

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS



**CARACTERIZACIÓN DEL COMPLEJO DE PATÓGENOS CAUSALES DEL
TIZÓN DE LA ACÍCULA DEL PINO EN LA FINCA SAQUICHAJ, COBÁN, ALTA
VERAPAZ**

MAYRA LETICIA GONZÁLEZ SAGUI

Guatemala, noviembre 2004

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE CUADRO.....	iii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA.....	iv
RESUMEN.....	v
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
3 MARCO TEÓRICO.....	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	3
3.1.1 Enfermedades foliares.....	3
3.1.1.1 Manchas foliares.....	3
3.1.1.2 Tizones.....	3
3.1.2 Algunos géneros de tizones que atacan a <i>Pinus</i> spp.....	4
3.1.2.1 <i>Dothistroma</i> sp.....	4
3.1.2.2 <i>Sphaeropsis</i> sp.....	5
3.1.2.3 <i>Lecanosticta</i> sp.....	6
3.1.2.4 <i>Lophodermium</i> sp.....	7
3.1.3 Postulados de Koch.....	8
3.1.4 Epifitología.....	8
3.1.4.1 Evaluación de la enfermedad.....	10
3.2. MARCO REFERENCIAL.....	12
3.2.1 Ubicación geográfica.....	12
3.2.2 Vías de acceso.....	12
3.2.3 Límites.....	12
3.2.4 Clima.....	12
3.2.5 Zona de vida.....	14
3.2.6 Geología y suelos.....	14
3.2.6.1 Análisis químico de suelo del proyecto Se'peq en la Finca Saquichaj.....	14
3.2.7 Fisiografía.....	15
3.2.8 Topografía.....	15
3.2.9 Hidrología.....	15
3.2.10 Capacidad de uso de la tierra.....	16
3.2.11 Morfología y anatomía del pino.....	16
3.2.12 Clasificación taxonómica de las especies vegetales del estudio.....	17
3.2.12.1 <i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl.....	18

3.2.12.2	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore.	18
3.2.12.3	Distribución y ecología	19
4	OBJETIVOS	20
5	METODOLOGÍA.....	21
5.1	Fase de campo.....	21
5.1.1	Establecimiento de áreas de muestreo.....	21
5.1.2	Método de muestreo.....	21
5.1.3	Toma y traslado del material vegetal enfermo.....	21
5.1.4	Análisis de incidencia y severidad	21
5.2	Fase de Laboratorio	22
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
6.1	Descripción de los patógenos causales del tizón de las acículas de pino.....	24
6.2	Descripción de signos y síntomas de los patógenos causales del tizón de las acículas de pino.....	25
6.2.1	<i>Lophodermium</i> sp.....	25
6.2.2	<i>Dothistroma</i> sp.....	27
6.2.3	Incidencia	29
6.2.4	Severidad	29
6.2.4.1	Porcentaje de severidad del tejido afectado en el pino	31
6.2.5	Prueba de Patogenicidad	34
7	CONCLUSIONES.....	35
8	RECOMENDACIONES	36
9	BIBLIOGRAFÍA	37
10	APÉNDICE	40

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
Figura 1 Triángulo de la enfermedad y tetraedro de la enfermedad.....	9
Figura 2A Localización geográfica de la finca Saquichaj, Cobán A.V.....	12
Figura 3 Vías de acceso para la finca Saquichaj, Cobán A.V.....	13
Figura 4A Mapa de la finca Saquichaj, Cobán, A. V.....	21
Figura 5A Escala de severidad gráfica y descriptiva.....	22
Figura 6 Incidencia del tizón de las acículas de pino, agosto 2003 a enero 2004.....	29
Figura 7 Análisis de la precipitación y % de severidad en el proyecto Se'peq en la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.....	32
Figura 8 Análisis de la humedad relativa y % de severidad en el proyecto Se'peq en la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.....	32
Figura 9 Análisis de temperatura máxima y % de severidad en el Proyecto Se'peq en la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	Pág.
Cuadro 1 Análisis químico de suelo del proyecto Se'peq en la finca Saquichaj.....	14
Cuadro 2 Descripción de la escala de severidad según el grado de afección en el árbol	22
Cuadro 3 Género de patógenos causantes del tizón de pino.....	24
Cuadro 4 Resumen de número de árboles afectados / mes.....	30

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

CONTENIDO	Pág.
Fotografía 1-2	Síntoma inicial de <i>Lophodermium</i> sp. en pino 125 X 25
Fotografía 3-4	Muerte de la acícula por invasión de <i>Lophodermium</i> sp., cuerpo fructífero 125X (Detalle)..... 26
Fotografía 5-6	Abertura longitudinal en la madurez de <i>Lophodermium</i> sp en pino, masa gelatinosa de esporas 125X..... 26
Fotografía 7-8	Apotecio de <i>Lophodermium</i> sp. en pino 200 X, masa gelatinosa de esporas. Ascosporas filiformes 1000 X..... 26
Fotografía 9	Tejido clorótico y necrosamiento por <i>Dothistroma</i> sp 125X..... 27
Fotografía 10-11	Cuerpos fructíferos en la superficie de la acícula de pino de <i>Dothistroma</i> sp. rompen el tejido al madurar 125 X..... 27
Fotografía 12-13 (a, b)	Epidermis de acícula de pino se rompe al madurar 100 X y 125 X..... 28
Fotografía 14-15	Cuerpos fructíferos multiloculados, estroma de color negro en <i>Dothistroma</i> sp. 400 X. Conidias septadas en una división 1000 X..... 28

CARACTERIZACIÓN DEL COMPLEJO DE PATÓGENOS CAUSALES DEL TIZÓN DE LA ACÍCULA DEL PINO EN LA FINCA SAQUICHAJ, COBÁN, ALTA VERAPAZ

CHARACTERIZATION OF THE PATHOGENS COMPLEX THAT CAUSES THE PINE NEEDLE BLIGHT IN THE FINCA SAQUICHAJ, COBÁN, ALTA VERAPAZ

RESUMEN

El presente trabajo consistió en determinar los agentes causales que atizonan las acículas de pino en el proyecto Se'peq de la finca Saquichaj en Cobán, Alta Verapaz. Se caracterizó el desarrollo de la enfermedad dentro de la plantación de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl y *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

A través de los muestreos en la investigación se recolectaron muestras de acículas de pino, que presentaran síntomas y signos. Se realizaron diagnósticos en el laboratorio de fitopatología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estos hongos presentaron manchas cloróticas y amarillas que luego se tornaron de color rojizo-marrón. Posteriormente se formaron los cuerpos fructíferos, apotecio en *Lophodermium* sp. y conidias en *Dothistroma* sp.

El porcentaje de incidencia de la enfermedad que se reportaron en las plantaciones se encontró en un rango del 53% al 99% de pinos afectados. El porcentaje de severidad del tejido afectado en las plantas de pino se encontró dentro de un promedio 29%.

La enfermedad fue caracterizada de agosto 2003 a enero 2004. Durante esos meses las condiciones climáticas favorecieron al crecimiento de los patógenos causantes de la enfermedad en las acículas de pino en la plantación.

1 INTRODUCCIÓN

En Guatemala *Pinus* spp. se considera un recurso múltiple ya que de él se puede extraer varios productos y subproductos tanto maderables y no maderables.

Las especies de pino se encuentran distribuidas por todas las regiones del país, como *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl y *Pinus maximinoi* H. E. Moore tienen un amplio rango de distribución.

Según Farjon & Styles (7) las dos especies en mención se encuentran en la región seis de mesoamérica, con una variabilidad en altitudes desde los 800 a 2800 msnm.

Cuando las condiciones climáticas y de suelo no son adecuadas, el pino es susceptible a muchas enfermedades foliares. Entre ellas está el tizón de las acículas que provoca debilitamiento, escaso desarrollo o en algunos casos muerte en la etapa de crecimiento inicial. Además, disminuye la calidad o cantidad en los productos a obtener.

Las empresas dedicadas a la producción forestal dan un manejo adecuado a las plantaciones para obtener un mejor producto. La empresa Reforestadora Industrial S.A., -REFINSA-, se ha dedicado a buscar los posibles agentes causales del tizón de las acículas de pino que atacan en sus proyectos de reforestación.

Por eso, se realizó un estudio de agosto 2003 a enero 2004, que consistió en determinar los patógenos causales del atizonamiento en la plantación joven del proyecto Se'peq en Cobán, Alta Verapaz. También se registró la intensidad de la enfermedad, la incidencia reportó un rango de 53% al 99% y la severidad reportó un promedio de 29% de tejido afectado. Las condiciones climáticas adversas al crecimiento de las especies favorecieron el desarrollo de la enfermedad.

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El alto índice de mortalidad debido al ataque del tizón de las acículas de pino en las plantaciones de la finca Saquichaj de la empresa Reforestadora Industrial S.A., -REFINSA- en Cobán, Alta Verapaz, está provocando pérdidas económicas considerables.

En los años 1997 – 2000, REFINSA con el financiamiento del programa de incentivos forestales -PINFOR- creó cuatro proyectos con plantaciones de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl y *Pinus maximinoi* HE. Moore. Entre ellos, el proyecto Se'peq establecido en el año 1999 en una extensión de 100 ha. y una densidad de 1,111 árboles/ha de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.

En el inicio del establecimiento de la plantación de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl se reportó alta incidencia y virulencia del tizón de las acículas de pino, que obligó a realizar actividades de recuperación.

Desde los años 2000 al 2003 se realizó una recuperación del 80% en la plantación del proyecto Se'peq (12).

Se ha tratado de combatir la enfermedad en períodos trimestrales por medio de aplicaciones de fungicidas, quemando y/o removiendo el material vegetal seriamente afectado en las plantaciones jóvenes de pino, pero el atizonamiento de las acículas aún persiste.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Enfermedades foliares

Los patógenos que causan enfermedades foliares ocupan un lugar importante dentro de las enfermedades en las plantas ya que inhibe el proceso de la fotosíntesis. Al aumentar la velocidad de desarrollo el organismo disminuye el área foliar.

El efecto de la interferencia provocada por los hongos y otros organismos tiene como consecuencia un desarrollo más retardado del organismo vegetal o en el peor de los casos la muerte de la planta.

3.1.1.1 Manchas foliares

Son lesiones localizadas que se desarrollan en forma concéntrica en el área foliar. Esto produce clorosis inicial, que con el tiempo se diseminan en todo el tejido formando una mancha que algunas veces colapsa (1).

3.1.1.2 Tizones

Se extiende por todos los órganos foliares. Se puede distinguir como la quemadura del tejido ya que éste se va necrosando hasta causar la muerte al tejido (1).

Dentro de la clase de los ascomycetes y deuteromycetes se incluyen varios géneros que pueden afectar flores, tallos, frutos y hasta raíces (2, 14).

Algunos géneros de hongos que se reportan para *Pinus* sp. son: *Dothistroma* sp, *Lophodermium* sp, *Sphaeropsis* sp, *Lecanosticta* sp., *Pestalotia* sp., *Phacidium* sp., *Phaeoseptorian* sp., (4, 14).

a) Síntomas de la mancha foliar y el tizón

La presencia de síntomas depende del patógeno y del hospedante afectado. En general, se puede decir que empiezan con manchas angulares, redondas, alargadas o irregulares, de tamaños variables con o sin halo clorótico de color café oscuro o negro. Un gran número de manchas y tizones ocasiona defoliación (1).

b) Condiciones ambientales favorables

Temperaturas moderadamente altas (18 a 30 °C). El tiempo seco es desfavorable. El viento y la lluvia son factores y determinantes en la diseminación (19).

3.1.2 Algunos géneros de tizones que atacan a *Pinus* spp.

3.1.2.1 *Dothistroma* sp.

