



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

ETIOLOGÍA DEL TIZÓN SUIZO
(*Phaeocryptopus gaeumannii*) EN
Pseudotsuga macrolepis Flous.,
COMO ÁRBOL DE NAVIDAD



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
D.EPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN
CIENCIAS FORESTALES

P R E S E N T A :

JUAN CRUZ JUÁREZ

BIBLIOTECA DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES

CHAPINGO, MÉXICO, DICIEMBRE DE 2007



ETIOLOGÍA DEL TIZÓN SUIZO (*Phaeocryptopus gaeumannii*) EN *Pseudotsuga macrolepis* Flous., COMO ÁRBOL DE NAVIDAD

Tesis realizada por Juan Cruz Juárez, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

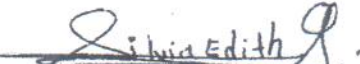
MAESTRO EN CIENCIAS, EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR

ASESOR:



M. en C. SILVIA EDITH GARCÍA DÍAZ

ASESOR:



DR. JOSÉ TULIO MÉNDEZ MONTIEL

Chapingo, Texcoco, Estado de México
Diciembre de 2007

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la División de Ciencias Forestales, por permitirme continuar con mis estudios de postgrado y proporcionarme las herramientas necesarias para poder desarrollar de la mejor manera esta investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo brindado durante la realización de los estudios de postgrado, sin el cual hubiera sido imposible lograr una meta mas como profesional.

Al Dr. David Cibrián Tovar, por el gran esfuerzo realizado para poder culminar con éxito el presente trabajo de investigación.

A la M. C. Silvia Edith García Díaz, por su valioso conocimiento, el apoyo e interés brindado durante la realización de este trabajo.

Al Dr. José Tulio Méndez Montiel por el tiempo dedicado a la revisión del presente trabajo y a sus atinados comentarios sobre el mismo.

A la empresa Agros Navidad y los ingenieros Luciano Zarate, Claudio Rivera, Oscar Salgado y Gabriela Vilchis, por las facilidades brindadas en la realización de esta investigación.

Al Sr. Wenceslao y la Sra. Ángeles del área de patología forestal por la amistad y el poyo siempre brindado.

BIBLIOTECA DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por darme siempre fuerzas para seguir adelante y no desistir en el camino de la verdad y la vida.

A mi esposa Marisol Jazmín, por sus palabras de aliento y por las noches de desvelo que paso conmigo para poder culminar con éxito este trabajo de tesis.

A mi pequeño(a) hijo(a) que viene en camino, por que es una bendición de Dios y una inspiración para seguir adelante como ser humano.

A mis padres Juan Cruz Mora y Carmen Juárez Valencia, por la preocupación y la atención que tienen siempre para mí como hijo.

A mis hermanos Elisa, Michael, Olivia, Régulo, Orlando, Leticia y Joel, por que se que en algún momento se preocupan por mí.

A mis suegros Austroberto Flores Sifuentes y Ma de Lourdes de la Cruz Caballero, por las palabras de superación que saben darnos a mi esposa y a mí.

A mis pastores Jesús Muños y Ma Elva Jaimes e hijos, por sus oraciones y por que siempre están al pendiente de nuestra vida.

Al Lic. Constanzo de la Vega y su esposa Lilia Flores Sifuentes, por la amistad y el apoyo que nos han brindado.

A todos mis hermanos en Cristo por que son mi gran familia y todos ocupan un lugar especial en mi corazón.

A mis amigos y compañeros de maestría, gracias.

Si clamares a la inteligencia, y a la prudencia dieres tu voz; si como a la plata la buscares, y la escudriñares como a tesoros, entonces entenderás el temor de Dios, y hallarás el conocimiento de Dios. Porque Dios da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia...

Entonces entenderás justicia, juicio y equidad, y todo buen camino. Cuando la sabiduría entrare en tu corazón, y la ciencia fuere grata a tu alma, la discreción te guardará; te preservará la inteligencia, para librarte del mal camino...

Prov. 2:3-12

Biblia R.V. 1960

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació el 22 de mayo de 1980 en la comunidad de Zitlala, Hueytlalpan, Puebla. Realizó los estudios de primaria y secundaria en la ciudad de Cholula, Puebla.

De 1995 a 1998 curso sus estudios medio superiores en la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. En la misma institución, realizó los estudios superiores en la División de Ciencias Forestales de 1998 a 2002, obteniendo el Título de Ingeniero Forestal.

De 2002 a 2004 laboró en el Área de Aprovechamiento Forestal, de la Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos de la SEMARNAT, desempeñándose como dictaminador de programas forestales.

De 2005 a 2006 curso los créditos correspondientes a la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, con el tutoraje del Dr. David Cibrián Tovar.

RESUMEN

ETIOLOGÍA DEL TIZÓN SUIZO (*Phaeocryptopus gaeumannii*) EN *Pseudotsuga macrolepis* Flous., COMO ÁRBOL DE NAVIDAD

Juan Cruz Juárez

Diciembre de 2007

Se realizó una investigación exhaustiva acerca del Tizón Suizo (*Phaeocryptopus gaeumannii*), incluyendo aspectos relativos al ciclo biológico, sintomatología, caracterización en laboratorio y control de la enfermedad en campo.

Los síntomas provocados por esta enfermedad se reconocieron por la presencia de cuerpos fructíferos llamados pseudotecios en el envés de las acículas de *Pseudotsuga macrolepis* Flous., lo que llega a producir defoliación en árboles de navidad. La liberación de ascosporas se presenta desde abril, encontrándose una máxima liberación a mediados de junio y finalizando hasta septiembre cuando comenzaron a notarse los primeros síntomas en las acículas, los cuerpos fructíferos del hongo se encontraron madurando de desde febrero del siguiente año. Las aplicaciones de fungicidas como Clorotalonil (Daconil) mostraron una disminución de la enfermedad.

Palabras clave: Tizón Suizo, ciclo de vida, caracterización en laboratorio, control.

ABSTRACT

ETIOLOGIA OF THE SWISS NEEDLE CAST (*Phaeocryptopus gaeumannii*) IN *Pseudotsuga macrolepis* Flous., AS CHRISTMAS TREE.

Juan Cruz Juárez

December 2007

An exhaustive research about the Swiss Needle Cast (*Phaeocryptopus gaeumannii*) was carried out, including topics such as the biological cycle, symptoms, characterization in laboratory and management of the disease.

The symptoms caused by this disease were recognized by the presence of fruiting bodies called pseudothecia in the back of the needle of *Pseudotsuga macrolepis* Flous., which ends up producing defoliation in Christmas trees. The ascospores release begins by April, with a maximum liberation by middle June and concluding within September, when the first symptoms in the needles begin to be noticed. The fruiting bodies were mature within February of the next year. The applications of fungicides as Clorotalonil (Daconil) reduce the severity of the disease.

Key words: Swiss Needle Cast, biological cycle, characterization in laboratory, management

CONTENIDO

APROBACIÓN DE LA TESIS DE GRADO	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
3. REVISIÓN DE LITERATURA	6
3.1. El Género <i>Pseudotsuga</i> Carr.	6
3.1.1. Clasificación taxonómica	9
3.1.2. Sinonimias	9
3.1.3. Nombres comunes.....	9
3.1.4. Descripción botánica de la especie	10
3.1.5. Distribución.....	11
3.1.6. Ecología.....	11
3.1.7. Importancia y usos.....	12
3.1.8. Cultivo y manejo	12
3.1.9. Plagas y enfermedades.....	12
3.2. <i>Phaeocryptopus gaeumannii</i> (Rohde) Petrak.....	14
3.2.1. Hospedante	14
3.2.2. Historia y taxonomía	14
3.2.3. Descripción de tizón suizo	17
3.2.4. Síntomas de la enfermedad.....	17
3.2.5. Daños causados	19
3.2.6. Ciclo biológico	19
3.2.7. Distribución de la enfermedad	20

3.2.8. Manejo de de la enfermedad	21
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
4.1. Localización del área de estudio	22
4.2. Descripción de la plantación	22
4.3. Reconocimiento del ciclo biológico del patógeno.....	25
4.3.1. Determinación del periodo de diseminación de ascosporas.....	25
4.3.2. Evaluación de la sintomatología en campo	29
4.3.3. Relación de los factores ambientales con la enfermedad.....	34
4.4. Caracterización de la enfermedad en laboratorio.....	35
4.4.1. Descripción del patógeno	35
4.4.2. Aislamiento del patógeno	35
4.5. Valoración del control de la infección de tizón suizo.	36
4.6. Diseño de muestreo y estimación de la población	39
4.7. Distribución espacial de los organismos	41
4.8. Comparación del número de ascosporas en las dos áreas.....	43
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
5.1. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo.....	45
5.2. Relación de los factores ambientales con la esporulación.....	48
5.3. Seguimiento de la sintomatología	52
5.3.1. Datos respecto al número de hojas	52
5.3.2. Datos respecto al número de hojas infectadas (presencia de pseudotecios)	53
5.3.3. Nivel de infección.....	56
5.3.4. Coloración de follaje	59
5.4 Caracterización de la enfermedad en laboratorio.....	59
5.5. Valoración del control.....	65
5.6. Comparación entre el área con tratamiento y el área sin tratamiento	73

5.7. Distribución espacial	80
6. CONCLUSIONES	83
6.1. Biología del tizón suizo.....	83
6.2. Ciclo biológico	85
6.3. Respuesta al tratamiento con fungicidas.....	86
7. RECOMENDACIONES.....	88
7.1. Manejo cultural en vivero y en campo	88
7.2. Control químico	89
8. LITERATURA CITADA	91
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Fechas que indican el cambio de trampas de ascosporas, en el Paraje “La Ladera” del Rancho Tres Encinos	28
Cuadro 2. Fechas que indican el registro de datos de la sintomatología, en el Paraje “La Ladera” del Rancho Tres Encinos	32
* Árboles con seguimiento de sintomatología en el área con tratamiento.	32
Cuadro 3 Número de ascosporas de tizón suizo capturadas por trampa y la media poblacional por fecha	45
Cuadro 4. Datos de precipitación y temperatura tomados en periodos de dos semanas (datos tomados en el rancho “Tres Encinos”).....	49
Cuadro 5. Datos del porcentaje relativo de pérdida de acículas, de junio a diciembre de 2006 en nuevos brotes, ramillas de uno y dos años de edad	54
Cuadro 6. Datos de la medición de pseudotecios ascas y ascosporas de tizón suizo.....	61
Cuadro 7. Número de ascosporas de tizón suizo capturadas por trampa y la media poblacional por fecha, en el área con tratamiento de Daconil.....	66
Cuadro 8. Datos del porcentaje relativo de pérdida de acículas en nuevos brotes, ramillas de uno y dos años de edad, en el área con tratamiento	68
Cuadro 9. Número de esporas promedio capturadas en las trampas de las dos áreas	73
Cuadro 10. Comparación, respecto al número de ascosporas en las dos áreas (sin tratamiento Vs con tratamiento)	76
Cuadro 11. Datos procesados para la obtención del estadístico de prueba J, para la prueba de Ji-cuadrado	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio	23
Figura 2. Diferentes vistas de la plantación en el "Rancho tres Encinos"	24
Figura 3. Metodología empleada para la preparación y colocación del trampeo de ascosporas.	25
Figura 4. Disposición de las trampas de ascosporas en los árboles.	26
Figura 5. Disposición de los árboles con trampeo de ascosporas	27
Figura 6. Disposición de los árboles seleccionados para el seguimiento de la sintomatología.....	30
Figura 7. Vista de la selección de ramas en la parte media del árbol.....	31
Figura 8. Muestra de una rama con ramillas de diferentes edades	31
Figura 9. Tarjeta utilizada en campo para verificar el nivel de infección de las acículas.	34
Figura 10. Metodología empleada para la inducción de la esporulación de tizón suizo.....	36
Figura 11. Disposición de los árboles con trampeo de ascosporas (puntos verdes) y seguimiento de sintomatología.....	38
Figura 12. Vista del muestreo de ascosporas sobre una trampa.....	41
Figura 13. Ilustración de los tipos de distribución espacial que pueden tomar los organismos.....	42
Figura 14. Esporas observadas entre la vaselina de las trampas fungales.	46
Figura 15. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo	47
Figura 16. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo	48
Figura 17. Correlación existente entre la precipitación promedio de cada dos semanas, con la esporulación del tizón suizo.	50
Figura 18. Correlación existente entre la temperatura media promedio de cada dos semanas, con la esporulación del tizón suizo.	51
Figura 19. Porcentaje de pérdida de acículas de junio a diciembre de 2006 en ramillas de segundo año.....	54

Figura 20. Periodos en el que inicio la infección en las hojas de los nuevos brotes.....	55
Figura 21. Porcentaje de infección de acículas de nuevos brotes de junio a diciembre de 2006 (en 5 centímetros).	55
Figura 22. Niveles de infección en nuevos brotes, presentados a través del tiempo desde junio a diciembre de 2006.	56
Figura 23. Hojas de nuevos brotes, con presencia de pseudotecios en diciembre de 2006.	57
Figura 24. Niveles de infección que fueron presentando las ramillas de un año de edad, a partir de junio hasta diciembre de 2006.	58
Figura 25. Niveles de infección que fueron presentando las ramillas de dos años de edad a partir de junio hasta diciembre de 2006.	58
Figura 26. Coloración de las acículas, desde verde, amarillo, violáceo y marrón.	59
Figura 27. Pseudotecios, ascas y ascosporas de tizón suizo, vistas en las preparaciones.	60
Figura 28. Desarrollo de la colonia de <i>Phaeocryptopus gaeumannii</i> , a partir de la esporulación inducida en agua agar.	64
Figura 29. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo observada en el Rancho Tres Encinos, Valle de Bravo (Total de trampas muestreadas en el área con tratamiento).	66
Figura 30. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo observada en el Rancho Tres Encinos, Valle de Bravo (Promedio de las trampas muestreadas en el área con tratamiento).	67
Figura 31. Porcentaje de pérdida de acículas de junio a diciembre de 2006 en ramillas de segundo año en el área con tratamiento.	69
Figura 32. Periodos en el que inicio la infección en las hojas de los nuevos brotes en el área con tratamiento.	69
Figura 33. Porcentaje de infección en acículas de nuevos brotes de junio a diciembre de 2006 (en 5 centímetros), en el área con tratamiento.	70

Figura 34. Niveles de infección que se presentaron en los nuevos brotes, a partir de junio a diciembre de 2006, en el área con tratamiento.	71
Figura 35. Niveles de infección que se presentaron en las ramillas de un año de edad, a partir de junio hasta diciembre de 2006, en el área con tratamiento.	72
Figura 36. Niveles de infección que se presentaron en las ramillas de dos años de edad, a partir de junio hasta diciembre de 2006, en el área con tratamiento.	72
Figura 37 Diferencia del comportamiento de la esporulación observada en las dos áreas (Promedio de las trampas muestreadas en cada una de las dos áreas).	74
Figura 38. Porcentaje promedio de hojas infectadas de junio a diciembre de 2006 en nuevos brotes en las dos áreas.	77
Figura 39. Nivel de infección en nuevos brotes de junio a diciembre de 2006 en las dos áreas.	78
Figura 40. Nivel de infección en ramillas de un año de edad de junio a diciembre de 2006 en las dos áreas.	79
Figura 41. Nivel de infección en ramillas de dos años de edad de junio a diciembre de 2006 en las dos áreas.	80
Figura 42. Biología de <i>Phaeocryptopus gaeumannii</i>	84
Figura 43. Ilustración general del ciclo biológico de <i>Phaeocryptopus gaeumannii</i>	86

1. INTRODUCCIÓN

Desde finales de la década de los noventa la producción de árboles de navidad en nuestro país comenzó a tomar un gran auge, por un lado por que se presentan como una alternativa para el desarrollo ecológico, social y sustentable de diferentes áreas rurales, y por otro lado ofrecen una forma atractiva para realizar negocios redituables.

Según SEMARNAT-CONAFOR (2006), actualmente existen en México alrededor de 750 productores de árboles de navidad, de los cuales unos 500 los cultivan en viveros especializados y el resto en plantaciones forestales comerciales; casi todos los que cultivan árboles de navidad en plantaciones forestales cuentan con apoyos del Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN), operado por la Comisión Nacional Forestal.

La superficie dedicada, hasta este momento, al cultivo de árboles de navidad (entre viveros especializados y plantaciones forestales comerciales) supera las mil 200 hectáreas, de las cuales esta en producción únicamente el 25 %, el resto se encuentra aún en desarrollo y entrarían en producción del año 2008 en adelante. La producción anual promedio es de un poco más de 700 mil unidades, por lo que aún se debe importar hasta mas de un millón de árboles de navidad por año, dependiendo de la demanda, esto implica una fuga de divisas.

Adicionalmente, se espera que la superficie plantada con árboles de navidad, crezca hasta alcanzar unas 5 mil hectáreas plantadas hacia el año 2010 con lo que se podría abastecer el mercado nacional y exportar los excedentes hacia el mercado centroamericano e incluso al Sur de Estados Unidos. Asimismo, como consecuencia de una cada vez mayor producción anual se espera que los precios por unidad se reduzcan para que el consumo de árboles de navidad naturales se masifique sin afectar las ganancias de los plantadores ya que la relación ingreso – costo actualmente es superior al 300 %.

Este tipo de plantaciones permiten la recuperación de terrenos que carecen de cobertura forestal, sobre todo áreas que se dedican a actividades como la agricultura y ganadería. Otro beneficio que pueden ofrecer las plantaciones de árboles navideños desde el punto de vista ecológico es la captura de carbono, lo que contribuye a la mitigación del cambio climático global.

La producción de árboles de navidad también permite la generación de empleos en áreas rurales y al mismo tiempo una derrama económica, derivada de otros servicios a los adquirientes. Además son una estrategia efectiva para detener el avance de la mancha urbana, estas han estado dando buenos resultados en el Distrito Federal, Estado de México, particularmente en la zona del Ajusco, en Amecameca y en Valle de Bravo (SEMARNAT-CONAFOR, 2006).

Económicamente las plantaciones forestales para la producción de árboles de navidad representan una alternativa de ingreso para los dueños y poseedores de terrenos con vocación forestal. Los árboles de navidad cultivados en México son productos de alto valor agregado y de rápida colocación en el mercado, siempre y cuando sus características de calidad correspondan a las que éste exige.

La producción que cubre una superficie aproximada de mil 200 hectáreas se distribuye en 12 estados, destacando con mucho los estados de: México con 700 ha, Nuevo León con 110 ha, el Distrito Federal con 100 ha, Veracruz con 120 ha, Puebla con 80 has y Guanajuato con 50 has el resto se distribuyen en Michoacán, Morelos, Hidalgo, Oaxaca y otras entidades.

Las especies que más comúnmente se cultivan en plantaciones especializadas son: Pino ayacahuite (*Pinus ayacahuite* var. *veitchii*), Abeto douglas (*Pseudotsuga macrolepis*), Pino piñonero (*Pinus cembroides*), Oyamel (*Abies religiosa*) y Pino alepo (*Pinus alepensis*) (SEMARNAT-CONAFOR, 2006).

Pseudotsuga macrolepis es una especie que comienza a tomar gran importancia en las plantaciones de árboles de navidad en México, ya que para 2004 se tenían plantados más de 1.5 millones de árboles en los estado de Jalisco, México y Puebla, y las plantaciones han ido en aumento (Com. pers. Dr. David Cibrián Tovar, 2004).

Además a *Pseudotsuga macrolepis*, se le considera una conífera endémica de México y que tiene un alto valor comercial. Sin embargo, se sabe que sus poblaciones naturales se encuentran amenazadas debido a su escasa distribución en México y a su baja regeneración natural (Com. pers. Dr. David Cibrián Tovar, 2004).

Por lo anterior es importante reconocer algunos factores bióticos que afectan el desarrollo de la especie, en este caso algunos hongos que atacan el follaje como es el caso del tizón suizo del follaje (*Phaeocryptopus gaeumannii*), que es de gran importancia y que hasta la fecha no se ha estudiado a fondo en las plantaciones mexicanas de árboles de navidad.

Se piensa que la enfermedad ha sido introducida de los Estados Unidos de América, debido a la gran demanda de árboles de navidad que se tienen de este país. En Estados Unidos se tiene un gran avance en investigación respecto a esta enfermedad, sin embargo, no se han logrado erradicar completamente el problema.

En Chile se ha detectado recientemente esta enfermedad; según Osorio (2007), a fines de octubre de 2006 se reportó al Laboratorio de Patología Forestal de la Universidad Austral de Chile una anomalía observada por primera vez y caracterizada por un amarillamiento y defoliación de árboles en plantaciones juveniles de esta especie, finalmente se llegó a la conclusión de que se trataba de *Phaeocryptopus gaeumannii*.

El presente trabajo aborda la problemática de *Phaeocryptopus gaeumannii* desde un punto de vista específico en la zona centro de México, por lo cual se trata de caracterizar los síntomas, el ciclo biológico y la dispersión de esporas de acuerdo

con las características ambientales que existen en la parte central de México (Valle de Bravo). Además se pretende que este trabajo sea una herramienta para los productores de árboles de navidad.

2. OBJETIVOS

1. Reconocer el ciclo biológico del patógeno en la zona centro de México.
 - a) Identificar los periodos de liberación de ascosporas de tizón suizo del follaje.
 - b) Registrar, a través del tiempo, la sintomatología de tizón suizo del follaje.
2. Caracterizar la enfermedad en campo y en laboratorio.
3. Valorar el control de la infección de tizón suizo en la plantación de árboles de navidad en el rancho "Tres Encinos", Valle de Bravo, Estado de México.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El Género *Pseudotsuga* Carr.

Según Farjon (1990), *Pseudotsuga* forma bosques puros y continuos de gran extensión en la región costera y en las cordilleras del interior de Canadá y Estados Unidos, en cambio en el Suroeste de este último país y en México su área se vuelve discontinua y fragmentada, formando poblaciones aisladas, la mayoría de las veces en convivencia con otras especies arbóreas.

Son árboles perennifolios hasta de 100 m de altura y hasta de 4.4 m de diámetro normal (en el Noroeste de Norteamérica), con copa cónica, con frecuencia muy estrecha; ramas subverticiladas o irregularmente dispuestas, descendentes u horizontales, curvadas hacia arriba, con las últimas ramillas colgantes; corteza limpia al principio, luego con fisuras, café rojiza. Hojas lineares, aplanadas, con margen entero, de 15 a 30 mm de longitud, solitarias, subdísticas a polísticas, con ápices redondeado, truncado o agudo, longitudinalmente hendidas sobre la cara superior y algo aquilladas en la inferior. Conillos masculinos en grupos axilares, cada conillo de alrededor de 10 mm de longitud, formados por bolsitas de polen. Conos femeninos solitarios y colgantes, terminales o axilares, elipsoides, ovoides o largamente ovoides, de 3.5 a 6 (-10) cm. de longitud y hasta de 4 cm. de ancho (en México), de color verde claro cuando jóvenes, y café rojizo o amarillento al madurar, con escamas dispuestas en espiral sobre un eje central; las escamas son delgadas, ensanchadas a los lados y con brácteas persistentes superando el ápice de la escama, las brácteas con tres lóbulos agudos, el central más estrecho y largo que los laterales. Semillas triangular ovoides, con ala algo traslúcida (García, 2003).

Las especies de *Pseudotsuga* se localizan en dos grandes regiones del hemisferio Norte, en el Oeste de Norteamérica y en el Sureste de Asia. El área natural actual de *Pseudotsuga* en el continente americano alcanza 55° de latitud Norte en Columbia Británica en Canadá, llegando a los 19° N en el centro-Sur de México, pero se ha

descubierto recientemente poblaciones en la Sierra de Juárez, Oaxaca a 17°10' N, que representa el extremo Sur en la distribución conocida del género (Farjon, 1990).

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 considera al género *Pseudotsuga* como un grupo taxonómico sujeto a protección especial.

Flows (1936) citado por Domínguez (1986), estableció 18 especies de *Pseudotsuga* de las cuales 6 corresponden a Asia y 12 especies más una variedad son reportadas para el Oeste de Norteamérica.

Martínez (1963) acepta la existencia de cuatro especies de *Pseudotsuga* en el territorio de la República Mexicana: *P. flahaulti* Flous, *P. guinieri* Flous, *P. macrolepis* Flous, y *P. rehderi* Flous.

Sin embargo, con base en la escasa divergencia morfológica y en la falta de separación geográfica de las áreas de distribución de las especies propuestas, algunos taxónomos consideran que todo el complejo mexicano forma parte de *P. menziesii* var. *glauca* (taxón cuya área principal de distribución se extiende a las Montañas Rocallosas de Estados Unidos y Canadá). Además, las posibles variantes morfológicas en las plantas mexicanas se atribuyen a la variación clinal y ecotípica a nivel de las poblaciones. A pesar de esta controversia, hasta la fecha no existe información detallada sobre la magnitud y estructura de la variabilidad en características morfológicas de *Pseudotsuga* en México. (Little, 1979; Hermann, 1982; Farjon, 1990).

Reyes Hernández *et al.* (2005), realizaron un estudio sobre la variación morfológica y anatómica en poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* encontrando que existe una elevada diferenciación morfológica entre las poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga*, asociada fundamentalmente con las discontinuidades geográficas de su área de distribución natural, y que parece estar ocasionada por el aislamiento y separación de las localidades, incluso dentro de cada región. La divergencia en algunas

características como la longitud de la hoja y el número de hileras estomatales podría considerarse como una respuesta adaptativa a las condiciones ambientales del sitio, en virtud de su correlación significativa con la latitud del lugar de origen. Esta divergencia fenotípica fue la que en un momento propició que Flous (1934) y Martínez (1963) determinaran y aceptaran la existencia de varias especies de *Pseudotsuga* en el continente americano, especialmente en México.

Sin embargo, las poblaciones de *Pseudotsuga* incluidas no pueden ser consideradas como entidades diferentes de este nivel, debido a que no reúnen características morfológicas lo suficientemente contrastantes para ser distinguibles. Los rasgos evaluados y que fueron considerados importantes por Flous (1934) y Martínez (1963) para separar a las especies, registran traslape en los valores promedios de las poblaciones tanto a nivel de los taxa putativos como de las regiones geográficas consideradas, por lo que no existe una separación precisa entre tales especies. A pesar de que en algunos atributos anatómicos es más notoria la separación entre poblaciones, la variación que éstos presentan es atribuible en mayor grado al lugar de colecta de las muestras que al taxón putativo.

Lo anterior permite concluir que no existen bases morfológicas y anatómicas suficientes para establecer una separación clara y precisa de los taxa propuestos por Flous (1934) y Martínez (1963). En función de la distribución geográfica discontinua del género dentro y entre las regiones analizadas en este trabajo, las poblaciones locales pueden postularse como ecotipos diferentes con patrón de variación clinal dentro de cada región; sin embargo, para corroborar este punto es necesario establecer pruebas o ensayos genéticos con germoplasma de estas procedencias en un ambiente común uniforme (Reyes Hernández *et al.*, 2005).

Para evitar confusiones en el presente trabajo se seguirá citando aun la taxonomía para *Pseudotsuga macrolepis* Flous, hasta que no quede suficientemente aclarado este punto.

3.1.1. Clasificación taxonómica

Clasificación taxonómica de *Pseudotsuga macrolepis* Flous (Dallimore, 1967).

Reino:	Plantae
División:	Pinophyta
Subdivisión:	Pinophytina
Clase:	Pinopsida
Orden:	Pinales
Familia:	Pinaceae
Subfamilia:	Abietoideae
Género:	<i>Pseudotsuga</i>
Especie:	<i>macrolepis</i>

3.1.2. Sinonimias

Sinonimias (Martínez, 1963).

Pseudotsuga menziesii var. *glauca* (Mirb) Franco.

Pseudotsuga douglasii *brevibracteata* Hort. Bailey.

Pseudotsuga taxifolia subs. *mucronata* var. *brevibracteata* Schewerin.

Pseudotsuga taxifolia var. *brevibracteata* Ash et Graeb.

Tsuga lindleyana Roezl ap. Gordon.

Pseudotsuga douglasii var. *taxifolia* Carr.

Tsuga douglasii var. *taxifolia* Carr.

3.1.3. Nombres comunes

Martínez (1979), menciona que en México se le conoce comúnmente con los nombres de "pinabete" (Chih.), "guayamé" (N. L.), "hayarín colorado" (Coah.), "hayarín" (N. L.), acahite (Dgo.), "cahuite" (Dgo.), y "abeto" (Hgo.), Yañez (1991) reporta dos nombres más utilizados en Hidalgo, ellos son: "romerillo" y "oyamel colorado".

3.1.4. Descripción botánica de la especie

Según Martínez (1963):

Árbol. Es de 12 a 35 metros de altura, con 30 a 50 centímetros de diámetro, de ramas subverticiladas o irregularmente dispuestas formando una copa mas o menos cónica y regular.

Corteza. Es de color grisáceo por fuera y rojizo anaranjado por dentro, de 15 a 25 mm de espesor, áspera y hendida, dividida en pequeñas placas irregulares.

Ramillas secundarias. Son largas, delgadas y frágiles, de color moreno oscuro y desprovistas de hojas en su parte inferior, con las cicatrices más o menos salientes. Las últimas ramillas son alternas y en varios casos opuestas, de color rojizo cerca de la extremidad.

