra* J.F. Arnold y *P. radiata* D. Don, entre otras especies de coníferas (Ruano, 2003 y Cibrián *et al.*, 2007).

Condiciones en las que se desarrolla. En las hojas muertas que caen al suelo maduran los apotecios, aunque con las condiciones adecuadas pueden hacerlo en hojas que aún estén vivas (Romero, 1993); una vez maduros los ascocarpos, como también se les denomina, absorben la humedad y después liberan las ascosporas desde junio a octubre; las ascosporas son transportadas por el viento, y, a causa de su membrana gelatinosa, se adhieren fácilmente a las acículas, las cuales deben presentar cierto grado de debilidad para que la ascospora penetre por los estomas y comience a desarrollarse el micelio bajo la epidermis, también puede infestar acículas en estado normal de plantas muy jóvenes (French, 1988 y Torres, 2003). La enfermedad es favorecida por inviernos benignos y veranos húmedos, temperaturas de entre 18 y 30°C, densidades de población altas en plantaciones y reforestaciones, abundante vegetación herbácea, así como una excesiva fertilización con Nitrógeno (Romero, 1993; Ruano, 2003 y Torres, 2003).

Importancia. El daño más importante por la enfermedad es la defoliación de plántulas en vivero, y en menor grado de brinzales o árboles maduros (French, 1988). *Lophodermium pinastri* es una de las causas más comunes de la caída de hojas de pino en México, así como en países de otros continentes, a excepción de la Antártida (Romero, 1993). A pesar de que provoca defoliación precoz, en México no se han reportado epifitias a causa de *Lophodermium* (Cibrián *et al.*, 2007).

El tizón de la acícula, se caracterizó de las muestras de *P. leiophylla* por presentar apotecios color negro, con relieve definido sobre la epidermis de las hojas, y fue más común sobre acículas muertas, donde fructifican y esparcen sus esporas a acículas maduras para comenzar de nuevo la infección, esta se manifiesta en forma de manchas marrones con extremos cloróticos, que conforme avanza va generando necrosis en la acícula, por lo regular del centro de la aguja hacia sus dos extremos, proliferando en los fascículos de la parte baja de la copa. Estas características también coinciden con las reportadas sobre *P. oocarpa* en Managua, Nicaragua (García, 2009), por otro lado, Marmolejo (2018) observó esta especie sobre acículas de *P. pseudostrobus* en Nuevo León, además menciona a su anamorfo *Leptostroma* como huésped de *P. arizonica*. Este patógeno fue reportado como el

décimo en cuanto a importancia en un estudio realizado sobre plagas y enfermedades forestales en la Meseta P'urhépecha, Michoacán (Vázquez *et al.*, 2000), reafirmando su presencia con esta investigación. Este es un patógeno que puede llegar a infectar todas las especies de pinos lo que incluye a *P. leiophylla* (French, 1988). A continuación se muestran los signos y síntomas de *Lophodermium* (Figura 22) encontrados en *P. leiophylla* del huerto resinero.

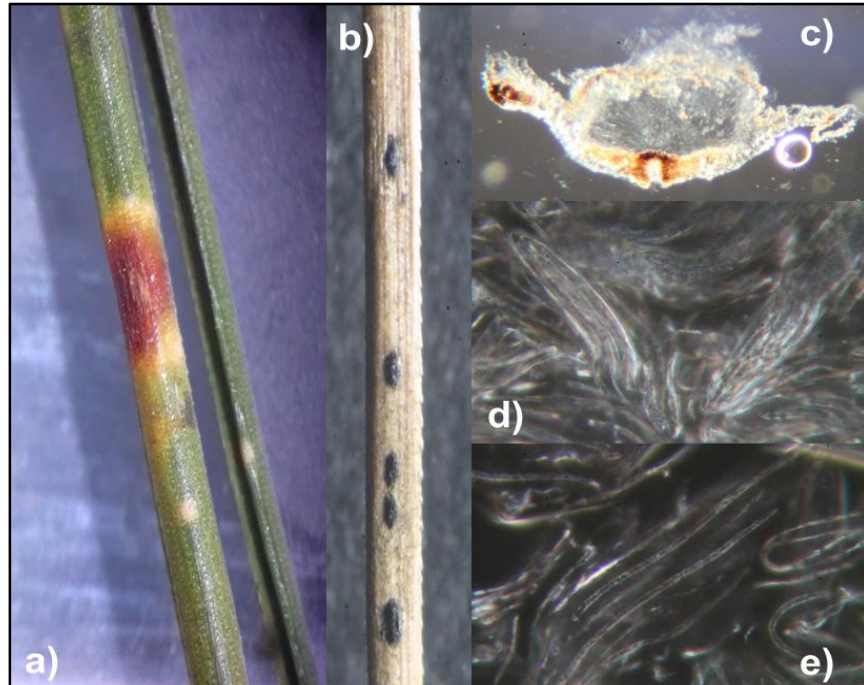


Figura 22. *Lophodermium* sp. a) Acícula de *Pinus leiophylla* infectada por *Lophodermium*, b) Apotecios en acícula muerta, c) Corte transversal de apotecio, d) Ascas y e) Ascosporas.

Moho (*Ulocladium* Preuss)

Sinonimias. *Pseudostemphylium* (Wiltshire) Subram. (Liu, 2011)

Actualmente la especie se encuentra con la siguiente posición taxonómica (NCBI, 2019):

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Dothideomycetes

Orden: Pleosporales

Familia: Pleosporaceae

Género: *Ulocladium* Preuss

Morfología. Hifas septadas color marrón; los conidióforos son lisos, simpódicos, más común solitarios, de tono oscuro; los conidios se denominan porosporas, son de color marrón a negro y de forma ovalada regular o irregularmente, septados transversal y longitudinalmente, individuales cuando nacen del ápice o en cadenas cortas cuando emergen de otros puntos de crecimiento (Dennis, 1978 y Liu, 2011). Los conidióforos geniculados (conidióforo con forma de zigzag por los cambios de dirección al ir creciendo) y la ausencia del ápice cónico en los conidios distinguen a este género de *Alternaria* (Simmons, 1967 y Liu, 2011).

Signos y síntomas. Sobre madera aserrada y otros restos de material orgánico se observan las hifas de tono marrón, dando apariencia de manchas de moho que se distinguen con facilidad (Andrade, 2002 y MSGERC, 2019). La especie *Ulocladium cucurbitae* ataca únicamente a plantas de la familia Cucurbitaceae, generando clorosis en el margen de las hojas que va avanzando hacia la base de las mismas, además de manchas cloróticas, irregulares, dispersas por toda la hoja, que más tarde se vuelven necróticas, provocando la caída de hojas enfermas (Auger *et al.*, 2006).

Hospederos. Se le encuentra en el suelo, madera y plantas en descomposición, así como en algunos alimentos (d'Halewyn y Chevalier, 2019); rara vez causa infecciones en humanos (Auger *et al.*, 2006 y MSGERC, 2019). Ha sido aislado de hojas de *Pinus contorta* Douglas, *P. elliotti* Engelm., *P. halepensis* Mill., *P. pseudostrobus* Lindl., *Populus trichocarpa* Torr. & A.Gray ex. Gancho., en raíces de *Pinus ponderosa* Douglas ex C. Lawson y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, en madera aserrada de coníferas y en

hojas de *Arceuthobium americanum* Nutt. ex Engelm. (Andrade, 2002; Hoff *et al.*, 2004; Nischwitz *et al.*, 2005; Botella *et al.*, 2013; Marmolejo, 2018 y Galary *et al.*, 2019).

Condiciones en las que se desarrolla. Subsiste en temperaturas de entre 5 y 34°C, requieren de altas concentraciones de agua para que las esporas germinen, pero puede sobrevivir con baja humedad relativa, siempre y cuando sea constante (d'Halewyn y Chevalier, 2019 y MSGERC, 2019). También se ve favorecido por escasa iluminación y aireación (Kung'u, 2019).