Clasificación Taxonómica:

Reino: Fungi

Phyllum: Ascomycota

Clase: Ascomycetes

Subclase: Dothideomycetidae

Orden: Mycosphaerellales

Familia: Mycosphaerellaceae

Genero: *Dothistroma* sp.

Especie: Algunas especies que se reportan para *Dothistroma* sp. en el mundo son *D. septospora* (Doroguine) Morelet que se le conoce como *Schirrhia pini* Funk y Parker (estado telemorfo), *D. pini* Hulbary (estado amorfo) (10, 20, 24).

Se le considera una enfermedad devastadora que afecta a una amplia gama de especies de pino a nivel mundial. Es conocida como el tizón banda roja ya que afecta las acículas del pino. Los síntomas iniciales se presentan como manchas cloróticas, luego se tornan de color amarillo a rojizo-marrón y finalmente de color marrón. Esto causa la muerte de la acícula.

Las acículas empiezan a enfermarse del ápice hacia la base quedando generalmente verde. Los fascículos infectados caen prematuramente. Frecuentemente ocurre en las ramas inferiores y causa mucho daño en los árboles jóvenes (2, 10).

La infección de las acículas nuevas ocurre a mediados de la época seca hasta el mes de octubre. En las acículas viejas ocurre de mayo hasta octubre, pero empeora en los meses de septiembre y octubre. El tiempo de la infección hasta la aparición de los síntomas tarda de 5 a 6 semanas.

Las acículas infectadas son hospederos propicios para terminar el ciclo del hongo porque las esporas esporulan durante el tiempo húmedo o mojado y se dispersan por medio de la salpicadura de la lluvia. La esporulación continua mantiene la infección en el árbol en cualquier tiempo. Las condiciones propicias para el crecimiento del patógeno son muchos días húmedos y frescos o nublados. Las especies de pino que se encuentran fuera de su hábitat natural son más susceptibles (27).

3.1.2.2 *Sphaeropsis* sp.

Clasificación Taxonómica:

Reino: Fungi

Phyllum: Ascomycota

Clase: Ascomycetes

Subclase: Lecanoromycetidae

Orden: Lecanorales

Familia: Acarosporaceae

Genero: *Sphaeropsis* sp.

Especie: Algunas especies reportadas son *S. sapinea* (Fries) Dyko & B Sutton (sinominos de *S. ellisii* y *Diplodia pinea*), *S. vici* (Fr.) Sacc (14, 24).

Sphaeropsis sp. también llamado destrozo del brote o lanzamiento por su desarrollo en el tejido nuevo. Tiene distribución mundial y puede infectar a muchas especies de coníferas. Causa diferentes síntomas tales como: antracnosis, mancha foliar, cánceres y tizones. Al inicio se presenta como manchas foliares que producen una hinchazón en el tejido de la acícula que muere por atizonamiento (4).

Aunque hay varios hospedantes, la enfermedad afecta solamente a aquellos árboles predispuestos por condiciones ambientales desfavorables. Las especies de pino introducidas, que crecen fuera de un ambiente adecuado, son especialmente vulnerables al ataque. Otros factores ambientales de la predisposición incluyen los suelos pobres, la sequía, los suelos compactados, la sombra excesiva, los daños por insectos o algún daño o herida mecánica (9, 10, 16).

Cuando las temperaturas son altas se pueden encontrar síntomas de la infección de 3 a 4 semanas. Éstos se pueden encontrar a mediados de la época seca hasta octubre.

Algunas especies de pino que se han reportado en Guatemala, con ataque de *Sphaeropsis* sp. son *P. caribaea*, *P. maximinoi* (4).

3.1.2.3 *Lecanosticta* sp.

Clasificación Taxonómica:

Reino: Fungi

Phyllum: Ascomycota

Clase: Ascomycetes

Subclase: Dothideomycetidae

Orden: Mycosphaerellales

Familia: Mycosphaerellaceae

Genero: *Lecanosticta* sp.

Especie: La especie que se reporta es *Lecanosticta acicola* (Thum) en estado anamórfico de *Scirrhia acicola* (2, 27).

Se le conoce como la mancha café de la acícula de pino o marchites del brote del pino. Afecta varias especies de pino. Los síntomas son parecidos a los de *Lophodermium* sp. Se extiende por toda la acícula causando la muerte del tejido, luego la defoliación y en muchos casos la muerte de la planta (4).

Empiezan con pequeñas manchas irregulares cloróticas que se extienden por la acícula y se necrosan como una mancha marrón. Algunas caen y otras se mantienen en el árbol (2).

Las acículas que caen son la principal fuente de inoculación para las acículas sanas. Así se completa la fase reproductiva donde producen conidias (8, 27). En Guatemala se han reportado *Lecanosticta* sp en la especie, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (4).

3.1.2.4 *Lophodermium* sp.

Clasificación Taxonómica:

Reino: Fungi

Phyllum: Ascomycota

Clase: Ascomycetes

Subclase: Leotiomycetidea

Orden: Rhytismatales

Familia: Rhytismataceae

Genero: *Lophodermium* sp.

Especie: Algunas especies son *L. pinastri* (Schrad. ex Hook.) Chevall, *L. nitens* Carker, *L. seditiomus* Minter, Staley & Millar, *L. pinastri* (Schrad.:Fr.) Chevall y *L. conigenum* (Brunaud) (11, 24).

Lophodermium sp. se caracteriza por estar durante todo el ciclo de vida en el género *Pinus* sp. Se presenta en árboles poco desarrollados y débiles. En condiciones ambientales desfavorables puede causar defoliación. Los síntomas se presentan como manchas cloróticas que luego se necrosan para formar el cuerpo fructífero tipo apotecio. Cuando la severidad es mayor puede afectar a plantas jóvenes. En una plantación que se encuentra en la fase de establecimiento puede afectar a toda la población de pinos hasta la pérdida total (11).

La infección se puede presentar a mediados o a finales de la época seca cuando maduran las acículas. Los síntomas de la enfermedad se pueden observar varias semanas después de la infección o posiblemente hasta el siguiente año (11).

Las mejores condiciones de crecimiento para una infección severa son días prolongados de humedad que pueden ser a finales de julio e inicios de septiembre (27).

Al igual que los anteriores géneros de pino, *Lophodermium* sp en Guatemala ha sido reportado en *Pinus caribaea* y *Pinus maximinoi* (4).

3.1.3 Postulados de Koch

Robert Koch (1843-1910) se le considera uno de los impulsores de la microbiología moderna. Él estableció los llamados postulado de Koch (1884). Los cuales siguen siendo validos para conocer el patógeno causante de una enfermedad determinada y que éste sea transmisible. Originalmente se usaba para el establecimiento de la patogenicidad de bacterias (17).

Consiste en una serie de reglas que ayudan a establecer la relación que existe entre causa-efecto e infección.

1. El microorganismo debe estar presente en todos los individuos con la misma enfermedad.
2. El microorganismo debe ser recuperado del individuo enfermo y poder ser aislado por medio de cultivo.
3. El microorganismo proveniente de ese cultivo debe causar la misma enfermedad cuando se inocula en otro huésped.
4. El individuo experimentalmente infectado debe contener el microorganismo.

3.1.4 Epifitología

Es el incremento de una enfermedad en una población vegetal. Las epifitias estudian la diseminación e infección de un gran número de individuos de una población relativamente amplia en un período corto. El estudio de las epifitias y los factores que influyen sobre ella es la epifitología (1).

La mayoría de las epifitias son más o menos localizadas. La pérdida de la población puede ser mayor o menor dependiendo del control, ya sea natural o mediante aspersiones químicas u otro medio de control (1).

Sin embargo, algunas epifitias aparecen repentinamente, escapan del control, se extienden o se tornan severas sobre alguna especie vegetal en particular. Los elementos que se combinan e intervienen en las enfermedades de las plantas son:

- a) Planta hospedante susceptible
- b) Patógeno virulento
- c) Condiciones ambientales favorables por un período bastante prolongado
- d) Intervención del hombre a través de sus actividades. Puede ayudar a iniciar y desarrollar las epifitias o puede detener eficazmente su inicio y desarrollo.

Elementos del triángulo de la enfermedad 1-b y el tetraedro característico de la enfermedad Figura 1-b (1).

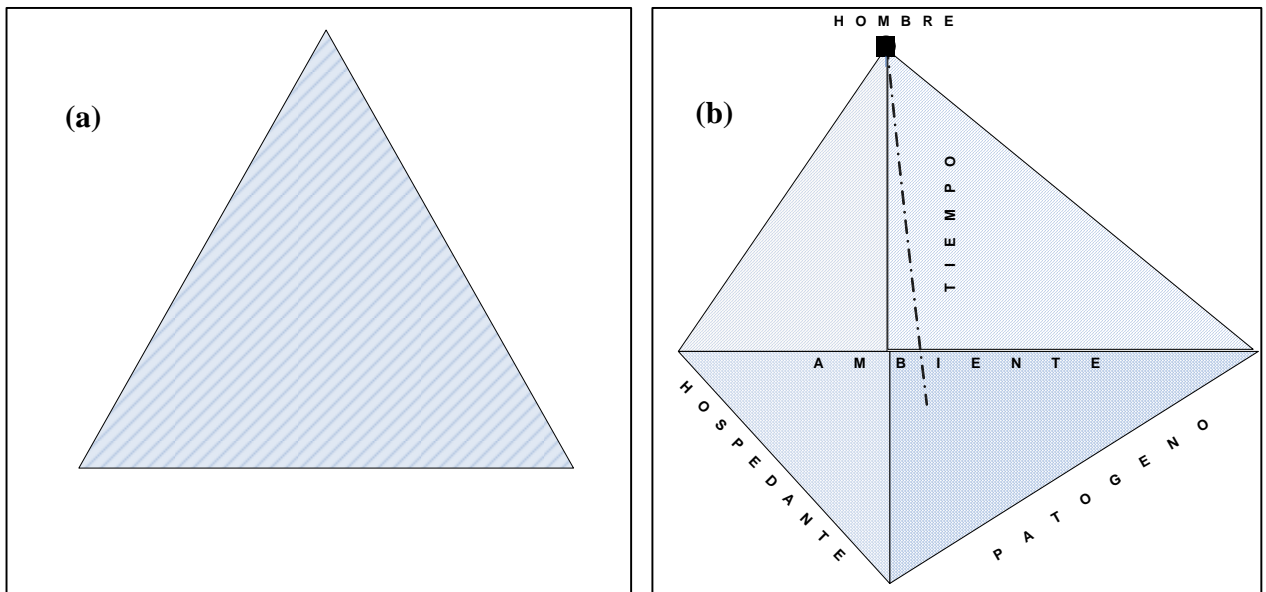


Figura 1. En figura (a) se muestra el triángulo de la enfermedad. Cada uno de estos componentes favorecen a la enfermedad. Para comprender la epifitias se deben agregar dos componentes más: el tiempo y la intervención del hombre, que forman el tetraedro de la enfermedad. Figura (b).

La probabilidad de que ocurra una epifitias aumenta cuando:

La susceptibilidad del hospedante y la virulencia del patógeno son mayores. Las condiciones ambientales se aproximan al nivel óptimo de crecimiento, reproducción y propagación del patógeno.

La duración de todas las combinaciones favorables es prolongada siempre que el hombre no intervenga para reducir o detener la epifitias (1).

La ecología del patógeno es en su mayoría hongos y plantas superiores parasitas que producen su inóculo (esporas y semillas, respectivamente) en la superficie de los órganos aéreos del hospedante. De ahí, las esporas y semillas se dispersan con facilidad a diferentes distancias

Total de la virulencia abundancia etc. PATOGENO

Total de condiciones que favorecen a la enfermedad AMBIENTE

Magnitud de la enfermedad

y causan epifitias en extensas zonas. Los hongos son la causa de las epifitias más frecuentes y de mayor amplitud (1).