Hojas. Son delgadas, las inferiores subdísticas y las de la parte superior están orientadas en todas direcciones; son rectas o levemente falcadas, lineares, en lo general de 15 a 25 mm de largo por 1.25 a 1.40 mm de ancho, de color verde claro, a veces algo amarillento, glauco en la cara inferior; la base algo torcida; tienen una hendidura longitudinal en la cara superior, llegando hasta la extremidad, y una cresta poco saliente en la cara inferior.

Yemas. Largamente ovoides y acuminadas, protegidas por brácteas de color castaño oscuro hacia la base y claro hacia el ápice, miden de 8 a 12 mm de largo.

Cono. El cono es oval o largamente ovoide de 5.5 a 7.0 cm. pocas veces hasta 8.0, por 3.5 a 4.0 de diámetro, con 25 a 30 escamas fértiles. Su color es oscuro moreno rojizo, y descansa sobre un péndulo delgado, de 8 a 10 mm de largo. Las escamas son subrómbicas, a veces suborbiculares, no auriculadas, cóncavas, grandes y gruesas, estriadas en la cara externa; miden unos 25 mm de alto por 20 a 24 mm de ancho. Brácteas de 27 a 30 mm de largo por 5 mm de ancho, con la punta central

sobresaliendo unos 5 mm, y las laterales no salientes o apenas salientes, por lo general son derechas, pero en los individuos viejos se observan reflejadas hacia la base del cono.

Semilla. Vagamente ovoide o subtriangular, de 5 a 7 mm de largo por 3.6 mm de ancho, aplanada en una cara y convexa en la otra, donde queda envuelta por la base del ala. Su color es moreno opaco en la cara plana y castaño en la convexa; el ala es de 15 a 16 mm de largo incluyendo la semilla y su color castaño claro.

3.1.5. Distribución

La distribución de *Pseudotsuga macrolepis* en México está limitada a los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas; Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; en la región Norte del país y en la región oriental del Eje Neovolcánico en los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Domínguez, 1986).

3.1.6. Ecología

P. macrolepis crece por lo regular en laderas de cañadas o lugares protegidos con exposiciones Norte-noreste, en pendientes pronunciadas, en un clima templado-frío húmedo a subhúmedo sobre altitudes de 2000 y 3200 msnm, en general ocupan áreas muy reducidas en medio de pinares y muchas veces se presentan como masas mixtas asociados principalmente con *Pinus* y *A. bies* (Rzedowski, 1994; Domínguez, 1986). Es frecuente encontrarlo en altitudes altas con pendientes húmedas, pero rara vez se encuentra como estrato dominante.

Para el área de distribución de *P. macrolepis* se reportan suelos de arenisca o de granito, aunque también suelen establecerse sobre suelos calizos o de origen granítico. Con pH ácido a ligeramente ácido (Domínguez, 1986).

3.1.7. Importancia y usos

León (1990) menciona que la especie es utilizada en México en plantaciones de árboles de navidad. Es preferida para este uso por presentar retención de follaje por un periodo relativamente largo, después de ser cortado; por tener forma piramidal-cónica, regular y simétrica; ramas dispuestas en ángulo, bien distribuidas y sin huecos a lo largo del tronco principal; follaje abundante; color uniforme y olor agradable, estas características proporcionan mayor estética y con ello mayor calidad del producto.

La madera es usada para construcciones y estructuras de madera pesadas. Otros usos incluyen elaboración de tablas, postes, pulpa para papel y construcciones rurales Niembro (1986).

En México, esta especie esta catalogada como sujeta a protección especial (NOM-059-ECOL-2001- Diario Oficial de la Federación 2002), por lo cual es importante su conservación.

3.1.8. Cultivo y manejo

El árbol crece bien en lugares soleados, en suelos arcillosos, arenosos, ácidos, con buen drenaje. Tolerancia las podas pero no tolera sequía por periodos largos. Protegerlo de exposiciones directas al viento le proporciona una mejor apariencia. Ocasionales riegos en verano, ayudan a mantener vigoroso el árbol (Edward, *et. al.*, 1994 citado por Díaz, 2005).

3.1.9. Plagas y enfermedades

✓ Las plagas que ocasionan daños a *Pseudotsuga macrolepis*, reportadas en México son *Adelges cooleyi*, que causa amarillamiento, enroscamiento y muerte prematura de las hojas, esta plaga se presenta tanto en plantas de vivero como en bosque natural; *Chionaspis pinifoliae* y *Oligonychus ununguis* son chupadores de savia, provocan reducción del vigor de las plantas y pueden llegar a causar la muerte en

árboles pequeños. *Lophocampa alternata*, es un defoliador. Otros insectos como *Pityophthorus orarius* y algunos Tortricidos atacan brotes y yemas; *Scolytus hermosus* se presenta como descortezador de puntas (Cibrián et. al., 1995).

✓ Entre los insectos que atacan conos y semillas reportados por Cibrián et al. (1995) y Méndez y Campos (1991) se encuentran *Megastigmus spermatrophus*, al complejo trips (*Chirothrips falsus*, *Frankliniella adadusta*, *F. chamulae* y *F. fallaciosa*), *Choristoneura* sp., *Barbara* sp., *Dioryctria pinicolella* y *Contarinia* spp. estos últimos tres llegando a causar grandes infestaciones.

✓ Yañez (1991) reporta que las semillas de *P. macrolepis* son atacadas por los siguientes hongos: *Alternaria* sp., *Trichoderma* sp., *Fusarium* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus* sp. y *Erysiphe* sp. García (1990) encontró que *Fusarium lateritium* y *F. moniliforme* var. *subglutinans* causan la muerte de brotes.

✓ Martínez (2000) reporta a *Fusarium oxysporum* como causante del estrangulamiento del tallo y pudrición de raíz en árboles pequeños de 6 a 24 meses de edad. Cibrián 1999, citado por Martínez 2000 también reporta a *Alternaria alternata* y *Helminthosporium* sp. causando muerte en las puntas y follaje recién formado.

✓ *Armillaria mellea* y *Heterobasidium annosum* son los patógenos de mayor importancia en la raíz, principalmente en bosque natural, sin embargo, en plantaciones pueden llegar a causar graves daños debido a que atacan a árboles de todas las edades (SEMARNAP, 1996 citado por Martínez, 2000).

Otros patógenos como *Phellinus pini* y *Phomitopsis cajanderi* causan pudriciones en el duramen de fustes y *Phaeolus schweinitzii* como causante de pudrición de raíz (Méndez y Campos, 1991).

Díaz López (2005) reporta que el patógeno *Phytophthora cinnamomi* es el agente causal de la pudrición de raíz y muerte en plantas de *P. macrolepis*. Los síntomas de

la enfermedad se presentan como marchites, amarillamiento y muerte de brotes y acículas; en la base del tallo el cambium presenta una coloración café y en la raíz hay necrosis y pudrición de esta finalmente la planta muere.

3.2. *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rohde) Petrak

3.2.1. Hospedante

El principal hospedante del tizón suizo en Estados Unidos es *Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco. El hongo se puede encontrar en árboles jóvenes que se encuentran en rodales con densidades altas o en plantaciones de árboles de navidad, aunque también ataca a árboles adultos; en la Costa de Oregon se considera una epidemia enorme debido a que ha atacado a árboles adultos de bosques naturales y muchas plantaciones.

3.2.2. Historia y taxonomía

Aunque se piensa que el tizón suizo es nativo del Noroeste de los Estados Unidos de América, este fue registrado primeramente en suiza en el año de 1925 (por eso el nombre), probablemente importado por el establecimiento de plantaciones de árboles de navidad.

Esta enfermedad se describió por primera vez por Gäumann (1930) como causante de una severa defoliación en *Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco en algunas plantaciones. Se disipó rápidamente en Alemania, Austria y las Islas británicas.

Fue reportada en Estados Unidos (Washington y Oregon) en 1938, pero estaba presente por lo menos desde 1929. En 1940 estaba extendido hasta Nueva Inglaterra. Se ha encontrado de manera subsecuente en el centro de los Estados Unidos y en Nueva Zelanda. En 1940 se consideró que la enfermedad ya se encontraba en el Noroeste del Pacífico, lugar donde es nativa *Pseudotsuga*, y en áreas donde se había plantado la especie se presentaba aún con mayor daño (Worrall, 2007).

No obstante, desde 1990 se ha notado que la severidad y el daño que ocasiona la enfermedad ha aumentado, ya que ataca el follaje más joven y a árboles de todos los tamaños. En plantaciones que se encuentran en la costa de los Estados Unidos ha causado una pérdida de crecimiento en volumen hasta de un 50 %. La retención de follaje de árboles sanos en esta zona es de 4 años, pero con la enfermedad se reduce a 1.1 (1 año y 0.1 del año anterior) (Worrall, 2007).

Originalmente, esta enfermedad fue conocida en alemán como “Schweiser Douglasienschütte” (“defoliación suiza del pino oregon”), por ser justamente en ese país donde fue reportada por primera vez; también se le conoció como “Russige Douglasienschütte” (“defoliación carbonosa del pino oregon”) debido al aspecto negruzco o de hollín que se observa en el envés de las acículas afectadas por ella (Arx, 1962; Butin y Zycha, 1973; citados por Osorio, 2007).

Esta enfermedad se ha distribuido por muchos países, sobre todo en aquellos donde la especie *Pseudotsuga* ha sido introducida como exótica o para realizar plantaciones de árboles de navidad.

El agente causal del tizón suizo fue nombrado primeramente como *Adelopus gaeumannii* Rohde (Rohde, 1936, 1937). Petrak (1938) propuso la nueva combinación *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rohde) Petrak. Él incluyó *Adelopus balsamicola* (Peck) Theiss. f. *douglasii* (Steiner 1937) como un sinónimo y no aceptó la creencia de Steiner, de que el hongo encontrado en *Pseudotsuga* fuera meramente una forma de las especies en *Abies* (Autores citados por Winton *et. al.*, 2007).

Las clasificaciones actuales sitúan a *Phaeocryptopus gaeumannii* en la familia *Venturiaceae* del orden *Pleosporales* (Kirk *et. al.*, 2001. Dictionary of the fungus 9th ed.). Sin embargo, en estudios recientes *Phaeocryptopus gaeumannii* se ha identificado por una secuencia de ADN y está estrechamente relacionado con

Mycosphaerella y no relacionada con otras especies de *Phaeocryptopus*. (Sinclair, 2005).

La vieja literatura sugiere que las especies de *Rhizosphaera* son anamorfos *Phaeocryptopus*, debido a las similitudes morfológicas de los cuerpos fructíferos y la frecuente coexistencia (Petrak 1925, 1938). Sin embargo, los estudios de desarrollo nunca han confirmado esta opinión.

La conexión putativa era una cuestión de disputa entre Rohde (1937) y Petrak (1925, 1938). En particular Rohde (1937) notó que el micelio que desarrolla el aislamiento de una ascospora de *P. gaeumannii* nunca formó conidios *In Vitro*, por lo cual no podría ser homólogo a alguna de las especies de *Rhizosphaera* encontradas frecuentemente en asociación con *P. gaeumannii*, que siempre produjeron conidios en el medio de cultivo. Sin embargo, Petrak (1938) desechó las observaciones de Rohde y nuevamente afirmó un vínculo entre *Rhizosphaera* y *Phaeocryptopus* basado en las similitudes morfológicas. Kobayashi (1967) era incapaz de verificar la relación entre el *Rhizosphaera pini* y *Phaeocryptopus nudus*, pero reportó que el cultivo de *P. nudus* era similar a una especie no descrita de *Rhizosphaera* y también notó que el cultivo de *R. kalkhoffii* era diferente de la de *P. gaeumannii*, como lo reportado por Rohde (1937). A pesar de esta incertidumbre, la opinión de Petrak ha prevalecido y *Rhizosphaera* se aceptó como el anamorfo de *Phaeocryptopus* en la octava edición del Diccionario de Hongos (Hawksworth *et. al.*, 1995), (autores citados por Winton *et. al.*, 2007).

La variación genética de *Pseudotsuga* en cuanto a la resistencia a *P. gaeumannii* es muy notable. El nivel promedio de resistencia está positivamente correlacionado con la cantidad de lluvia que cae en el verano en los sitios donde se colecta la semilla. Esta correlación se ha interpretado como la evidencia que *P. gaeumannii* y *Pseudotsuga* tienen un codesarrollo en el Oeste de Norte América. (Sinclair, 2005).

Actualmente se le es conocido en todo el mundo en el idioma inglés como Swiss Needle Cast (SNC), que en español podría traducirse como “Caída de acículas Suiza” o comúnmente como “Tizón Suizo”.

En Estados Unidos en 1997 se creó una organización denominada “Swiss Needle Cast Cooperative” (SNCC). Esta organización se ha encargado de realizar nueva investigación, entorno a la detección y manejo de la enfermedad. La SNCC se localiza en El Departamento de Ciencias Forestales en la Universidad de Oregon.

Diversas especies de *Phaeocryptopus* son conocidas, todas en follaje de gimnospermas, pero estas no son patógenas de importancia. *P. nudus* se encuentra en *Abies* y *Tsuga* cerca del Hemisferio Norte. *P. pinastri* se presenta sobre *Pinus* en Estados Unidos y *P. abietis* sobre *Abies* en China. Tres especies adicionales se encuentran sobre gimnospermas nativas de Sudamérica. (Sinclair, 2005).

3.2.3. Descripción de tizón suizo

Los cuerpos fructíferos (pseudotecios) de *Phaeocryptopus gaeumannii* son pequeños (40-)50-80(-100) μm de diámetro, esféricos, de color negro, desarrollando células subglobosas oscuras dentro del estroma, que posteriormente emergen a la superficie de la hoja y aparecen como polvo, desde la vista macroscópica forman rayas en el envés de las acículas, son pseudotecios sobre los estomas. (Scharpf, 1993; Funk, 1985; Sinclair, 2005).

Las ascas son bitunicadas, clavadas o ligeramente ventricosas, con 8 ascosporas que miden de 30-40 x 8-15 μm . Las ascosporas que se producen en los pseudotecios son de 2 células, ligeramente clavadas, transparentes a amarillo pálido, 10 -15 x 3.5-5 μm , con un septo casi central. (Funk, 1985; French, 1988).

3.2.4. Síntomas de la enfermedad

Esta enfermedad se desarrolla de una manera inadvertida ya que produce pseudotecios en el envés de las hojas que aun están verdes. La mayoría del follaje

se encuentra infectado cuando comienzan a observarse los primeros síntomas. Las hojas se tornan de un color verde amarillento con puntos cafés o completamente cafés antes de que haya una caída prematura del follaje. La defoliación comienza por las hojas más viejas. En ataques severos todo el follaje puede caerse excepto los nuevos brotes, lo que ocasiona problemas con el crecimiento del árbol, ya que puede ser retardado. Cuando se cortan árboles con propósitos navideños y estos presentan follaje infectado, las hojas caen más rápidamente comparándolo con un árbol completamente sano. (Sinclair, 2005). La pérdida de las acículas es más notoria en la parte baja de la copa. Las acículas de los nuevos brotes son las que se infectan y e un periodo de 1 a 3 años mueren y caen (Scharpf, 1993).

Los pseudotecios de color negro crecen sobre los estomas formando dos líneas negras en el envés de la hoja. Los pseudotecios emergen a lo largo del año en las acículas de un año de edad o en acículas más viejas, a veces en las nuevas acículas comienzan a ser visibles en el mes de agosto. Las acículas enfermas pueden producir pseudotecios por tres estaciones antes de caerse (Sinclair, 2005).

Osorio (2007) menciona que según el reconocimiento realizado en plantaciones de *Pseudotsuga* en Valdivia Chile, pudieron comprobar que el efecto del hongo en diferentes rodales, como también en árboles individuales contiguos de un mismo rodal, es muy variable. Esto debido a que encontraron árboles con follaje completamente verde y sano compartiendo espacio tanto con individuos que presentaban follaje levemente amarillento, como también con árboles que presentaban clorosis marcada, e incluso algunos que ya presentaban severa defoliación. Al parecer este comportamiento variable de *Pseudotsuga* frente al ataque de *P. gaeumannii* podría tener relación con una aparente susceptibilidad individual de los árboles frente a la acción de este patógeno y es coincidente con lo observado en otras situaciones reportadas donde la apreciación de la severidad del daño ha resultado ser contradictoria.

3.2.5. Daños causados

Esta enfermedad es muy destructiva en regiones donde el clima es muy húmedo. Es el causante de grandes daños en plantaciones de árboles de navidad de *Pseudotsuga* en Estados Unidos. En bosques naturales también llega a causar daños, sobre todo en bosques jóvenes en el estado de Oregon y en algunos lugares de Europa. (Sinclair, 2005).

En Suiza y en ciudades vecinas donde se encontró por primera vez ha causado grandes daños. Debe mencionarse que en algunos sitios donde el hospedero no se adapta muy bien, sobre todo cuando se realizan plantaciones de árboles de navidad, esta enfermedad causa grandes daños (Scharpf, 1993).

Se han propuesto muchas hipótesis para explicar el incremento en la severidad de esta enfermedad por ejemplo: la resistencia del patógeno, la contaminación, cambios en la nutrición del arbolado, cambios genéticos en *Pseudotsuga* y varias prácticas de manejo forestal. La diversidad genética de la enfermedad se presenta mayormente en el Noreste del Pacífico que en el Este de los Estados Unidos, Nueva Zelanda y Europa. En las áreas con mayor contagio, donde la enfermedad ha sido muy severa, probablemente exista una mayor diversidad que en las áreas que presentan un menor contagio (Worrall, 2007).

3.2.6. Ciclo biológico

La enfermedad desarrolla el micelio durante el invierno y posteriormente el pseudotecio sobre las acículas del árbol. La dispersión de ascosporas se presenta por la humedad que comienza a mostrarse desde el mes de abril hasta septiembre, con una máxima dispersión a finales de la primavera y principios del verano, esto en la parte Oeste de los Estados Unidos de América. La infección ocurre en el periodo de lluvias y se da normalmente sobre las acículas de los nuevos brotes que están en crecimiento. El hongo no mata rápidamente el tejido de las acículas, pero sí obstruye los estomas. Los pseudotecios comienzan aparecer un año después de la infección, en ocasiones cuando la infección es mayor y el periodo de humedad se prolonga,

pueden aparecer desde el mes de Agosto. Cuando mas de la mitad de los estomas están taponados las hojas envejecen y comienzan a caer, esto sucede de uno tres años después. El patógeno tiene varias generaciones sobrepuestas, y esto ocasiona que existan varios ciclos sobrepuestos (Sinclair, 2005).

Scharpf (1993) reporta que los cuerpos fructíferos emergen de los estomas en otoño e invierno y maduran por la primavera y que la esporulación del hongo se presenta en los meses de mayo y junio. French (1988) menciona que en el Oeste de Washington, la época de diseminación de ascosporas se da por los meses de abril a octubre durante el tiempo húmedo, con una máxima producción en los meses de junio y julio. Además menciona que los pseudotecios que se encuentran en las acículas de 1 año de edad liberan diez veces mas que los que se encuentran en las hojas de segundo año de edad, además una temperatura de 20 °C es óptima. Las acículas son infectadas poco después de que emerge el nuevo brote.

3.2.7. Distribución de la enfermedad

Actualmente el tizón suizo se ha distribuido en muchos países, sobre todo en aquellos que se ha introducido como una especie exótica o para plantaciones de árboles de navidad. Entre estos países se encuentra Europa Occidental (incluido países escandinavos), Japón, Nueva Zelanda y Australia. Recientemente fue reportado en Turquía, afectando a plantaciones de *Pseudotsuga* de 15 años (Temel *et al.*, 2003 citado por Osorio, 2007). En América del Norte se encuentra distribuido en áreas donde *Pseudotsuga* es nativa, sobre todo en la Costa de Oregon (Scharpf, 1993; French, 1988).

Recientemente en plantaciones de Valdivia Chile se han hecho reportes de la aparición de tizón suizo en *Pseudotsuga*, presentando clorosis y una severa defoliación (Osorio, 2007).

3.2.8. Manejo de de la enfermedad

En el Oeste de Washington una sola aspersión de Clorotalonil (con dosis de 1.4 a 2.3 k/ha) ha proporcionado resultados satisfactorios. También una anticipada aplicación aérea de Clorotalonil (con dosis de 2.1 a 4.3 k/ha) ha sido satisfactoria. Para proteger la parte media y baja de la copa de los árboles grandes, las dosis deben ser mas altas. Las aplicaciones hechas el 30 de junio, no controlan la enfermedad en contraste con las que se aplican el 4-5 junio. Puede reducirse la incidencia de la enfermedad evitando la poda con equipo contaminado, eliminando árboles muy enfermos y reduciendo la competencia de la vegetación alrededor de los árboles (French, 1988). El fungicida Clorotalonil (Bravo) ha disminuido sustancialmente la infección en Norte América, sin embargo, trae grandes consecuencias al medio ambiente.

Otro aspecto importante y que se ha mencionado muy a la ligera, es el manejo genético de *Pseudotsuga*, esto debido a que el efecto que ocasiona la enfermedad sobre los árboles o rodales es muy variable. Se han encontrado árboles con follaje completamente verde y sano compartiendo espacio tanto con individuos que presentaban follaje levemente amarillento, como también con árboles que presentaban clorosis marcada, e incluso algunos que ya presentan severa defoliación. Al parecer este comportamiento variable de *Pseudotsuga* frente al ataque por *P. gaeumannii* podría tener relación con una aparente susceptibilidad individual de los árboles frente a la acción de este patógeno y es coincidente con lo observado en otras situaciones reportadas donde la apreciación de la severidad del daño ha resultado ser contradictoria (Peace, 1962; Sinclair *et. al.*, 1987; Hood, 1999 citados por Osorio, 2007).

En México aún no se reconocen específicamente los síntomas que ocasiona el tizón suizo sobre *Pseudotsuga macrolepis*, o si son similares estos síntomas a los ocasionados en otras partes del mundo y la época en que se manifiestan. Por esta razón es importante identificar y recopilar estos datos para su manejo.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización del área de estudio

La investigación se realizó en el “Rancho Tres Encinos” que pertenece a la Empresa Agros Navidad S. A. de C. V., dedicada a la producción de árboles de navidad *Pseudotsuga macrolepis* Flous. y que se localiza sobre la Carretera Toluca - Valle de Bravo km 56, Los Saucos, municipio de Valle de Bravo (Figura 1).

La Empresa Agros Navidad S. A. de C. V., cuenta con cerca de 200 hectáreas plantadas con la especie *Pseudotsuga macrolepis* Flous, distribuidas en los municipios de Valle de Bravo, Donato Guerra y Amanalco en el Estado de México; otras plantaciones se encuentran en el estado de Veracruz e Hidalgo.

El “Rancho Tres Encinos” se encuentra a una altura de 2,200 msnm y cuenta con una superficie aproximada de 32 hectáreas, las plantaciones se han venido estableciendo desde el año de 1999.

Valle de bravo se localiza al Suroeste del Estado de México, a 142 kilómetros de la Ciudad de México. Se encuentra a 1,869 msnm lo que hace que sea caracterizado por un clima templado-subhúmedo con una temperatura promedio anual de 17.5 °C.

4.2. Descripción de la plantación

La plantación en su mayoría esta constituida de *Pseudotsuga macrolepis* Flous, aunque existen ejemplares de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* debido a que anteriormente se cultivaba esta especie. La vegetación que rodea la plantación esta compuesta principalmente de Pino-Encino, en varias áreas la vegetación provoca un problema de sombra, sobre todo en las orillas. La zona en donde se

localiza la plantación de "Rancho Tres Encinos" se caracteriza por presentar pendientes suaves (3-15 %), por lo que se constituye de planicies y lomeríos suaves, sin embargo, en otras plantaciones pueden encontrarse pendientes pronunciadas hasta del 30 %. Los suelos son profundos y arcillosos, lo que ocasiona problemas de drenaje en varias partes (Figura 2).

El diseño que se ha usado en las plantaciones de la Empresa Agros Navidad S. A. de C. V., es comúnmente la de tres bolillo, a distancias que varían de 1.25 x 1.25 hasta 1.50-2.00 metros.

La elección de la distancia esta en función del ancho de la copa del árbol, con el propósito de lograr el máximo aprovechamiento del espacio y así plantar el mayor número de árboles posible por hectárea.



Figura 2. Diferentes vistas de la plantación en el "Rancho tres Encinos" (Fotos del autor).

4.3. Reconocimiento del ciclo biológico del patógeno

4.3.1. Determinación del periodo de diseminación de ascosporas

Para la determinación de la diseminación de ascosporas se utilizaron "trampas para esporas fungales aéreas" descritas por Ostrey y Nicholls (1982). Las trampas consisten en portaobjetos los cuales son introducidos en etrolato puro (vaselina) derretido para obtener una capa fina. Una vez preparados los portaobjetos con vaselina se llevaron a campo en una caja de preparaciones y con la ayuda de un soporte de alambre galvanizado y un broche se colocaron en los árboles seleccionados para el estudio (Figura 3).

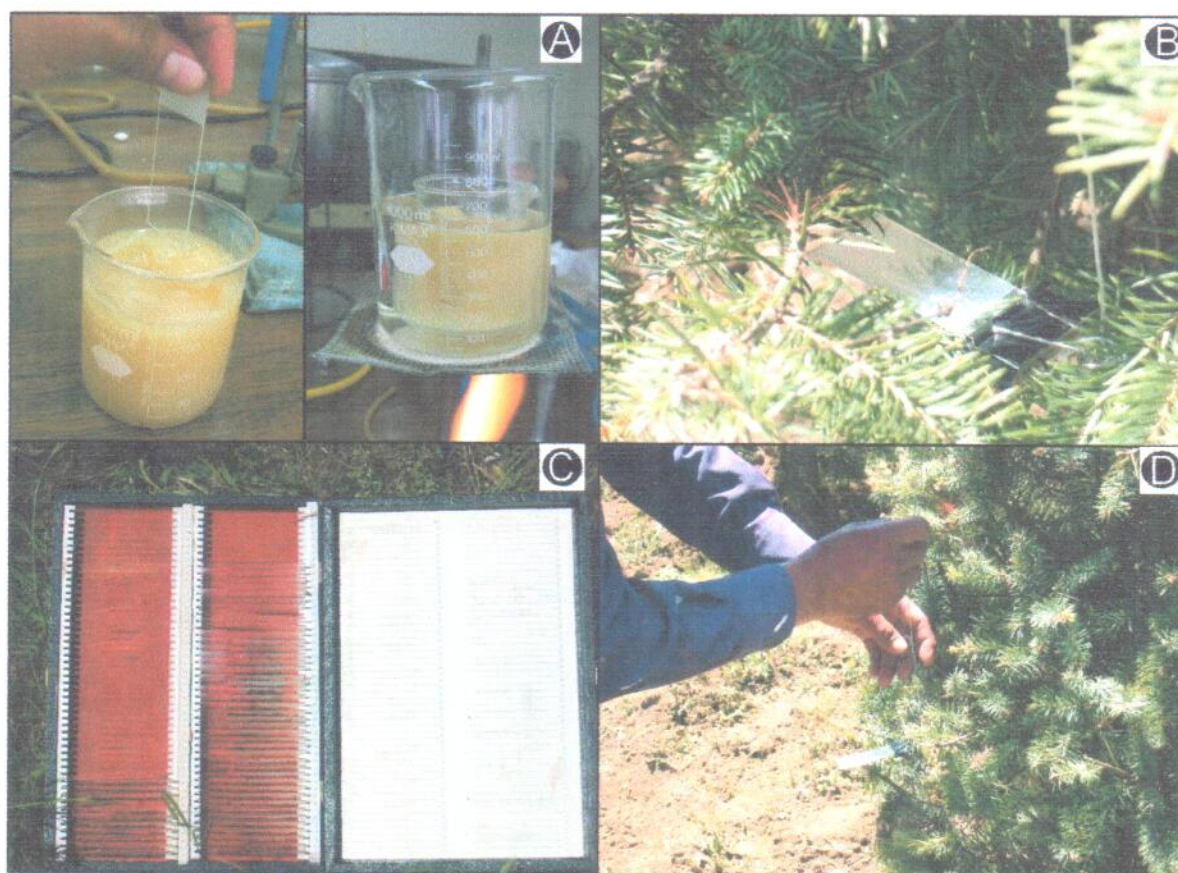


Figura 3. Metodología empleada para la preparación y colocación del trapeo de ascosporas. A) Elaboración de trampas, B) Caja de preparaciones para llevar a campo las trampas, C) y D) Colocación de trampas en campo (Fotos del autor).

Se seleccionaron 8 árboles dentro de la plantación en el paraje denominado “La Ladera”, que es un área donde se había observado la presencia del tizón suizo. En cada uno de estos árboles se colocó una trampa de ascosporas, prefiriendo por lo regular la exposición Norte, debido a que en esta se concentra mayor humedad. Las trampas se colocaron a una altura de 30 a 50 centímetros del suelo y a unos pocos centímetros dentro del follaje del árbol (Figura 4). La distribución de los árboles seleccionados para el trampeo de ascosporas se muestra en la Figura 5.