Importancia. Es un género cosmopolita que se encuentra en el ambiente como hongo saprófito (Dennis, 1978). Es un indicador de materiales en condiciones con humedad alta debido a la cantidad de agua que necesita para reproducirse; debido al moho que se forma en algunas construcciones, se liberan los conidios que en personas inmunológicamente propensas pueden ocasionar alergia tipo I y algunas infecciones cutáneas superficiales (Kung'u, 2019). En infecciones severas ocasiona pérdidas económicas en cultivos de cucurbitáceas (Auger *et al.*, 2006).

Los signos y síntomas específicos por *Ulocladium* no se lograron distinguir en esta investigación, pero fue aislado de las puntas necróticas de acículas, donde también se presentó *Cladosporium sp.* En otros trabajos fue aislado de *P. pseudostrobus* en Nuevo León, México (Marmolejo, 2018), en España por ejemplo ha sido aislado de hojas de *P. halepensis* (Botella *et al.*, 2013). Algunas características morfológicas de *Ulocladium sp* se muestran en la Figura 23.

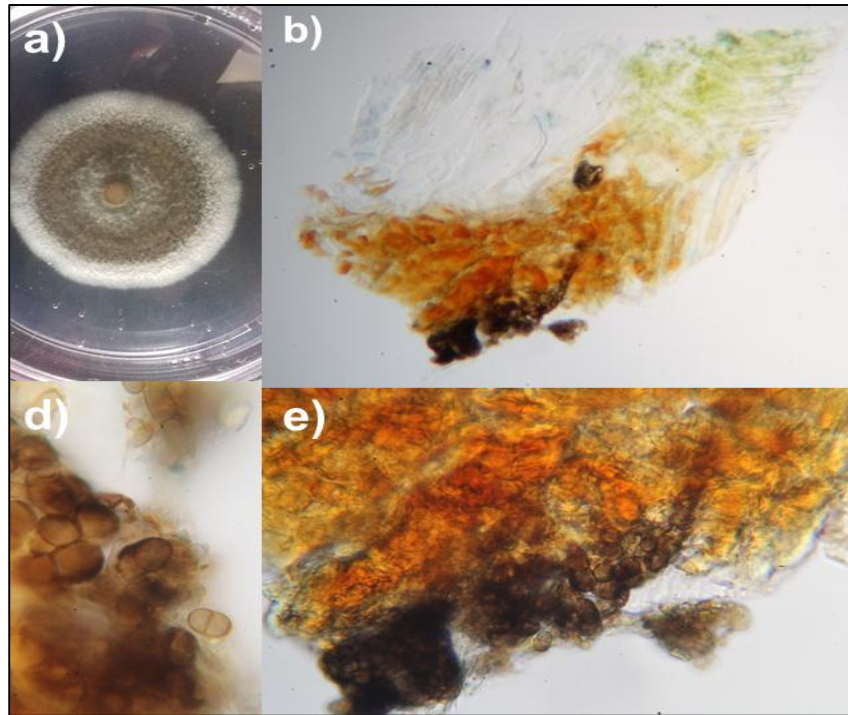


Figura 23. *Ulocladium* sp. a) Colonia de *Ulocladium*, b) y e) corte transversal de acícula de *Pinus leiophylla* enferma y d) Conidios.

Barrenador de brotes y ramillas (*Pityophthorus* Eichhoff)

Sinonimias. *Ganthophorus* Scheld, *Hypopityophthorus* Bright y *Trigonogenius* Hagedorn. (GBIF, 2019).

La especie está clasificada taxonómicamente de la siguiente manera (ITIS, 2019):

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Coleoptera

Familia: Curculionidae

Género: *Pityophthorus* Eichhoff

Morfología. El color varía según la especie, desde pardo amarillento a negro. Estos insectos poseen suturas en la clava antenal, rasgo que caracteriza al género. Miden de 0.8 a 3.2 mm

de longitud, su ancho es dos o tres veces menor a su longitud. El pronoto cubre la cabeza, también más largo que ancho, con una línea elevada en los márgenes laterales. Los élitros con estrías y pequeños puntos desordenados (GBIF, 2019 y USFS, 2019). El declive cambia de convexo a bisucaldo, resaltando moderada o fuertemente, con o sin gránulos. Machos con frente convexa, varía en las hembras de cóncava a convexa, por lo regular adornada con mechones de pelo. El escapo es tan largo como el funículo, este último compuesto de cinco artejos; ápice del flagelo circular u ovalado, de dos o tres suturas presentes, rectas o procurvadas, pueden estar o no completas, con un cierto grado de división (Cibrián *et al.*, 2007 y USDA, 2011).

Daños. Algunas especies actúan como descortezadores alimentándose de floema y cambium, otras barrenan brotes y ramillas, sólo unos pocos se alimentan de conos de pino (Bush, 2016 y GBIF, 2019). *Pityophthorus* puede causar la muerte de aquellos de pinos y oyameles pequeños que sufrieron daños a causa de un incendio forestal, además, en árboles sanos puede causar cierta deformación del fuste y ramas al alimentarse de los brotes (Cibrián *et al.*, 2007).

Las especies que juegan el rol de descortezadores secundarios contribuyen a la muerte de árboles atacados en un principio por otros descortezadores como *Dendroctonus*, *Ips* o *Scolytus* (Díaz *et al.*, 2016 y USFS, 2019).

Hospederos. Hasta 1990 se habían descubierto 115 especies de este género en México, 72 especies infestando coníferas, especialmente pinos; las especies restantes hospedan árboles latifoliados y arbustos, así como algunas lianas y herbáceas (Cibrián *et al.*, 2007). En el continente americano ataca a especies de los géneros *Abies*, *Acer*, *Arceuthobium*, *Baccharus*, *Cercis*, *Hamamelis*, *Franseria*, *Juglans*, *Larix*, *Liquidambar*, *Metopium*, *Partheniwn*, *Picea*, *Pinus*, *Pseudotsuga*, *Quercus*, *Rhus*, *Toxicodendron* y *Tsuga*, solo por mencionar algunos (USDA, 2011).

Hábitos de crecimiento. La mayoría vive en ambientes templados. Depositán los huevecillos en ambos lados de las galerías, estas son lineales y perpendiculares al fuste del árbol; cuando nacen, las larvas hacen galerías individuales perpendiculares a la galería de la madre (Cibrián *et al.*, 2007 y Bush, 2016).

Importancia. Son pocas las especies de este género consideradas descortezadores primarios, y aunque llegan a afectar el fuste de los árboles, infestan con baja intensidad, por lo que raramente tendrá importancia para ejercer manejo sobre ellos (Cibrián *et al.*, 2007). Estos insectos pueden causar la muerte de ramas inferiores de la copa al alimentarse de sus brotes (principalmente en pinos), contribuyendo así a la poda natural, además, en árboles derribados por cualquier circunstancia, cuando se alimentan de su corteza interior participan en el ciclo de los nutrientes del suelo degradando la materia orgánica (Díaz *et al.*, 2016). Es el género con más especies dentro de la subfamilia Scolitynae (USDA, 2011). La Figura 24 muestra signos y síntomas por *Pityophthorus* en *P. leiophylla* del huerto resinero.



Figura 24. *Pityophthorus* sp. a) y b) Especimen de *Pityophthorus* sp, c) Signo de aserrín y galerías, d) Brote de *Pinus leiophylla* muerto por ataque, e) y f) Brotes barrenados por *Pityophthorus*.