Las condiciones ambientales que se consideran importantes en el desarrollo de las epifitias son: la humedad, la temperatura y la actividad del hombre en cuanto a su intervención.

La humedad ya sea en forma de lluvia, rocío o alta humedad relativa, es un factor predominante en el desarrollo de las epifitias causadas por hongos (tizones, mildius, manchas foliares, roya y antracnosis). Facilita la liberación de las esporas permitiendo que germinen. La presencia de alta humedad hace que esto suceda constantemente y repetidamente favoreciendo siempre el incremento de las epifitias (1).

La epifitias también se ven favorecidas por mayores o menores temperaturas en un intervalo óptimo para la planta, debido a que disminuye el nivel de resistencia (horizontal) de la planta. Incluso puede reducir o eliminar la resistencia (vertical) asignada por un gen mayor. Las plantas que crecen a esa temperatura se vuelven “estresadas” y predisuestas a la enfermedad (1).

El efecto más común que ejerce la temperatura en las epifitias es su efecto sobre el patógeno durante las diferentes etapas de la patogénesis. Es decir, la germinación de las esporas, la penetración en el hospedante, el crecimiento o reproducción del patógeno, la invasión del hospedante y la esporulación. Cuando la temperatura permanece dentro de un intervalo favorable para cada una de estas etapas, un patógeno policíclico puede completar su ciclo de la enfermedad dentro del menor tiempo posible.

3.1.4.1 Evaluación de la enfermedad

La intensidad de la enfermedad (incidencia y/o severidad) se puede cuantificar a través del tiempo y los resultados. Pueden ser graficados en una curva del progreso de la enfermedad.

La gráfica se aplica a cualquier patógeno y en cualquier patógeno hospedante. Es el resultado de la integración de todos los efectos del hospedante, del patógeno y del ambiente. La escala de tiempo puede ser relativamente corta o larga. Se puede medir en días del año o tiempo fisiológico.

Los principales elementos de la curva son los parámetros epidemiológicos, la cantidad de enfermedad inicial, la tasa de incremento de la severidad o incidencia, cantidad máxima de la enfermedad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (1).

El propósito del análisis temporal tiene los siguientes enfoques:

- a) Lograr una apreciación visual de la curva.
- b) Observar cambios de la enfermedad debido a la variación de algún factor específico (componente climático, hospedante, fertilizantes etc.).

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Ubicación geográfica

La finca Saquichaj está ubicada en el municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz. Sus coordenadas geográficas se encuentran entre 15° 32' 00" y 15° 36' 00" de latitud norte; 90° 24' 00" y 90° 28' 00" de longitud oeste (figura 2A). (22, 25)

3.2.2 Vías de acceso

El recorrido inicia en la ruta al Atlántico (CA-9) hacia El Rancho, El Progreso. Se llega a la carretera CA-14 que conduce al norte. Se pasa por Baja Verapaz hasta llegar a la cabecera departamental de Cobán, Alta Verapaz. El acceso de Cobán a la finca es la carretera asfaltada rumbo a Chisec. Se recorren aproximadamente 19 Km. para entrar a un camino de terracería (7 Km.) que conduce al casco de la finca (figura 3). (25, 26)

3.2.3 Límites

Norte: Finca Inopal.

Este: Fincas; Chitutz, Coxna, Camcal, Pocol, Icmaja-Seabas, Pubrahub, Choval, Chionc.

Sur: Finca Raxmox.

Oeste: Fincas: Séacte, Xalcatá, Sahacún, Satzac (18).

3.2.4 Clima

Precipitación

La precipitación media anual es de 2,074.90 milímetros. Se distribuye de mayo a diciembre. La media mensual es mayor a 120 milímetros. En los meses de enero a abril la precipitación media mensual es menor a 97 milímetros.

Temperatura

La temperatura media anual es de 17.4 °C, con una máxima anual de 24.5 °C y una mínima media anual de 13°C.

Humedad relativa

La humedad relativa varía de 90% en los meses de octubre y diciembre, a 85% en los meses de marzo y mayo. Durante la investigación, la humedad relativa se reportó a 88% promedio para el proyecto Se'peq (25, 26).

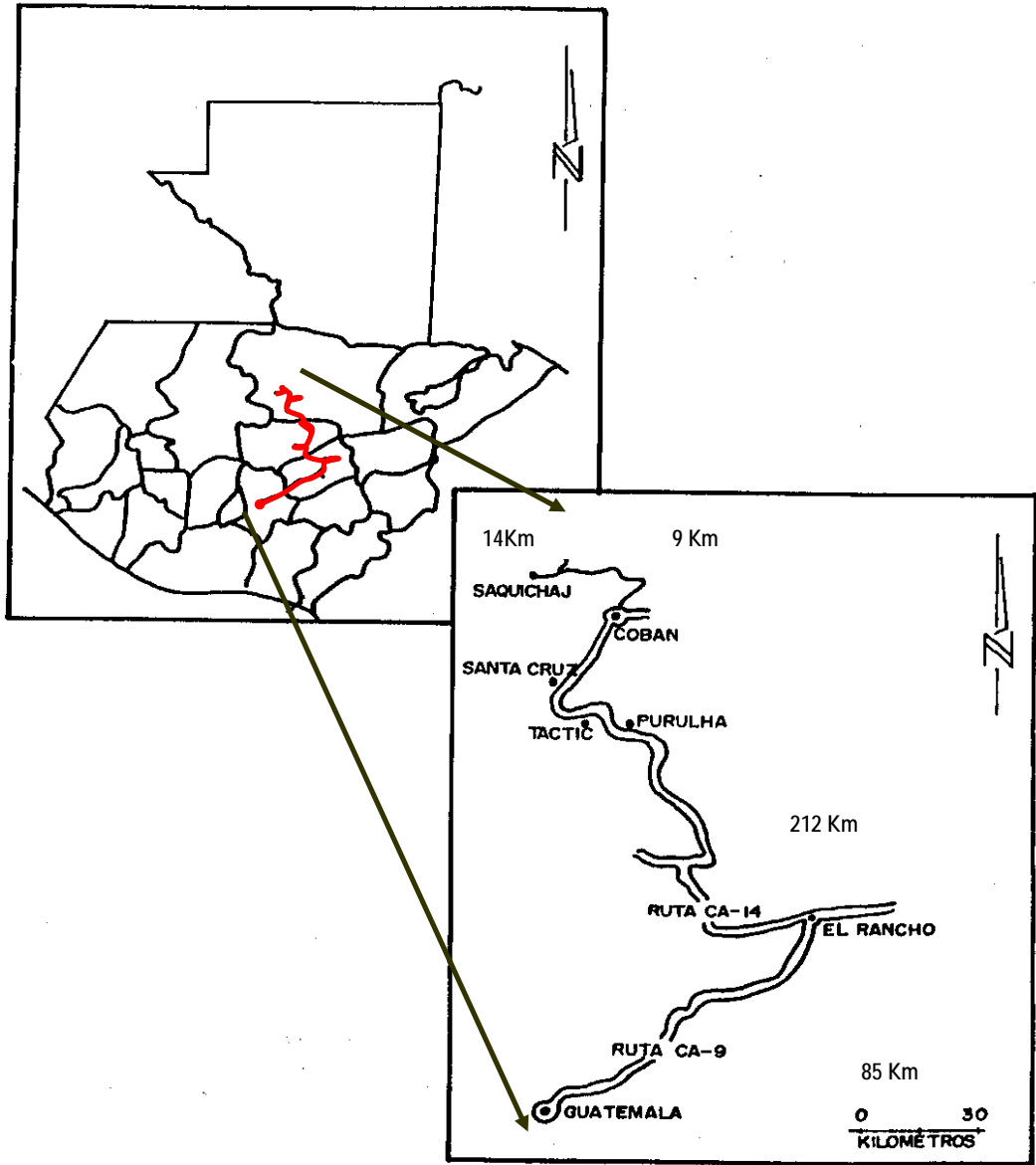


Figura 3. Vías de acceso para la finca Saquichaj. Cobán, Alta Verapaz. Fuente TZIRIN B (27).

3.2.5 Zona de vida

El área de estudio se encuentra en una zona de vida de bosque muy húmedo subtropical (frío). La característica que los distingue es un segmento de mayor altura del bosque húmedo. La vegetación que se le considera como indicadora es *Liquidámbar styraciflua*, *Persea donelismithii*, *Pinus pseudostrobus*, *Persea schiediana*, *Rapanea ferruginea*, *Chlethra* spp, *Myrica cerifera*, *Corton draco*, *Eurya seemaii*.

En un estudio realizado por Suárez Urrutia (21, 22), se encontraron las siguientes especies en los bosques de la finca Saquichaj: Ramchap o San Juan *Vochysia guatemalensis*, Mario o Santa María *Calophyllum brasiliense*, Cansan *Terminalia amazonia*, Guarumo *Cecropia peltata*, Cojo anonilla *Talahuma mexicana* y Encino *Quercus* spp.

Éstas se encuentran en diferentes zonas de vida como indicadoras de Bosque muy húmedo subtropical (cálido) y Bosque pluvial subtropical. Posiblemente ésta sea una sección de transición entre dos zonas de vida.

3.2.6 Geología y suelos

La geología presente en el área de la finca pertenece al cretácico Albiano Cenomaniano, formado por roca caliza.

De acuerdo con la Clasificación de suelos del estudio de Simmons, Tarano y Pinto, pertenece a la serie Tamahú. Se caracteriza por ser poco profundo o excesivamente drenado, desarrollados sobre caliza en un clima húmedo o húmedo-seco (18).

3.2.6.1 Análisis químico de suelo del proyecto Se'peq en la Finca Saquichaj

El análisis químico como se muestra en el cuadro 1. Se realizó en el laboratorio de suelo-planta-agua de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con los siguientes resultados: la clase textural de los suelos va de franco arcillo arenoso, arcillo arenoso, arcilloso con un promedio de material (41.66% arcilla, 13.66% limo y 44.68% arena).

Cuadro 1. Análisis químico de suelo del proyecto Se'peq, en la finca Saquichaj.

	ppm		meq/100ml		ppm				Meq/100 gr				%	%	
pH	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	MO
5.64	0.47	86.20	6.49	0.93	0.69	23.62	19.00	32.20	28.94	7.98	1.22	0.30	0.49	35.60	10.01

Según el laboratorio de suelo-planta y agua, los suelos del proyecto poseen una fertilidad potencial adecuada como lo muestra el valor de la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Debido a la alta cantidad de materia orgánica, la saturación de bases es baja. Lo que hace un CIC adecuado. Algunos valores Ca y Mg del muestreo realizado se encuentran en el límite inferior del rango crítico. Los que podrían afectar el desarrollo de algunas plantas sensibles a estos elementos. En el caso del pino no es exigente a estos nutrientes.

El valor del pH se encuentra en la escala de medianamente ácido, fuertemente ácido (5.64). El alto contenido de materia orgánica en estos valores influye en una mayor disponibilidad de los elementos menores Zn, Fe, y Mn. En el caso del Cu reacciona con la materia orgánica. Esto hace que la solución extractora no sea capaz de disolverlo. Por lo que se manifiesta en valores bajos.

Los índices altos de Zn posiblemente se deben al material parental de los suelos o a la composición química de la materia orgánica. El fósforo se encuentra por debajo del rango crítico. Se le considera deficiente.

3.2.7 Fisiografía

La finca se encuentra en una región fisiográfica de las Tierras Altas Sedimentarias, de formas: colinas paralelas, topografía kárstica anticlinal y sinclinal sumergidos (siguanes), y cavernas de roca caliza (15).