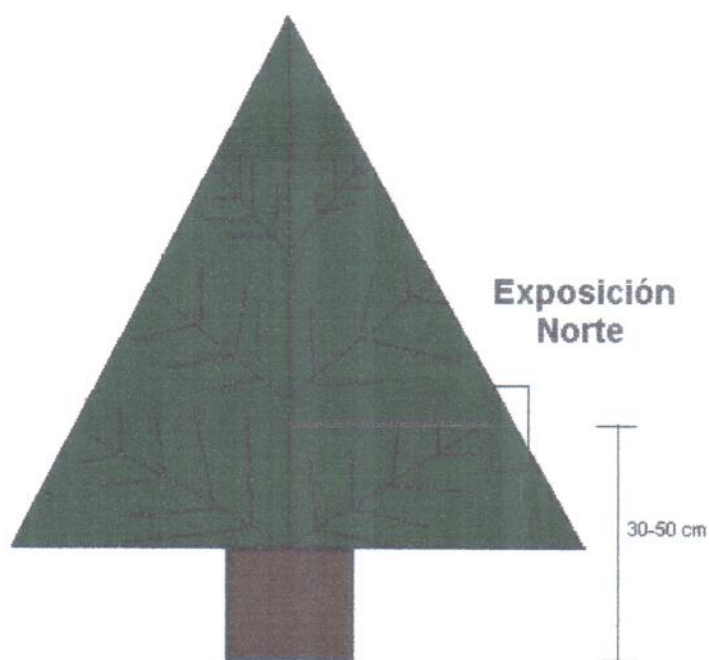


Figura 4. Disposición de las trampas de ascosporas en los árboles.

Las trampas fueron colocadas el día 10 de marzo de 2006 y se estuvieron cambiando cada dos semanas hasta el día 8 de septiembre del mismo año. El número total de trampas colocadas fue de 104; a razón de 8 trampas por cambio. Las fechas de cambio de trampas se muestran en el Cuadro 1. En cada periodo de cambio, las trampas fueron llevadas al laboratorio para su análisis. En laboratorio con ayuda de un microscopio compuesto y utilizando objetivo de 20x se hizo un muestreo de ascosporas, para determinar el nivel de la población.

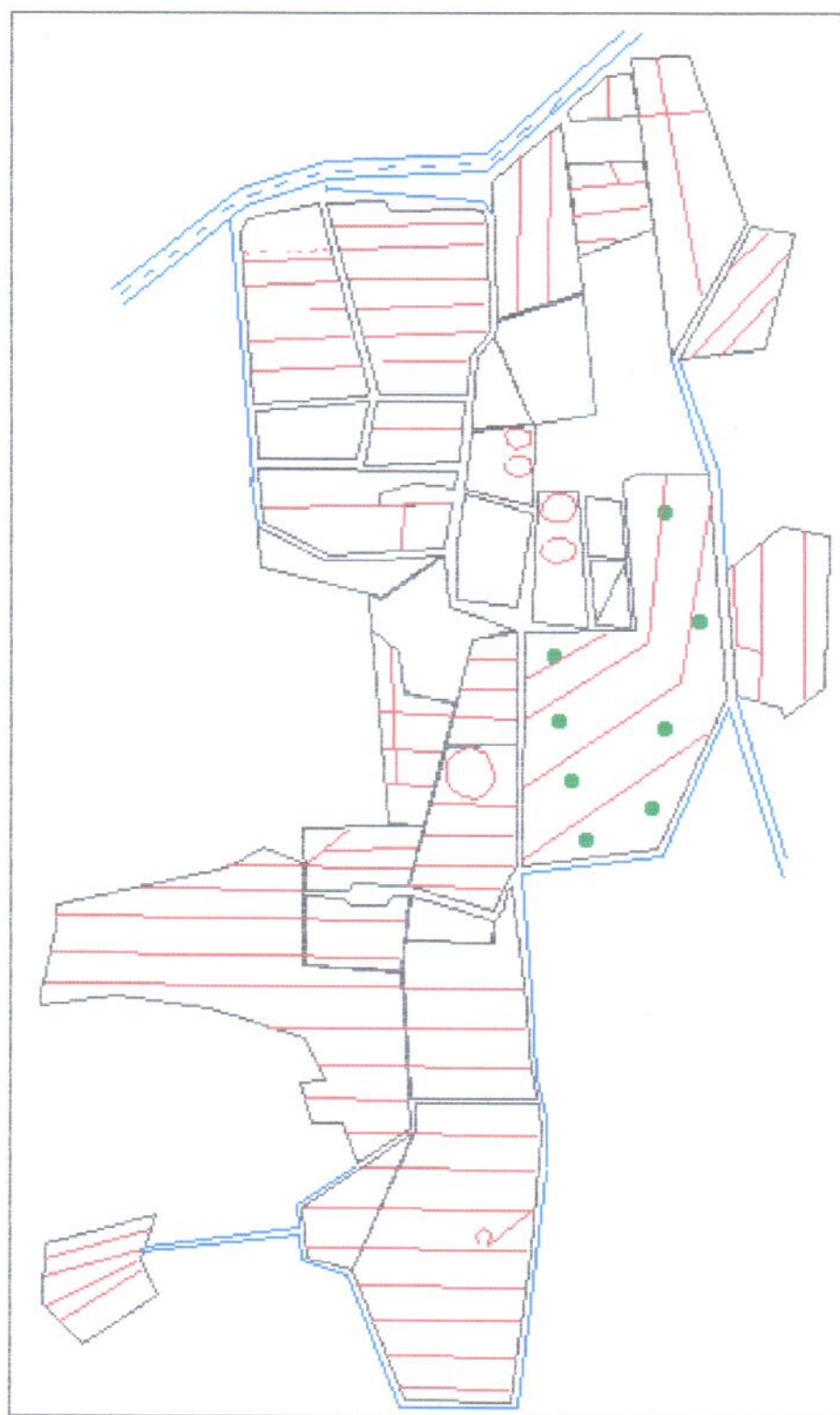


Figura 5. Disposición de los árboles con trampeo de ascosporas en el paraje denominado "La Ladera" en la Plantación del Rancho Tres Encino, Valle de Bravo.

Cuadro 1. Fechas que indican el cambio de trampas de ascosporas, en el Paraje "La Ladera" del Rancho Tres Encinos

No de árbol	Fecha de cambio de trampas 2006*												
1	24 marzo	07 abril	21 abril	05 mayo	19 mayo	02 junio	17 junio	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre
2	24 marzo	07 abril	21 abril	05 mayo	19 mayo	02 junio	17 junio	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre
3	24 marzo	07 abril	21 abril	05 mayo	19 mayo	02 junio	17 junio	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre
4	24 marzo	07 abril	21 abril	05 mayo	19 mayo	02 junio	17 junio	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre
5	24 marzo	07 abril	21 abril	05 mayo	19 mayo	02 junio	17 junio	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre
6	24 marzo	07 abril	21 abril	05 mayo	19 mayo	02 junio	17 junio	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre
7	24 marzo	07 abril	21 abril	05 mayo	19 mayo	02 junio	17 junio	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre
8	24 marzo	07 abril	21 abril	05 mayo	19 mayo	02 junio	17 junio	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre

* La fecha de colocación del trampeo de ascosporas fue el 10 de marzo de 2006, no se incluye en la tabla esta fecha.

4.3.2. Evaluación de la sintomatología en campo

Para la complementación del ciclo biológico, se hizo una evaluación de la sintomatología de la enfermedad, en campo. Para esto, se seleccionaron 9 árboles dentro de la plantación en el paraje de "La Ladera" (Figura 6).

En cada árbol se eligieron 2 ramas en la parte media, una con exposición Norte y otra con exposición Sur (Figura 7) y de cada rama seleccionada se tomaron ramillas de tres edades diferentes, los nuevos brotes, ramillas de un año y ramillas de dos años; seis ramillas por árbol, 54 ramillas en total (Figura 8).

En cada ramilla seleccionada se midieron 5 cm. y se marcó con hilo de color visible, además se le colocó una etiqueta con una clave según el número de árbol, exposición de la rama y edad de la ramilla. En el caso de los nuevos brotes que median menos de 5 cm. se tomo en cuenta todo el brote. La clave quedo de la siguiente manera (ejemplo):

1NR=Árbol 1, Exposición Norte, nuevo brote

1N1= Árbol 1, Exposición Norte, ramilla de 1 año de edad

1N2= Árbol 1, Exposición Norte, ramilla de 2 años de edad

Los datos registrados fueron los siguientes:

- Número de hojas en la ramilla
- Color de hojas (verde, amarillento o marrón)
- Número de hojas infectadas (que se observan con pseudotecios)
- Nivel general de infección en las hojas (% de pseudotecios)

Los datos que se registraron no fueron para hacer un análisis cuantitativo, sino solamente para realizar un proceso cualitativo de la sintomatología.

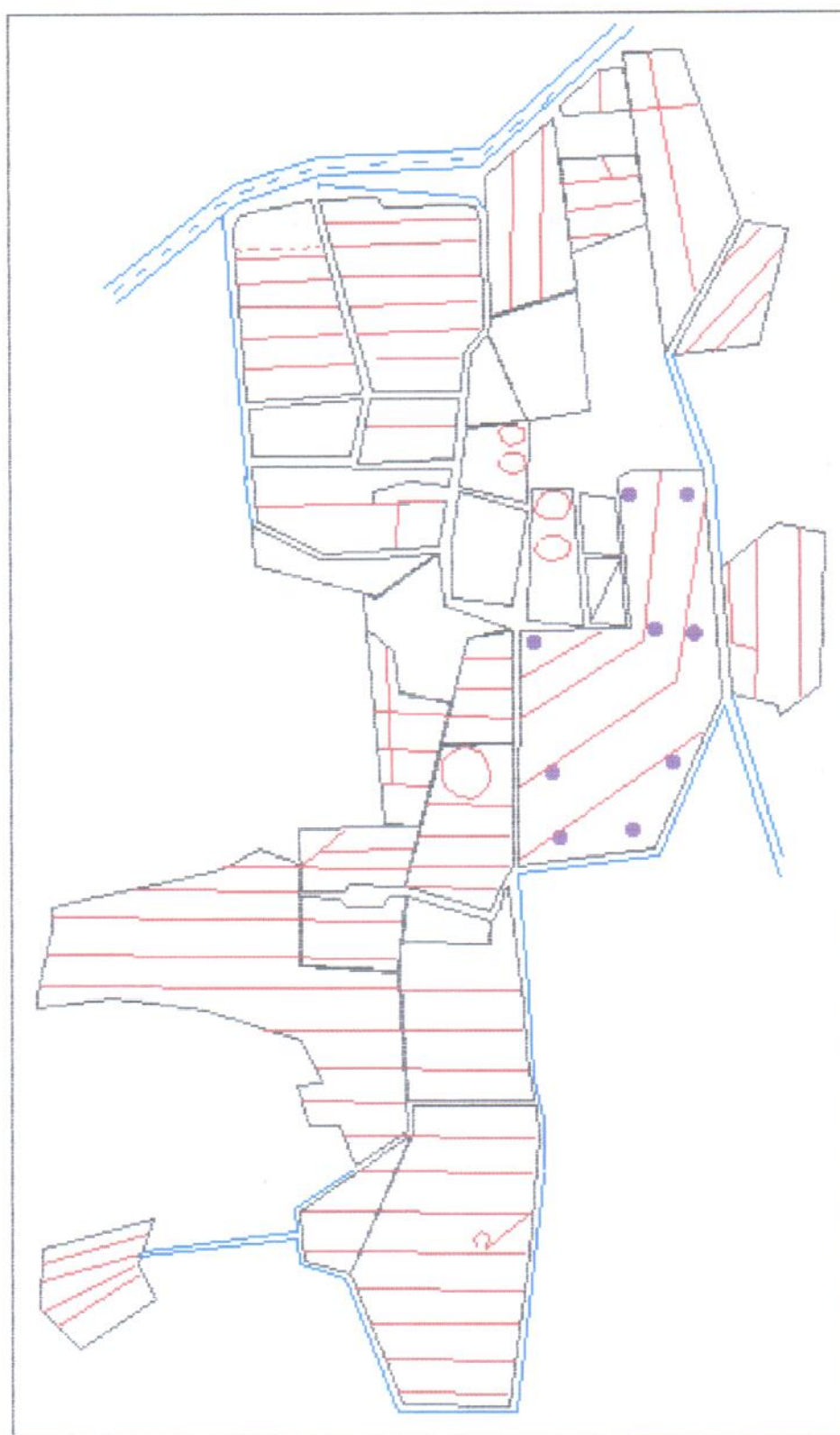


Figura 6. Disposición de los árboles seleccionados para el seguimiento de la sintomatología en los parajes denominados como "Ayacahuite" y "La Ladera" en la Plantación de Tres Encino, Valle de Bravo.

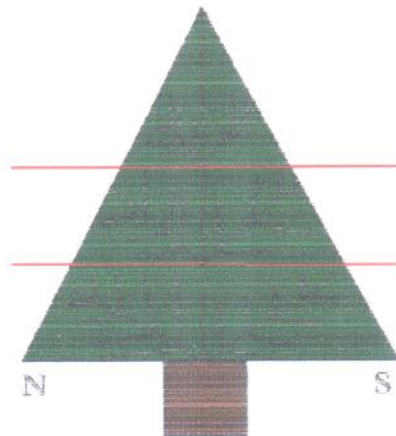


Figura 7. Vista de la selección de ramas en la parte media del árbol, en exposición Norte como en exposición Sur.

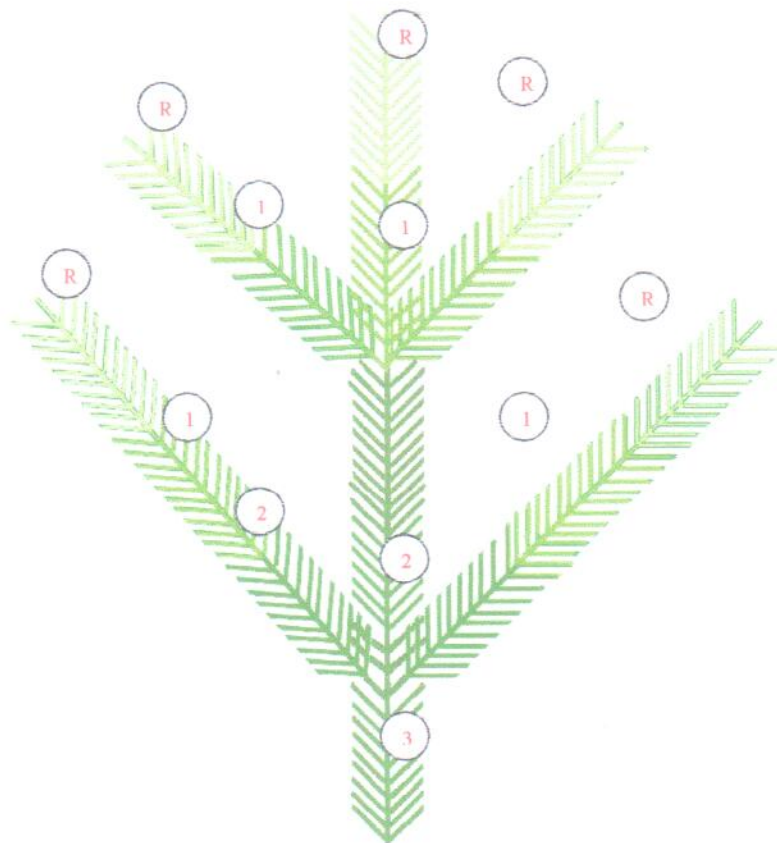


Figura 8. Muestra de una rama con ramillas de diferentes edades, R= nuevo brote, 1= un año, 2= dos años, 3= tres años.

El monitoreo de cada uno de los árboles seleccionados fue quincenal y el periodo de registro fue de junio a diciembre de 2006. En el Cuadro 2 se observan las fechas en las que se estuvieron registrando los datos de sintomatología.

Cuadro 2. Fechas que indican el registro de datos de la sintomatología, en el Paraje "La Ladera" del Rancho Tres Encinos

Fecha de toma de datos sintomatología de la enfermedad 2006												
No de árbol												
1	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
2	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
3	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
4	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
5	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
6	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
7	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
8	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
9	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
10*	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
11*	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
12*	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre
13*	30 junio	14 julio	28 julio	11 agosto	25 agosto	08 septiembre	22 septiembre	11 octubre	20 octubre	3 de noviembre	18 noviembre	01 diciembre

* Árboles con seguimiento de sintomatología en el área con tratamiento.

Para la evaluación del nivel de infección en las hojas se utilizó la siguiente escala:

Escala para evaluación del nivel de infección de tizón suizo sobre hojas de *Pseudotsuga*

- 0 No se presenta infección aparente, no se nota ningún síntoma de clorosis, no se observa el taponamiento de estomas por pseudotecios y la hoja esta totalmente verde.
- 1 Comienzan a manifestarse los síntomas, las estructuras del hongo comienzan a aparecer en un bajo nivel sobre los estomas (puede presentar hasta un 20 % de taponamiento de estomas pero las estructuras no están maduras), la hoja puede estar totalmente verde. Las estructuras deben verse con lupa.
- 2 Las estructuras no están por lo regular maduras, se encuentra un taponamiento de estomas hasta de un 40 %. Los pseudotecios ya son visibles a simple vista.
- 3 Las estructuras del hongo pueden estar ya maduras, se encuentra un taponamiento de estomas hasta un 60 %, las hojas pueden estar cambiando de color. Pseudotecios visibles a simple vista.
- 4 Estructuras pueden estar completamente maduras. El taponamiento de estomas puede ser hasta un 80 %. Puede haber un color amarillento o violáceo en las hojas.
- 5 Las estructuras pueden estar completamente maduras. El taponamiento de estomas puede ser hasta un 100 %. Las hojas pueden estar con un cambio de color marrón. Las estructuras pueden verse a simple vista (se ven dos bandas completamente negras en el envés de la hoja).

Nota. Un árbol puede estar presentando todos los niveles de infección, dependiendo de la edad del árbol, de las condiciones de vigor y de condiciones ambientales. La maduración de los pseudotecios se da por lo regular en la época de lluvias, sin embargo, estos cuerpos permanece adheridos a los estomas, por lo que es posible encontrar en la época de

sequía acículas con niveles de 4 o 5, pero los pseudotecios están vacíos o aún sin madurar.

Esta escala fue obtenida mediante la medición de hojas, el conteo de estomas por mm^2 y el número de pseudotecios en 1 mm^2 , evaluando hojas de ramillas de diferentes edades y con diferente cantidad de pseudotecios. Posteriormente se montaron imágenes de acículas, con los diferentes niveles de infección y se obtuvo una tarjeta con la que se verificaron los niveles de infección en campo (Figura 9).

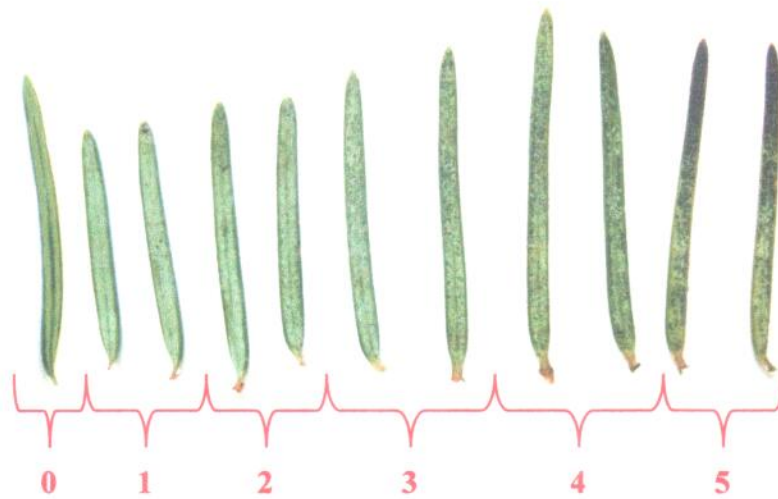


Figura 9. Tarjeta utilizada en campo para verificar el nivel de infección de las acículas. De izquierda a derecha, la primera hoja presenta un nivel de 0, las siguientes están colocadas en pares, con niveles que van en forma ascendente de 1 a 5.

4.3.3. Relación de los factores ambientales con la enfermedad

La época de liberación de ascosporas está estrechamente relacionado con los factores ambientales tales como la temperatura, precipitación y humedad relativa, por lo que se le estuvo dando seguimiento a la precipitación y a la temperatura solamente.

Los datos de precipitación y temperatura se tomaron diariamente, para el caso de la temperatura se tomó la temperatura máxima y la mínima, para posteriormente tener una temperatura media por día. Los datos fueron divididos por periodos de dos semanas, con estos datos y con los datos de esporulación se realizaron dos gráficas. Una de esporulación con relación a la precipitación y otra de esporulación con relación a la temperatura.

4.4. Caracterización de la enfermedad en laboratorio

Para el caso de la caracterización del patógeno en el laboratorio se siguió un procedimiento de identificación y un procedimiento de aislamiento, para esto se tomaron muestras de acículas infectadas, las cuales fueron llevadas a laboratorio de Patología Forestal de la División de Ciencias Forestales, para su revisión.

4.4.1. Descripción del patógeno

- a) Para la identificación del patógeno se realizaron preparaciones fijas y permanentes para resaltar las características morfológicas del patógeno.
- b) Se hicieron mediciones de pseudotecios, ascas y ascosporas, con ayuda de un microscopio con regleta.
- c) Se examinó la madurez de los cuerpos fructíferos durante todo el periodo de revisión de la sintomatología.

4.4.2. Aislamiento del patógeno

El aislamiento del patógeno, se realizó en el periodo de mayor humedad, debido a que en ese tiempo se esperaba la madurez de los cuerpos fructíferos del hongo.

- a) Una vez examinadas las acículas en el microscopio estereoscópico, y verificar la madurez de los pseudotecios, mediante la realización de preparaciones se procedió al aislamiento.
- b) Las muestras con presencia de pseudotecios, fueron lavadas solo con agua destilada estéril de 5 a 10 minutos (con dos cambios de agua).

- c) Una vez secas las acículas que habían sido lavadas, fueron colocadas en cajas petri con agua agar y un portaobjetos. Estas acículas se colocaron en las tapas de las cajas con ayuda de pegamento; de tal forma que quedaran expuestos los pseudotecios en dirección del agua agar (Figura 10).
- d) Las hojas se dejaron de 48 a 72 horas en las cajas petri, expuestas a luz blanca, con el fin de que los pseudotecios abrieran y liberan las ascosporas.
- e) Una vez completado el tiempo de espera, los portaobjetos que se encontraban dentro de las cajas petri fueron removidos, llevando consigo una capa de agua agar. Estos portaobjetos se observaron en el microscopio compuesto, para verificar que la esporulación se estuviera dando.
- f) Las ascosporas que se encontraban en el portaobjetos con agua agar, fueron removidos con ayuda de una aguja muy fina, y transferidos a cajas petri con PDA (papa-dextrosa-agar), esperando el crecimiento de la colonia.
- g) También se colocaran pseudotecios directamente a PDA, para verificar si existía desarrollo de la colonia.

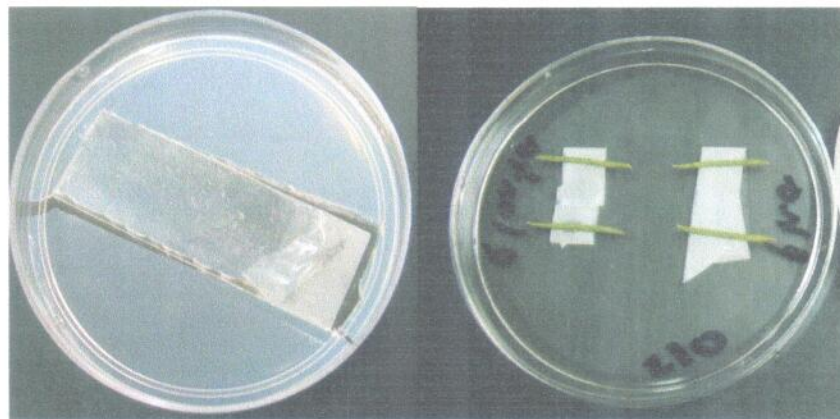


Figura 10. Metodología empleada para la inducción de la esporulación de tizón suizo.

4.5. Valoración del control de la infección de tizón suizo.

La valoración del control de la infección se realizó tomando en cuenta la liberación de ascosporas y el seguimiento de la sintomatología. Para este caso se eligieron 6 árboles para la colocación de trampeo de ascosporas y 4 árboles más para darle

seguimiento a la sintomatología. Estos árboles se encontraban dentro del paraje denominado "Ayacahuite" en el Rancho Tres Encinos, y se escogió el área debido a que era la prevista para la extracción de árboles en el 2006, y estaba asignada para tratamiento (Figura 11).

El propósito era verificar el nivel poblacional de ascosporas durante el tiempo, en el área con la aplicación de fungicida y compararla con el área no tratada (Paraje denominado "La Ladera"). Por lo cual los árboles seleccionados siguieron el mismo procedimiento de colocación de trampas fungales, anteriormente descrito.

Las trampas fueron colocadas el día 10 de marzo de 2006 y se estuvieron cambiando cada dos semanas hasta el día 8 de septiembre del mismo año. El número total de trampas colocadas fue de 78, a razón de 6 trampas por cambio. Las fechas de cambio de tramas fueron las mismas registradas en el Cuadro 1.

En cada periodo de cambio, las trampas fueron llevadas al laboratorio para su análisis y en el laboratorio se realizó el mismo proceso de muestreo de ascosporas sobre las trampas.

La sintomatología siguió también el mismo proceso descrito anteriormente, se tomaron los mismos datos de número de hojas, hojas infectadas, coloración y nivel de infección. En total se siguió la sintomatología de 24 ramillas, entre nuevos brotes, ramillas de uno y dos años de edad, los datos se tomaron en las mismas fechas registradas en el Cuadro 2.

Las aplicaciones de fungicida se realizaron el 22 de abril de 2006 y el fungicida aplicado fue Daconil (Clorotalonil) en dosis de 2.5 a 3 gr/L.

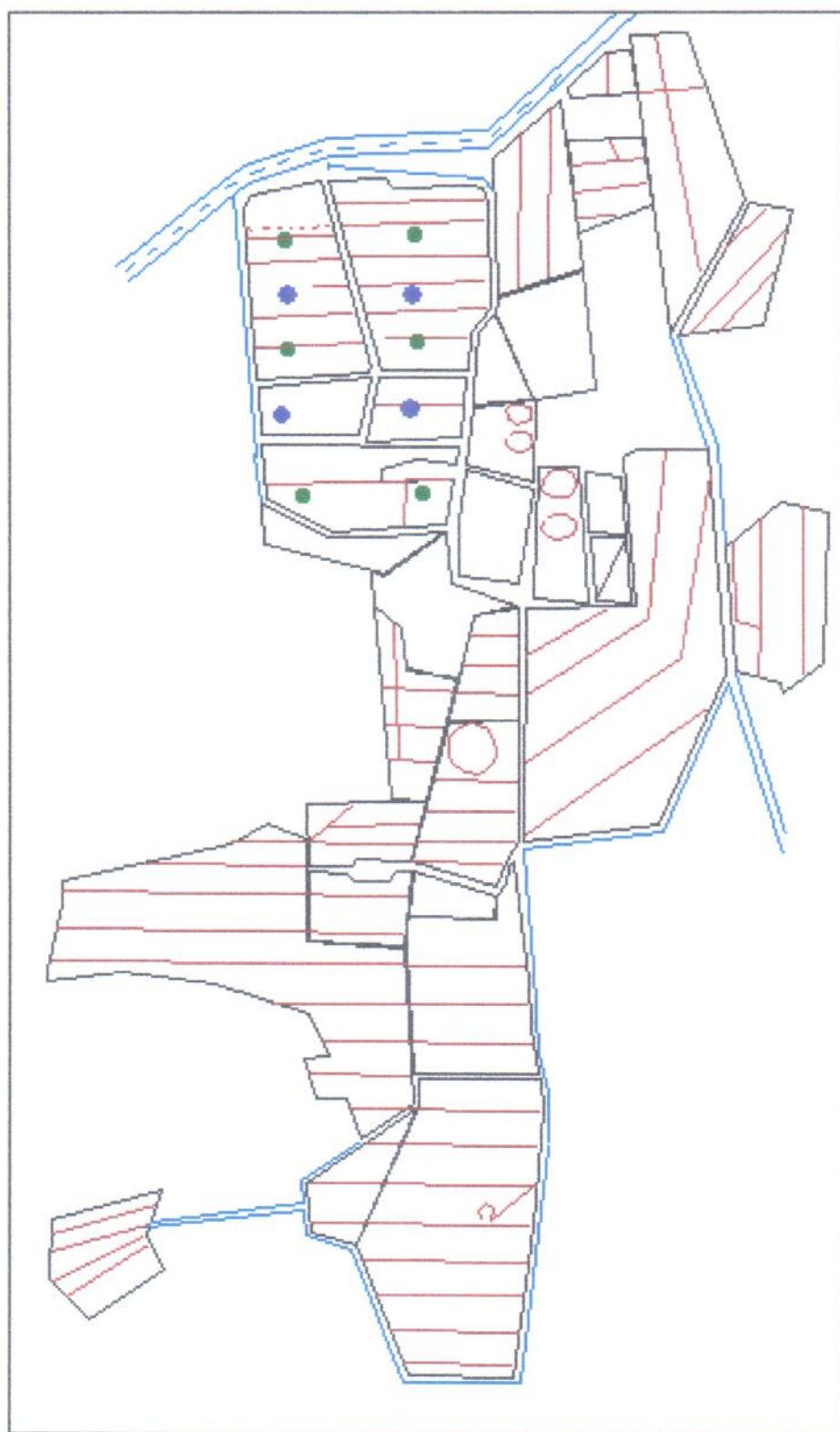


Figura 11. Disposición de los árboles con trapeo de ascosporas (puntos verdes) y seguimiento de sintomatología (puntos violeta) en el paraje denominado "Ayacahuite" área con aplicación de fungicidas.