4.4 Análisis estadístico

Los análisis de varianza no mostraron diferencias significativas ($P > F = 0.05$) con referencia a la incidencia de los diferentes hongos detectado para demostrar que al menos uno de los hongos afectó el crecimiento de *Pinus leiophylla* en cualquiera de las cuatro variables dasométricas. Estos resultados coinciden con los reportados por Noelting *et al.* (2004)

donde no hubo significancia estadística en la germinación de semillas de amaranto desinfectadas e infectadas con siete géneros de hongos, entre ellos *Alternaria*, sembradas en dos medios de cultivo diferentes, por lo que indicaron que los patógenos no infirieron en la germinación de la semilla, sin embargo, pueden causar daños una vez que nace la plántula (Cibrián *et al.*, 2007). En otra evaluación de salud pero de *P. greggii*, se encontró una relación significativa entre la curvatura de brotes con al ataque de *Retinia arizonensis*, así como la bifurcación del tallo, también relacionado al ataque de este insecto (Becerril, 2017). Los demás valores no significativos de esta investigación se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Valores de F no significativos para las variables evaluadas (F>0.05).

Variable (cm)	Pr>F
Crecimiento acumulado	0.6392
Longitud de brote	0.5514
Altura total	0.9191
Diámetro basal	0.5442

Cabe mencionar que durante el muestreo todos los árboles evaluados presentaron al menos un signo o síntoma por patógenos, por lo que no pudo hacerse la comparación contra un árbol sano (0% de evidencias de patógenos).

En la prueba de comparación de medias de Duncan (1955) para la variable longitud de brote se mostró una diferencia significativa entre las especies *Alternaria sp* y *Capnodium sp*, esto determinó que la segunda especie se involucró con los árboles de brote terminal más pequeño, mientras que *Alternaria* en los brotes de mayor longitud. El crecimiento de brotes y otros órganos de las plantas se ve afectado por la reducción de fotosíntesis causada por la disminución de luz solar que intercepta el micelio oscuro de *Capnodium* que se desarrolla sobre la superficie del follaje, evitando así la entrada de fotones por los estomas de las hojas (Torres, 2003). Aunque *Alternaria* es conocido por causar necrosis foliar, hay especies en las que se comporta de manera más agresiva, como es el caso de las solamnáceas (Jaramillo *et al.*, 2007); en especies de pinos causa defoliaciones, siendo las plántulas que reciben el mayor daño (Guerra *et al.*, 2004), en pinos jóvenes y maduros no

han sido reportado por este hongo donde impacte en gran magnitud (SINAVIMP, 2019). En el Cuadro 4 muestra las medias comparadas con la prueba de Rango múltiple de Duncan (1955) para la variable longitud de brote.

Cuadro 4. Comparación de medias de la variable longitud de brote con la prueba de Rango múltiple de Duncan (1955).

Agrupamiento Duncan		Media	N	Hongo
	A	25.282	5	Aal
	A			
B	A	23.031	7	Csp
B	A			
B	A	22.817	5	Usp
B	A			
B	A	20.8	5	Dsp
B	A			
B	A	20.123	8	Lsp
B	A			
B	A	20.057	4	Col
B				
B		11.375	2	Fum

*Medias con letras iguales no son significativamente diferentes. (Aal= *Alternaria alternata*, Csp= *Cladosporium sp*, Usp= *Ulocladium sp*, Dsp= *Doratomyces sp*, Lsp= *Lophodermium sp*, Col= *Coleosporium sp* y Fum= *Capnodium sp*).

4.4.1 Frecuencia de fitopatógenos

La frecuencia absoluta de los hongos identificados en las muestras de *Pinus leiophylla* indican a *Lophodermium sp* como la más frecuente, enseguida *Alternaria alternata*, esta última también resulto una de las más frecuentes junto a *Cladosporium cladosporioides* en *P. arizonica*, *P. cembroides* y *P. pseudostrabus*, así como a *Lophodermium australe* una de las más abundantes (Marmolejo, 2018). *Coleosporium sp* se encontró en tercer lugar, en otro caso *C. plumeriae* se reportó con 91% de incidencia en once municipios de la Habana, Cuba (Martínez y García, 2014). *Doratomyces*, *Capnodium* y *Ulocladium* fueron los

géneros menos frecuentes (Figura 25). La tabla de frecuencias (Cuadro 5) muestra la presencia de cada hongo respecto al total de observaciones, así como su porcentaje de presencia.

Cuadro 5. Frecuencias de hongos en el huerto resinero.

HONGO	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	F acumulada absoluta	F acumulada relativa	% de frecuencia
Lsp	67	0.392	67	0.392	39%
Usp	11	0.064	78	0.456	6%
Fum	4	0.023	82	0.480	2%
Col	26	0.152	108	0.632	15%
Csp	18	0.105	126	0.737	11%
Aal	37	0.216	163	0.953	22%
Dsp	8	0.047	171	1	5%
	171	1.000			100%

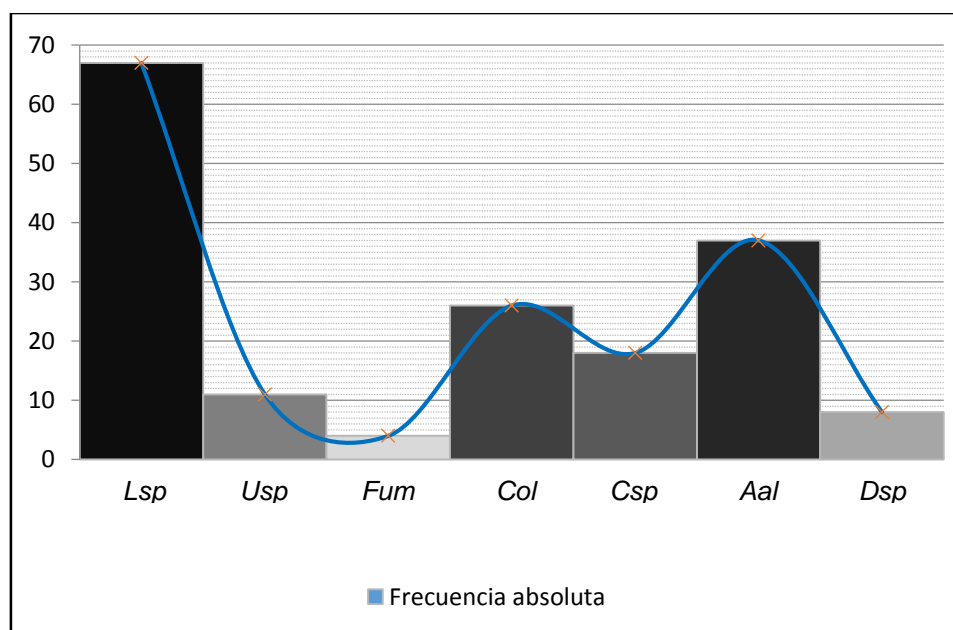


Figura 25. Frecuencia absoluta de hongos identificados.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las observaciones de este estudio se llega a las siguientes conclusiones:

- 1.- El estado de salud de la plantación de *Pinus leiophylla* de la comunidad de Cherán, Michoacán, en términos generales se considera en una condición saludable, ya que de acuerdo a los análisis estadísticos, los factores potencialmente dañinos que se observaron no resultaron ser significativos estadísticamente, hasta el periodo de evaluación.
- 2.- La causa de las manchas foliares fueron los hongos fitopatógenos, mientras que en el ondulamiento del fuste no se determinaron las causas, por lo que se debe considerar la procedencia de la plántula y características genéticas como la curvatura del tallo o la bifurcación, por mencionar algunas.
- 3.- Los hongos fitopatógenos identificados en esta plantación son abundantes, y en conjunto provocan la defoliación de *Pinus leiophylla*, que para ser tratada requiere de prácticas silvícolas enfocadas al manejo integral de plagas y enfermedades.
- 4.- Las prácticas silvícolas que recibe esta plantación son la rehabilitación del cajete, prácticas de fertilización y reposición de plantas producidas en la comunidad, lo que parece favorecer a la plantación.

RECOMENDACIONES

1. Una opción para prevenir daños por hongos fitopatógenos es la nutrición con micro y macroelementos en cantidad adecuada para mantener a los árboles vigorosos, basada en fertilizantes orgánicos, otra opción son las labores de control de malezas como “chaponear”, optando por última opción el control químico, el cual puede ser opción en caso de presentarse una epidemia y que puede ser tratada a base de aspersiones foliares con fungicidas a base de cobre.
- 2.- Se sugiere hacer un monitoreo periódico en esta y otras plantaciones de la comunidad.