3.2.8 Topografía

Su topografía es ondulada a quebrada y de quebrada a fuertemente quebrada. Las pendientes van del 10% a 70% y del 60% a 100%. Las elevaciones varían de 560 a 1500 msnm. El proyecto Se'peq de la finca Saquichaj se encuentra en 1500 msnm (26).

3.2.9 Hidrología

La finca se encuentra ubicada dentro de la micro cuenca del río Sachichaj, tributario del Río Negro o Chixoy que drena en la cuenca del río Usumacinta dentro de la vertiente del Golfo de México (26).

3.2.10 Capacidad de uso de la tierra

Según el sistema de clasificación de la tierra por su capacidad de uso del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), son tierras no cultivables, aptas solamente para fines de uso o explotación forestal, topografía fuerte y quebrada, con pendiente muy inclinada. Se ubica en la Clase VII.

Cuando se tiene algún tipo de cultivo permanente, es necesario efectuar prácticas intensivas de conservación del suelo. Algunas partes de la finca se pueden considerar como tierras de protección en la clase VIII.

3.2.11 Morfología y anatomía del pino

Las gimnospermas (Coníferas) cuentan con 50 géneros. Los más conocidos incluyen: pino (*Pinus*), pinabete (*Abies*), araucaria (*Araucaria*), junipero (*Jupinerus*), cedro (*Cedrus*), picea (*Picea*), (*Laxis*) y ciprés (*Cupressus*) (6).

El género *Pinus* perteneciente a las Pinacea en mesoamérica está representado por varias especies. Se distribuyen en un amplio rango altitudinal y geográfico. Está constituido por células organizadas en canales que sintetizan y acumulan resina. Las hojas de los pinos son aciculares (largas y estrechas). Se encuentran reunidas en grupos de 2 - 5 por una membrana basal llamada branquiblastos (6, 8).

Las acículas son hojas modificadas en fascículos con una a cinco agujas dependiendo de la especie. Cada fascículo es una rama de crecimiento determinado. La epidermis está compuesta por cutícula gruesa, hipodermis de una o más capas de células con paredes celulares gruesas, estomas hundidas bajo la superficie de la hoja, células del mesófilo con paredes celulares de bordes invaginados. El mesófilo contiene 1 - 2 conductos de resina por hoja (8).

Las venas están rodeadas por tejido de transfusión (parénquima vivo y traqueidas muertas). El tejido de transfusión sirve para intercambio de sustancias entre el parénquima y los haces vasculares (8).

El crecimiento modelo de forma y ramificación en el género *Pinus* consta de especies arborescentes perennes. Muchas de las ramificaciones laterales son (pseudo-) espirales.

El retoño del meristemo apical domina sobre los laterales. Este modelo se repite comúnmente todos los años con el crecimiento. Es el resultado de un sistema simétrico jerárquico de bifurcación formado del centro hacia la periferia. Es conocido como "Modelo de crecimiento de Rauh's" (Hallé et al., 1978). El crecimiento cesa y un nuevo primordio se inicia antes del período de dormancia. Los órganos reproductivos, especialmente los conos ovulíferos, ocurren simultáneamente sobre los entrenudos (6).

La formación y crecimiento inicial de un número definitivo de hojas verdes permanecen sobre la planta durante 2 - 20 años. Pero en las regiones más frías permanecen solo 8 años y de ahí en adelante vienen hojas deciduas. En algunos casos el brote se encuentra basal remanente.

Después de la defoliación, el brote puede producir un segundo fascículo de acículas secundarias. En algunos casos la proliferación del brote ocurre como respuesta a un daño (p. ej., después del daño causado por herbívoros al brote) (6).

La bifurcación de los brotes (los entrenudos) se desarrolla desde la parte terminal. La totalidad de crecimiento es en una estación, (Shaw, 1914). Son definidas por una base y un nódulo terminal de brotes. Una vez que el sistema de raíz y ramaje son suficientes para mantener a la planta, el crecimiento rápido del tallo levanta el árbol joven. Su ramaje crece arriba de la zona normal de las malezas, donde es relativamente seguro y comienza la bifurcación lateral (6).

3.2.12 Clasificación taxonómica de las especies vegetales del estudio

Reino:	Plantae
Subreino:	Embrionta
División:	Pinophyta
Clase:	Pinopsida
Orden:	Pinales
Familia:	Pinaceae
Genero:	<i>Pinus</i> sp.

Las especies de estudio son: *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl y *Pinus maximinoi* H. E. Moore (5, 13).

3.2.12.1 *Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl

Se le conoce en Centroamérica como pino colorado o pino ocote. Es un árbol monoico, de copa irregular, con ángulos de ramificación variable, ramas finas y relativamente ralas. Puede alcanzar altura de 14 a 45 metros, con diámetros de 75 a 90 cm. El fuste es recto y cilíndrico y la corteza fuertemente fisurada de 5 a 10 cm. de grueso. Se descortiza en largas bandas irregulares, escamosas de color rojizo oscuro a grisáceo.

Las acículas son de 14 a 25 cm. de largo y hasta 1.5 mm de ancho. Tienen de 3 a 8 canales resiníferos normalmente septados, de color verde brillante, erguidas, gruesas y ásperas, con los bordes finamente aserrados. Cada fascículo está formado por grupos de cinco acículas.

Las vainas de los fascículos son persistentes, oscuras de 15 a 25 mm de largo. Los estróbilos masculinos son estaminados, de 1 a 3 cm. de largo por 1 cm. de ancho. Los estróbilos femeninos son de mayor tamaño y se producen en el extremo de las ramas en cantidades mayores que los masculinos (5, 6).

3.2.12.2 *Pinus maximinoi* H. E. Moore.

En Guatemala se le conoce como pino candelillo. Es un árbol de 20 a 35 metros de altura y de 45 a 100 cm. de diámetro. Tiene una copa muy densa, ramas con ángulos rectos y horizontalmente verticilados.

La corteza joven es delgada y lisa. Cuando envejece se quiebra en plaquetas alongadas con fisuras de color café rojizo. Presenta follaje denso, verde azulado mate o verde grisáceo, notoriamente colgante. Cada fascículo está formado por cinco acículas delgadas, de 20 a 28 cm. de largo y 0.7 a 0.8 mm de ancho, con margen finamente serrado, estomas presentes en la superficie dorsal y ventral (5, 6).

Las vainas son persistentes, de 12 a 18 mm de largo. Los canales resiníferos medios usualmente son dos. Los estróbilos masculinos son estaminados. Los femeninos son subterminales, oblongos, aislados o en grupos de 4 a 5, con péndulos largos y escamosos. Las escamas son delgadas (5, 6).

3.2.12.3 Distribución y ecología

Según Farjon & Styles (8) la distribución de las especies de pino en América Latina se encuentra en las regiones geográficas (I - VII) y rangos altitudinales (1 - 4). Las especies estudiadas están en el rango seis montaña. Las altitudes están entre 1000 - 2600 msnm, pero en la región de Mesoamérica se puede encontrar a 700 m. hasta 2800 m (5, 7).

Los datos anteriores coinciden con la base de datos forestales del INAB del proyecto de investigaciones forestales. Consiste en la recopilación de varios autores, entre ellos fichas técnicas elaboradas por el CATIE (5).

Pinus oocarpa Schiede ex Schldl se distribuye naturalmente desde los 28°N en el noroeste de México hasta 12°N en Nicaragua. Las mayores existencias continuas de estas especies se hallan en los altiplanos centrales de Centroamérica, desde el norte de El Salvador, centro de Guatemala hasta 18°N en el sur de México (7).

Su rango altitudinal varía entre 600 y 1200 msnm, con precipitaciones mínimas anuales de 650 mm y una época seca de 5 a 6 meses, con temperaturas de 13 a 23°C. En condiciones naturales se encuentran creciendo sobre suelos erosionados, delgados, arenosos, bien drenados, ácidos a neutros (pH de 4.5 a 6.8), de baja fertilidad, derivados de materiales de origen volcánico antiguo, con alto contenido de cuarzo (7, 13).

Pinus maximinoi H. E. Moore se distribuye naturalmente desde el sur-este de México, centro de Guatemala y Honduras, norte del El Salvador hasta el noroeste de Nicaragua. Su rango altitudinal varía de 600 a 2400 msnm, con precipitaciones de 1000 a 24000 mm y temperaturas de 18 a 21°C (5).

Algunas veces crece asociado con *Pinus pseudostrobus*, *P. oocarpa*, Crece en suelos fértiles, profundos, húmedos, de ácidos a básicos (pH de 4.5 a 7.5), con buen drenaje y contenido de materia orgánica (7, 13).

4 OBJETIVOS

1. Determinar los agentes patógenos asociados al tizón de las acículas del pino en las condiciones de la finca Saquichaj en Cobán, Alta Verapaz.
2. Determinar el comportamiento del tizón de las acículas del pino en cuanto a incidencia y severidad en el proyecto Se'peq de la finca Saquichaj, durante un ciclo de crecimiento vegetativo.

5 METODOLOGÍA

5.1 Fase de campo

5.1.1 Establecimiento de áreas de muestreo

Se localizaron las áreas de muestreo en proyectos de reforestación financiados por el Programa de incentivos forestales –PINFOR-. Son especies forestales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schlttl y *Pinus maximinoi* H. E. Moore con edad de 2 años, en el proyecto Se'peq de la finca Saquichaj, Cobán Alta Verapaz. Cuenta con 100 ha. sembradas en un distanciamiento de 3 X 3 m con una densidad de 1,111 árboles/ha. y con una altura promedio de 1.3 mts (Figura 4A).

5.1.2 Método de muestreo

Se utilizó un método de muestreo dirigido que consistió en realizar caminamientos en la plantación. Se tomaron muestras de plantas con los síntomas de la enfermedad. Se muestrearon un total de 12 parcelas en todo el proyecto. Cada parcela estaba conformada por 10 individuos. Durante la investigación fueron evaluados 120 árboles por mes.

5.1.3 Toma y traslado del material vegetal enfermo

- a. Se describieron los síntomas del campo y en cada especie de pino.
- b. Se tomaron muestras de ramas con acículas que presentaran sintomatología del tizón foliar.
- c. Se trasladaron las muestras al laboratorio de diagnóstico. Se llevaron envueltas en papel periódico ligeramente humedecido, colocadas en bolsas plásticas, conservadas en hielera para evitar la exposición al sol, la pérdida de humedad y la variación en los síntomas (2).

5.1.4 Análisis de incidencia y severidad

1. Se observó la plantación para realizar el monitorio al azar. Se determinó la cantidad de ramas por ejes en el árbol para la elaboración de una escala de severidad en la plantación de pino.
2. Para conocer la incidencia y la severidad de la plantación en el proyecto se utilizó la siguiente fórmula:

a) Determinación de la incidencia de la enfermedad:

$$\% \text{Incidencia} = \frac{\text{Árboles enfermos en la muestra}}{\text{Total de árboles muestreados por muestra}} \times 100$$

b) Determinación de la severidad de la enfermedad:

Por observación se elaboró una escala descriptiva donde visualmente se calculó el porcentaje (%) de ataque que produce la enfermedad en la planta. Luego se analizó en la fórmula de %S (Figura 5A).

Escala Descriptiva del porcentaje de severidad en el árbol se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción de la escala de severidad según el grado de afección en el árbol.

Grado	Porcentaje	Descripción
1.	(0 - 05%)	Sin evidencia de síntomas o síntomas muy leves en el área visual o acículas del tejido.
2.	(06- 25%)	Del área visual o acículas de pino.
3.	(26 – 50%)	Del área visual o acículas de pino.
4.	(51 - 75%)	Del área visual o acículas de pino.
5.	(76 – 100%).	Del área visual o acículas de pino

Fórmula para determinar el porcentaje de Severidad o tejido dañado en el árbol.

$$\% \text{Severidad} = \frac{\sum ni \cdot gi}{N \cdot G} \times 100$$

Dónde:

ni: número de individuos de cada grado de la escala.

gi: grado de la escala de severidad (1-5).