4.6. Diseño de muestreo y estimación de la población

Dos de los objetivos del presente trabajo son el reconocimiento del ciclo biológico del patógeno y la valoración del control de la enfermedad. Para los dos casos una manera de cumplirse es realizando una estimación del nivel de la población de ascosporas en un tiempo determinado.

Para el primer caso, realizando una estimación del nivel de población de ascosporas que caen en una superficie dada en un tiempo determinado, nos puede indicar en que época existe mayor liberación de ascosporas.

Para el segundo caso, la estimación del nivel de población de ascosporas que caen en una superficie dada, nos puede indicar si el fungicida aplicado para el control está inhibiendo o no la liberación de las ascosporas.

En un estudio realizado por Cibrián (1985), se determinó el periodo de esporulación de *Lopodermella* sp. En esa ocasión se utilizó un muestreo al azar, eligiendo tres líneas verticales y una horizontal, muestreando una superficie de 27 mm^2 por trampa.

El diseño de muestreo utilizado para la estimación del nivel de la población de ascosporas de tizón suizo sobre las trampas fue sistemático, y se realizó de la siguiente manera:

- Se eligieron 5 bandas verticales sobre cada trampa y se contó el número de ascosporas sobre cada una de ellas, la separación entre bandas fue de 1 centímetro. La superficie con vaselina de cada uno de los portaobjetos era de $1,250 \text{ mm}^2$ (portaobjetos de $7.5 \times 2.5 \text{ cm.}$, superficie de 1875 mm^2). La superficie que ocupaba cada banda es de 22 mm^2 , y la superficie total muestreada por trampa fue de 110 mm^2 (Figura 12).
- Una vez, contado el número de ascosporas por banda, se calculó la media muestral, varianza de la media muestral y con esto el total poblacional por trampa, con las siguientes formulas:

Media muestral sistemática:

$$y_{sis} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

Varianza de la media muestral sistemática:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2 - ny_{sis}^2}{n-1}$$

Total a través de la muestra sistemática:

$$Y_{sis} = Ny_{sis}$$

y_i = Valor registrado en la i-ésima unidad de muestreo de la muestra

n = Tamaño de muestra

N = Total de unidades de muestreo en que está dividida la población

- Posteriormente se calcularon los límites para el error de estimación, tanto de la media como del total poblacional, de cada trampa, con las siguientes fórmulas:

Límites para el error de estimación de la media sistemática:

$$LI = y_{sis} - (Z_{1-\alpha/2}) \sqrt{\text{var}(y_{sis})} \quad \text{Límite inferior}$$

$$LS = y_{sis} + (Z_{1-\alpha/2}) \sqrt{\text{var}(y_{sis})} \quad \text{Límite superior}$$

$$\text{var}(y_{sis}) = \frac{(N-n)s^2}{Nn} \quad \text{Varianza de la media muestral sistemática}$$

Límites para el error de estimación del total:

$$LI = Y_{sis} - (Z_{1-\alpha/2}) \sqrt{\text{var}(Y_{sis})} \quad \text{Límite inferior}$$

$$LS = Y_{sis} + (Z_{1-\alpha/2}) \sqrt{\text{var}(Y_{sis})} \quad \text{Límite superior}$$

$$\text{var}(Y_{sis}) = \frac{(N^2 - nN)s^2}{n} = N^2 \text{var}(y_{sis}) \quad \text{Varianza del total a través de la muestra sistemática}$$

$Z_{1-\alpha/2}$ = Cuantil de la distribución normal estándar con una probabilidad menor o igual a $1-\alpha/2$ (con $\alpha = 0.05$ $Z_{1-\alpha/2} = 1.96$)

- Con los datos poblacionales de cada trampa, se obtuvo una media poblacional, por fecha.
- Finalmente se construyeron dos gráficas, una diferenciando el número de ascosporas de cada trampa en el tiempo; y otra utilizando las medias poblacionales por fecha.

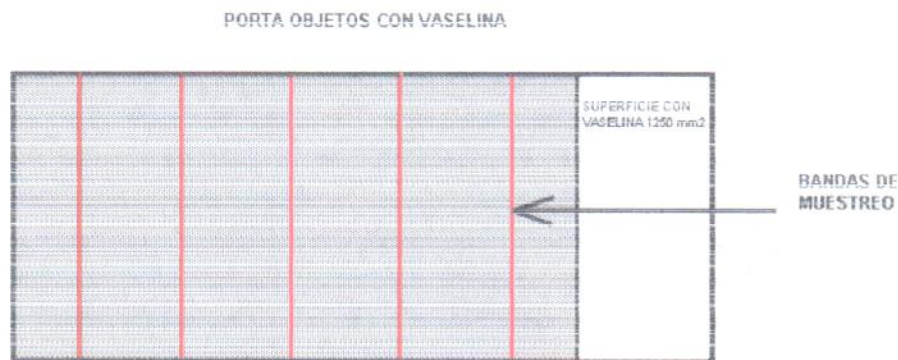


Figura 12. Vista del muestreo de ascosporas sobre una trampa, las líneas rojas indican las unidades de muestreo.

4.7. Distribución espacial de los organismos

Una vez evaluado el nivel de población existente, también se pudo evaluar el comportamiento espacial que tienen las ascosporas sobre las trampas, es decir si se distribuyen de manera uniforme, aleatoria o de contagio (Figura 13).

Para realizar esta parte del estudio, los datos obtenidos del muestreo en la época de mayor liberación de esporas se sometieron a una prueba de hipótesis, para esto primero se obtuvo una relación entre la varianza y la media, el producto de este cociente determina previamente a que distribución se pueden ajustar o el tipo de distribución espacial que tienen los organismos.

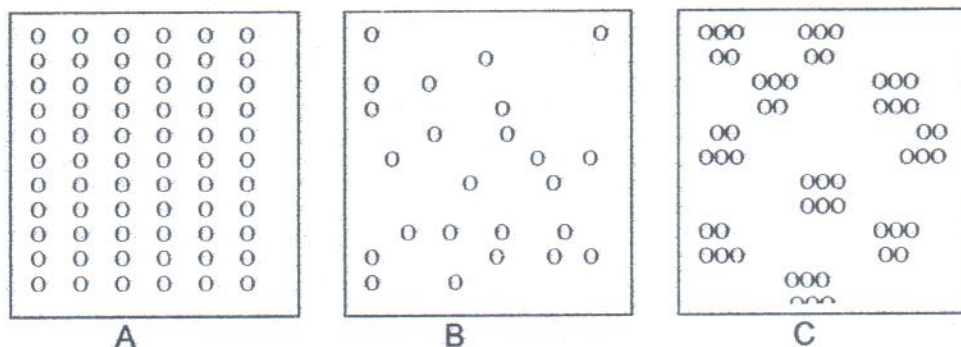


Figura 13. Ilustración de los tipos de distribución espacial que pueden tomar los organismos. A) Disposición uniforme, B) Disposición aleatoria y C) Disposición agregada o de contagio.

Cuando los datos derivados del muestreo se ajustan a una distribución *Poisson* entonces se puede decir que la disposición espacial de los organismos es *aleatoria*. Cuando los datos derivados del muestreo se ajustan a una distribución *Binomial negativa* entonces se puede decir que la disposición espacial de los organismos es de *contagio*. Cuando los datos derivados del muestreo no se ajustan a ninguna de las distribuciones anteriores entonces se puede decir que los organismos tienen una disposición espacial *uniforme* (Castillo, 2005). Cuando se tiene alguna indicación sobre la distribución de un conjunto de datos por razonamientos probabilísticos u otra causa, por lo general, es posible saber si los datos se ajustan a una determinada distribución de probabilidad. La estadística proporciona herramientas para determinar si un conjunto de datos experimentales se ajusta a una distribución de probabilidad específica, conocidas como pruebas de bondad de ajuste (Castillo, 2005). Una de las *pruebas de bondad de ajuste* de mayor utilización es la prueba de *Ji-cuadrado*, la cual se basa en el análisis de las diferencias presentadas entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas de un conjunto de datos.

La prueba de *Ji-cuadrado* consta de los siguientes elementos:

Hipótesis aprobar:

H_0 : Los datos se ajustan a la distribución w

V_s

H_a : Los datos observados no se ajustan a la distribución w

w=Poisson o binomial negativa

Estadística de prueba

$$J = \sum_{i=1}^K \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad i = 1, 2, 3, \dots, K$$

$$E_i = N[P(x_i)]$$

K = Número de frecuencias observadas

O_i = i -ésima frecuencia observada

E_i = i -ésima frecuencia esperada

N = Total de datos (suma de las frecuencias observadas)

$P(x_i)$ = Probabilidad asociada al i -ésimo valor que toma la variable x

Regla de decisión: Se rechaza H_0 : si $J \geq \chi^2_{\alpha}(v)$ $v = K-1-g$

g = Número de parámetros que se tienen que calcular para ajustar los datos.

Se utilizaron los datos de la fecha en que hubo mayor liberación de ascosporas, estos datos fueron divididos en categorías y obtuvieron las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas, con lo cual posteriormente se obtuvo el estadístico de prueba.

4.8. Comparación del número de ascosporas en las dos áreas

Finalmente se propuso realizar una comparación del número de ascosporas de un área tratada con fungicidas Vs un área sin tratar. Para esto se utilizó una prueba de T para dos muestras relacionadas.

Esta prueba se aplica cuando se tienen dos muestras $(x_1, x_2, \dots, x_p)$ y $(y_1, y_2, \dots, y_p)$ de una población y sobre cada individuo de las muestras se miden p variables con una distribución normal por variable. La prueba, t student sobre las dos muestras se utiliza para contrastar la hipótesis nula de que la muestra procede de una población en la que la media de la X es igual a la media de la Y (Ferrán, 2003).

La prueba de hipótesis correspondiente es:

$$H_0 : \mu_{x_i} = \mu_{y_i} \text{ Vs } H_0 : \mu_{x_i} \neq \mu_{y_i}$$

μ_{x_i} : Es la media muestral de las variables evaluadas x_i en las áreas sin tratamiento

μ_{y_i} : Es la media muestral de las variables evaluadas y_i en las áreas con tratamiento

La regla de decisión es si *P-value* asociado al estadístico de contraste es menor que α , se rechaza la hipótesis nula al nivel de significancia α

La prueba se realizó utilizando los datos obtenidos del muestreo por fecha, es decir en cada trampa se eligieron 5 unidades de muestreo, en el área sin tratamiento se muestrearon 8 trampas por lo que resulto el proceso de 40 unidades, en el área con tratamiento se muestrearon 6 trampas, por lo que se utilizaron los resultados de las 30 unidades de muestreo.

El paquete estadístico utilizado es el de SPS, este programa discriminó 10 unidades de muestreo del área sin tratamiento, es decir finalmente se realizo la comparación entre 30 unidades de muestreo registradas en el área sin tratamiento y 30 en el área con tratamiento.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo

El trampeo de ascosporas, como se menciono anteriormente, se estableció desde el 10 de marzo de 2006 y se revisó por periodos de dos semanas. En cada periodo se revisaron 8 trampas, el formato de muestreo, los datos obtenidos del muestreo se encuentran integrados en el Anexo 1.

En el Cuadro 3 solo se muestra el número de ascosporas que se encontró por trampa y por fecha y la media poblacional por fecha. En la Figura 14 se puede observar la forma de las ascosporas que fueron contadas sobre las trampas de esporas.

En la Figura 15 se puede ver el comportamiento de la esporulación de tizón suizo, que tuvo durante los casi 7 meses que se muestrearon las trampas fungales. Puede observarse que el 21 de abril comienza un incremento de la esporulación que es apreciable en todas las trampas. De ahí en adelante en todas las trampas el número de ascosporas aumenta, teniendo su máximo el día 17 de junio, exceptuando la trampa 5 que alcanza su máximo incremento el día 2 de junio. En la trampa 7 se encontró el mayor número de ascosporas 18,693, para ser exactos, esto el día 17 de junio. La trampa que menor número de ascosporas registró fue la 1, con 3,943, para el día 17 de junio.

En la Figura 16 se observa una sola línea que resulta de promediar el número de ascosporas total que se encontró por trampa en cada fecha. Esto nos puede dar en forma general el comportamiento de la esporulación del hongo. Se puede observar que el máximo incremento medio se alcanza en el día 17 de junio, teniendo como máximo 9,268 ascosporas.

Cuadro 3 Número de ascosporas de tizón suizo capturadas por trampa y la media poblacional por fecha

TRAMPA FECHA	1	2	3	4	5	6	7	8	Media poblacional
24-Marzo-06	34	0	23	0	11	34	0	23	16
07-Abril-06	11	0	23	0	0	23	0	0	7
21-Abril-06	0	0	11	11	23	57	34	0	17
05-Mayo-06	23	114	193	80	648	773	68	0	237
19-Mayo-06	818	136	1148	341	6659	3148	602	34	1611
02-Junio-06	1693	852	3011	1909	15432	5125	3875	898	4099
17-Junio-06	3943	5625	7920	13568	11659	8000	18693	4739	9268
30-Junio-06	898	1205	1341	4920	1511	2159	2636	750	1928
14-Julio-06	375	386	250	500	523	1273	80	45	429
28-Julio-06	136	68	11	0	182	34	23	0	57
11-Agosto-06	91	80	34	68	284	23	45	34	82
25-Agosto-06	68	34	0	0	45	45	11	80	36
08-Sept-06	0	11	0	0	0	0	11	0	3



Figura 14. Esporas observadas entre la vaselina de las trampas fungales.

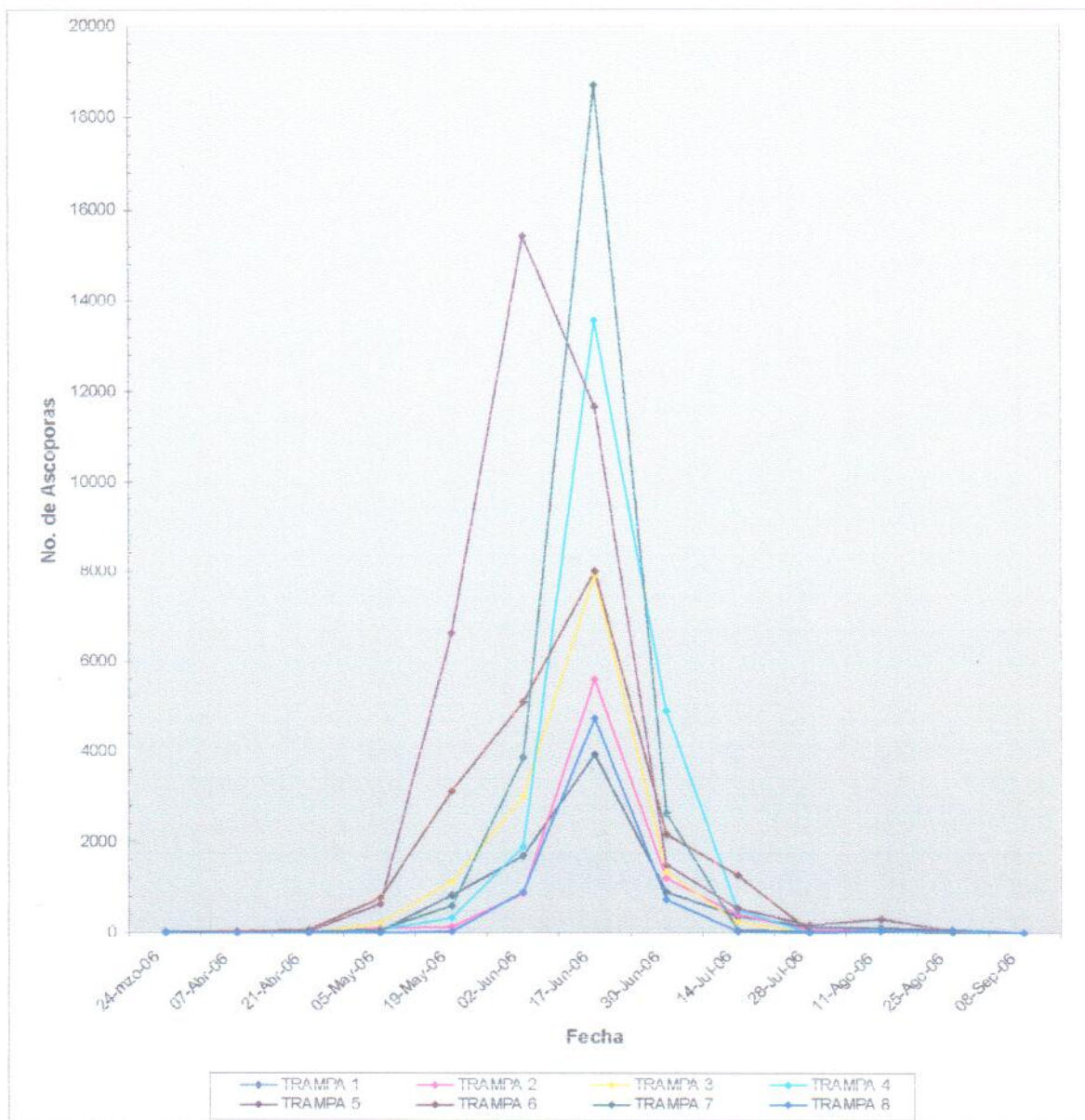


Figura 15. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo observada en el Rancho "Tres Encinos", Valle de Bravo. (Total de trampas muestreadas en el área sin tratamiento).

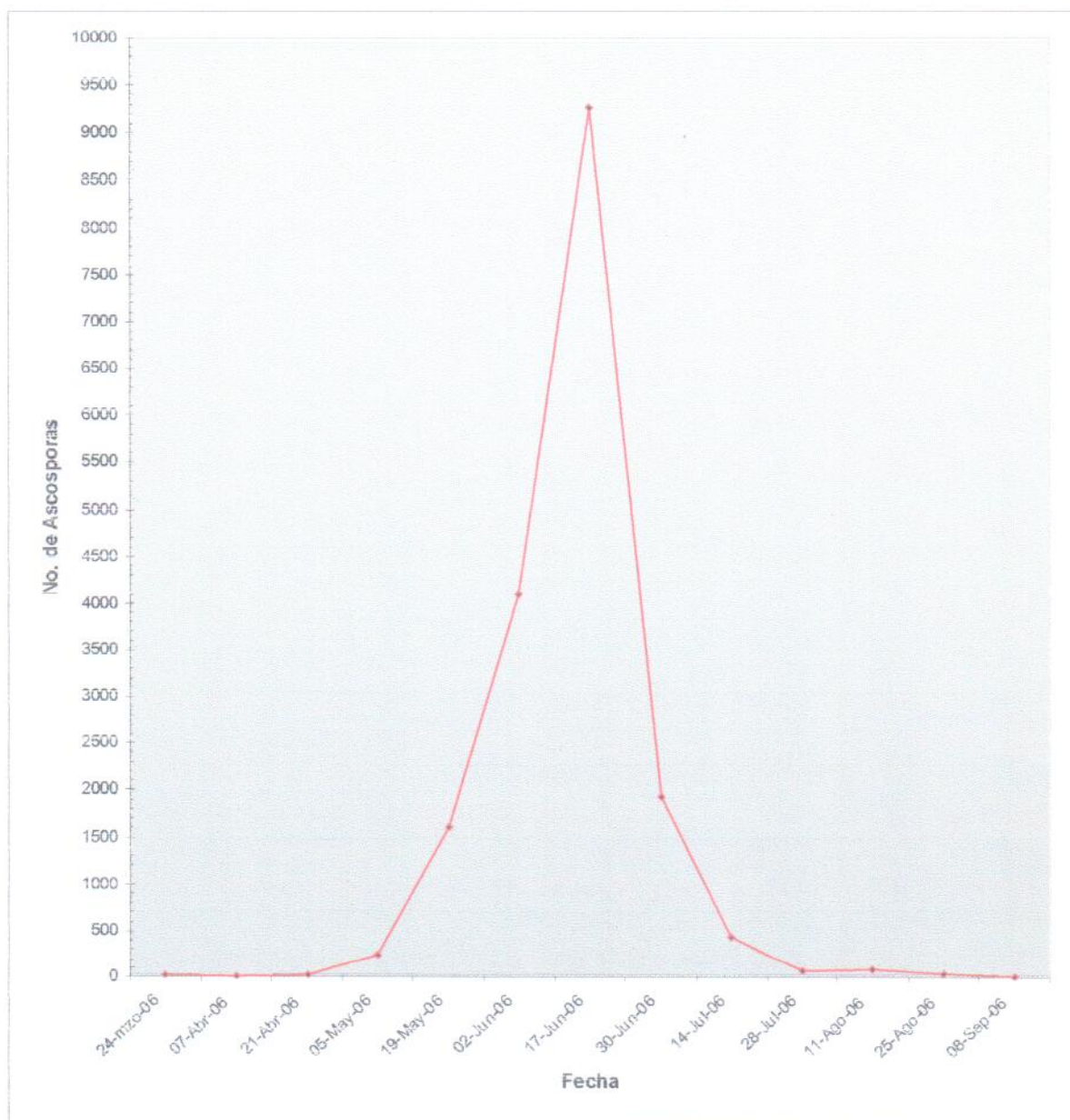


Figura 16. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo observada en el Rancho "Tres Encinos", Valle de Bravo (Promedio de las trampas muestreadas en el área sin tratamiento).

5.2. Relación de los factores ambientales con la esporulación

Conjuntado los datos de esporulación con datos de precipitación y temperatura (Cuadro 4) se obtuvo lo observado en las Figuras 17 y 18. En estas gráficas se puede ver que hay una estrecha relación entre la esporulación y la precipitación. En

el momento de las primeras lluvias, comienza a reaccionar la esporulación. El pico que se nota en la gráfica de precipitación (7 abril), es el que da la pauta para que comience a elevarse dicha esporulación, posteriormente al 5 de mayo se registra un incremento de la precipitación (hasta 12 mm en promedio), lo que hace que se active significativamente la liberación de ascosporas.

Por otro lado también se nota que antes de que se presente la máxima precipitación promedio, la liberación de ascosporas ya alcanzó su mayor nivel, esto se da el 17 de junio, y el máximo nivel de precipitación se da hasta el día 28 de julio, cuando la liberación de ascosporas esta descendiendo significativamente.

Con relación a la temperatura, la esporulación se presenta cuando esta comienza a descender, se observa en la Figura 18 que los meses más calurosos son de marzo a mayo, el 19 de mayo se registra un incremento de la temperatura media promedio, que coincide con el periodo de incremento de lluvia, lo que ocasiona que para los siguientes meses la temperatura descienda por la humedad, y es cuando la esporulación alcanza su máximo incremento.

Cuadro 4. Datos de precipitación y temperatura tomados en periodos de dos semanas (datos tomados en el rancho "Tres Encinos").

Periodo	Precipitación Promedio (mm)	Temperatura media promedio (°C)
10-Mar-06 al 23-Mar-06	0	12
24-Mar-06 al 06-Abr-06	1	14
07-Abr-06 al 20-Abr-06	0	14
21-Abr-06 al 04-May-06	12	15
05-May-06 al 18-May-06	3	18
19-May-06 al 01-Jun-06	5	14
02-Jun-06 al 15-Jun-06	7	13
16-Jun-06 al 29-Jun-06	9	12
30-Jun-06 al 13-Jul-06	9	14
14-Jul-06 al 27-Jul-06	15	15
28-Jul-06 al 10-Ago-06	11	14
11-Ago-06 al 24-Ago-06	9	13
25-Ago-06 al 07-Sep-06	12	13

Los datos totales de precipitación se encuentran registrados en el Anexo 2

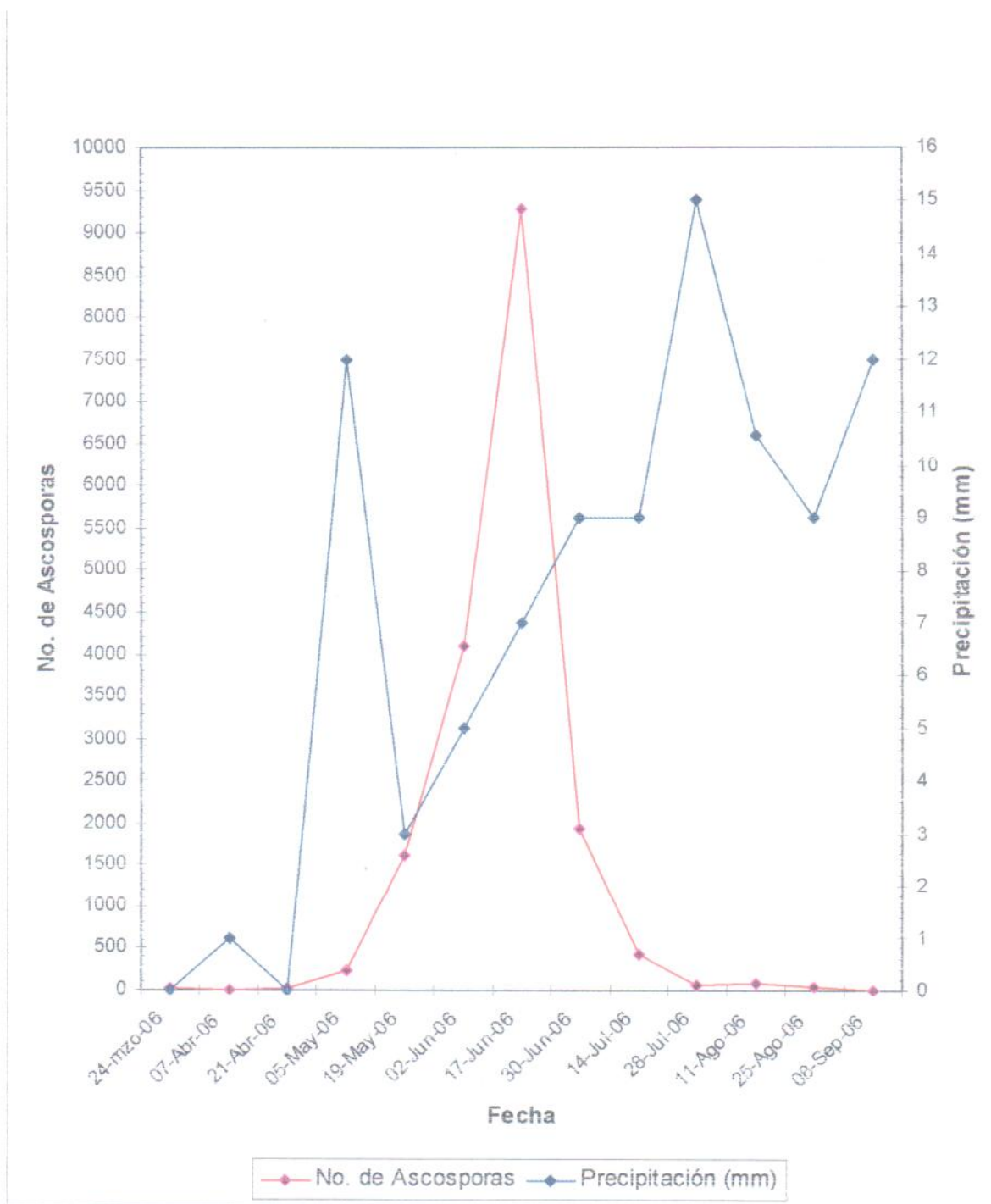


Figura 17. Correlación existente entre la precipitación promedio de cada dos semanas, con la esporulación del tizón suizo.