VI. LITERATURA CITADA

- Anderson, H. 2019. Alternaria Fungi: classifications, characteristics and pathogenesis: <https://www.microscopemaster.com/alternaria.html>
- Andrade, C.A. 2002. Determinación de la eficacia en laboratorio de una pintura en mezcla con preservante antimancha, para madera aserrada de *Pinus radiata*. Tesis profesional. Universidad Austral de Chile – Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 35 p.
- Arias, J. K. y A. de P. Jerez. 2008. Elaboración de un atlas para la descripción macroscópica y microscópica de hongos fitopatógenos de interés en especies de flores de corte cultivadas en la sabana de Bogotá. Tesis Profesional. Pontificia Universidad Javeriana – Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia. 142 p.
- Auger, J., M. Esterio y L. Meza. 2006. Identificación y control de *Ulocladium cucurbitae*, agente causal de la picada negra del zapallo de guarda (*Cucurbita maxima*). Ciencia Investigación Agraria, 33(1): 29-36.
- Barbazán, M. 1998. Análisis de plantas y síntomas visuales de deficiencia de nutrientes. Universidad de la República de Montevideo – Facultad de Agronomía. Uruguay. 27 p.
- Barnet, H. L. y B. B. Hunter. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi (fourth edition). The american phytopathological Society. Minnesota, USA. 218 p.
- Barrantes, O. 2001. Efectos del dióxido de azufre y del ozono en *Pinus halepensis* Mill. en cámaras abiertas (Open-top Chambers). Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona, España.
- Barrera, R., R. López y H. J. Muñoz. 2018. Supervivencia y crecimiento de *Pinus pseudostrobus* Lindl., y *Pinus montezumae* Lamb. en diferentes fechas de plantación. Revista de Mexicana de Ciencias Forestales, 9(50): 323-341.

- Barton, A. M. y J. A. Teeri. 1993. The ecology of elevational positions in plants: drought resistance in five montane pine species in Southeastern Arizona. *American Journal of Botany*, 80(1): 15-25.
- Becerril, B. S. 2017. Condición de Salud de un Ensayo de Cinco Procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en Los Lirios, Arteaga, Coahuila. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 33 p.
- Berlanga, A. M. y V. M. Hernández. 1999. Ficha técnica CB-01: *Aschersonia aleyrodis* (Webber) en el control microbial de mosca blanca de los cítricos *Dialeurodes spp.* Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural – Dirección General de Sanidad Vegetal – Dirección del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. México. 4 p.
- Boa, E. 2003. Guía ilustrada sobre el estado de salud de los árboles. Reconocimiento e interpretación de síntomas y daños. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) – Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). 49 p.
- Botella, L., O. Santamaría y J. J. Diez. 2013. Hongos asociados al decaimiento de *Pinus halepensis* Mill. en España. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Vitoria-Gasteiz, País Vasco, España. 14 p.
- Buriticá, P. 1999. Directorio de patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Instituto Colombiano Agropecuario – universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 329 p.
- Bush, B. 2016. High plains integrated pest management: TWIG BEETLES. BUGWOODWIKI: https://wiki.bugwood.org/HPIPM:Pityophthorus_species
- Calvo, M. A., M. Rodríguez y L. Domínguez. 2011. *Agaricus bisporus*: cultivo, problemas y prevención. *Anales de la Real Academia de Doctores de España*, 15(2): 61-69.
- Capó, M. A. 2001. Establecimiento de Plantaciones Forestales: Los ingredientes del éxito. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, México. 207 p.

- Carreño C., A. Vargas, A. J. Bernal y S. Restrepo. 2007. Problemas fitopatológicos en especies de la familia Solanaceae causados por los géneros *Phytophthora*, *Alternaria* y *Ralstonia*, en Colombia. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 25 (2): 320-329.
- Castillo, D. I. y M. E. Guido. 2014. Evaluación de una plantación de *Pinus oocarpa* Schiede con plantas provenientes de diferentes condiciones de manejo en el vivero de la finca forestal San Nicolás, San Fernando, Nueva Segovia. Tesis Profesional. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 34 p.
- Castro, F. y S. Mohali. 2003. Pudrición de las maderas de pino caribe y melina en suelos no estériles. XII World Forestry Congress. Québec City, Canadá: <http://www.fao.org/3/XII/0659-B4.htm>
- Centre for Agricultural Bioscience International (CABI). 2019. Invasive species compendium: Detailed coverage of invasive species threatening livelihoods and the environment worldwide: *Alternaria alternate* (Alternaria leaf spot). CABI: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/4480>
- Chlebicki, A. 2008. *Cephalotrichum stemonitis* as a biofilm inhabitant in gold mine in Poland. *Acta Mycologica*, 43(1): 67-70.
- Chomnunti, P., C. L. Schoch, B. Aguirre, T. W. Ko-Ko, S. Hongsanan, E. B. G. Jones, R. Kodsueb, R. Phookamsak, E. Chukeatirote, A. H. Bahkali y K. D. Hyde. 2011. Capnodiaceae. *Fungal Divers*, 51(1): 103-134.
- Cibrián, D., D. Alvarado y S. E. García. 2007. Enfermedades Forestales en México. Texcoco, Estado de México, México: universidad Autónoma de Chapingo. 585p.
- Cibrián, D., J. T. Méndez, R. Campos, H. O. Tates y J. E. Flores. 2007. Insectos forestales de México. Chapingo, Estado de México, México: Universidad Autónoma de Chapingo. 453 p.
- Cibrián, D., S. García y B. D. Juan. 2008. Manual: Identificación y manejo de plagas y enfermedades en viveros forestales. Comisión Nacional Forestal. México. 144 p.

- Claudio, L. E., F. Góngora, S. L. Toledo, R. Jaime y E. García. 2012. Evaluación de daños por patógenos fúngicos en *Pinus* y *Quercus* del Área de Protección de Flora y Fauna “La Primavera” Jalisco, México. *Acta Universitaria*, 22(4): 5-12.
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM). 2007. Programa de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado de Michoacán 2030. Gobierno del Estado de Michoacán - COFOM. Michoacán de Ocampo, México. 145 p.
- Comisión Forestal del Estado de Michoacán (COFOM). 2018. Diagnóstico Fitosanitario Forestal del Estado de Michoacán. SEMARNAT – CONAFOR – COFOM. Michoacán de Ocampo, México. 20 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2014. Paquetes tecnológicos: ficha técnica de *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. CONAFOR – CONABIO. México. 07 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2013. Metodología para realizar y presentar los informes de sobrevivencia Inicial (ISI) de las plantaciones forestales comerciales (aspectos técnicos). Coordinación General de Producción y Productividad - Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales. México. 19 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2014. México cuenta con 270 mil hectáreas de plantaciones forestales comerciales. Boletín 77 de la Unidad de Comunicación Social. SEMARNAT – CONAFOR. México. 2 p.
- Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (CGEUM). 2018. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 69 p.
- Consejo Mayor de Gobierno Comunal (CMGC). 2015. Plan de Desarrollo de la Comunidad de Cherán 2015-2018. Consejo Mayor de Gobierno Comunal (K'eri jánaskaticha). Cherán, Michoacán, México. 65 p.
- Coulson, R. N. y J. A. Witter. 1990. Entomología Forestal: ecología y control. LIMUSA S. A. de C. V. México, D. F. 751 p.