N: total de individuos.

G: grado máximo de la escala (5).

5.2 Fase de Laboratorio

Se determinaron los agentes causales según el síntoma observado. La descripción de los síntomas se hizo a nivel Macro y Microscópica.

Identificación de sintomatología mediante observación directa y en el estereoscopio.

Crecimiento de microorganismos en cámaras húmedas cuando las muestras observadas no presentaron signos visibles.

Dissección de signos visibles de los posibles agentes causales.

Preparación de montajes para observación microscópica mediante tinción en lactofenol rojo y azul.

Determinación del agente causal.

Preservación de muestras.

Montajes permanentes en gelatina.

Se compararon las características del microorganismo con la información disponible en las claves de identificación. Se usó la bibliografía disponible en el laboratorio de fitopatología de la FAUSAC, principalmente:

- a) Illustrated genera of Ascomycetes de Richard Handling.
- b) Illustrated genera of Imperfect Fungi de Barnet.
- c) Dematiaceous Hyphomycetes de M.B Ellis.
- d) The Coelomycetes Sutton B.C.

Se observó en el estereoscopio y microscopio para describir y determinar las características de los signos visibles del agente causal y las estructuras reproductivas.

Prueba de patogenicidad (Inoculación)

Consistió en inocular plantas sanas de la misma especie cultivada en el área.

1. Primero, se seleccionaron plantas sanas sin presencia de síntomas de los patógenos.
2. Las plantas sanas fueron lavadas con agua destilada para eliminar impurezas.
3. Se buscó acículas que tuvieran signos típicos del tizón.
4. Se realizó una suspensión en agua destilada con los cuerpos fructíferos que se desarrollaron en una cámara húmeda. Se procedió a macerar para preparar una solución que se utilizó para frotar la planta.
5. Por medio físico (frotación) se colocaron estructuras reproductivas de los microorganismos encontrados.
6. Se observó durante un mes el desarrollo de la enfermedad, la presencia de signos o síntomas de ésta.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Descripción de los patógenos causales del tizón de las acículas de pino.

Se estudiaron plantas de las especies *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl y *Pinus maximinoi* H. E. Moore infectados con la enfermedad del tizón de las acículas de pino en las plantaciones del proyecto Se'peq, finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Se realizaron pruebas en el laboratorio y se cuantificó la incidencia y la severidad.

Los patógenos causantes del atizonamiento de las acículas de pino encontrados fueron: *Lophodermium* sp y *Dothistroma* sp. Durante la investigación estuvo presente con mayor frecuencia *Lophodermium* sp. en las dos especies de pino. Mientras que en los últimos meses de la evaluación (Diciembre, Noviembre, Enero) se encontró *Dothistroma* sp. que se reportó únicamente en el género *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl.

El cuadro 1 reporta los patógenos determinados según el muestreo en los meses de agosto 2003 a enero 2004.

Cuadro 1. Género de patógenos causantes del atizonamiento del pino.

Nombre Común	Especie Forestal	Periodo de muestreo	Agente Causal
Pino ocote	<i>Pinus oocarpa</i> Schiede ex Schltdl	Agosto	<i>Lophodermium</i> sp.
		Septiembre	<i>Lophodermium</i> sp.
		Octubre	<i>Lophodermium</i> sp.
		Noviembre	<i>Lophodermium</i> sp., <i>Dothistroma</i> sp.
		Diciembre	<i>Lophodermium</i> sp., <i>Dothistroma</i> sp.
		Enero	<i>Lophodermium</i> sp., <i>Dothistroma</i> sp.
Pino rojo	<i>Pinus maximinoi</i> H. E. Moore	Agosto	<i>Lophodermium</i> sp.
		Septiembre	<i>Lophodermium</i> sp.
		Octubre	<i>Lophodermium</i> sp.
		Noviembre	<i>Lophodermium</i> sp.
		Diciembre	<i>Lophodermium</i> sp.
		Enero	<i>Lophodermium</i> sp.

6.2 Descripción de signos y síntomas de los patógenos causales del tizón de las acículas de pino.

6.2.1 *Lophodermium* sp.

El área infectada de las acículas del pino comenzó con una clorosis en el tejido vegetal. Se distinguió como puntos amarillos que aparecieron en la superficie del tejido (Fotografía 1).

Estos puntos se fueron tornando de color marrón conforme pasaba el tiempo. Esta área se empezó a necrosar. Adquirió un color rojizo-marrón, posteriormente se formaron los cuerpos fructíferos (apotecio) del hongo (Fotografía 2).

Las manchas de color rojizo-marrón se extendieron sobre la acícula de forma irregular dándole al tejido una consistencia dura. Lo que provocó disminución de la fotosíntesis, muerte y abscisión (Fotografía 3).

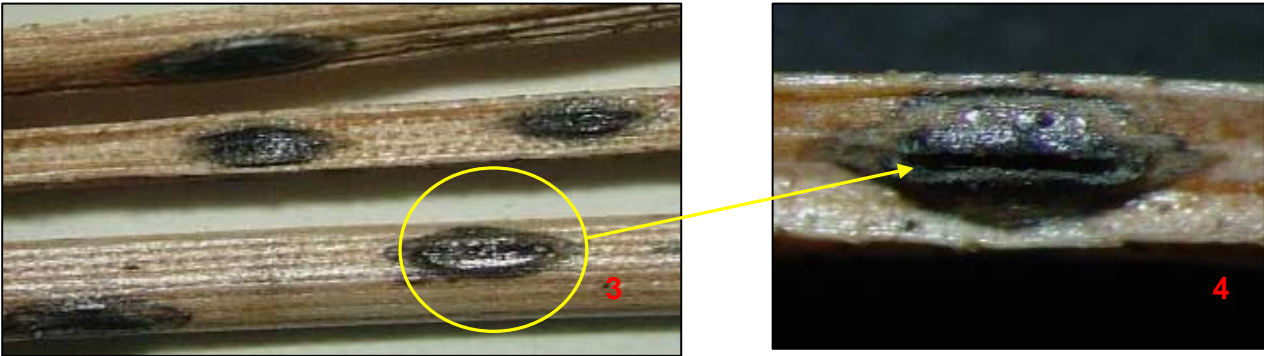
Los signos de este patógeno son cuerpos fructíferos tipo apotecio elipsoide. Se encuentran bajo el tejido epidermal de la acícula muerta. El apotecio se abre al madurar en la parte media en una fisura longitudinal (Fotografía 4). Las ascosporas se encuentran dentro de una masa gelatinosa en el apotecio (Fotografía 5,6).

Lophodermium sp. presenta una estructura reproductiva tipo apotecio de forma elipsoide. Se abre en forma longitudinal en la madurez (Fotografía 7). Dentro del apotecio se encuentra sus ascas de forma alargada. En ella se puede observar sus ascosporas filiformes (Fotografía 8).

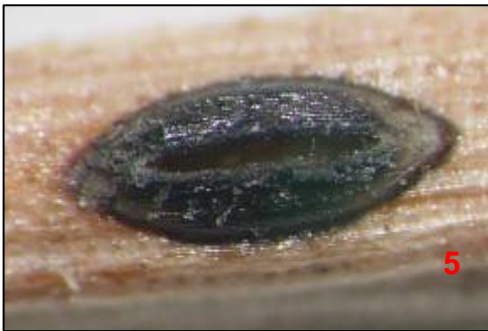


Fotografía 1. Síntoma inicial de *Lophodermium* sp. en pino.

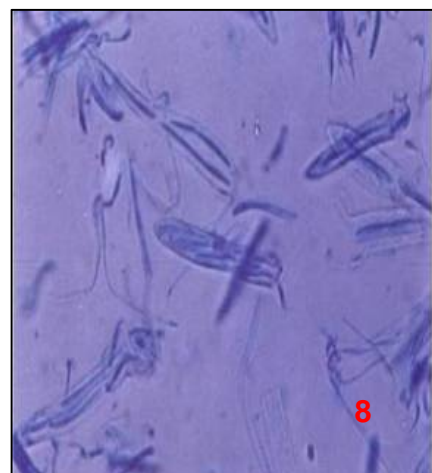
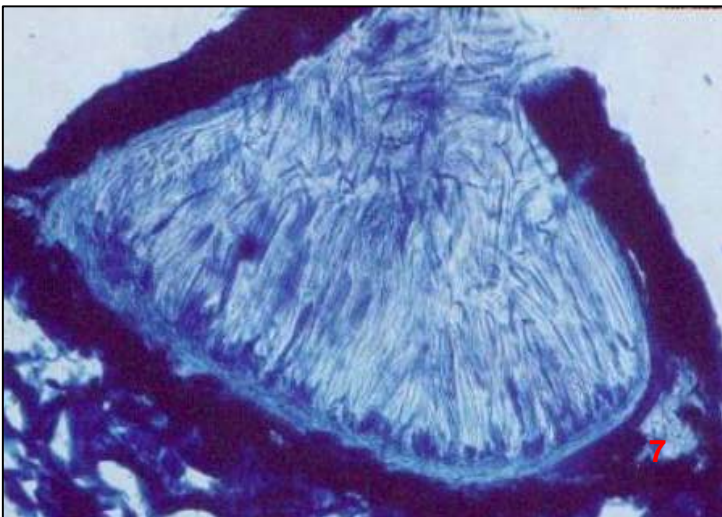
Fotografía 2. Se presentó como manchas cloróticas que luego se necrosaron 125 X. (M. González S.)



Fotografía 3. Signos en la acícula, por invasión de *Lophodermium* sp. 125X.
Fotografía 4. Cuerpo fructífero tipo apotecio 125X (Detalle). (M. González S.)



Fotografía 5. Abertura longitudinal en la madurez de *Lophodermium* sp en pino 125X.
Fotografía 6. Se muestra la masa gelatinosa de esporas 125X. (M. González S.)



Fotografía 7. Micrográfica de apotecio de *Lophodermium* sp en pino 200 X.
Fotografía 8. Se muestra la masa gelatinosa de esporas. Ascosporas filiformes 1000 X. (M. González S.)

6.2.2 *Dothistroma* sp.

Se presentó como manchas en banda clorótica en la acícula de pino, de forma anillada de color amarillo. Mientras la infección el tejido avanzó por la acícula, se empezó a necrosar. Tomó un color rojizo-marrón donde se empezó a distinguir los cuerpos fructíferos de *Dothistroma* sp. (Fotografía 9)

El tejido invadido por el patógeno se empezó atizonar y perdió la capacidad de la fotosíntesis (Fotografía10). Los picnidios al madurar produjeron conidias que salieron a la superficie del tejido vegetal (Fotografía 11).

Los cuerpos fructíferos de *Dothistroma* sp. se presentaron como una erupción subepidermal (Fotografía 12,13). Son estroma de color negro, multiloculado, con numerosos conidioforos. Las conidias hialinas son septadas de una a tres divisiones, pero en su mayoría se encontraron con dos divisiones (Fotografías 14,15).