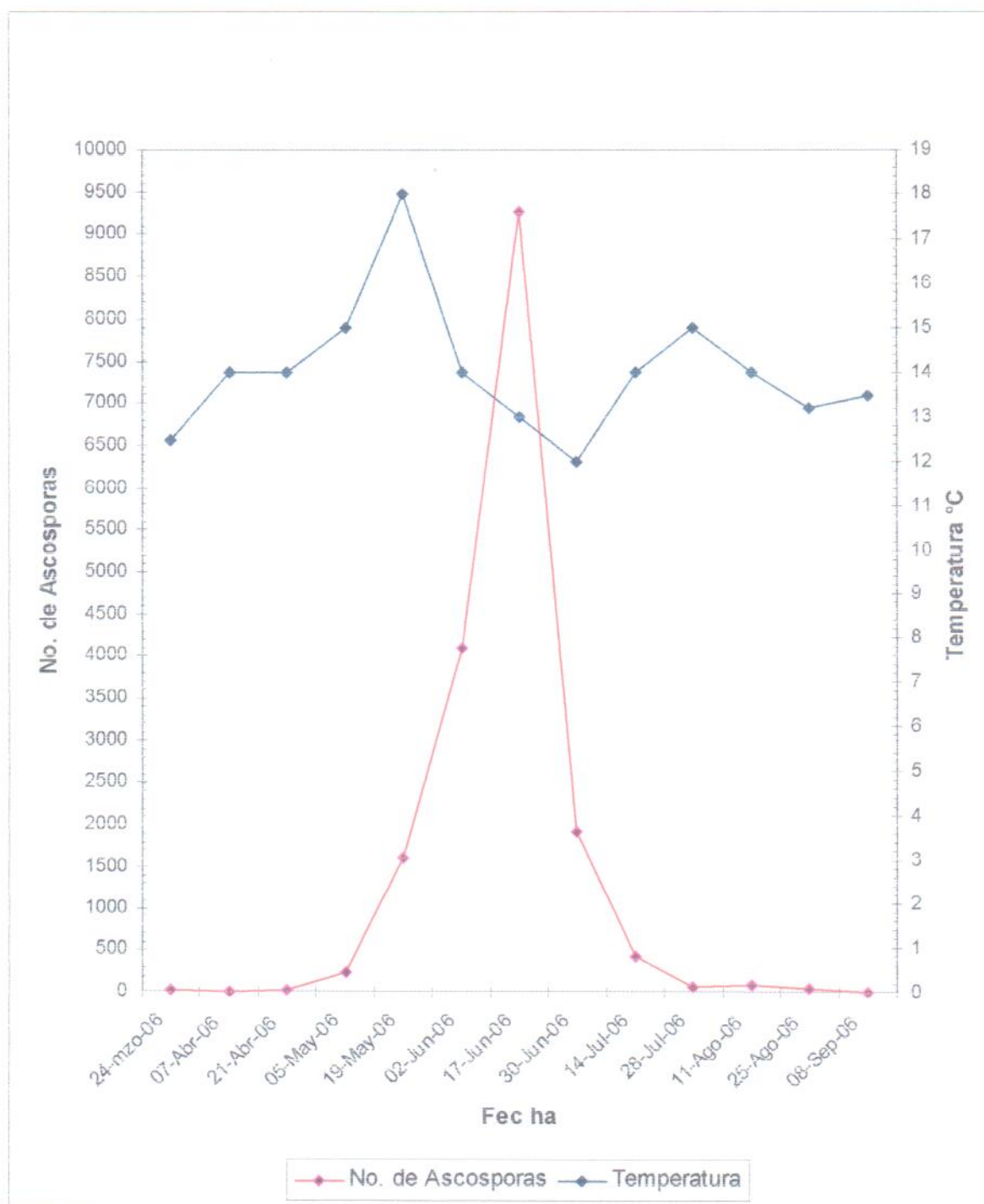


Figura 18. Correlación existente entre la temperatura media promedio de cada dos semanas, con la esporulación del tizón suizo.

5.3. Seguimiento de la sintomatología

Como se mencionó en la metodología, los datos registrados para el seguimiento de la sintomatología no fueron tomados para procesos cuantitativos, sino solamente para dar una referencia cualitativa de lo que sucede con la enfermedad en campo. No se siguieron procesos estadísticos ni metodologías de muestreo para el seguimiento de síntomas.

5.3.1. Datos respecto al número de hojas

El número de hojas muestreado en ramillas de nuevos brotes y ramillas de un año, no fue un dato significativo, pero si revelan que existe una pérdida de acículas, no precisamente debido a agentes patógenos, sino también a factores ambientales, como lluvia, granizo, viento y por la utilización de maquinaria agrícola que ocasiona daños mecánicos a los árboles. Solo en ramillas de segundo año, se puede afirmar que el porcentaje de pérdida de acículas esta relacionado de alguna forma con el tizón suizo, esto debido a que en estas ramillas existe un menor daño por los factores antes mencionados pero hay una reincidencia de la enfermedad.

Los datos que se encuentran en el Cuadro 5 muestran el porcentaje relativo de pérdida de acículas en nuevos brotes, ramillas de uno y dos años de edad.

Debe tomarse en cuenta que a la hora de realizar el conteo en las ramillas (5cm) en el mes de junio, ya no se tenían el total de acículas, por lo que se partió del número de acículas que tuviera en el momento del conteo y en base a eso se saco el porcentaje. Solo para el caso de las ramillas de segundo año se tomo en cuenta un promedio del número de acículas total (en los 5 cm.), contando las cicatrices de las hojas caídas, esto resulto de 63 hojas en promedio, por lo que el porcentaje se obtuvo en base a este número.

En la Figura 19 se puede observar que para las ramillas de dos años de edad puede existir la pérdida desde un 5 % hasta 25 %, y en algunos casos hasta un 50 % de las

acículas (en 5 cm.) en un periodo de medio año, ya que los datos se tomaron de junio a diciembre. Los datos generales de sintomatología se encuentran en el Anexo 3.

Un análisis más específico de la retención de follaje, nos lleva a establecer parámetros más precisos en cuanto a la pérdida de acículas, tanto en tiempo como en número, sin embargo, en este trabajo solo se buscó caracterizar los síntomas de la enfermedad.

5.3.2. Datos respecto al número de hojas infectadas (presencia de pseudotecios)

Los datos del número de hojas infectadas nos indican en que periodo comenzaron a emerger los cuerpos fructíferos en las acículas, sobre todo es posible verlo en los nuevos brotes. En las acículas más viejas de uno y dos años hay una reinfección, sin embargo, no se puede precisar en qué periodo comienza la reinfección o si los nuevos cuerpos fructíferos emergen antes o después.

En las acículas de los nuevos brotes la infección comenzó a notarse principalmente en tres fechas 8, 22 septiembre y el 11 octubre, cuando los cuerpos fructíferos comenzaron a desarrollarse en las hojas, estos cuerpos fructíferos solo se lograron ver con ayuda de una lupa. En las Figuras 20 y 21 se observa el incremento del número de hojas infectadas; tanto que, para el mes de diciembre los nuevos brotes ya están con más del 50 % de sus hojas con presencia de pseudotecios.

En las ramillas de uno y dos años de edad se presenta una reinfección, debido a que se encontraron acículas en las cuales aparentemente no había presencia de pseudotecios, pero la infección esta latente, y con la liberación de las nuevas esporas se comienza un nuevo ciclo en estas hojas, manifestándose principalmente en el periodo de mayor humedad.

Cuadro 5. Datos del porcentaje relativo de pérdida de acículas, de junio a diciembre de 2006 en nuevos brotes, ramillas de uno y dos años de edad

Porcentaje de pérdida de acículas en nuevos brotes																
Ramilla 1NR	Ramilla 1SR	Ramilla 2NR	Ramilla 2SR	Ramilla 3NR	Ramilla 3SR	Ramilla 4NR	Ramilla 4SR	Ramilla 5NR	Ramilla 5SR	Ramilla 6NR	Ramilla 6SR	Ramilla 7NR	Ramilla 7SR	Ramilla 8NR	Ramilla 8SR	Ramilla 9NR
22	23	8	3	1	25	2	22	38	20	11	12	14	19	1	4	4
8																8
Porcentaje de pérdida de acículas en ramillas de un año de edad																
Ramilla 1N1	Ramilla 1S1	Ramilla 2N1	Ramilla 2S1	Ramilla 3N1	Ramilla 3S1	Ramilla 4N1	Ramilla 4S1	Ramilla 5N1	Ramilla 5S1	Ramilla 6N1	Ramilla 6S1	Ramilla 7N1	Ramilla 7S1	Ramilla 8N1	Ramilla 8S1	Ramilla 9N1
8	22	8	21	0	39	100	98	33	43	12	25	83	41	39	33	55
																34
Porcentaje de pérdida de acículas en ramillas de dos años de edad																
Ramilla 1N2	Ramilla 1S2	Ramilla 2N2	Ramilla 2S2	Ramilla 3N2	Ramilla 3S2	Ramilla 4N2	Ramilla 4S2	Ramilla 5N2	Ramilla 5S2	Ramilla 6N2	Ramilla 6S2	Ramilla 7N2	Ramilla 7S2	Ramilla 8N2	Ramilla 8S2	Ramilla 9N2
8	2	10	11	11	25	0	25	30	11	10	17	56	49	6	3	10
																10

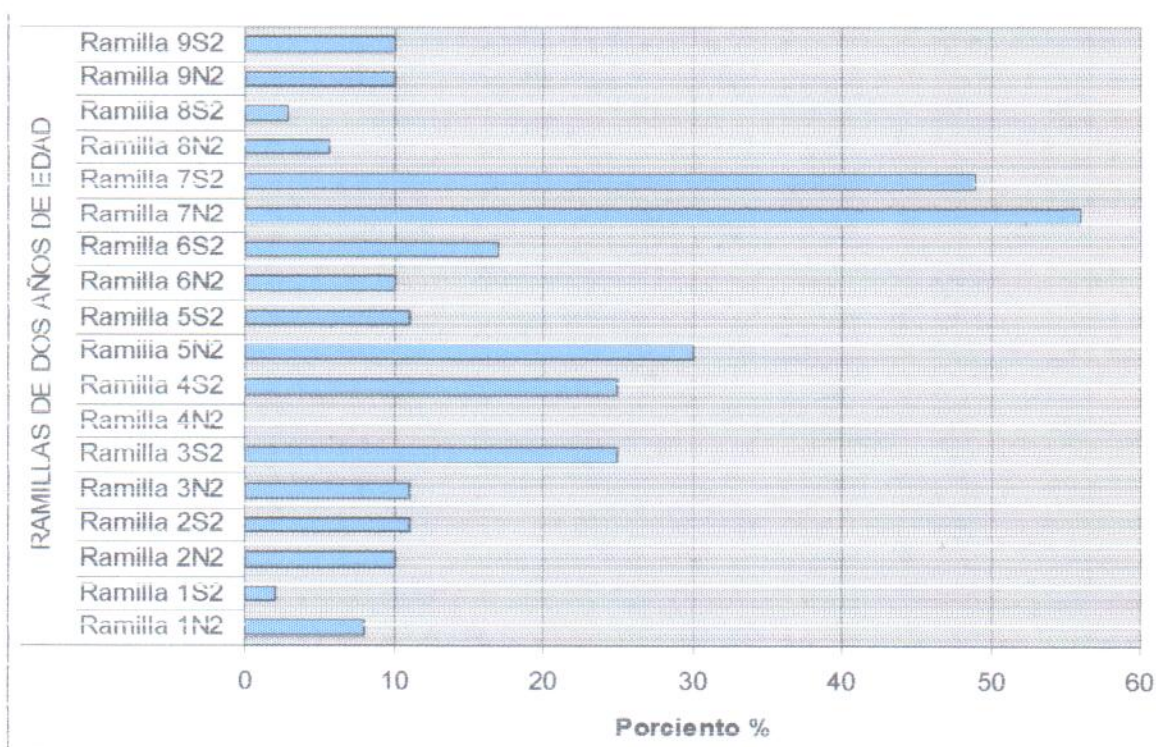


Figura 19. Porcentaje de pérdida de acículas de junio a diciembre de 2006 en ramillas de segundo año.

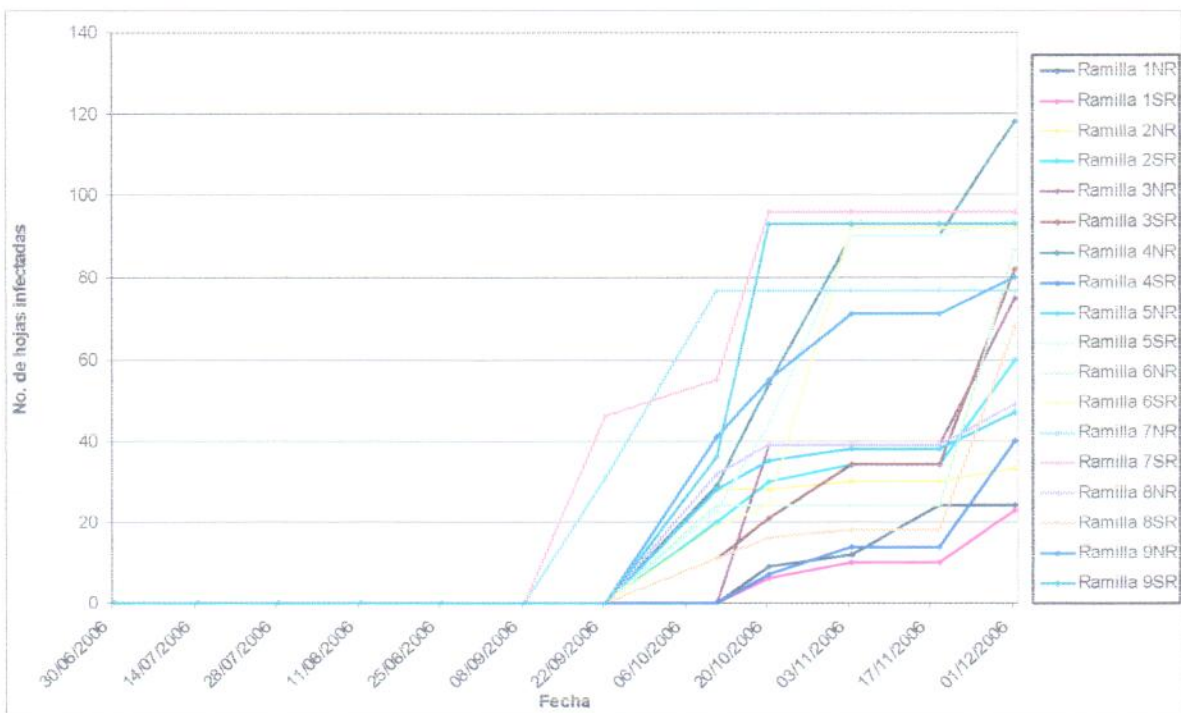


Figura 20. Periodos en el que inicio la infección en las hojas de los nuevos brotes, se observan tres fechas principales, 8 y 22 septiembre, y 11 de octubre de 2006.

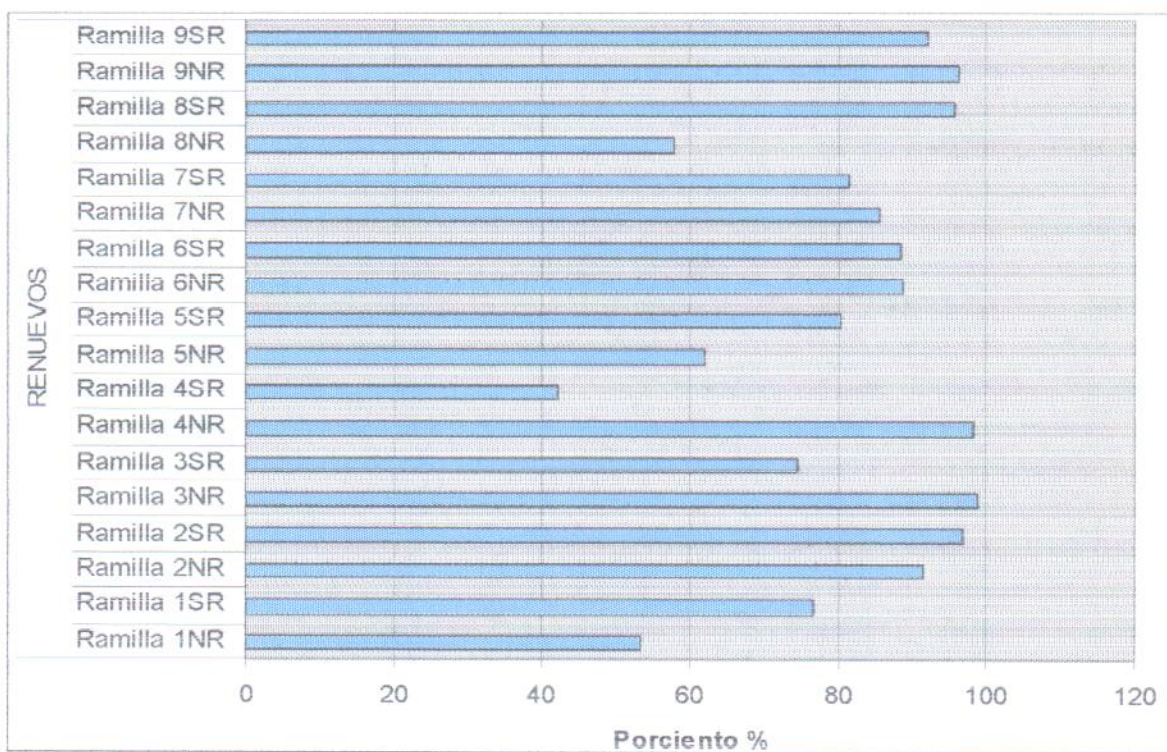


Figura 21. Porcentaje de infección de acículas de nuevos brotes de junio a diciembre de 2006 (en 5 centímetros).

5.3.3. Nivel de infección

El nivel de infección se tomó en base a una tabla elaborada con acículas, donde se estableció un porcentaje de pseudotecios que podían presentar las acículas. El nivel de infección se evaluó en todas las ramillas.

En el caso de los nuevos brotes se manifestó la emergencia de pseudotecios a finales de septiembre, pero estos eran solamente visibles con una lupa (14x); para mediados de octubre se pudo usar la tabla, ya que los pseudotecios eran más evidentes y a simple vista en el envés de las hojas se notaban un polvo muy fino. En la Figura 22 se observa que a partir de octubre comienza a registrarse un nivel de infección de 1 en los nuevos brotes. Para diciembre muchos de los nuevos brotes ya alcanzaban un nivel de 2. En la Figura 23, se muestran hojas que fueron colectadas en diciembre y en las cuales se nota claramente la presencia de los pseudotecios.

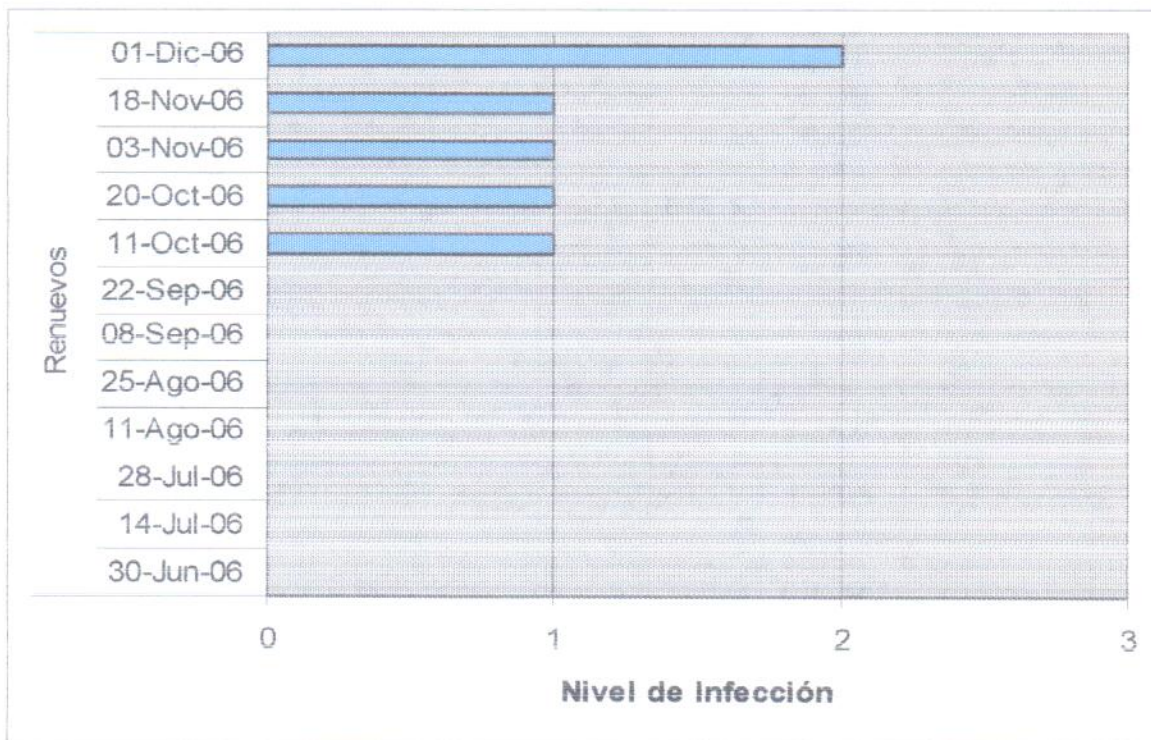


Figura 22. Niveles de infección en nuevos brotes, presentados a través del tiempo desde junio a diciembre de 2006.



Figura 23. Hojas de nuevos brotes, con presencia de pseudotecios en diciembre de 2006.

Para el caso de las ramillas de uno y dos años de edad se encontró que a la hora de la primera toma de datos (30 junio), las acículas presentaban diferentes niveles de infección desde 3 a 5, pero en su mayoría de tres.

Para diciembre la mayoría de estas ramillas alcanzaron niveles de 4 y en algunos casos hasta de 5. En las Figuras 24 y 25 se muestra el nivel de infección que fueron presentando las ramillas de uno y dos años a partir de junio hasta diciembre, este es un dato promedio.

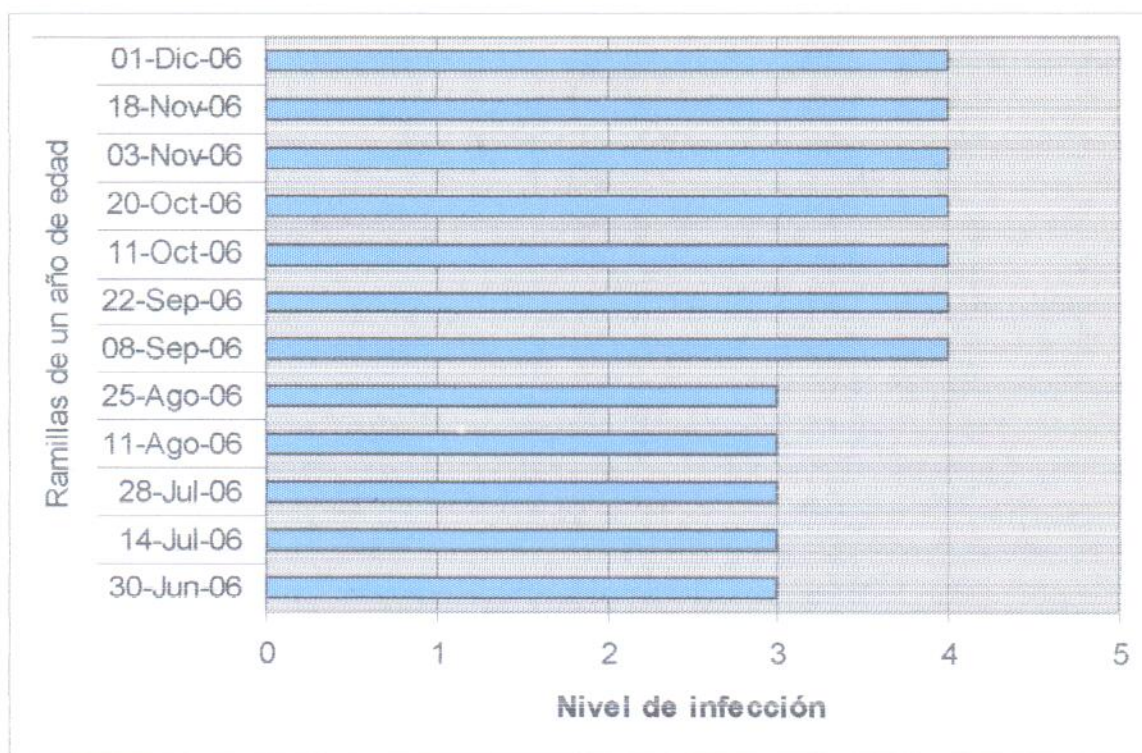


Figura 24. Niveles de infección que fueron presentando las ramillas de un año de edad, a partir de junio hasta diciembre de 2006.

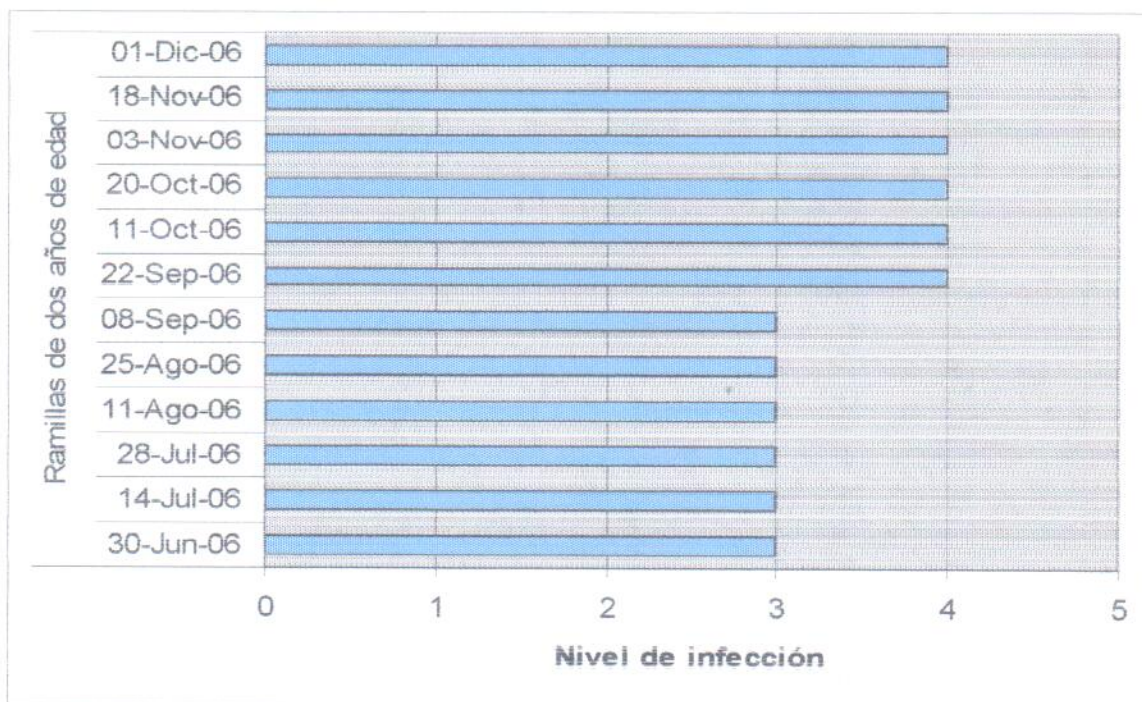


Figura 25. Niveles de infección que fueron presentando las ramillas de dos años de edad a partir de junio hasta diciembre de 2006.

5.3.4. Coloración de follaje

La coloración nos indica la reacción del follaje a la infección, sin embargo, en este caso fue un dato muy ambiguo, debido a que fue un periodo muy corto para lograr ver los cambios de coloración en las acículas.

En general solo en acículas de uno y dos años, se encontraron coloraciones de follaje entre amarillo y violáceo. En acículas de ramillas mas viejas (3 o 4 años) la coloración fue de un tono café o marrón (Figura 26).



Figura 26. Coloración de las acículas, desde verde, amarillo, violáceo y marrón.

5.4 Caracterización de la enfermedad en laboratorio

De las preparaciones de *Phaeocryptopus gaeumannii* que se elaboraron en laboratorio, se obtuvieron datos de medición de pseudotecios, ascas y ascosporas, estos datos se muestran en el Cuadro 6.

Los pseudotecios son muy pequeños de color negro y midieron (44-) 65 (-96) μm de diámetro, las ascas se encontraron de 21 x 8 μm , sin embargo, este dato no es preciso debido a que las ascas se mostraban en su mayoría en forma irregular, no obstante se observó que eran bitunicadas y se encontraron 8 ascosporas por asca. Las ascosporas median 9 -12 x 3 - 5 μm , con un septo casi en el centro, por lo cual estas eran biceluladas (Figura 27).

En las preparaciones realizadas se halló que existe maduración de los pseudotecios desde el mes de febrero, por lo que en marzo y abril los pseudotecios solo están esperando el comienzo del periodo de humedad para liberar las ascosporas.