- d'Halewyn, M. A. y P. Chevalier. 2019. *Ulocladium chartarum*. Institut national de santé publique du Québec: <https://www.inspq.qc.ca/en/moulds/fact-sheets/ulocladium-chartarum>
- Dade, H. A. y J. Gunnell. 1969. *Class Work with Fungi*. CAB. Kew, Surrey, England. 80 p.
- Del Río, A. A. y P. Mayo. 1988. Biología, hábitos y distribución de *Conophthorus spp.* (Coleóptera: Scolytidae) en la Sierra Purépecha, Michoacán. *Ciencia Forestal*, 13(64): 48-74.
- Dennis, R. W. G. 1978. *British Ascomycetes*. Lubrecht & Cramer Ltd. Vaduz, Liechtenstein. 585 p.
- Dennis, R. W. G. y M. B. Ellis. 1952. *Capnodium footii* and *Strigula babingtonii*. *Transactions of the British Mycological Society*, 35(3): 196-200.
- Desiderio, Y. P. 2017. Incidencia del pulgón (*Icerya purchasi*), cochinilla (*Ceroplastes rusci*) y hongo (*Capnodium citri*) en la zona de manglar de La Laguna de Las Ninfas, Isla Santa Cruz, Galápagos. Tesis profesional. Universidad Central del Ecuador – Sede Galápagos. Puerto Ayora, Ecuador. 97 p.
- Díaz, S. G., A. Equihua, A. Rodríguez, J. Valdez, O.L. Segura y T.H. Atkinson. 2016. Fluctuación de *Pityophthorus Eichhoff* (Curculionidae: Scolytinae) capturados en trampas cebadas con feromonas en el bosque La Primavera, Jalisco. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(3): 296-299.
- Dieckmann, M., J. R. Sutherland, D. C. Nowell, F. J. Morales y G. Allard. 2002. *Pinus spp.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Technical Guidelines for the Safe Movement of Germplasm No. 21: 90 p.
- Domínguez, I. 2014. Evaluación y control de comunidades microbianas en cuevas turísticas. Copistería Delicias, S.L. España. 302 p.
- Duncan, D. 1955. Multiple Range Tests and Multiple F Test. *Biometrics*, 11(1), 1-42.

- Eguiluz, T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 154 p.
- Farjon A., *et al.* 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens, Kew, Universidad de Oxford, Oxford, R. U.
- Farjon, A. 2013. *Pinus leiophylla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: <http://www.iucnredlist.org/details/42376/0>
- Fernández, S. P., G. Rodríguez, N. Gómez, M. R. Gregorio y Y. L. Fernández. 2012. Enfermedades en plantas en el Estado de Michoacán. *Biológicas*, 14(2): 75-89.
- Flores, L. O. 2016. Condición de salud de *Pinus cembroides* (Zucc.) en la Reforestación de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 61 p.
- Fonseca, J., H. M. de los Santos, A. Rodríguez y R. Rodríguez. 2014. Efecto del daño por fuego y descortezadores sobre la mortalidad de *Pinus patula* Schl. et Cham en Hidalgo, México. *Agrociencia*, 48: 103-113.
- French, D. W. 1988. Forest and shade tree pathology. University of Minnesota – Department of Plant Pathology. Minnesota, USA. 271 p.
- Friedrich, J., H. Gradišar, M. Vrecl y A. Pogačnik. 2005. In vitro degradation of porcine skin epidermis by a fungal keratinase of *Doratomyces microspores*. *Enzyme and Microbial Technology*, 36(4): 455-460.
- Fuentes, M., J. M. Espinoza y S. E. García. 1999. Eficacia de seis productos fungicidas antimancha, contra *Cladosporium sp*, en madera de *Pinus hartwegii*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 5(1): 91-95.
- Furbino, L. E., F. M. Pellizzari, P. C. Neto, C. A. Rosa y L. H. Rosa. 2018. Isolation of fungi associated with macroalgae from maritime Antarctica and their production of agarolytic and carrageenolytic activities. *Polar Biology*, 41(3): 527-535.

- Galary, E. M., C. M. Horst, N. Cheeptham, L.D. Hampel, D.J. Ziegler y C.R. Friedman. 2019. Fungal endophytes and surface pathogens in *Arceuthobium americanum* and its lodgepole pine (*Pinus contorta*) host. Thompson Rivers University – Department of Biological Sciences.
- García, A. L. 2009. Estudio del comportamiento de enfermedades en bosques de pino (*Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl), en el municipio de San Fernando en Nueva Segovia. Tesis profesional. Universidad Nacional Agraria – Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua. 78 p.
- García, C., I. Mejías y M. Castillo. 1999. Origen e historia de la disección anatómica. Revista Archivo Médico de Camagüey, 3(2).
- García, D. S. 2018. Control del marchitamiento vascular de la uchuva basado en mezclas de microorganismos rizosféricos provenientes de suelos potencialmente supresivos. Tesis Profesional. Universidad Nacional de Colombia – Facultad Ciencias Agrarias. Bogotá, Colombia. 113 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México – Instituto de Geografía. 246 p.
- García, J. J. y M. R. Aguilar. 1996. Comportamiento de cuatro especies de pino establecidos en cuatro espaciamientos en Capacuaro, Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Folleto técnico 6. 26 p.
- García, V. 1996. Inicio de una colección de cepas puras de hongos fitopatógenos en el cultivo de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.). Tesis profesional. Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Iztapalapa. Iztapalapa, México. 45 p.
- García, V. 2005. Sobrevivencia, vigor y estado fitosanitario de plantaciones forestales en San José Chacalapa, Pochutla, Oaxaca. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 128 p.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). 2019. *Pityophthorus* Eichhoff. GBIF Backbone Taxonomy: <https://www.gbif.org/species/1239664>

- Gómez, C., A. Greslebin y M. Rajchenberj. 2010. Plagas y enfermedades de *Pinus sp.* de la región Andino Patagónica de Argentina. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco - Facultad de Ingeniería. 85 p.
- González, J. C. 1976. Introducción a la fitopatología. IICA. San José, Costa Rica. 148 p.
- González, M. L. 2004. Caracterización del complejo de patógenos causales del tizón de la acícula de pino en la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Tesis profesional. Universidad de San Carlos de Guatemala – Facultad de Agronomía – Instituto de Investigaciones Agronómicas. Guatemala, Guatemala. 42 p.
- Guerra, C., H. Cruz, I. Villa, A. Duarte y M. O. López. 2004. Principales hongos que afectan a *Pinus tropicalis* Morelet en Cuba. Fitosanidad 8 (2): 9-12.
- Gutiérrez, A. 1975. Texto Guía Forestal. Departamento de Divulgación Forestal y de la Fauna. México, D. F.
- Gutiérrez, B. N. 2005. Evaluación del estado fitosanitario en el invernadero y el vivero forestal de la U.A.A.A.N. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 47 p.
- Helfer, S. 2013. *Coleosporium* in Europe. Mycotaxon, 124(1): 87-99.
- Herring, I. y D. Dickinson. 1999. The use of organic wood preservatives in ground contact and the suitability of laboratory test procedures to determine their efficacy. The International Research group on Wood Preservation. North Carolina, USA.
- Hoff, J. A., N. B. Klopfenstein, G. I. MacDonald, J. R. Tonn, M.-S. Kim, P. J. Zambino, P. F. Hessburg, J. D. Rogers, T. L. Peever y L.M. Carris. 2004. Fungal endophytes in woody roots of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) and ponderosa pine (*Pinus ponderosa*). Forest Pathology, 34: 255-271.
- Hoog, G. S., E. Guého, F. Masclaux, A. H. Ende, K. J. Kwong-Chung y M. R. Mcginnis. 1995. Nutritional physiology and taxonomy of human-pathogenic *Cladosporium-Xylophypha* species. Journal of Medical and Veterinary Mycology, 33(5): 339-470.
- Hughes, J. S. 1976. Sooty moulds. Mycologia, 68(4): 693-820.