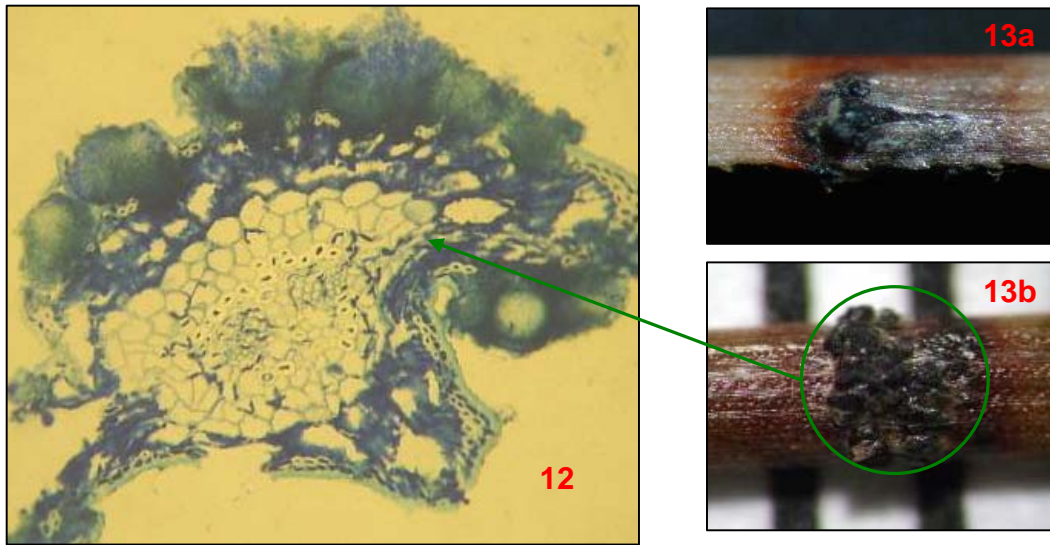


Fotografía 9. Tejido que presentó clorosis y empezó a necrosar (ver detalle) formando los cuerpos fructíferos 125 X. (M. González S.)



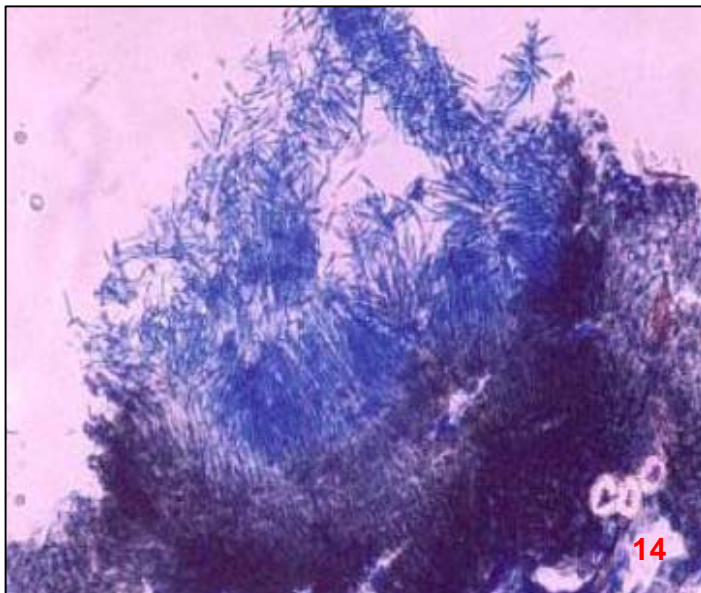
Fotografía 10. Cuerpos fructíferos en la superficie de la acícula que perdió su capacidad de fotosíntesis 125X.

Fotografía 11. El atizonamiento en acícula de pino por invasión de cuerpos fructíferos de *Dothistroma* sp. rompieron el tejido al madurar 125 X. (M. González S.)



Fotografías 12-. Cuerpos fructíferos de *Dothistroma* sp. que penetraron en la epidermis de las acículas de pino 100 X.

Fotografía 13 a-b. El tejido de acícula se rompió al madurar los cuerpos fructíferos 125 X. (M. González S.)



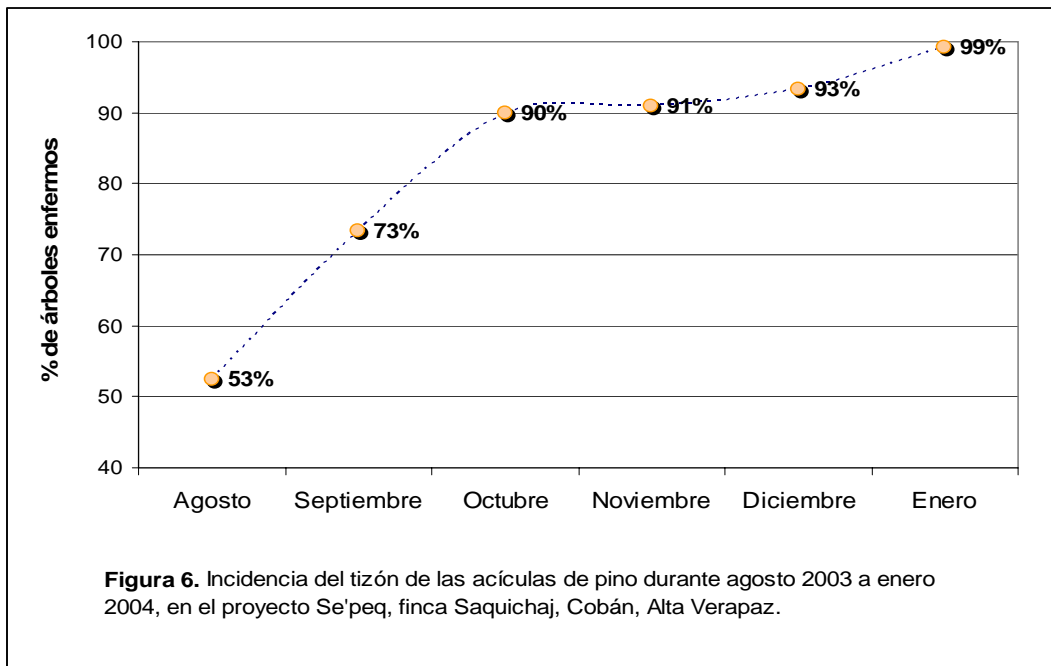
Fotografía 14. Cuerpos fructíferos multiloculados, estroma de color negro en *Dothistroma* sp. 400 X.

Fotografía 15. Conidias de *Dothistroma* sp. septadas en una división 1000 X. (M. González S.)

6.2.3 Incidencia

En el estudio del tizón de las acículas de pino causado por *Lophodermium* sp. y *Dothistroma* sp. se reportaron árboles de pino enfermos o con síntomas de la enfermedad. La incidencia promedio en agosto fue del 53% de árboles enfermos de 120 muestreados en toda la investigación.

Al siguiente mes, en septiembre, aumentó considerablemente al 73%. En el tercer muestreo en octubre, siguió en aumento al 90% de árboles enfermos. En octubre, la incidencia se mantuvo al 91%. En diciembre, siguió en aumento al 93%. Finalmente en enero se reportó un 99% de árboles afectados como se muestra en la gráfica (Figura 6).



6.2.4 Severidad

En el cuadro 2 se presenta el número de árboles afectados según la escala de severidad propuesta (Figura 5A). Se muestra el grado de la escala y la cantidad de árboles por escala que fueron afectados. Durante ese tiempo la cantidad de tejido afectado en los árboles de pino varió en todos los meses.

En agosto, el mayor número de árboles se encuentra en grado 1 (0 – 5%) de la escala de severidad que presenta síntomas leves o iniciales. En septiembre, los árboles se encuentran entre el grado 1 (0 - 5%) y grado 2 (6 – 25%). Según la escala descriptiva presentan síntomas de

muy leves a leves. Las condiciones climáticas para este período son 19 grados centígrados de temperatura promedio para los dos meses y una precipitación de 799 y 245 mm de lluvia respectivamente y humedad relativa del 89% en los dos meses.

En octubre presenta un patrón de crecimiento ascendente con un mayor número de árboles afectados en grado 2 (6 –25%) síntomas leves en la acícula de pino. También se reportan árboles afectados en grado 3 (26 – 50%) que presentan síntomas moderados. Las condiciones climáticas son de 18 grados centígrados, precipitación de 450 mm y humedad relativa del 90%.

En noviembre se reportan árboles en grado 1 (0 – 5%) y en grado 2 (6-25%) con síntomas muy leves a leves. Hay árboles totalmente afectados con grado 5 (76-100%) que presentan síntomas muy severos en la acícula de pino. Las condiciones climáticas son de 17 grados centígrados, 900 mm. de lluvia y 89% de humedad relativa.

En diciembre se reportan en su mayoría árboles en grado 2 (6-25%). También se encuentran en menor cantidad en grado 3 (6 25%) y grado 4 (26 50%). Los síntomas de las acículas pasan de muy leve a moderado. Las condiciones climáticas son de 14 grados centígrados, 627 mm de lluvia y 87% de humedad relativa.

En enero se registra árboles afectados en grado 2 (6-25%) del tejido. Se mantiene igual que en el mes anterior. Las condiciones climatológicas son de 16 grados centígrados con una precipitación de 273 mm y humedad relativa de 89%.

Cuadro 2. Resumen del número de árboles afectados / mes según la escala de severidad.

Agosto		Septiembre		Octubre	
grado	No. Arboles	grado	No. Arboles	grado	No. Arboles
1	49	1	56	1	25
2	2	2	29	2	75
3	12	3	3	3	6
4	0	4	0	4	2
5	0	5	0	5	0

Noviembre		Diciembre		Enero	
grado	No. Arboles	grado	No. Arboles	grado	No. Arboles
1	41	1	28	1	49
2	39	2	43	2	2
3	8	3	26	3	12
4	4	4	15	4	0
5	3	5	0	5	0

6.2.4.1 Porcentaje de severidad del tejido afectado en el pino

Determinado el grado de severidad de la escala en los árboles, se calculó la cantidad de tejido afectado por mes (Según la fórmula %S). Se comparó la relación que existe entre las condiciones climáticas (precipitación, humedad relativa, temperatura) con respecto al tiempo.