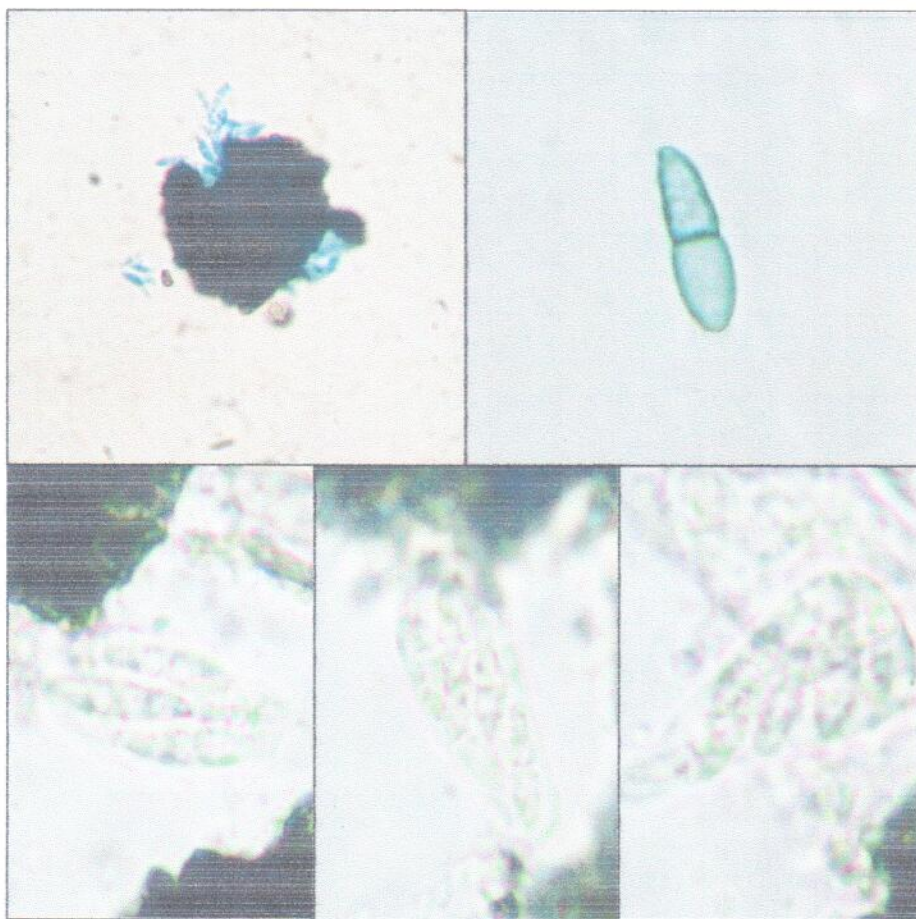


Figura 27. Pseudotecios, ascas y ascosporas de tizón suizo, vistas en las preparaciones.

Cuadro 6. Datos de la medición de pseudotecios ascas y ascoporas de tizón suizo.

No.	Diámetro de pseudotecios (um) (40x)	Ascas (40x)			Ascoporas (100x)	
		No. de ascoporas	Largo (um)	Ancho (um)	Largo (um)	Ancho (um)
1	60	8	26	9	12	4
2	51	8	18	13	10	3
3	61	8	28	13	11	3
4	82	8	23	13	13	4
5	68	8	17	13	12	4
6	70	8	35	12	11	3
7	56	8	26	10	12	3
8	96	8	28	10	13	4
9	58	8	20	9	14	4
10	68	8	17	13	13	3
11	72	8	23	12	10	3
12	50	8	19	12	9	3
13	51	8	22	8	11	4
14	44	8	23	10	12	4
15	47	8	18	6	13	4
16	58	8	22	12	12	3
17	52	8	19	10	13	3
18	58	8	17	9	12	4
19	77	8	18	8	11	3
20	60	8	19	6	11	3
21	86	8	19	9	11	3
22	77	8	24	10	11	3
23	58	8	20	9	12	3
24	55	8	28	10	12	3
25	70	8	18	6	13	3
26	64	8	22	9	13	3
27	82	8	22	8	11	3
28	68	8	23	9	9	3
29	51	8	17	9	11	3
30	52	8	20	9	13	4
31	65	8	23	9	12	3
32	69	8	19	6	11	4
33	59	8	20	8	14	4
34	70	8	19	5	11	3
35	78	8	22	10	13	3
36	64	8	22	9	14	3
37	83	8	18	6	11	3
38	60	8	20	12	12	3
39	56	8	19	9	11	3
40	65	8	19	8	14	3
41	59	8	17	8	13	3
42	73	8	15	5	11	3
43	63	8	17	5	11	3
44	67	8	15	8	10	3
45	70	8	18	8	10	3
46	64	8	18	6	10	3
47	69	8	22	6	13	3
48	77	8	22	8	15	4
49	51	8	22	8	14	4
50	64	8	26	8	13	3

Cuadro 6. Continuación...

No.	Diámetro de pseudotecios (um) (40x)	Ascas(40x)			Ascosporas (100x)	
		No. de ascosporas	Largo (um)	Ancho (um)	Largo (um)	Ancho (um)
51	61	8	27	9	12	3
52	64	8	23	6	13	3
53	58	8	26	12	12	4
54	72	8	24	8	11	3
55	88	8	22	8	14	4
56	58	8	24	9	9	3
57	52	8	20	9	13	4
58	73	8	23	8	13	4
59	60	8	26	8	12	3
60	59	8	28	9	14	4
61	67	8	26	12	10	3
62	55	8	26	8	10	3
63	69	8	19	6	11	4
64	60	8	22	10	13	4
65	61	8	22	8	14	3
66	59	8	19	9	10	4
67	65	8	26	8	15	5
68	69	8	17	9	12	3
69	72	8	18	8	13	3
70	56	8	17	8	10	3
71	59	8	23	9	10	3
72	58	8	22	6	9	4
73	59	8	22	8	10	4
74	58	8	17	6	11	4
75	70	8	17	6	12	4
76	58	8	22	6	12	4
77	77	8	19	6	11	3
78	58	8	14	6	11	3
79	61	8	18	12	12	3
80	51	8	19	9	11	3
81	65	8	18	9	11	3
82	77	8	18	6	10	3
83	70	8	20	6	12	3
84	73	8	13	6	11	4
85	60	8	19	10	11	3
86	70	8	18	8	10	3
87	70	8	18	8	14	3
88	77	8	19	6	13	3
89	77	8	17	6	12	3
90	70	8	18	8	12	3
91	81	8	19	6	12	3
92	65	8	17	9	12	3
93	70	8	22	8	14	3
94	64	8	18	5	12	3
95	72	8	15	9	10	3
96	68	8	20	10	13	4
97	68	8	23	9	14	4
98	70	8	19	8	13	3
99	83	8	24	8	11	3
100	59	8	29	8	12	3
$\bar{x}$	65	8	21	8	12	3

En cuanto al aislamiento de la enfermedad *In Vitro*, se obtuvo una cepa que es parecida a la reportada de tizón suizo. Esta cepa es de un color verdoso a gris oscuro, al inicio con una leve coloración blanca en el centro, no se halló la formación de conidios ni de ningún otro tipo de estructura (Figura 28).

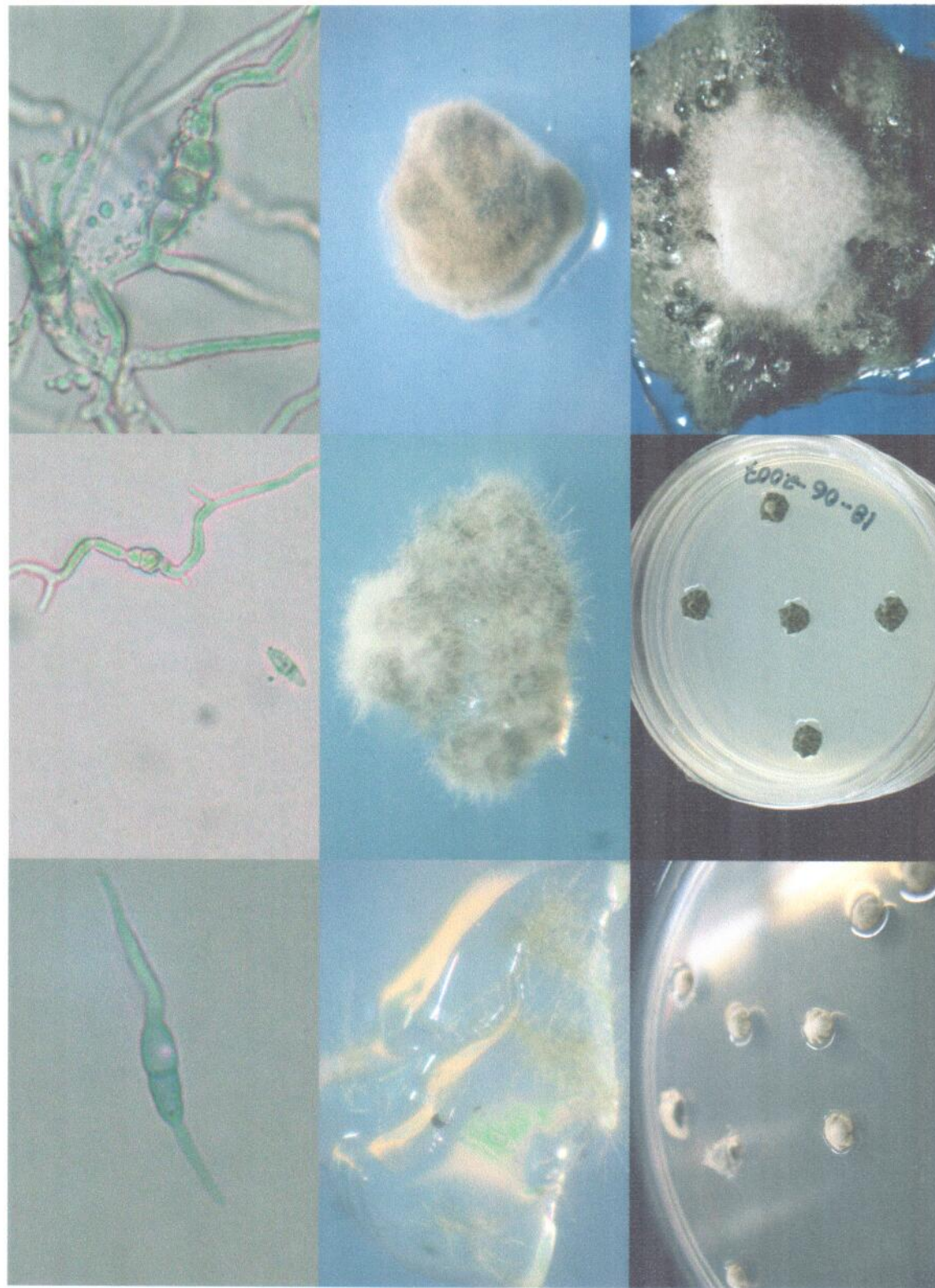


Figura 28. Desarrollo de la colonia de *Phaeocryptopus gaeumannii*, a partir de la esporulación inducida en agua agar.

5.5. Valoración del control

Se observaron datos significativos en cuanto al control del tizón suizo, tanto en la liberación de ascosporas como en el seguimiento de la sintomatología.

El trapeo de ascosporas en el área tratada, se llevo a la par con el muestreo de esporas en el área sin tratamiento, se estableció el 10 de marzo de 2006 y se revisó por periodos de dos semanas. En cada periodo se revisaron 6 trampas, los datos obtenidos del muestreo en el área con tratamiento se encuentran integrados en el Anexo 1.

En el Cuadro 7 se muestra el número de ascosporas que se encontró por trampa y por fecha y la media poblacional por fecha. En la Figura 29 se puede observar el comportamiento de la esporulación de tizón suizo en el área donde se realizó el tratamiento.

Se puede ver que la esporulación se da también en el periodo de humedad, sin embargo, la captura a través del tiempo no siguen una misma tendencia. La trampa 5 alcanza su máximo nivel de captura el 2 de junio (125 ascosporas), la trampa 6 el 17 de junio (909 ascosporas), las trampas 1, 3 y 4 lo alcanzan el 30 de junio (307, 1091 y 2091 ascosporas respectivamente), y la trampa 2 hasta el 14 de julio.

Realizando un promedio de todas las trampas por fecha, se puede observar en la Figura 30 que se alcanza un máximo nivel el día 30 de junio con un número de ascosporas de 650.

Respecto a la sintomatología registrada de junio a diciembre en el área con aplicación de fungicida, se muestran datos interesantes, sobre todo en el porcentaje de hojas infectadas y el nivel de infección que se alcanza al final del periodo de evaluación.

Cuadro 7. Número de ascosporas de tizón suizo capturadas por trampa y la media poblacional por fecha, en el área con tratamiento de Daconil.

FECHA	TRAMPA 1	2	3	4	5	6	Media poblacional
24-mar-06	11	11	0	11	23	11	11
07-abr-06	23	11	0	0	0	0	6
21-abr-06	0	23	11	0	0	0	6
05-may-06	45	11	45	91	0	34	38
19-may-06	45	68	0	11	80	159	61
02-jun-06	91	68	34	114	125	386	136
17-jun-06	273	34	784	1193	114	909	551
30-jun-06	307	57	1091	2091	23	330	650
14-jul-06	193	295	261	773	114	534	362
28-jul-06	57	23	11	125	68	45	55
11-ago-06	11	45	11	34	11	45	27
25-ago-06	0	0	23	34	57	23	23
08-sep-06	11	0	0	0	0	11	4

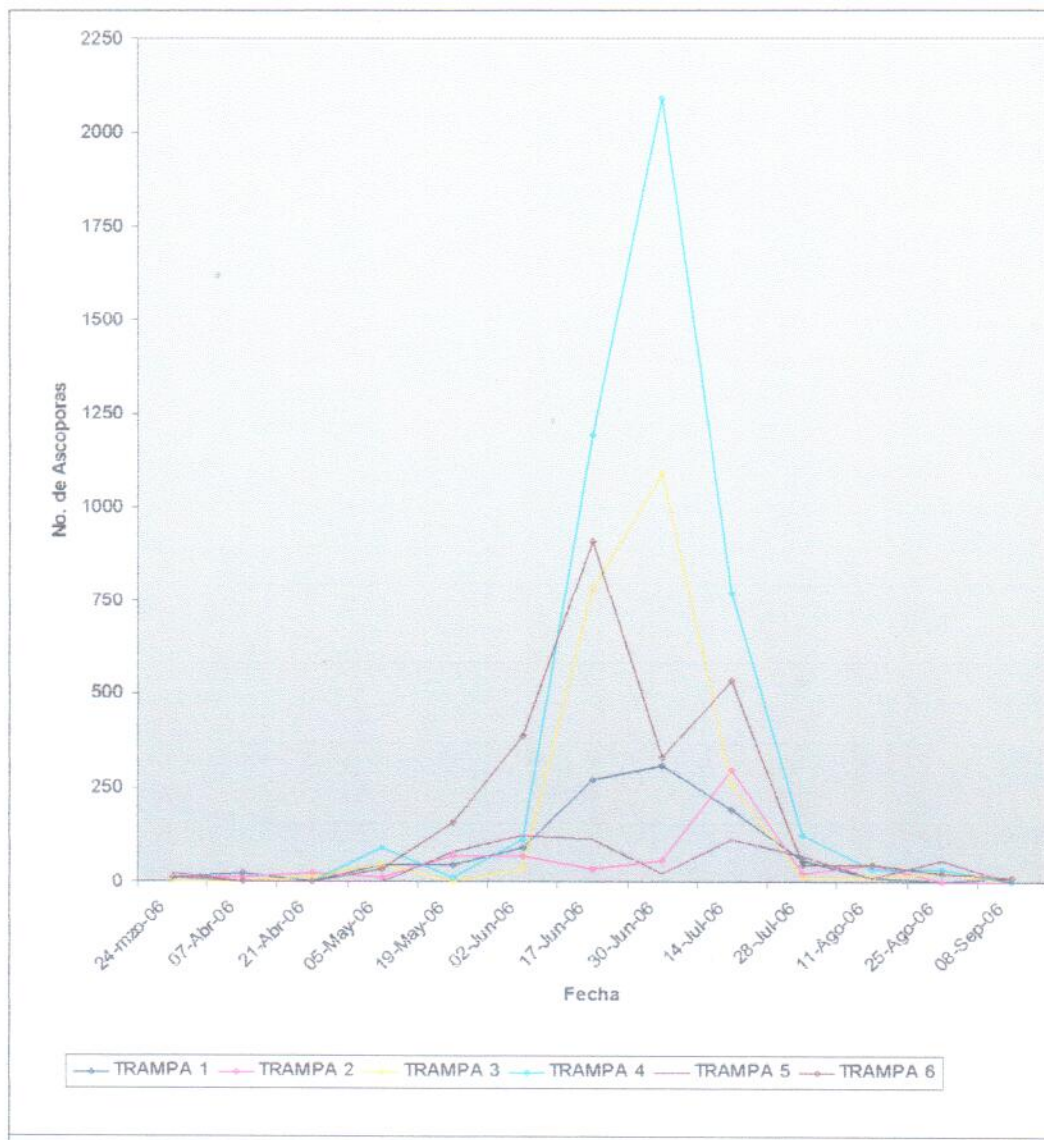


Figura 29. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo observada en el Rancho Tres Encinos, Valle de Bravo (Total de trampas muestreadas en el área con tratamiento).

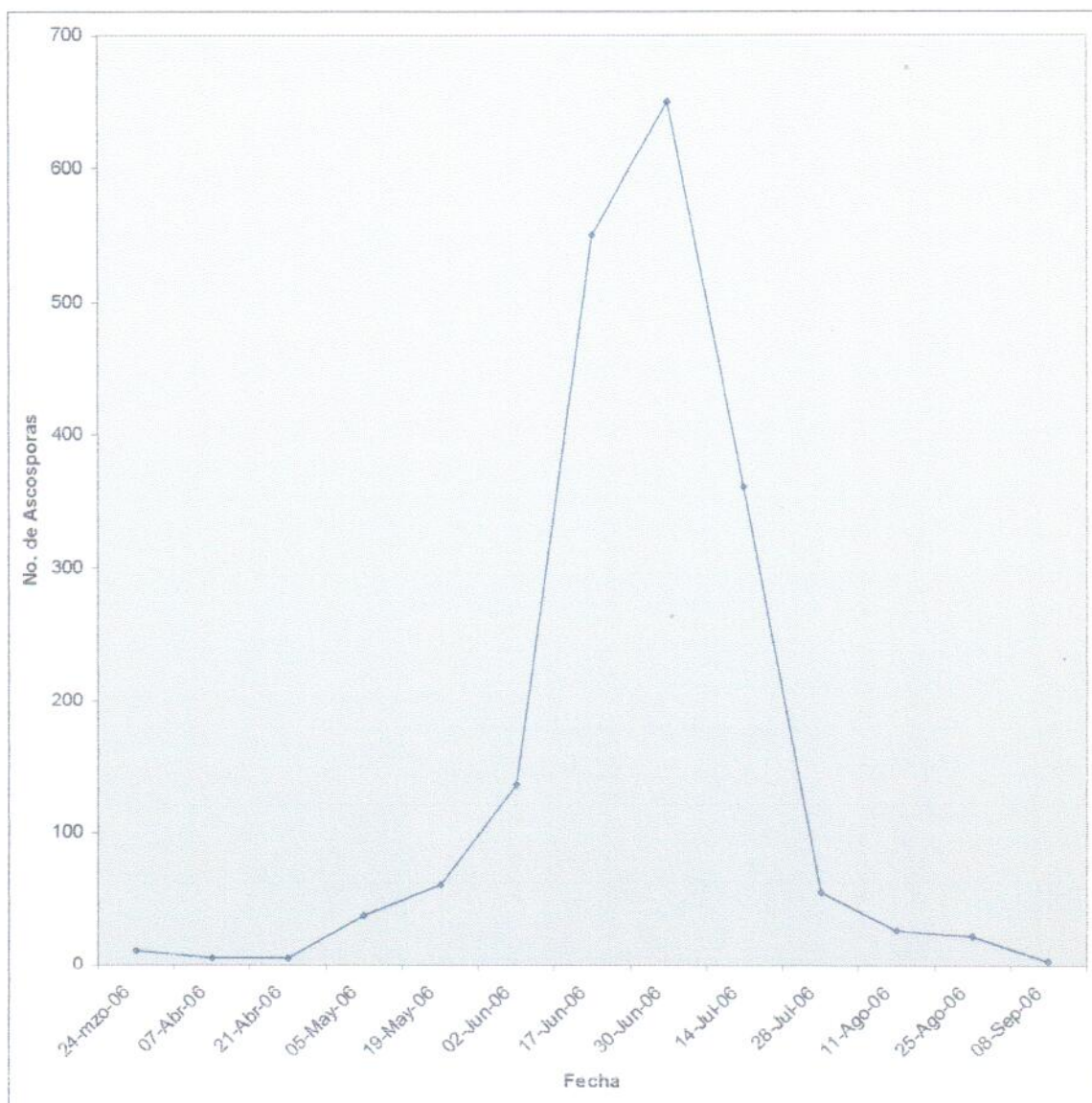


Figura 30. Comportamiento de la esporulación de tizón suizo observada en el Rancho Tres Encinos, Valle de Bravo (Promedio de las trampas muestreadas en el área con tratamiento).

Como se dijo anteriormente la pérdida de follaje en nuevos brotes y ramillas de un año no es significativa, sobre todo por que se debe a otros factores. Los porcentajes de pérdida de acículas se muestran en el Cuadro 8. La merma de acículas en ramillas de segundo año puede ser más propia y relacionada con el tizón suizo.

Cuadro 8. Datos del porcentaje relativo de pérdida de acículas en nuevos brotes, ramillas de uno y dos años de edad, en el área con tratamiento

Porcentaje de pérdida de acículas en nuevos brotes							
Ramilla 1NR	Ramilla 1SR	Ramilla 2NR	Ramilla 2SR	Ramilla 3NR	Ramilla 3SR	Ramilla 4NR	Ramilla 4SR
23	28	0	0	19	11	2	4
Porcentaje de pérdida de acículas en ramillas de un año de edad							
Ramilla 1N1	Ramilla 1S1	Ramilla 2N1	Ramilla 2S1	Ramilla 3N1	Ramilla 3S1	Ramilla 4N1	Ramilla 4S1
21	4	12	26	53	40	29	7
Porcentaje de pérdida de acículas en ramillas de dos años de edad							
Ramilla 1N2	Ramilla 1S2	Ramilla 2N2	Ramilla 2S2	Ramilla 3N2	Ramilla 3S2	Ramilla 4N2	Ramilla 4S2
3	14	6	21	5	24	10	14

Para el caso de las ramillas de segundo año se tomó en cuenta un promedio del número de acículas total (en los 5 cm.), contando las cicatrices de las hojas caídas, esto resultó de 63 hojas en promedio, por lo que el porcentaje se obtuvo en base a este número. En los nuevos brotes y las ramillas de un año de edad se tomó el número que tenían a la hora del inicio de la toma de datos, y en base a ese número se obtuvo el porcentaje.

En la Figura 31 se puede observar gráficamente la pérdida de acículas en ramillas de 2 años, en algunos casos puede haber una pérdida de mas del 20 % de acículas. Los datos generales de la sintomatología del área con tratamiento encuentran integrados en el Anexo 3.

En relación a la infección de las hojas de los nuevos brotes, esta comenzó a hacerse visible desde el mes de octubre cuando los cuerpos fructíferos comenzaron a desarrollarse en las hojas, estos cuerpos fructíferos solo se lograron ver con ayuda

de una lupa; en la Figura 32 se logra ver como comienza a incrementarse el número de hojas infectadas, se observan tres fechas principales, 22 septiembre, 11 de octubre y 18 de noviembre.

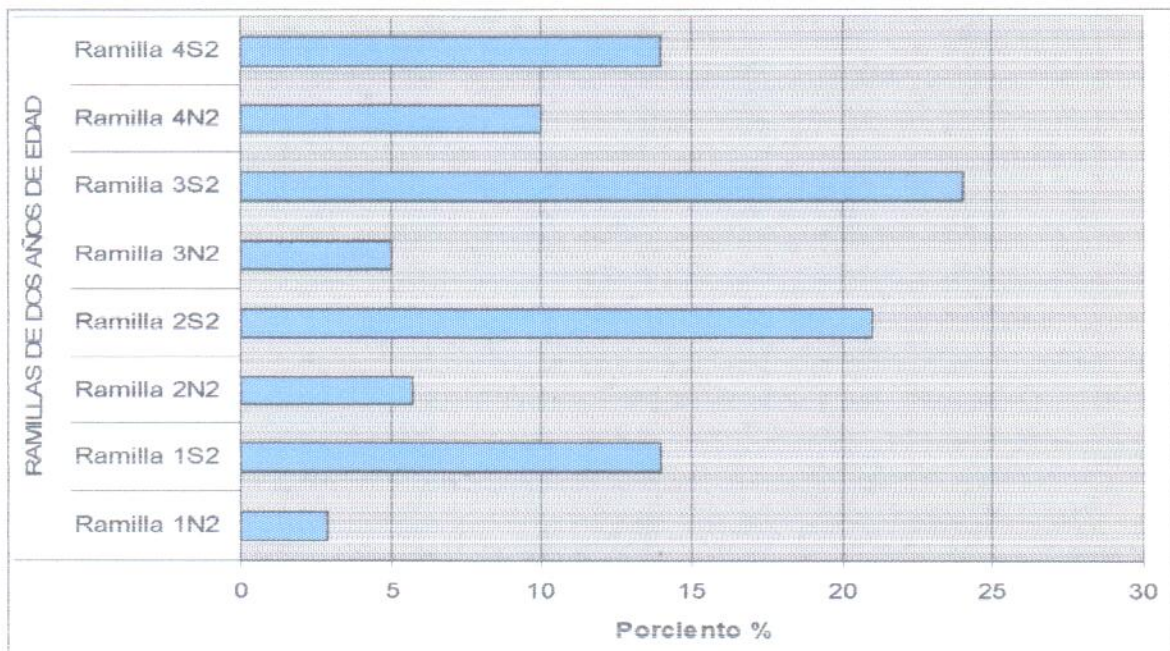


Figura 31. Porcentaje de pérdida de acículas de junio a diciembre de 2006 en ramillas de segundo año en el área con tratamiento.

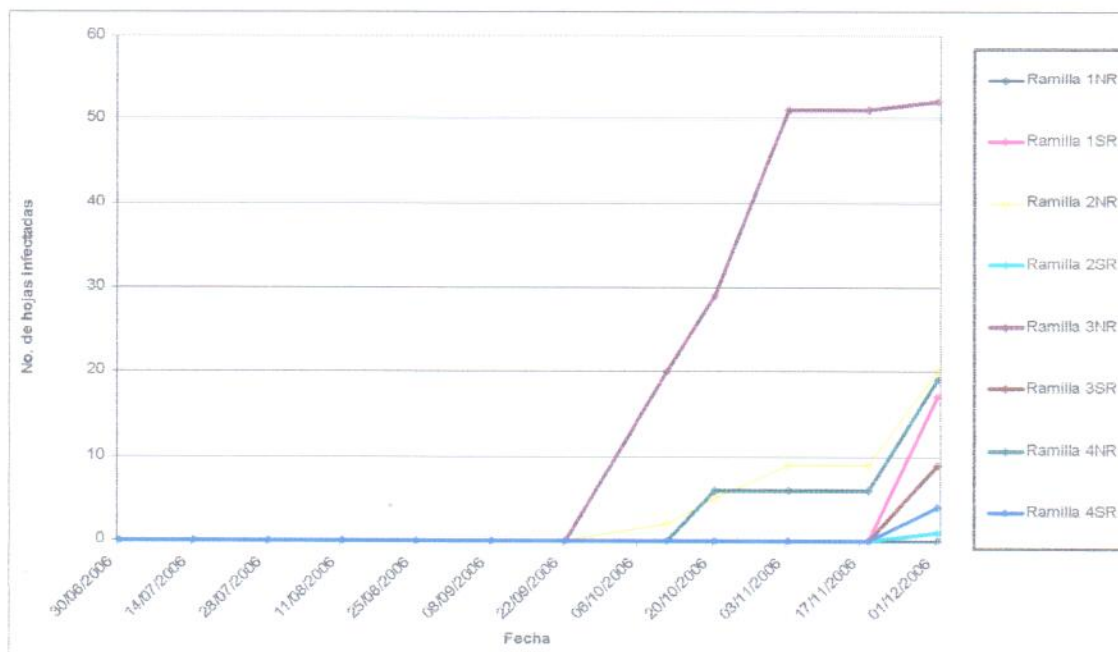


Figura 32. Periodos en el que inicio la infección en las hojas de los nuevos brotes en el área con tratamiento.

En la Figura 33 se observa el porcentaje que representa el número de hojas infectadas para el mes de diciembre, cuando se tomaron los últimos datos. Por ejemplo la ramilla 3NR para el mes de diciembre tenía infectado un 80 % de las acículas.