- Instituto Nacional de Bosques (INAB). 2017. Pino Candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore). INAB: Paquete tecnológico forestal. Guatemala. 37 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 09 p.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía - Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo. Michoacán, México. 726 p.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). 2015. DATABIO: Fichas de agentes biológicos. INSHT. Madrid, España. 48 p.
- Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (INAFED). 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México; Estado de Michoacán de Ocampo. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16024a.html>
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2019. Report: *Capnodium citri* Penz. Catalogue of Life: 2019 Annual Checklist: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=14079#null
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2019. Report: *Cladosporium* Link. Catalogue of Life: 2019 Annual Checklist: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=14146#null
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2019. Report: *Coleosporium solidaginis* (Schwein.) Thüm. Catalogue of Life: 2019 Annual Checklist: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=192056#null

- Integrated Taxonomic Information System (ITIS). 2019. Report: *Pityophthorus* Eichhoff. Catalogue of Life: 2019 Annual Checklist: <http://www.catalogueoflife.org/col/details/database/id/39>
- International Mycological Association (IMA). 2016. *Alternaria alternata*. Mycobank: <http://www.mycobank.org/MB/119834>
- International Mycological Association (IMA). 2016. *Capnodium mangiferae*. Mycobank: <http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=14682616000000067&Rec=468054&Fields=All>
- International Mycological Association (IMA). 2016. *Coleosporium*. Mycobank: <http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=14682616000000067&Rec=94434&Fields=All>
- International Mycological Association (IMA). 2016. *Leptostroma*. Mycobank: <http://www.mycobank.org/BioloMICS.aspx?TableKey=14682616000000067&Rec=58153&Fields=All>
- International Mycological Association (IMA). 2016. *Lophodermium pinastri*. Mycobank: <http://www.mycobank.org/MB/212574>
- Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN). 2019. *Cephalotrichum stemonitis* (Pers.:Fr.) Nees: https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/868756/tab/taxo?lg=en
- Jamila, S. 2016. *Capnodium* fungies in the southern Uzbekistan (examples in the areas as: Karshi, Shahrisabz and Termez). European Science Review, 9(10): 29-31.
- Jaramillo, J., V. P. Rodríguez, M. Guzmán, M. Zapata y T. Rengifo. 2007. Manual Técnico: Buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Plan de Mejoramiento Alimentario y Nutricional de Antioquia – Gobernación de Antioquia – Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Medellín, Colombia. 328 p.

- Jasso, J., J. López, M. Jiménez y V. Jacob. 1993. Evaluación fenológica vegetativa de *Pinus leiophylla* en un huerto semillero. I Congreso sobre Recursos Forestales. Saltillo, Coahuila. 97 p.
- Jiménez, J.M., V.A. De la Rosa y M. Díaz. 2012. Incidencia de *Hypsipyla grandella* Zeller., en plantaciones de *Cedrela odorata* L. en Campeche, México. VII Reunión de Innovación Forestal (memoria). Querétaro, México. 159 p.
- Junker, C., S. Draeger y B. Schulz. 2012. A fine line e endophytes or pathogens in *Arabidopsis thaliana*. *Fungal Ecology*, 5(3): 657–662.
- Kremer, B.P. 2012. Manual de microscopia (Edición en español). OMEGA. Barcelona, España. 320 p.
- Kung'u, J. 2019. Ulocladium: *Ulocladium* species. Mold & Bacteria Consulting Laboratories: <https://www.moldbacteria.com/mold/ulocladium.html>
- Landis, T. D., R. W. Tinus, S.E. McDonald y J.P. Barnett. 1990. Manual de Viveros para la producción de especies forestales en contenedor. El componente biológico: Plagas, Enfermedades y Micorrizas en el Vivero. USDA – SEMARNAP – UACH. Washington, D. C.
- León, H. M. 1979. Descripción de Uredinales (royas) de México en las compuestas. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos – Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas – Centro de Investigaciones Agrícolas del Pacífico Norte – Comisión Permanente para la Investigación y Experimentación Agrícola en Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. 154 p.
- León, H. M. y G. B. Cummins. 1982. Uredinales (Royas) de México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas – Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. Vol I. 440 p.
- Liu, D. 2011. Molecular detection of human fungal pathogens. Taylor & Francis Group, LLC. Boca Raton, Florida. 958 p.
- López, M. A. y E. Estañol. 2007. Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutrimental. *Terra*, 25(1): 9-15.

- López, M.A. 1997. Efectos del ambiente aéreo y del suelo sobre el desarrollo de síntomas de declinación de oyamel. *Terra*, 15(3): 287-293.
- Lundquist, J. E. 1987. Fungi associated with *Pinus* in South Africa. Part II. The Cape. *South African Forestry Journal*, 140: 4-15.
- Mandressi, R. 2008. Técnicas de disección y tácticas demostrativas: instrumentos, procedimientos y orden del pensamiento en la cultura anatómica de la primera modernidad. *Historia y Grafía*, (30): 167-189.
- Manners, J. G. 2002. Introducción a la fitopatología (Edición en español). LIMUSA. México. 200 p.
- Marmolejo, J. G. 2018. Distribución vertical de hongos en hojas de tres especies de pinos en Nuevo León, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50): 379-399.
- Márquez, Y. K., S. Alvear, H. Montellano y M.E. Meléndez. 2008. Efecto antiinflamatorio de *Pinus leiophylla* Schlechtendal & Cham., en la rata. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 39(2): 22-27.
- Martínez, A., A. L. del Ángel, N. Peralta y G. Díaz. 2013. Control de fumagina (*Capnodium mangiferae* Cooke & Brown) con biofungicidas en hojas y frutos de mango “manila”. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(3): 355-362.
- Martínez, E. y D. García. 2014. Incidencia de *Coleosporium plumeriae*, *Uredo manilensis* y *Puccinia puta* en ornamentales de La Habana. *Fitosanidad*, 18(2): 69-74.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Ed. Botas. México, D. F. 361 p.
- Martínez, T., J. J. Vargas, J. López y A. Muñoz. 2002. Respuesta al déficit hídrico en *Pinus leiophylla*: acumulación de biomasa, desarrollo de hojas secundarias y mortandad de plántulas. *Terra*, 20(3): 291-301.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) y Sociedad Española de Fitopatología (SEF). 2010. Patógenos de plantas descritas en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, España. Segunda edición. 854 p.

- Morales, G. R. 2009. Plan de manejo general para las principales plagas que afectan plantaciones de pino de petén (*Pinus caribaea* morelet var. hondurensis), establecidas dentro del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR, en Guatemala. Tesis profesional. Universidad de San Carlos de Guatemala – Facultad de Agronomía. Guatemala. 146 p.
- Morales, J. L. 1991. Enfermedades en el pino durante la etapa de vivero, en el Campo Experimental Forestal Barranca de Cupatitzio, Michoacán. Revista Ciencia Forestal en México. 16(70): 69-85.
- Moreno, J. P. 2019. Efectos de Fertilización Química sobre la Incidencia del Pájaro Succionador de Savia y Crecimiento de *Pinus patula* Schl. et Cham. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 37 p.
- Moricca, S., A. Ragazzi y K. R. Mitchelson. 1999. Molecular and conventional detection and identification of *Cladosporium tenuissimum* on two-needle pine rust aeciospores. Canadian Journal of Botany, 77(3): 339-347.
- Muñoz, H. J., G. Orozco, V. M. Coria, J. J. García, Y. Y. Muñoz y G. S. Cruz. 2011. Evaluación de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm. con dos densidades de plantación en Michoacán, México. Foresta Veracruzana, 13(1): 29-35.
- Murillo, O. y P. Camacho. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. Agronomía Costarricense, 21(2): 189-206.
- Mycoses Study Group Education and Research Consortium (MSGERC). 2019. Ulocladium species. Doctor Fungus: <https://drfungus.org/>
- National Center for Biotechnology Information (NCBI). 2019. *Lophodermium baculiferum*. Taxonomy browser: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=197070>