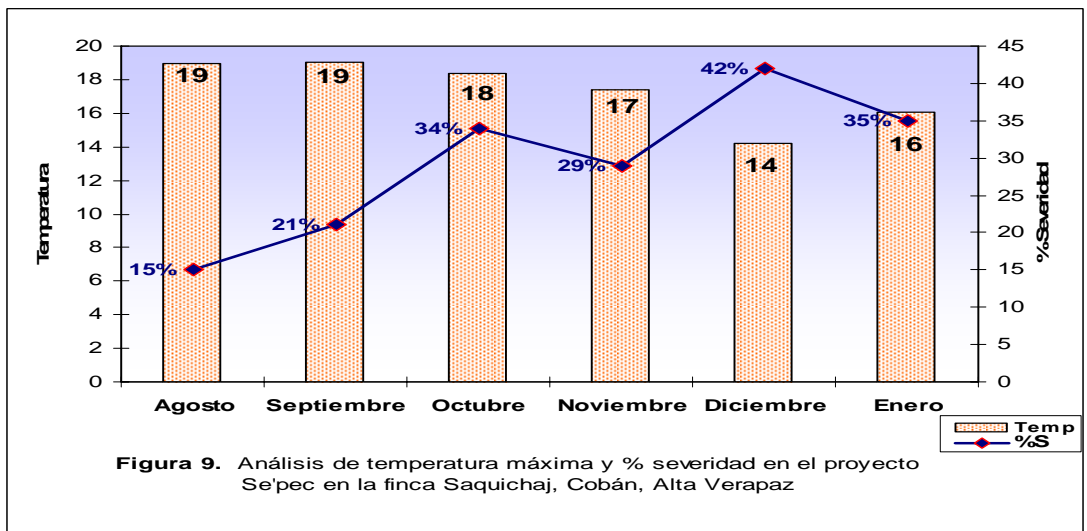
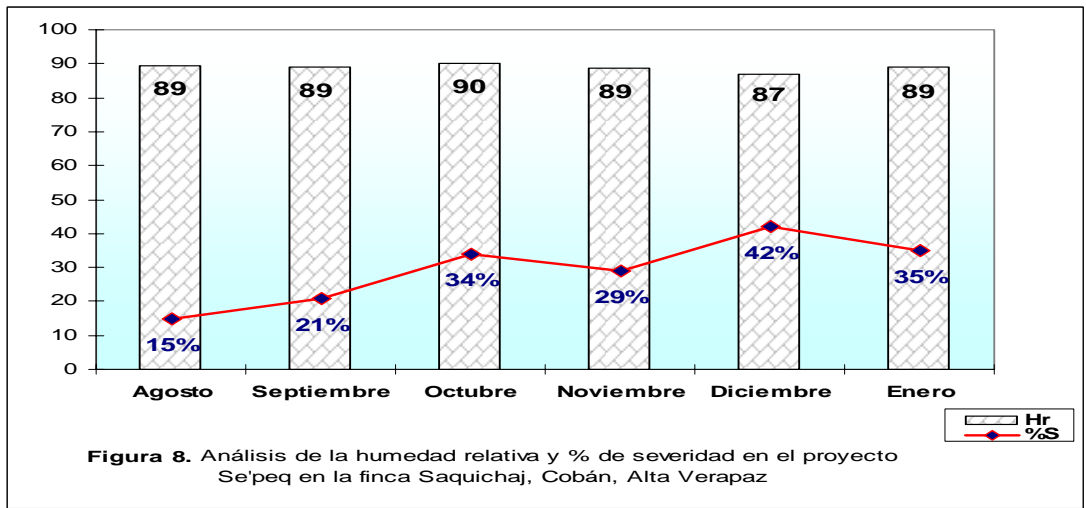
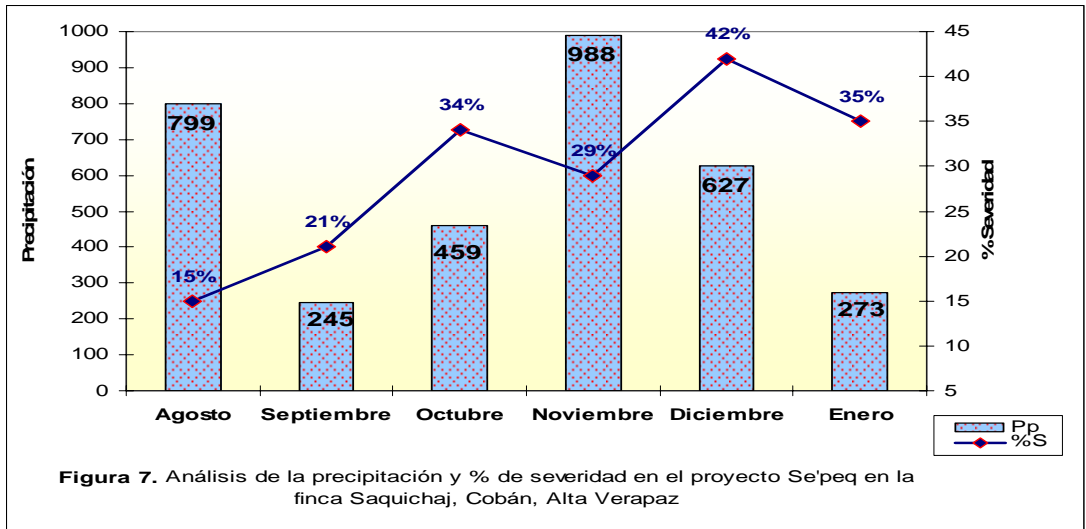
En los diferentes meses se reportó el atizonamiento del tejido de forma irregular con respecto a la precipitación (Figura 7). La precipitación alta en agosto reportó una severidad baja del 15%. En septiembre, la precipitación disminuyó con respecto al mes anterior y la severidad subió al 21%. En octubre, la severidad siguió en aumento al 34% y la precipitación aumentó poco con respecto a septiembre.

En noviembre aumentó considerablemente la precipitación y la severidad disminuyó con respecto al mes anterior. De diciembre a enero la precipitación disminuyó considerablemente y la severidad se mantuvo alta con respecto a noviembre.

La humedad relativa es el vapor de agua en el ambiente. Esta humedad se mantuvo sin variación en un rango del 87% al 89% durante los meses de la evaluación. Esto favoreció el desarrollo de los patógenos (Figura 8).

La fluctuación de la humedad es un factor determinante para la maduración y liberación de esporas. Se observó que la cantidad de la humedad relativa tuvo relación con la temperatura. Es decir, que cuando la temperatura baja, sube la humedad relativa.

Respecto a la relación temperatura vrs. % severidad, se observó que la temperatura tuvo influencia en el crecimiento del tizón. La temperatura fue mayor durante agosto, septiembre y octubre, lo que permitió que la enfermedad creciera y avanzara. Mientras que en noviembre, diciembre y enero la temperatura empezó a descender. Entonces, la enfermedad disminuyó su avance por no tener tejido que infectar (Figura 9).



Las poblaciones de patógenos están determinadas por la interacción de dos factores: el potencial biótico y la resistencia ambiental (1, 23).

El potencial biótico es la capacidad de los organismos para reproducirse en las condiciones óptimas. La resistencia es el conjunto de factores bióticos y abióticos que impiden a los organismos alcanzar su potencial biótico. La interacción entre los dos tiene como resultado el crecimiento poblacional, el cual puede aumentar o disminuir, si los factores pueden favorecer o desfavorecer.

Se observó que los patógenos causantes del atizonamiento no encontraron resistencia ambiental (por algunos de los factores climáticos o condiciones de suelo) para su desarrollo en los pinos de la plantación del proyecto Se'peq.

El clima ha favorecido el crecimiento de *Lophodermium* sp. y *Dothistroma* sp. La temperatura estaba en el rango óptimo para el desarrollo de patógenos. La lluvia permitió el crecimiento del patógeno por la abundante precipitación del lugar y la alta humedad relativa que se mantuvo en un rango del 87% al 89%.

En el análisis del suelo quedó establecido que la plantación tiene como característica un suelo arcillo arenoso con pH 5.64. Permite que sea un suelo apto para la plantación de pino. Se sugiere utilizar fertilizante con nitrógeno y fósforo. Aunque los suelos tienen alta cantidad de materia orgánica, puede que no estén mineralizados y no sean aprovechados por el árbol.

Las especies *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl y *Pinus maximinoi* H. E. se encuentran dentro de los rangos altitudinales de distribución natural. Aunque no se encuentran en la zona de vida de crecimiento óptimo, ni dentro de las especies nativas del proyecto (22). El pino se encuentra bajo condiciones adversas para su adaptación y crecimiento. Esto lo hace susceptible a patógenos como el tizón de las acículas de pino.

6.2.5. Prueba de Patogenicidad

Para comprobar la patogenicidad de la enfermedad se usó una variante de los postulados de Koch. Se utilizó tejido sin síntomas de alguna enfermedad. Se inoculó con esporas de los dos patógenos hallados *Lophodermium* sp. y *Dothistroma* sp. Se buscó estructuras reproductivas bien desarrolladas.

El tejido infectado se lavó con agua destilada para eliminar las impurezas. Se dejó en una cámara húmeda para el mejor desarrollo de las estructuras reproductivas. Se maceró las ascas y conidias. Luego se aplicó agua destilada para formar una solución.

Se utilizó plantas de vivero y acículas de árboles adultos de las especies de *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi*. Las acículas de las dos especies se frotaron con el macerado de ascas y conidias. Se colocó en una cámara húmeda para el desarrollo de los signos y síntomas.

Los dos materiales evaluados, tanto plantas del vivero como las acículas de árboles adultos de las especies de pino, no desarrollaron la enfermedad en el laboratorio. Esto se debió a que no había condiciones adecuadas de temperatura y humedad que permitieran el crecimiento y desarrollo de los patógenos.

7 CONCLUSIONES

1. En las dos especies de pino infectados con el atizonamiento se encontraron los géneros de hongos: *Lophodermium* sp. y *Dothistroma* sp.
2. *Lophodermium* sp. presenta clorosis en el tejido vegetal se distingue como puntos amarillos, que se tornan de color rojizo-marrón. El cuerpo fructífero es tipo apotecio elipsoide.
3. *Dothistroma* sp. se presenta como una banda clorótica de forma anillada de color amarillo, que empieza a necrosar de color rojizo-marrón. Invadido el tejido empiezan a aparecer los picnidios haciendo una erupción subepidermal.
4. La incidencia y la severidad de los tizones en las acículas en *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl y *Pinus maximinoi* H. E. Moore. es favorecida por las condiciones climatológicas del lugar. Los patógenos causantes del tizón de las acículas de pino son favorecidos por estas condiciones. La susceptibilidad de los pinos se debe a las condiciones adversas para su adaptación y crecimiento.

8 RECOMENDACIONES

1. Utilizar especies forestales que se adapten a las condiciones ambientales del lugar. Preferentemente especies sin problemas de susceptibilidad a enfermedades para su desarrollo, específicamente de la región de Alta Verapaz.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 1989. Fitopatología, enfermedades de plantas. Trad. Manuel Guzmán. México, Limusa. 756 p.
2. Boyce, JS. 1948. Forest pathology. 2 ed. NY, US, McGraw-Hill. 549 p.
3. Cabezas, H. 1994. Metodología de la investigación. Guatemala, Piedra Santa. 104 p.
4. Calderón, JH; Álvarez, GA; Soto, A; Hernández, AG. 2000. Estudio de enfermedades foliares provocadas por hongos en especies forestales de Guatemala. Guatemala, USAC, IIA / INAB. 52 p.
5. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1997. Nota técnica sobre manejo de semilla forestales, *Pinus maximinoi* HE Moore y *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl. Costa Rica. 2 p.
6. Cronquist, A. 1987. Introducción a la botánica. Trad. Marino AA. México, Harper & Row. 411 p.
7. Farjon, A & Styles, B. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica, NYBG. 291 p. (Monograph 75).
8. García-Ortega P; Belmonte, SJ. 2000. Pino (*Pinus*) (en línea). Barcelona, ES. Consultado 5 ago. 2004. Disponible en http://einstein.uab.es/_c_lap/aerobiologia/pdf/menarini/4_4_pinus.pdf
9. Giesler, LJ. 2000. *Sphaeropsis* tip blight of pines: the symptoms and identification, disease cycle and control of *Sphaeropsis* tip blight (en línea). Universidad de Nebraska, Extension Plant Pathologist G83-646-A. Consultado 18 jun. 2004. Disponible en <http://ianrpubs.unl.edu/plantdisease/g646.htm>
10. Grupo de Asociación Forestal, CL. 2004. Una visión de manejo de plagas en pino, eucalipto y álamo plagas más importantes en pino insigne (en línea). Chile. Consultado 15 jun. 2004. Disponible en http://gafdescargas.iespana.es/gafdescargas/apuntes_semiplagas.pdf.
11. Guide of tree diseases of Ontario: *Lophodermium* needle cast of pine (en línea). 2003. Ontario, CA. Consultado 15 jun. 2004. Disponible en http://www.glfc.cfs.nrcan.gc.ca/treedisease/lophodermium_needle_cast_e.html
12. Hernández D, AG; Rosales B, CE; Valle, M De J Del. 2001. Enfermedades principales del pino *Pinus* spp. en los proyectos de reforestación de REFINSA. Guatemala, REFINSA, Programa Manejo y Control de Plagas y Enfermedades. 20 p.