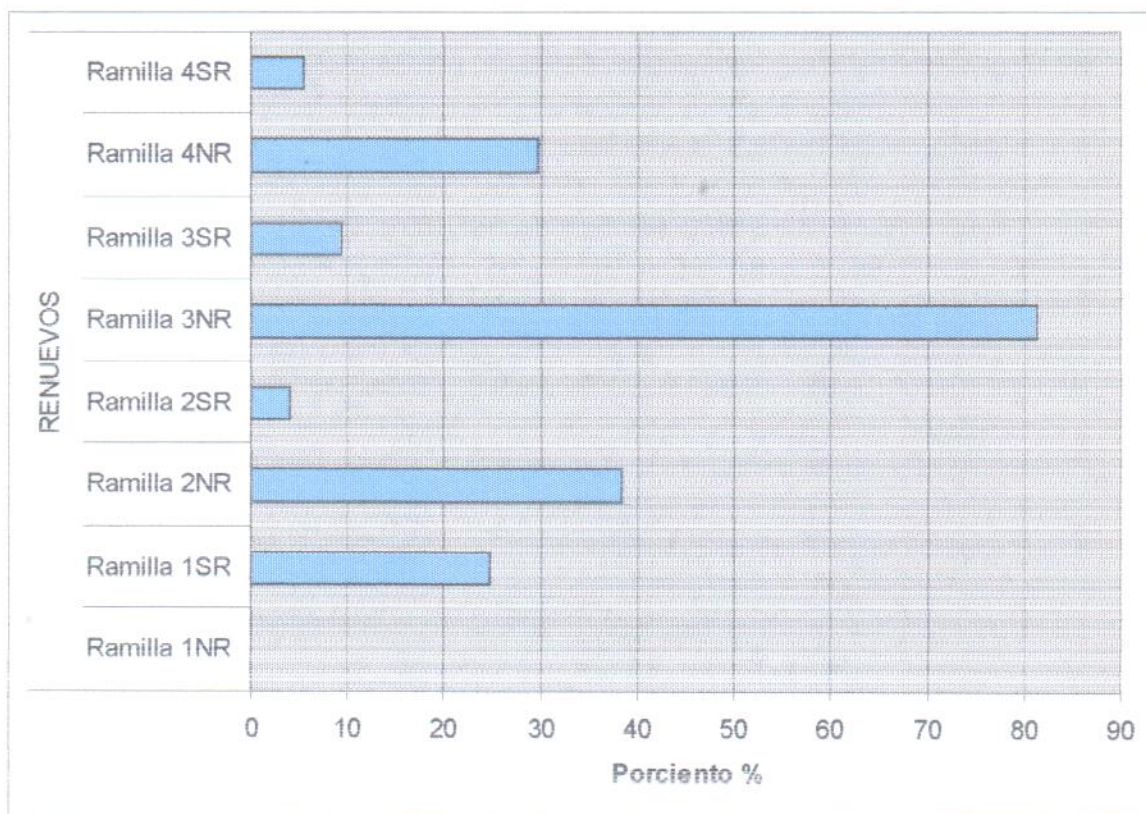


Figura 33. Porcentaje de infección en acículas de nuevos brotes de junio a diciembre de 2006 (en 5 centímetros), en el área con tratamiento.

Cuando comenzaron hacerse visibles los cuerpos fructíferos, se utilizó la tabla de niveles de infección, para mediados de octubre y principios de noviembre estas acículas presentaban en promedio un nivel de 1, que se prolongo hasta diciembre.

En la Figura 34 se observa el nivel de infección que presentaron los nuevos brotes a lo largo del tiempo; y las Figuras 35 y 36 lo muestran para ramillas de uno y dos años de edad. Para diciembre la mayoría de las ramillas de uno y dos años alcanzaron niveles de 4 y en algunos casos hasta de 5.

Los cambios de coloración de follaje no se lograron ver tan exactos, la mayoría de las ramillas presentaron la misma coloración de follaje que se registró en la primera toma de datos. Por lo regular las hojas de segundo año presentaban coloración amarillenta, pero también se registraron árboles que presentaban clorosis pero al parecer por falta de nutrientes.

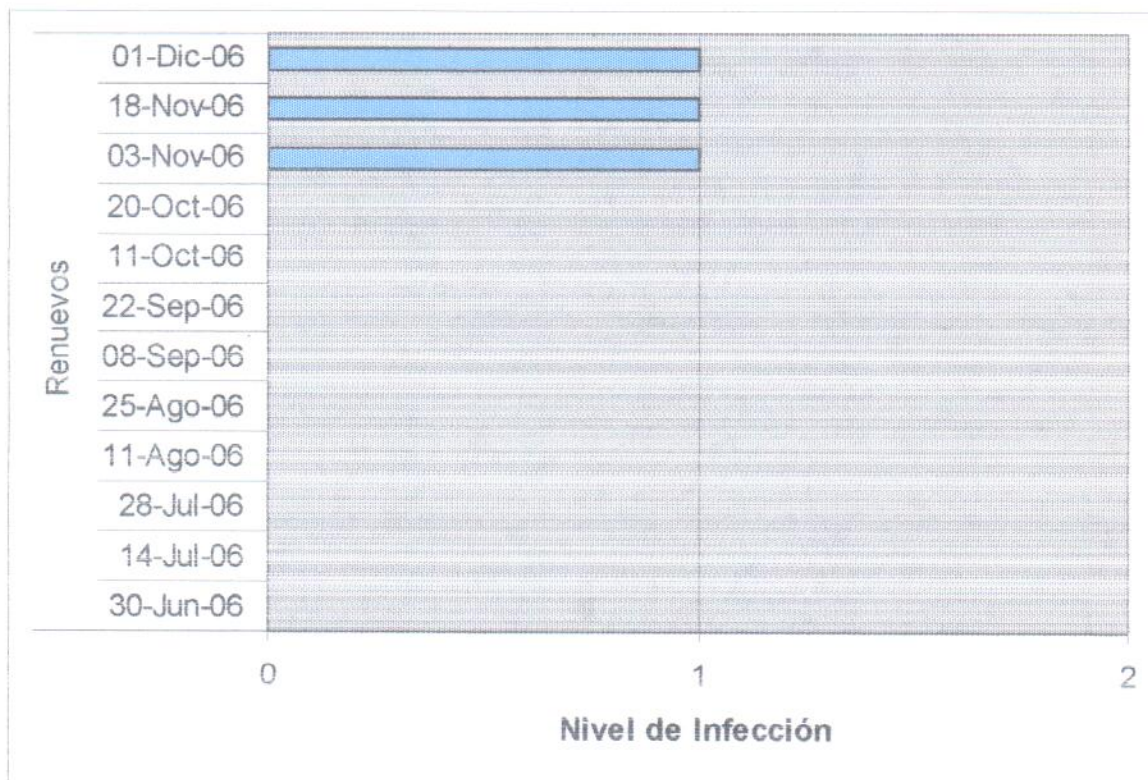


Figura 34. Niveles de infección que se presentaron en los nuevos brotes, a partir de junio a diciembre de 2006, en el área con tratamiento.

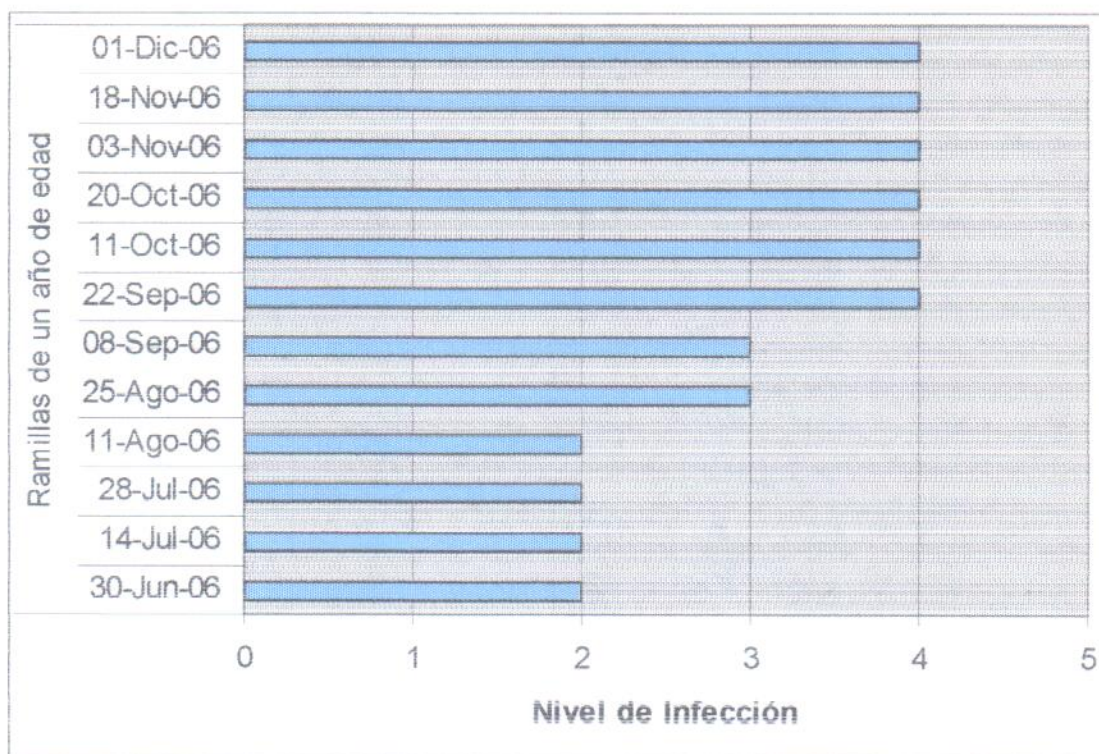


Figura 35. Niveles de infección que se presentaron en las ramillas de un año de edad, a partir de junio hasta diciembre de 2006, en el área con tratamiento.

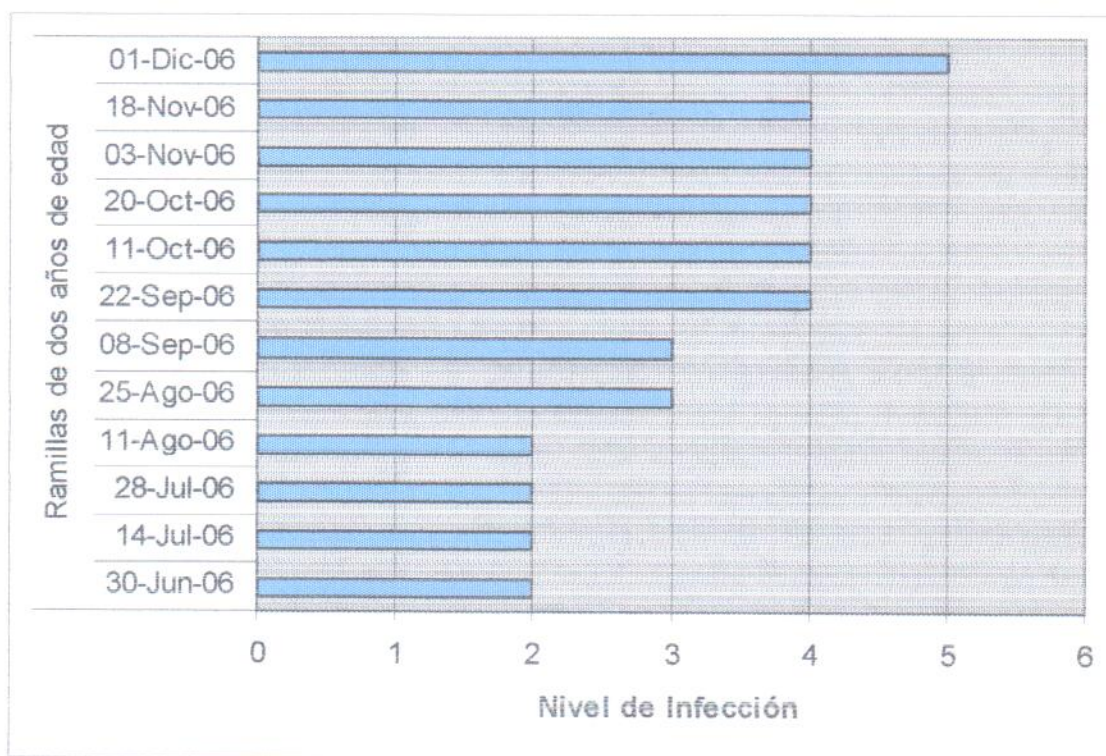


Figura 36. Niveles de infección que se presentaron en las ramillas de dos años de edad, a partir de junio hasta diciembre de 2006, en el área con tratamiento.

5.6. Comparación entre el área con tratamiento y el área sin tratamiento

Realizando una comparación de los datos obtenidos en las dos áreas, tanto de la esporulación y sintomatología se pueden observar diferencias.

En el caso de la esporulación en el Cuadro 9 y Figura 37 se observa el número de esporas promedio que se encontró en las trampas de las dos áreas. Se observa una clara diferencia en los números. El máximo incremento de esporulación en el área sin tratamiento fue de 9,268 esporas registrado para el día 17 de junio; para el área con tratamiento el máximo fue registrado el 30 de junio con 650 esporas, en este caso hubo un retraso de la esporulación.

Cuadro 9. Número de esporas promedio capturadas en las trampas de las dos áreas

Fecha	No. De esporas promedio en el área sin tratamiento	Número de esporas promedio en el área con tratamiento
24-mzo-06	16	11
07-Abr-06	7	6
21-Abr-06	17	6
05-May-06	237	38
19-May-06	1611	61
02-Jun-06	4099	136
17-Jun-06	9268	551
30-Jun-06	1928	650
14-Jul-06	429	362
28-Jul-06	57	55
11-Ago-06	82	27
25-Ago-06	36	23
08-Sep-06	3	4

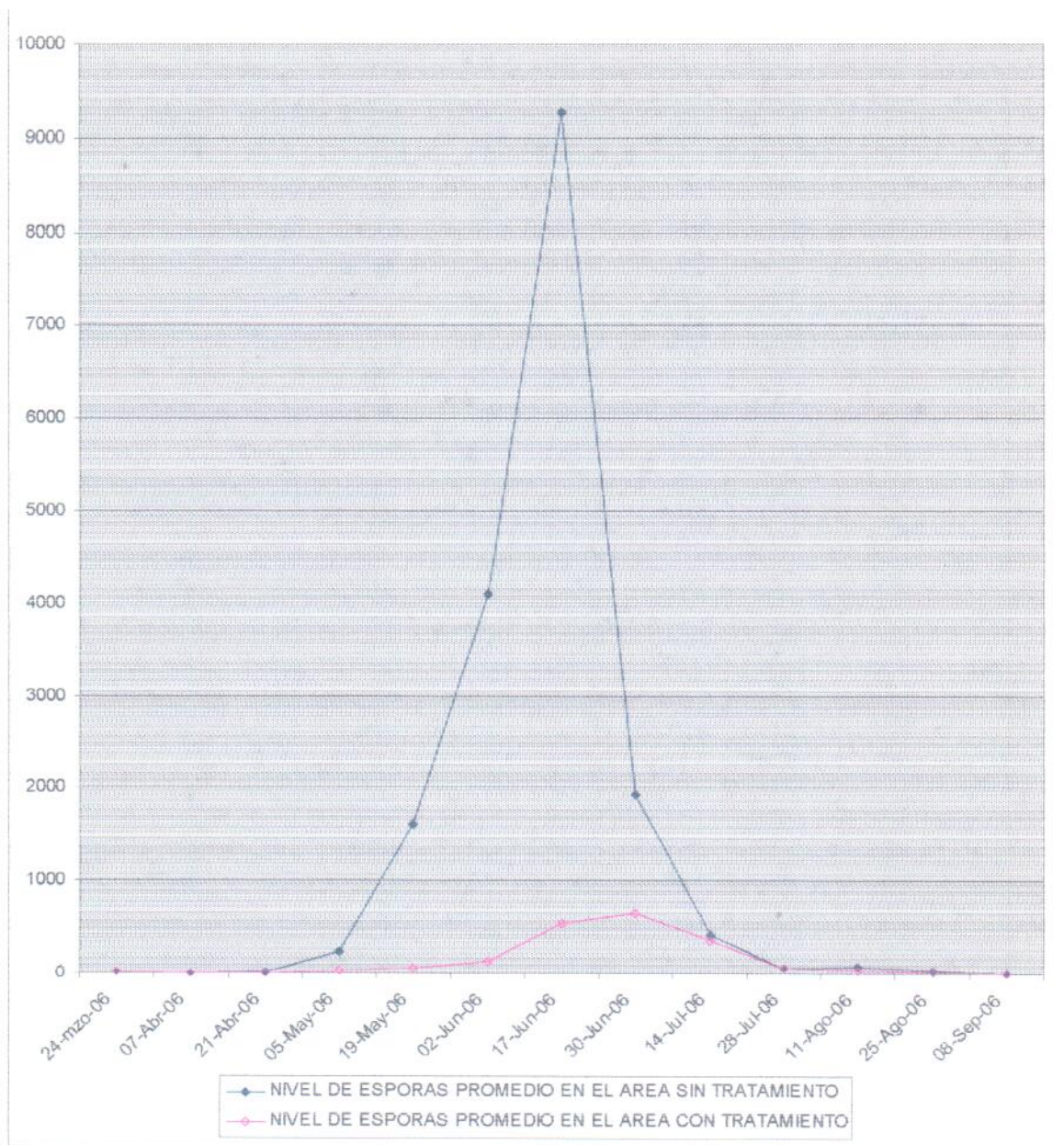


Figura 37 Diferencia del comportamiento de la esporulación observada en las dos áreas (Promedio de las trampas muestreadas en cada una de las dos áreas).

En la prueba de T para dos muestras relacionadas, se comparó el número de ascosporas de un área tratada con fungicida (Daconil) Vs un área sin tratar. En la Figura 37 se observa gráficamente una diferencia en la esporulación, pero con la prueba realizada los resultados se comprueban estadísticamente.

Los resultados obtenidos en donde se compararon las 30 unidades de muestreo se pueden observar en el Cuadro 10.

La prueba de hipótesis correspondiente es:

$$H_0 : \mu_{x_i} = \mu_{y_i} \text{ Vs } H_a : \mu_{x_i} \neq \mu_{y_i}$$

μ_{x_i} : Es la media muestral de las variables evaluadas x_i en las áreas sin tratamiento

μ_{y_i} : Es la media muestral de las variables evaluadas y_i en las áreas con tratamiento

La regla de decisión es si *P-value* asociado al estadístico de contraste es menor que α , se rechaza la hipótesis nula al nivel de significancia α .

Estadísticamente la prueba resultó ser precisa utilizando los datos de las 30 unidades muestrales. En efecto cuando la humedad comienza a incrementarse, tanto en el área tratada, como en la no tratada la esporulación comienza a manifestarse, sin embargo, en el área tratada si hay una reducción de la esporulación.

Con respecto a la sintomatología presentada en las dos áreas, esta sí exhibe diferencias que se ven reflejadas sobre todo en el número de hojas infectadas y el nivel que alcanzan en el periodo de evaluación. En la Figura 38 se puede ver el porcentaje promedio de hojas infectadas en los nuevos brotes que se alcanzan en las dos áreas.

Y en las Figuras 39, 40 y 41 se puede observar la diferencia en cuanto a niveles de infección entre las dos áreas, sobre todo en los nuevos brotes se pueden ver los contrastes.

Cuadro 10. Comparación, respecto al número de ascoporas en las dos áreas (sin tratamiento Vs con tratamiento)

Pares comparados	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza (95%)		Valor de t-student	Gl	Significancia	Conclusión
			Lower	Upper				
ST240306 – CT240306*	1.000E-01	.7120	-.1659	.3659	.769	29	.448	No se rechaza Ho, por lo tanto las medias no son significativamente diferentes
ST070406 – CT070406	-3.3333E-02	.4138	-.1879	.1212	-.441	29	.662	No se rechaza Ho, por lo tanto las medias no son significativamente diferentes
ST210406 – CT210406	.1333	.5713	-8.0011E-02	.3467	1.278	29	.211	No se rechaza Ho, por lo tanto las medias no son significativamente diferentes
ST050506 – CT050506	3.7667	7.6730	.9015	6.6318	2.889	29	.012	Se rechaza Ho, por lo tanto son significativamente diferentes
ST190506 – CT190506	28.0000	44.3668	11.4332	44.5668	3.457	29	.002	Se rechaza Ho, por lo tanto son significativamente diferentes
ST020606 – CT020606	72.0333	88.5405	38.9718	105.0949	4.456	29	.000	Se rechaza Ho, por lo tanto son significativamente diferentes
ST170606 – CT170606	141.4000	94.0919	106.2655	176.5345	8.231	29	.000	Se rechaza Ho, por lo tanto son significativamente diferentes
ST300606 – CT300606	23.9000	28.5649	13.2337	34.5663	4.583	29	.000	Se rechaza Ho, por lo tanto son significativamente diferentes
ST140706 – CT140706	1.4667	9.2054	-1.9707	4.9040	.873	29	.390	No se rechaza Ho, por lo tanto las medias no son significativamente diferentes
ST280706 – CT270706	.1667	1.8399	-.5203	.8537	.496	29	.624	No se rechaza Ho, por lo tanto las medias no son significativamente diferentes
ST110806 – CT110806	1.0333	2.3265	.1646	1.9021	2.433	29	.021	Se rechaza Ho, por lo tanto son significativamente diferentes
ST250806 – CT250806	.1290	1.0244	-.2467	.5048	.701	30	.489	No se rechaza Ho, por lo tanto las medias no son significativamente diferentes
ST080906 – CT080906	-3.2258E-02	.3145	-.1476	8.311E-02	-.571	30	.572	No se rechaza Ho, por lo tanto las medias no son significativamente diferentes

*STfecha=sin tratamiento fecha de toma de datos, CTfecha= con tratamiento fecha de toma de datos.

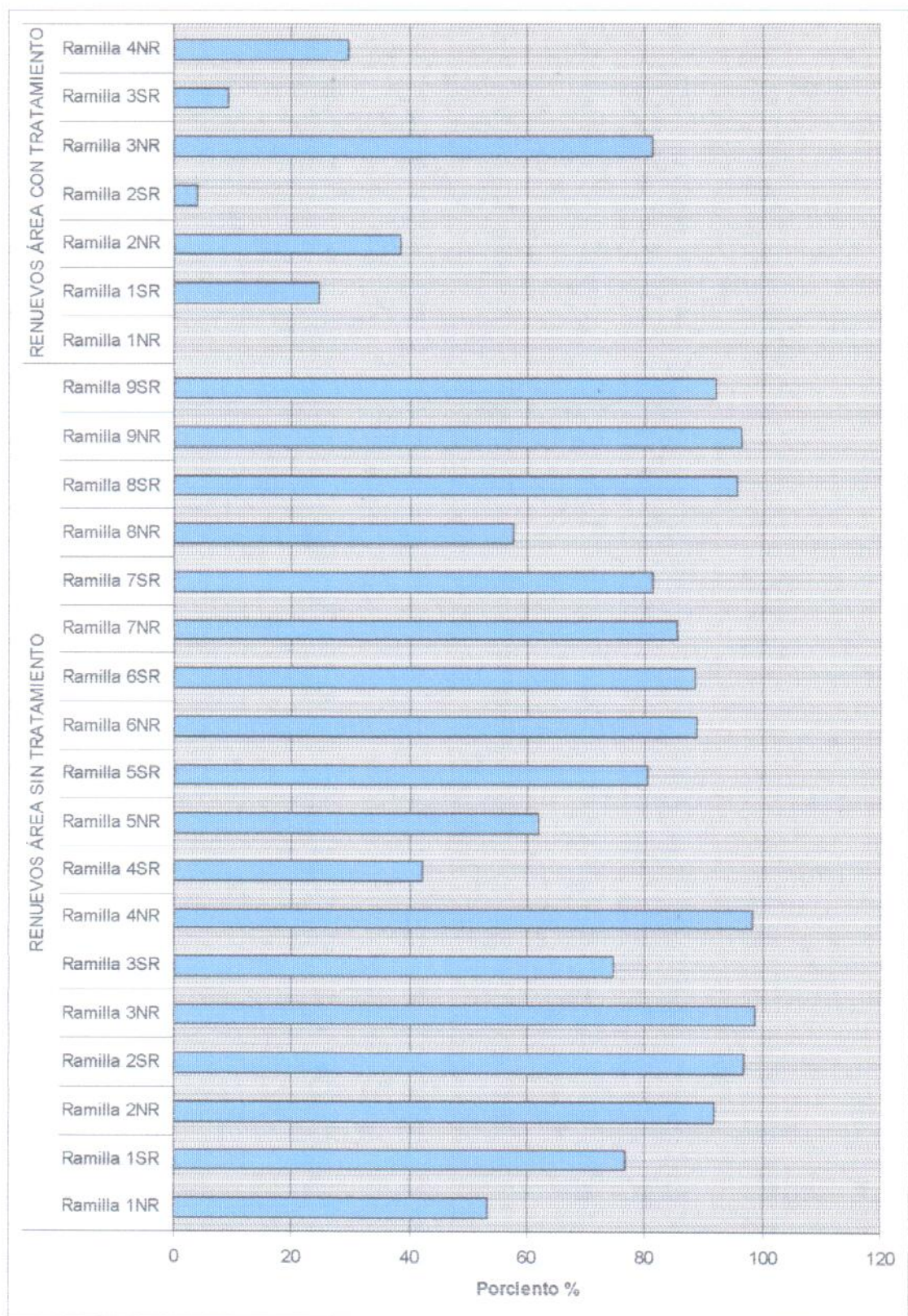


Figura 38. Porcentaje promedio de hojas infectadas de junio a diciembre de 2006 en nuevos brotes en las dos áreas.

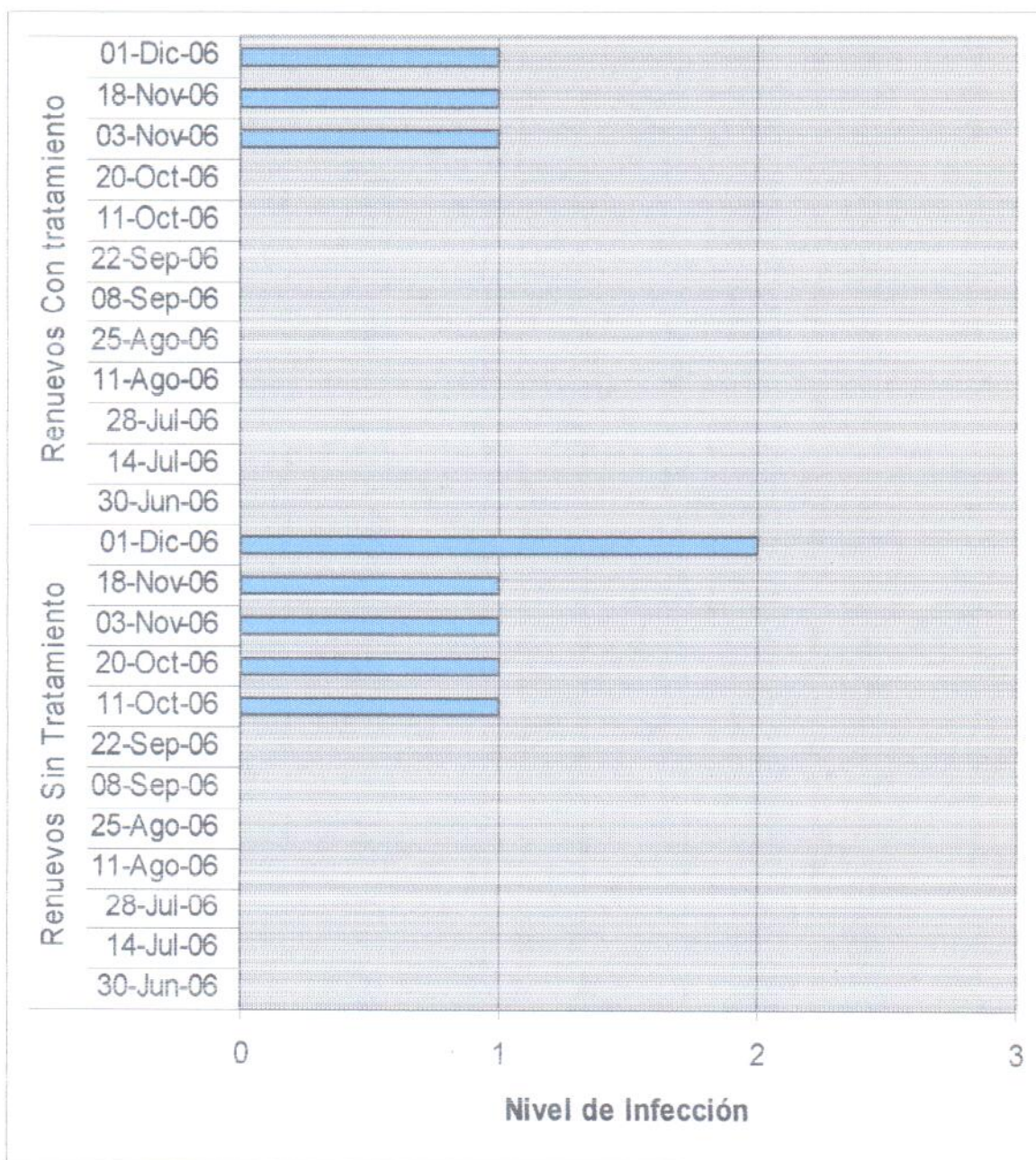


Figura 39. Nivel de infección en nuevos brotes de junio a diciembre de 2006 en las dos áreas.