- National Center for Biotechnology Information (NCBI). 2019. *Ulocladium sp.* Taxonomy browser:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=1914427>
- Naturalista. 1999. Taxonomía de Pino Chimonque (*Pinus leiophylla*):
<https://www.naturalista.mx/taxa/135785-Pinus-leiophylla>
- Nischwitz, C., G. Newcombe y C. L. Anderson. 2005. Host specialization of the mycoparasite *Eudarlucacaricis* and its evolutionary relationship to *Ampelomyces*. *Mycological Research*, 109(4): 421-428.
- Noelting, M. C., M. C. Sandoval y N. N. Abbiati. 2004. Determinación de microorganismos fúngicos en semillas de Amaranto (*Amaranthus spp.*) mediante diferentes métodos de análisis. *Revista peruana de Biología*, 11(2): 169-178.
- Ocete, R., M. A. López, C. Prendes, C. D. Lorenzo y J. L. González. 2002. Relación entre la infestación de *Xylotrechus arvicola* (Coleoptera, Cerambycidae) (Olivier) y la presencia de hongos patógenos en un viñedo de la Denominación de Origen «La Mancha». *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 28(1): 97-102.
- Ogórek, R., W. Pusz y A. Lejman. 2012. Characteristics and taxonomy of *Cladosporium* fungi. *Mikologia Lekarska*, 19(2): 80-85.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2010. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010 – Informe Principal. Estudio FAO: Montes. Roma, Italia. 346 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1982. Productos forestales: oferta y demanda mundial 1990 y 2000. Estudio FAO: Montes. Roma, Italia. 289 p.
- Osorio, M. y L. A. Cerda. 1984. *Icerya purchasi* M. y otros organismos asociados a *Ulex europaeus* L. Y *Cytisus monspessulanus* L. *Bosque*, 5(2): 110-114.
- Padilla, H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Universidad Autónoma de Chapingo - LIMUSA S. A. de C. V. México. 273 p.

- Palacios, A., R. Rodríguez, F. Prieto, J. Meza, R. Razo y M. L. Hernández. 2015. Supervivencia de *Pinus leiophylla* ex Schltdl. et Cham. en campo mediante la aplicación de espuma fenólica hidratada. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(32): 83-92.
- Pardo, A. M. A. Perona y J. Pardo. 2007. Indoor composting of vine by-products to produce substrates for mushroom cultivation. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(3): 417-424.
- Paul, N. y S. Yu. 2008. Two species of endophytic *Cladosporium* in pine trees in Korea. *Mycobiology*, 36(4): 211-216.
- Pérez, C. A., G. Martínez, S. Simeto, D. Torres-Dini, C. Palladino, F. Langone, O. Bentancur y G. Balmelli. 2013. Prospección sanitaria en plantaciones jóvenes de eucalipto Primavera 2008 - Otoño 2012. V Jornada Técnica de Protección Forestal. Avances de investigación en plagas y enfermedades forestales. Montevideo, Uruguay. 71 p.
- Pérez, C. P. y R. Dávalos. 2016. Anatomía de la Madera de Seis Especies de *Pinus* (Pinaceae) del estado de Durango, México. *Madera y Bosques*, 22(3): 113-132.
- Pérez, I. y K. C. Sánchez. 2019. Aspectos fisiológicos del género *Cladosporium* desde la perspectiva de sus atributos patogénicos, fitopatogénicos y biodeteriorantes. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 7(1): 1-10.
- Perry, J. P. 1991. *The Pines of México and Central America*. Portland, Oregon: Timber. Oregon USA. 231 p.
- Piontelli, E., R. Cruz y M. A. Toro. 2006. Coprophilous fungal community of wild rabbit in a park of a hospital (chile): a taxonomic approach. *Boletín Micológico*, 21: 1-17.
- Pontón, J., M. D. Moragues, J. Gené, J. Guarro y G. Quindós. 2002. Hongos y actinomicetos alergénicos "*Alternaria alternata*". *Revista Iberoamericana de Micología*, 109(1): 19-22.
- Rajchenberg, M., A. G. Greslebin, H. M. Fernández y A. Errasti de. 2015. *La gestión de las enfermedades: Manual de buenas prácticas para el manejo de plantaciones forestales*

- en el noroeste de la Patagonia. Ed. L. Chauchard, M. C. Frugoni, C. Nowak. Buenos Aires, Argentina. 531 p.
- Ramírez, M.C.A. 2012. Control genético en altura de planta en vivero de *Pinus leiophylla* procedente de una población en peligro de extinción. VII Reunión de Innovación Forestal. Querétaro, México. 159 p.
- Reséndiz, J. F., L. Guzmán, A. L. Muñoz, C. de Pascual y L. P. Olvera. 2015. Enfermedades foliares del arbolado en el Parque Cultural y Recreativo Tezozómoc, Azcapotzalco, Distrito Federal. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6(30): 106-123.
- Reyes, J. A. 2009. Respuesta de *Pinus radiata* a fertilizantes de liberación controlada aplicados al establecimiento en suelo rojo arcilloso. Tesis profesional. Universidad Austral de Chile – Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales. Valdivia, Chile. 30 p.
- Reynolds, D. R. 1999. *Capnodium citri*: The sooty mold fungi comprising the taxon concept. Mycopathologia, 148(3): 141-147.
- Rivas, L. M. y M. Mühlhauser. 2014. *Alternaria spp.* Revista Chilena de Infectología, 31(5): 605-606.
- Rojas, N. L. 2004. Hongos alcalino-tolerantes como potencial fuente de enzimas de interés biotecnológico. Tesis profesional. Universidad Nacional de Quilmes. 52 p.
- Romero, S. 1993. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 347 p.
- Ruano, J.R. 2003. Viveros forestales: Manual de cultivo y proyectos. Mundi-Prensa. Madrid, España. 285 p.
- Rusell S., G. 1909. The Pines of México. The Arnold Arboretum No. 1, Boston, Massachusetts.

- Saavedra, L. L., D. Alvarado, P. Hernández, T. Martínez, G. Mora y J. Villa. 2016. Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Madera y Bosques*, 22(2): 15-27.
- Salinas, Y., C. F. Vargas, G. Zuñoga, J. Víctor, A. Ager y J. L. Hayes. 2010. Atlas de distribución geográfica de los descortezadores del género *Dendroctonus* (Curculionidae: Scolytinae) en México. Instituto Politécnico Nacional – Comisión Nacional Forestal. México. 90 p.
- Sánchez, R. 1980. Macromicetos patógenos y destructores de la madera en los bosques de la Meseta Tarasca, Michoacán. *Ciencia Forestal*, 23(5): 3-20.
- Sánchez, S. y O. Murillo. 2004. Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: estudio de caso con ciprés (*Cupressus lusitanica*). *Agronomía Costarricense*, 28(2): 95-106.
- Sandoval, C. 2004. Manual técnico: Manejo integrado de enfermedades en cultivos hidropónicos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – Universidad de Talca. Talca, Chile. 53 p.
- Sandoval, M., J. Guarro, J. F. Cano, D. A. Sutton, N. P. Wiederhold, G. S. de Hoog, S. P. Abbott, C. Decock, L. Sigler y J. Gené. 2016. Phylogeny and taxonomic revision of *Microasceae* with emphasis on synnematosus fungi. *Studies in Mycology*, 83: 193-233.
- Santillán, J. 1991. Silvicultura de coníferas de la región central. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chapingo - División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 305 p.
- Schlechtendal, D. F. L. von, y A. von Chamisso. 1831. Plantarum mexicanarum a cel. viris Schiede et Deppe collectarum (recensio brevis). Addenda (1). *Linnaea* VI: 352-384 (p. 354): <https://www.biodiversitylibrary.org/page/97231#page/1/mode/1up>
- Schubert, K., A. Greslebin, J. Z. Groenewaldn y P. W. Crous. 2009. New foliicolous species of *Cladosporium* from South America. *Persoonia - Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 22(1): 111-122.