13. Instituto Nacional De Biodiversidad (en línea). 1997. Jerarquía Taxonómica. Costa Rica. Consultado 10 may 2004. Disponible en: <http://www.inbio.ac.cr/bims/k03/p12/c044/o0231/f01515.htm>
14. Integrated pest management, USA. 1997. *Sphaeropsis* Blight or *Diplodia* Tipblight of Pines (en línea). Illinois, USA. Consultado 15 Jun 2004. Disponible en: <http://www.ipm.uiuc.edu/landturf/diseases/sphaeropsis>
15. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1982. Mapa de regiones fisiográficas. Guatemala. Esc. 1:1,000,000.
16. Pokorny, JD. 1998. Fact sheet s-fs-01-98 (en línea). *Sphaeropsis* shoot blight. Consultado 18 jun 2004. Disponible en <http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/fs/sphaeropsis/shootblight.htm>
17. Postulados de Koch (en línea). s.f. US. Consultado 24 set. 2004. Disponible en <http://www.altillo.com/medicina/monografias/postulados.asp>
18. REFINSA (Reforestadora Industrial Sociedad Anónima, GT). 2000. Proyecto de reforestación Saj'quiché, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: solicitud de ingreso a los beneficios del Programa de Incentivos Forestales –PINFOR-. Guatemala. 39 p.
19. Rodríguez, ER. 1998. Los hongos fitopatógenos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 57 p.
20. Schwarzkiefe, NA. s.f. *Pinus nigra* "red band disease" (en línea). DE. Consultado 15 jun 2004. Disponible en <http://www.forst.uni-muenchen.de/EXT/LST/BOTAN/LEHRE/PATHO/PINUS/dothistr.htm>
21. Suárez U, JA. 2001. Diagnostico: situación actual de la finca Saquichaj, municipio de Cobán, departamento de Alta Verapaz. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 50 p.
22. Suárez U, JA. 2002. Informe final de servicios de Reforestadora Industrial Sociedad Anónima –REFINSA-, finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. EPSA Informe Servicios. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 80 p.
23. Sutton, B; Harmon, P. 1973. Fundamentos de ecología. Trad. por JG Velasco. México, Limusa. 290 p.
24. TBN, US; USDA, Forest, US; University of Georgia, US. 2002. The source forest health, natural resources and silviculture image (en línea). US. Consultado 29 jun 2004. Disponible en <http://www.forestryimages.org/silviculture.cfm> y <http://www.forestryimages.org/browse/catsubject.cfm?cat=16>
25. Tzirin B, J. 1995. Diagnostico: uso actual de la tierra de la finca Saquichaj, Cobán Alta Verapaz. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 90 p.

26. Tzirin B, J. 1998. Índices de sitio preliminares para *Cupressus lusitanica* Miller, *Pinus* Morelet var. *hondurensis* Barret & Golfari, *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus strobus* L. var *chiapensis* Martínez, establecidas en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 67 p.
27. University of Illinois and Urbana – Champaign, Department of Crop Science, US. 1999. Report on plant disease RDP no. 624: needle blights and needle casts of pines (en línea). US. Consultado 18 jun 2004 Disponible en http://web.aces.uiuc.edu/vista/pdf_pubs/624.PDF

10 APÉNDICE

APÉNDICE 1

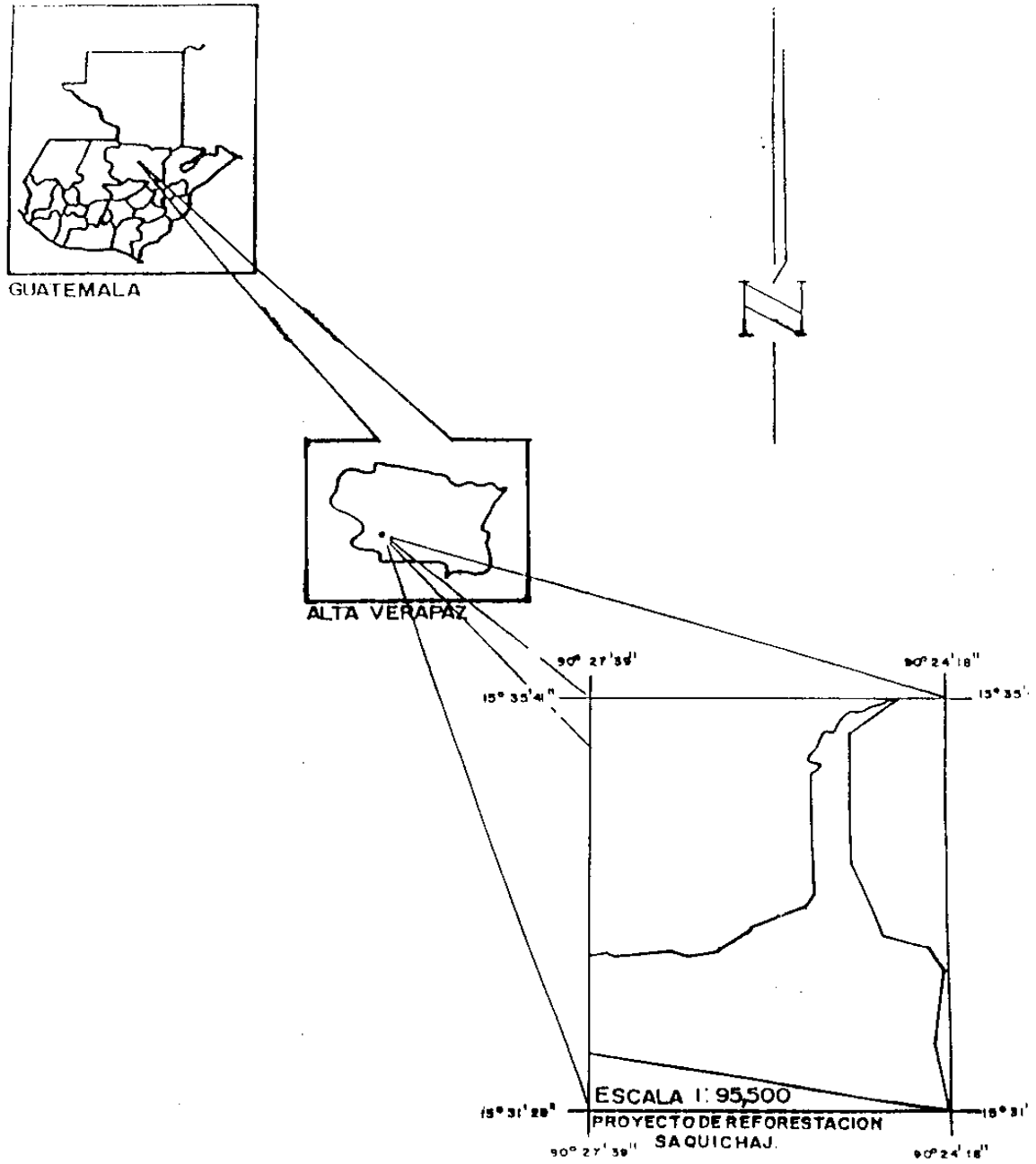
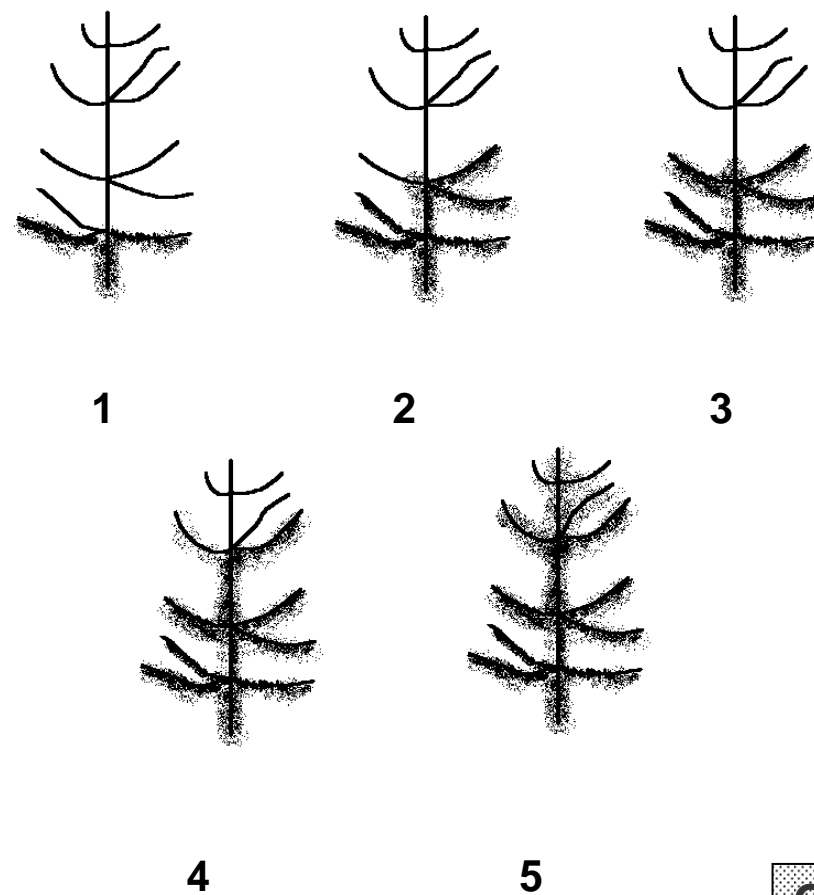
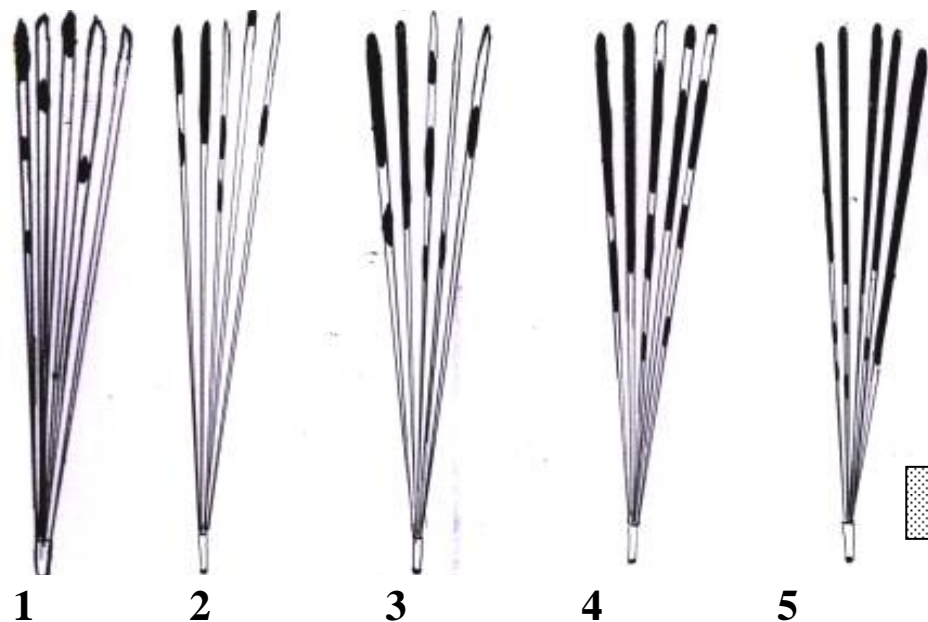


Figura 3A. Localización geográfica de la finca Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Fuente TZIRIN B. (17)



Escala Descriptiva

1. (0 – 5%) síntomas muy leves o iniciales en área visual o acículas.
2. (06 – 25%) síntomas leves en el área visual o acículas de pino.
3. (26 – 50%) síntomas moderados área visual o acículas de pino.
4. (51 – 75%) síntomas severos en el área visual o acículas de pino.
5. (76 – 100%) síntomas muy severos en el área visual o acículas de pino.

A

Figura 5A. Escala descriptiva (A) y diagrama de acículas (B) y mancha foliar en área (C) provocado por el tizón de las acículas de pino.