- Schubert, K., U. Braun, J. Z. Groenewald y P. W. Crous. 2012. The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology*, 72(1): 1 - 401.
- Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO). 2007. Manual de producción de planta forestal: Clima templado. Gobierno del Estado de México - SEDAGRO. Edo. de México, 108 p.
- Simmons, E.G. 1967. Typification fo *Alternaria*, *Stemphylium* and *Ulocladium*. *Mycologia*, 59(1): 67.
- Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de plagas (SINAVIMP). 2019. *Alternaria alternata* [1]. Publicado en Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y monitoreo de plagas: <https://www.sinavimo.gov.ar/plaga/alternaria-alternata>
- Smith, I. M., J. Dunez, D. H. Phillips, R. A. Lelliott y S. A. Archer. 1988. Manual de enfermedades de las plantas (Edición en español). Mundi-Prensa. 671 p.
- Smith, Y. 2018. ¿Cuál es microscopia óptica?. *News Medical Life Sciences*: [https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Optical-Microscopy-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Optical-Microscopy-(Spanish).aspx)
- Soldevilla, C. 1995. Marras de origen fúngico (Damping-off) en plantas del género *Pinus* sp. cultivadas en invernadero. *Boletín Sanidad Vegetal. Plagas*, 21(1): 87-109.
- Spaulding, P. 1961. Foreign diseases of forest trees of the world: An annotated list. U. S. Department of Agriculture. Washington, D.C., USA. 361 p.
- Tapia, E. C. y R. Reyes. 2008. Productos forestales no maderables en México: Aspectos económicos para el desarrollo sustentable. *Revista Madera y Bosques*, 14(3): 95-112.
- Torres, J. 2003. Patología forestal: Principales enfermedades de nuestras especies forestales. Mundi-Pensa. Madrid, España. 270 p.
- Torres, J. M. y O. S. Magaña. 2001. Evaluación de Plantaciones Forestales. LIMUSA S. A. de C. V., México D. F. 472 p.

- Tropicos. 2019. Foto de *Pinus leiophylla*. Jardín Botánico de Missouri:
<http://www.tropicos.org>
- Tsatsia, H. y G. Jackson. 2017. Pacific Pests and Pathogens - Fact Sheets. Australian Centre for International Agricultural Research. Australia. 3 p.
- United States Agricultural Research Service (USDA ARS), United States Plant Disease Survey (USDA PDS) y United States Bureau of Plant Industry, Solis and Agricultural Engineering. 1923. The plant disease reporter. Bureau of Plant Industry – U.S. Department Agricultural, 56(7). Washington, D.C. 1141 p.
- United States Department of Agriculture (USDA). 2011. Bark beetle genera of the United States: *Pityophthorus*. idtools.org:
<http://idtools.org/id/wbb/bbgus/factsheet.php?name=14488>
- United States Forest Service (USFS). 2019. Bark and ambrosia beetles of North and Central America. [USFS:
https://www.barkbeetles.info/regional_chklist_target_species.php?lookUp=2747](https://www.barkbeetles.info/regional_chklist_target_species.php?lookUp=2747)
- United States Geological Survey (USGS). 1999. Digital representation of "Atlas of United States Trees" by Elbert L. Little, Jr: <http://climchange.cr.usgs.gov/data/atlas/little/>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 2009. Uso medicinal del pino chino (*Pinus leiophylla*). Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Ocote&id=7635>
- Updegraff, D. M. y W. D. Grant. 1975. Microbial Utilization of *Pinus radiata* Bark. *Applied Microbiology*, 30(5): 722-726.
- Urbina, M. 2011. Fitopatología general. Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco. Esteli, Nicaragua. 17 p.
- Vázquez, C. I., A. Villa, A. del Río y R. Sánchez. 2000. Diagnóstico de plagas y enfermedades de la Meseta Purépecha. Gobierno del Estado de Michoacán-Comisión Forestal de Michoacán-Fundación Produce Michoacán-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 66p

- Vázquez, I. y R. Pérez. 1982. Efecto del parasitismo del muérdago (*Psittacanthus schiedeanus* Cham. & Schlecht Blume) en el desarrollo de tres especies del género *Pinus*. *Ciencia Forestal*, México, 40(7): 48-64.
- Vega, A. 2013. Evaluación de las Plantaciones Forestales Comerciales Establecidas entre 1994 y 1996 en Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis profesional. Universidad Veracruzana - Facultad de Ciencias Agrícolas. Xalapa de Enríquez, Veracruz. 104 p.
- Verde, W. G. 2005. Identificación, caracterización, y aislamiento *in vitro* de hongos fitopatógenos del camu - camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc. Vaugh. Tesis profesional. Universidad Nacional de Ucayali – Perú. Pucallpa, Perú. 17 p.
- Verduzco, J. 1976. Protección forestal. Patena A. C. Chapingo, México. 369 p.
- Verwoerd, L. 1929. A preliminary checklist of diseases of cultivated plants in the winter rainfall area of the Cape Provincen Voorlopige lys van siektes van verboude plante in die winter-reënvalstreek van die Kaapprovinsie. Union of South Africa - Department of Agriculture. *Science Bulletin*, 88: 1-28.
- Wendel, G. W. y H. C. Smith. 1990. *Pinus strobus* L. (Pino blanco oriental). *Silvics of North America: 1. Conifers*; Agriculture Handbook 654 (Vol. 2). U.S. Department of Agriculture - Forest Service. Washington, DC. 877 p.
- Woudenberg, J. H. C., M. Sandoval, J. Houbraken, K. A. Seifert y R. A. Samson. 2017. *Cephalotrichum* and related synnematosous fungi with notes on species from the built environment. *Studies in Mycology*, 88: 137-159.
- Zas, R. y F. Pichel. 2001. Efecto del genotipo en la respuesta a fertilizantes en *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl. y *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Tercer Congreso Forestal Español. Granada, España.
- Zuluaga, C., P. Buritica y M. Marín. 2010. Filogenia de hongos roya (Uredinales) en la zona andina colombiana mediante el uso de secuencias del ADN ribosomal 28S. *Revista de Biología Tropical*, 59(2): 517-540.

APÉNDICE

Fecha: __/__/__ Paraje: _____ Especie: _____ Sitio: __																
Coordenadas UTM: _____ O, _____ N																
No. de árbol	Diámetro basal (cm)	Altura total (m)	CONDICIÓN DEL FUSTE							CONDICIÓN DEL FOLLAJE						
			Despuntado	Bifurcado	Ondulado	Golpeado	Ladeado	Plagado	Trozado	Amarillento	Café o rojizo	Defoliado	Manchas	Ramas rotas	Ramas onduladas	Punta ondulada
1																
2																
3																
4																
5																
n																

Apéndice 1. Formato para registrar condición de salud del arbolado en una plantación forestal.

Fecha: __/__/__ Paraje: _____ Especie: _____ Sitio: __ Coordenadas UTM: _____ O, _____ N																
Árbol	Diámetro basal (cm)	Altura total (m)	Longitud de brote (cm)	Crecimiento acumulado (cm)	Factores de daño											
					F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
1																
2																
3																
4																
5																
...																
n																

Apéndice 2. Formato para registrar infestación por agentes bióticos o abióticos en el follaje.

Análisis de varianza para las variables cuantitativas evaluadas.

Crecimiento acumulado

Fuente	DF	Suma de cuadrados	de Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	2855.11894	475.85316	0.72	0.6392
Error	29	19253.76392	663.92289		
Total correcto	35	22108.88286			

Longitud de brote

Fuente	DF	Suma de cuadrados	de Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	327.046828	54.507805	0.84	0.5514
Error	29	1888.075460	65.106050		
Total correcto	35	2215.122288			

Altura

Fuente	DF	Suma de cuadrados	de Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	3859.06742	643.17790	0.32	0.9191
Error	29	57600.28007	1986.21655		
Total correcto	35	61459.34749			

Diámetro basal

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	11.22464602	1.87077434	0.85	0.5442
Error	29	64.02143039	2.20763553		
Total correcto	35	75.24607641			

Apéndice 3. Análisis de varianza para las variables crecimiento acumulado, longitud de brote, altura total y diámetro basal.