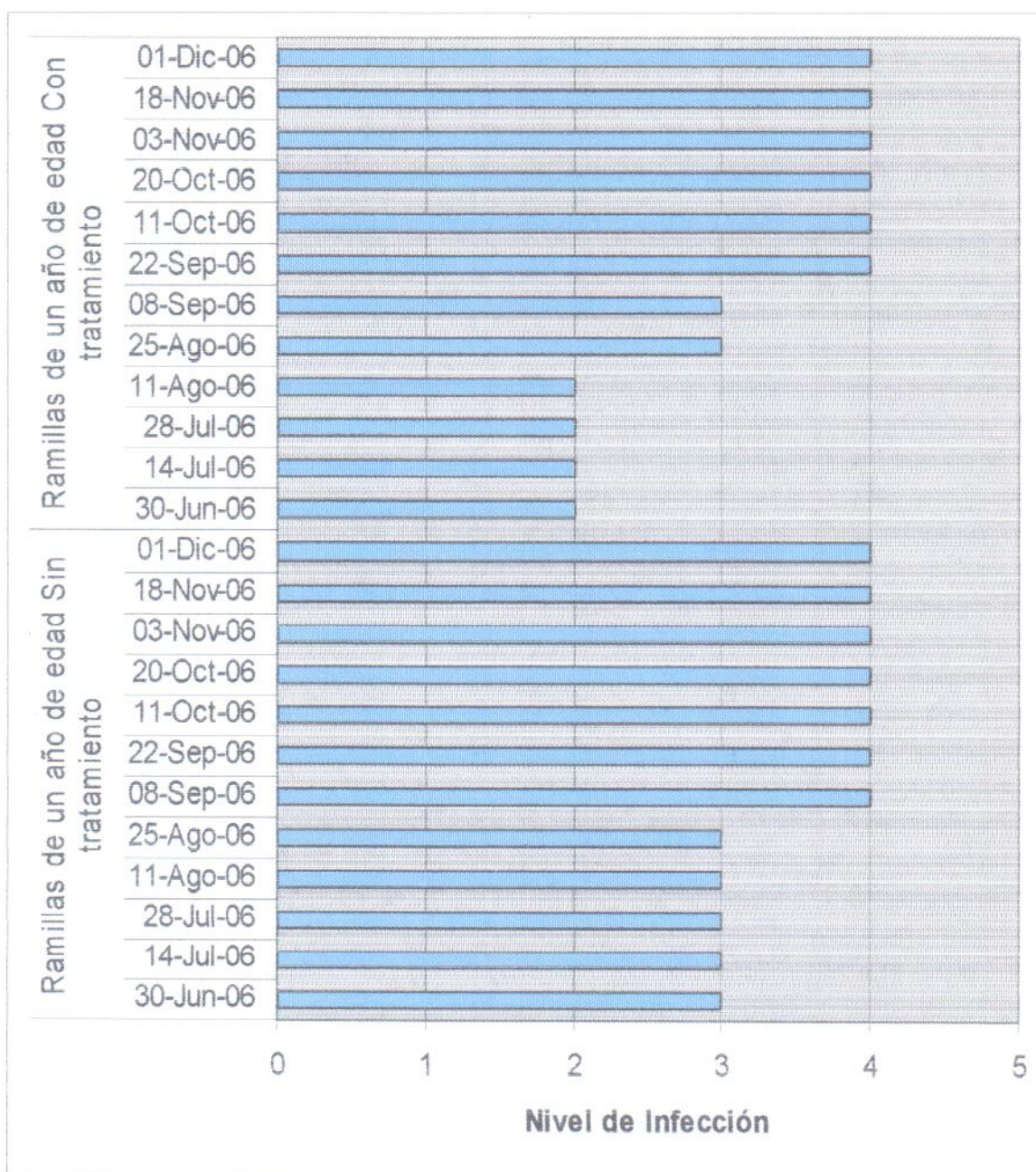


Figura 40. Nivel de infección en ramillas de un año de edad de junio a diciembre de 2006 en las dos áreas.

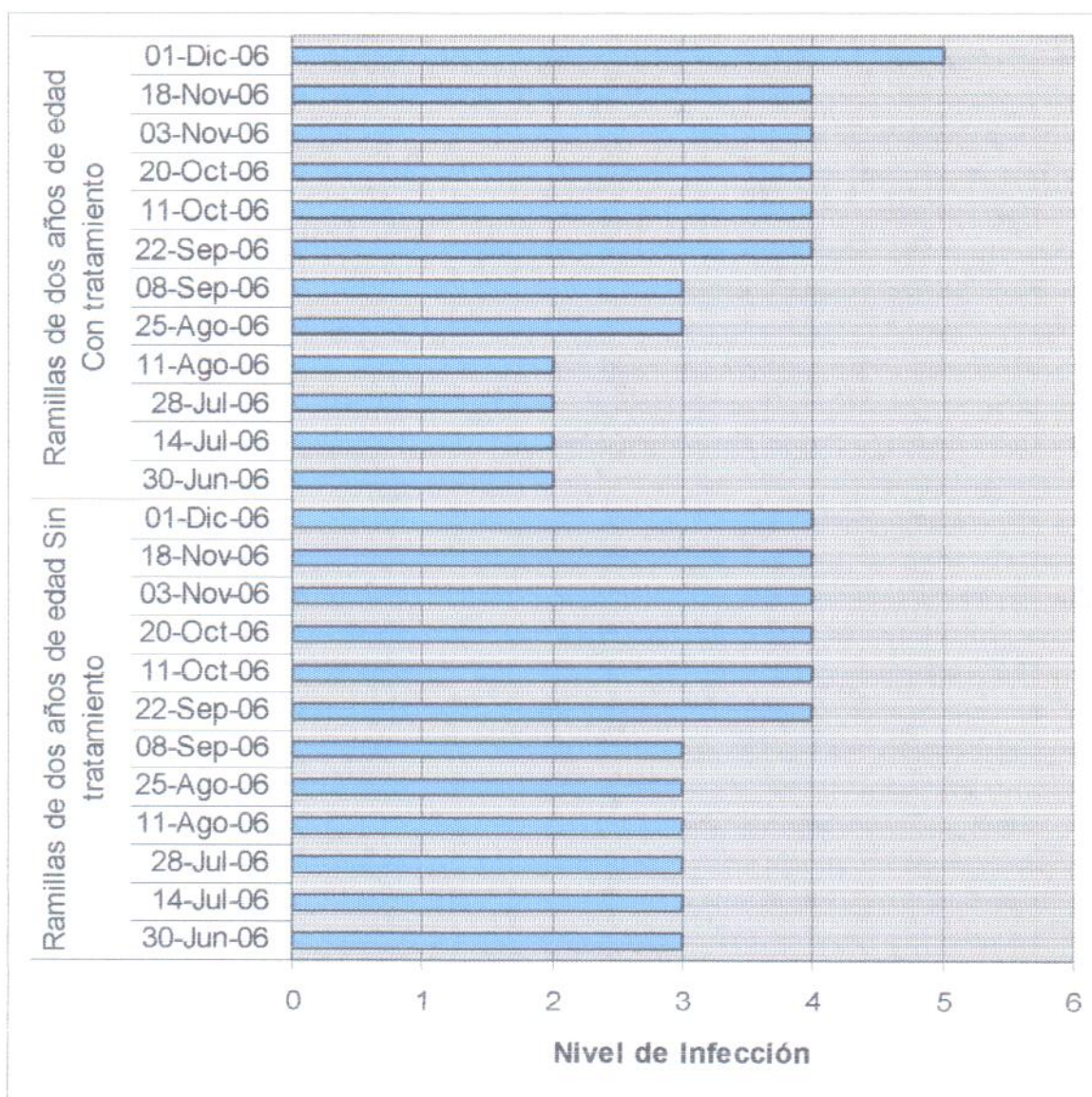


Figura 41. Nivel de infección en ramillas de dos años de edad de junio a diciembre de 2006 en las dos áreas.

5.7. Distribución espacial

Los datos del muestreo del 17 de junio, época en la que se mostró la mayor liberación de esporas arrojaron previamente que la relación varianza media indicaba que la disposición espacial de las ascosporas sobre las trampas fue de contagio.

Por lo cual los datos fueron sometidos a una prueba de *Ji-cuadrado* en la cual la hipótesis a probar fue la siguiente:

Ho: Los datos observados se ajustan a la distribución *binomial negativa*
Vs

Ha: Los datos observados no se ajustan a la distribución *binomial negativa*

Se rechaza Ho si $J \geq \chi^2_{\alpha}(v)$

En el Cuadro 11 se observan los datos procesados para la obtención del estadístico de prueba

El valor de $\chi^2_{\alpha}(v)$ con una confiabilidad de 95 % fue de 9.49

$\alpha = 0.05$

$v = K - 1 - g$

K = No. de frecuencias observadas

g = No. de parámetros que se tienen que calcular para ajustar los datos

Dado que se tuvo que estimar el valor de m y k que caracterizan a la distribución *binomial negativa* se tiene que $g=2$, además se tuvieron 7 frecuencias observadas ($K=7$), por lo que $v=7-1-2=4$

En este caso se acepta Ho, por lo que los datos del número de esporas de tizón suizo, se ajustan a la distribución *binomial negativa* con una confiabilidad del 95 %. Por esta razón se dice que la distribución espacial de las ascosporas de tizón suizo sobre las trampas fungales es de contagio.

Cuadro 11. Datos procesados para la obtención del estadístico de prueba J, para la prueba de Ji-cuadrado.

Categorías		i-ésimo valor que toma la variable x (xi)	i-ésima frecuencia observada (Oi)	xi ²	xiOi	xi ² Oi	Probabilidades asociadas a los diferentes valores de x	Valores esperados	Estadístico de prueba (J)
Límite Inferior	Límite Superior								
0	79	0	8	0	0	0	0.213179908	8.52719633	0.03259406
79	157	1	15	1	15	15	0.323386232	12.9354493	0.32951075
157	236	2	7	4	14	28	0.251240742	10.0496297	0.92543122
236	315	3	7	9	21	63	0.133212910	5.3285164	0.52432182
315	394	4	2	16	8	32	0.054201296	2.16805186	0.01302618
394	472	5	1	25	5	25	0.018042063	0.72168251	0.10733339
472	551	6	0	36	0	0	0.006736849	0.26947394	0.26947394
			Σ 40	Σ 91	Σ 63	Σ 163	Σ 1		Σ 2.20169136
Media		1.575							
Varianza	s2	1.63525641							
Parámetro	k	41.167819148936							
Constante	T	0.03684829479							

6. CONCLUSIONES

6.1. Biología del tizón suizo

En la Figura 42 se muestra la biología del tizón suizo; esta enfermedad se reconoce por la presencia de cuerpos fructíferos llamados pseudotecios, que se manifiestan en el envés de las acículas de *Pseudotsuga*, esto ocasiona un taponamiento de los estomas lo que conlleva a que los procesos bioquímicos no se realicen adecuadamente en la planta. Al paso del tiempo ocasiona una clorosis y posteriormente una pérdida paulatina de acículas, que puede tardar hasta dos o tres años en darse por completo. La pérdida de acículas en ramillas de 2 años puede ser de hasta 25 % en periodos de 6 meses. El porcentaje de infección en nuevos brotes puede ser de hasta el 80 % desde junio que se da la esporulación a diciembre.

Los pseudotecios son muy pequeños de color negro y miden (44-) 65 (-96) μm de diámetro, dentro de estos cuerpos se encuentran las ascas que son bitunicadas y miden de 21-35 x 8-13 μm , se encuentran 8 ascosporas en cada una de estas ascas. Las ascosporas miden de 12-15 x 3-5 μm presentan un septo casi central, son hialinas y bicelulares.

En laboratorio la cepa tiene un color que va de verdoso a gris oscuro, al inicio con una leve coloración blanca en el centro, no se produce la formación de conidios ni de ningún otro tipo de estructura.

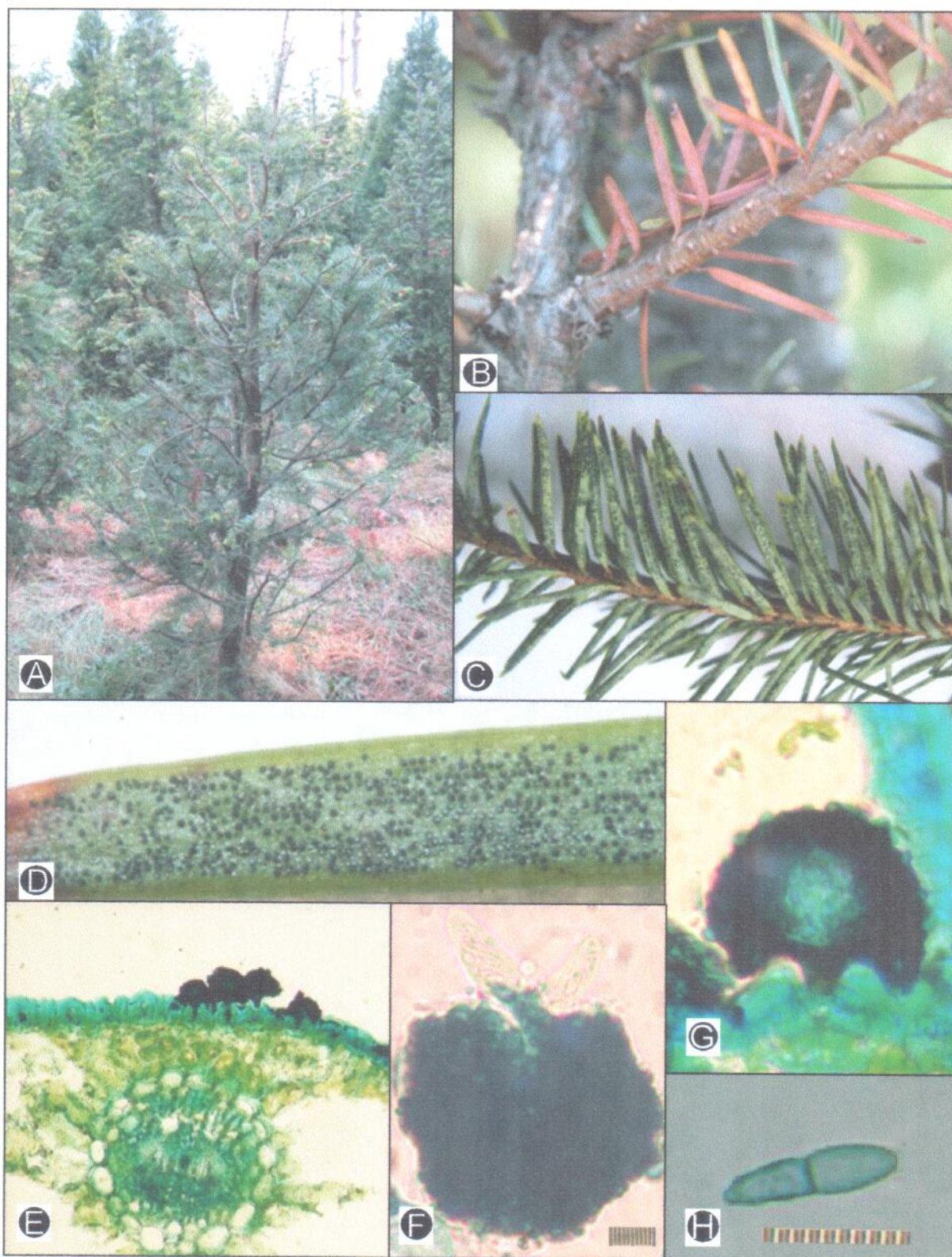


Figura 42. Biología de *Phaeocryptopus gaeumannii*. A) Árbol que manifiesta los síntomas y con un alto grado de defoliación. B) Ramillas viejas que han sido atacadas por *Phaeocryptopus* y que presentan una coloración marrón. C) y D) Pseudotecios visibles en el envés de las acículas taponando los estomas, que es el síntoma principal de la enfermedad. E) Corte transversal de una acícula que presenta la emergencia de pseudotecios sobre los estomas. F) Pseudotecio con ascas y ascosporas. G) Corte transversal de un pseudotecio. H) Ascospora. (La barra representa 10 μ m).

6.2. Ciclo biológico

En la Figura 43 se muestra el ciclo biológico del tizón suizo, el cual comienza cuando las ascosporas son liberadas, esto es a principios de abril, pero la esporulación presenta su máximo nivel a mediados de junio y la liberación se prolonga hasta septiembre. La disposición espacial de las ascosporas sobre trampas fungales de vaselina se manifiesta de una forma agregada o comúnmente llamada de contagio, además en estas trampas se pueden encontrar hasta 700 esporas por cm^2 en la época de mayor liberación.

Estas esporas liberadas comienzan la infección en las acículas de los nuevos brotes, primeramente germinando en la superficie de la hoja, posteriormente penetrando e iniciando el desarrollo hifal a través del interior de la hoja. La manifestación de los síntomas se presenta a finales de septiembre cuando los pseudotecios emergen en los nuevos brotes y comienzan el taponamiento de los estomas, estos cuerpos se pueden percibir con la ayuda de una lupa. Para diciembre los pseudotecios ya son totalmente visibles a simple vista. Los pseudotecios maduran en algunos casos desde febrero del siguiente año, sobre todo cuando hay reinfección en hojas más viejas, pero en general se da la madurez en marzo y abril, para más adelante liberar nuevamente ascosporas.

En acículas de uno y dos años de edad que presentan una reinfección, lo que ocasiona un nuevo taponamiento de los estomas por la presencia de pseudotecios con lo que se acelera la clorosis de las hojas

La precipitación y la temperatura juegan un papel muy importante en el ciclo biológico del hongo, si las precipitaciones comienzan tempranamente, la esporulación se puede activar de inmediato; sin embargo, necesita precipitaciones promedio de 12 mm al día (mínimo en 2 semanas seguidas), y temperaturas promedio de 14°C , para que ésta se de completamente. La liberación de ascosporas se da antes de que las precipitaciones máximas se alcancen.

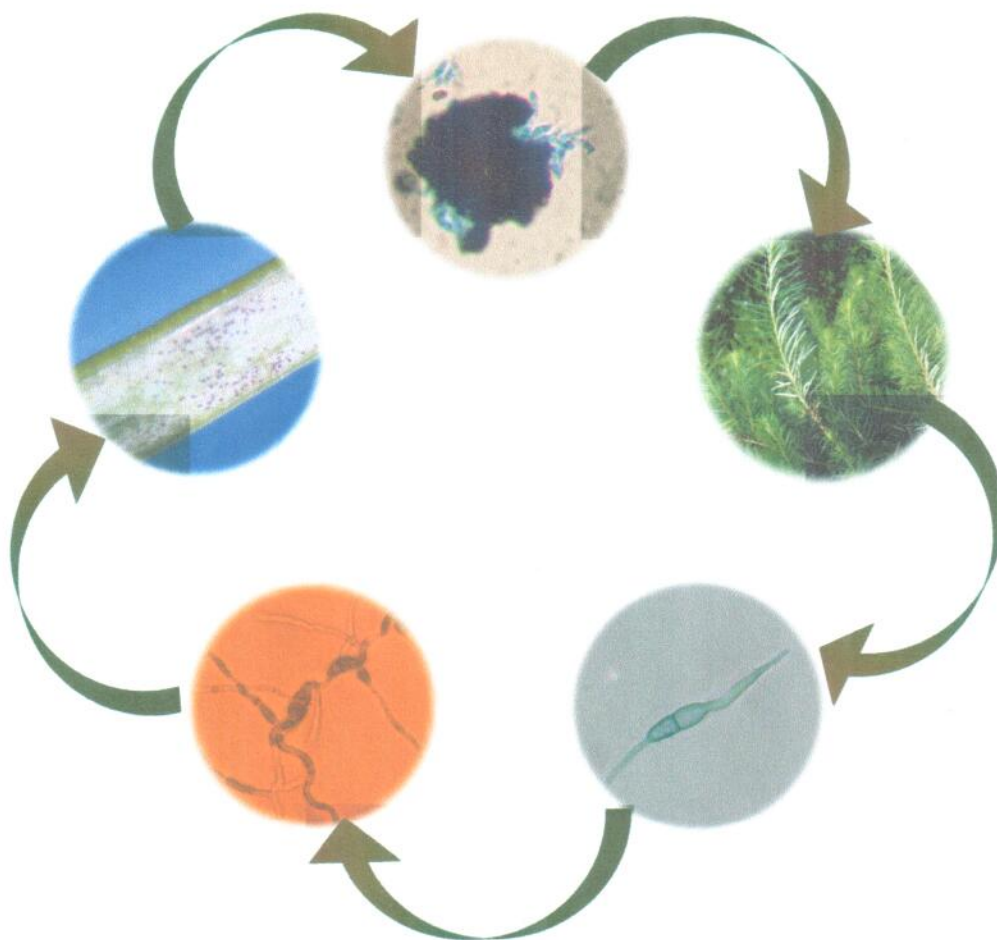


Figura 43. Ilustración general del ciclo biológico de *Phaeocryptopus gaeumannii*, que comienza con la liberación de ascosporas, el depósito sobre los nuevos brotes, la germinación y desarrollo hifal, y finalmente la formación de nuevos cuerpos fructíferos.

6.3. Respuesta al tratamiento con fungicidas

El tratamiento realizado con Daconil en dosis de 2.5 a 3 gr/L ha manifestado una disminución de la enfermedad, los datos indicaron que hubo un retraso de la esporulación y una disminución significativa del número de acículas infectadas con relación al área sin tratamiento, seis meses después de que se manifestó la

esporulación. Finalmente, la manifestación de los síntomas se dio en menor proporción. Se puede proponer un manejo integrado de la enfermedad, que puede dar mejores resultados.

7. RECOMENDACIONES

Como parte de este trabajo se puede dar una recomendación de un manejo integral de la enfermedad:

7.1. Manejo cultural en vivero y en campo

En Vivero

- Se recomienda realizar evaluaciones periódicas, revisando sobre todo plántulas en las cuales no se ha manifestado la infección y aislar las plántulas que se encuentren con problemas, realizar aplicaciones de fungicidas y en lo posible poda de ramillas infectadas.
- En planta de mayor edad se recomienda hacer el riego a la altura del cepellón, evitando mojar todo el follaje para no propiciar que se de la maduración de pseudotecios.
- Evitar en lo posible la movilización de plántula enferma en áreas donde se piensa realizar por primera vez una plantación y de esta manera desde un principio evadir un nuevo contagio.
- Si se hace un replante en áreas donde se ha registrado la infección, llevar planta que ha sido tratada con fungicidas, si es posible tratar de realizar el replante en época de sequía y proveerle agua a la planta de manera mecánica.
- Evitar el movimiento de planta infectada hacia áreas que se encuentran libres de infección.
- Evitar fuentes de semilla de lugares que se encuentren reportadas con la presencia de tizón suizo.

En campo

- En posteriores planes de establecimiento de plantaciones, proponer un espaciamiento adecuado entre árboles, tratando de que haya una menor densidad y así se promueva una buena circulación de aire.

- Mejorar el vigor de los árboles, con una buena fertilización.
- Evitar en lo posible la acumulación de maleza alrededor de los árboles para impedir un incremento de la humedad que provoque condiciones favorables al hongo.

7.2. Control químico

Se propone la realización de 3 aplicaciones de Daconil de la siguiente manera.

La primera aplicación hay que realizarla preventivamente antes del periodo de lluvias, coincidiendo con la emergencia de los nuevos brotes que puede ser a finales de abril o principios de mayo y con una dosis media de 2.5 gr/L. Se debe dar un seguimiento de la emergencia de los brotes nuevos y de las condiciones de precipitación y temperatura, esto puede darnos la pauta para realizar una primera aplicación del fungicida. Es ideal que se realice la aplicación para la protección de los brotes nuevos, por lo que se recomienda hacerla antes de que los brotes alcancen más de 3 centímetros.

La segunda aplicación se recomienda realizarla en una dosis de 5 gr/L, esta debe hacerse cuando se observe un incremento en la precipitación, que en este caso puede ser a finales mayo y principios de junio; debe tomarse en cuenta que la máxima esporulación se presenta antes de que la precipitación llegue a su máximo nivel.

Cuando se comiencen a registrar precipitaciones arriba de los 12 mm (pueden realizarse promedios de precipitación cada semana o cada dos semanas), nos puede indicar que la esporulación comienza a incrementarse, por lo que hay que comenzar esta segunda aplicación.

La tercera aplicación se propone realizarla un mes después de la segunda, a principios o mediados de julio con dosis de 2.5 gr/L. Esta aplicación puede ser más

complicada porque en esta época ya se estableció el periodo de lluvias. Se propone que esta aplicación sea de forma aérea, un tanto por el ahorro del tiempo y la menor utilización de personal, pero también puede ser terrestre.

Se recomienda que a la hora de la aspersión manual (bomba de parihuela), se trate de rociar el producto de abajo hacia arriba, metiendo la pistola a través del follaje, para alcanzar las ramillas mas viejas.

8. LITERATURA CITADA

- Castillo M., L. E. 2005. Elementos de muestreo de poblaciones. 2 da ed. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 267 p.
- Cibrián T., D.; Méndez M., J. T.; Campos B., R.; Yates III, H. O.; Flores L., J. 1995. Insectos forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo-Subsecretaria Forestal y de Fauna Silvestre/ United Status Departament of Agricultura/ Natural Resources Canada/ Comisión Forestal de América del Norte. Chapingo, México. Publicación No. 6. 453 p.
- Cibrian T., D. 2004. Comunicación personal. Profesor – Investigador, DiCiFo, UACH.
- Cibrián T., J.; Cibrián T., D. 1985. Contribución al conocimiento de la biología de *Lophodermella* sp. en plantaciones de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*. Memoria de los Simposio Nacionales de Parasitología Forestal II y III. Publicación especial No. 46. México. D.F. pp. 319-324.
- Dallimore W., A.B.J and Harrison S., G. 1967. A handbook of Coniferae and Ginkgoaceae. 4th ed. New York. St. Martin's Press xix. 729p.
- Díaz L., L. M. 2005. *Phytophthora cinnamomi* Rands. como agente causal de la pudrición de raíz en *Pseudotsuga macrolepis* Flous. en plantaciones de árboles de navidad. Tesis de licenciatura. DiCiFo. UACH. Chapingo, México. 28 p.
- Domínguez A., F. A. 1986. Estudio ecológico de *Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco, en la región de Huayacocotla, Ver. Tesis de licenciatura. DiCiFo. UACH. Chapingo, México. 266 p.

- Farjon, A. 1990. Pinaceae: drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Koeltz Scientific Books. Königstein. pp. 177-191.
- Ferrán A., M. 2003. SPDD para Windows-Análisis estadístico. McGraw-Hill. Madrid, España. 421 p.
- French D., W. 1988. Forest and shade tree pathology. University of Minnesota. Department of Plant Pathology. 271 p.
- Funk, A. 1985. Foliar fungi of western trees. Canadian Forestry Service, Pacific Forest Research Centre. 159 p. (BC-X-265).
- García A., A.; González E., M. S. 2003. Pináceas de Durango. 2nd. Ed. Instituto de Ecología A. C. -CONAFOR. México. 187 p.
- García D., S. E. 1990. Agentes causales del cancro y marchitamiento de brotes en plántulas de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. (abeto). Tesis profesional. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez". Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Uruapan, Michoacán. 47 p.
- Hermann, R. K. 1982. The genus *Pseudotsuga*: historical records and nomenclature. Special Publication 2a. School of Forestry. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis. 29 pp.
- Kirk P. M.; Cannon P. F.; David J. C.; and Stalpers J. A. 2001. Dictionary of the Fungi. 9th ed. AINSWORTH & BISBY'S Wallingford, UK: CAB International. 655 p.
- León T., J. A. 1990. Diagnóstico de la producción de árboles de navidad en México. DiCiFo. UACH. 87 p.

- Little, E. L. Jr. 1979. Checklist of United States trees (native and naturalized). USDA Forest Service. Agricultural Handbook N° 541. 375 pp.
- Martínez, M. 1963. Las pináceas mexicanas. Instituto de Biología UNAM. México. D.F. 400 p.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de cultura económica. México. D.F. 1220 p.
- Martínez R., A. 2000. *Fusarium oxysporum* Schl. como agente causal del estrangulamiento de tallo de *Pseudotsuga macrolepis* Flous y *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* Shaw. en plantas de vivero. Tesis de licenciatura. DiCiFo. UACH. Chapingo, México. 89 p.
- Méndez M., J. T.; Campos B., R. 1991. Insectos forestales asociados a *Pseudotsuga* spp. en México. In: Resúmenes VI Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 8-11 de Octubre 1991. pp 35.
- Niembro R., A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Limusa. México. D.F. 156 p.
- NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, Miércoles 6 de Marzo de 2002.
- Osorio O., M. 2007. Detección del hongo defoliador *Phaeocryptopus gaeumannii* en plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* de Valdivia, Chile. Bosque (Valdivia). [online]. 2007, vol.28, no.1 [consultado 23 Octubre 2007], p. 69-

74. Available from World Wide Web:
http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002007000100011&lng=en&nrm=

Ostrey E., M. and Nicholls T., H. 1982. A technique for tramping Fungal Spores. Research Note N C-283. U. S. Department of Agriculture, Forest Service.

Reyes H., V. J.; Vargas H., J.; López U., J.; Vaquera H., H. 2005. Variación morfológica y anatómica en poblaciones mexicanas de *Pseudotsuga* (*Pinaceae*). *Acta Botánica Mexicana*. 70: 47-67.

Rzedowski, J. 1994. La vegetación de México. Limusa. México. D.F. 432 p.

Scharpf R., F. 1993. Diseases of Pacific Coast Conifers. Agriculture Handbook No 521. DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. Washington. 199 p.

SEMARNAT-CONAFOR. 2006. *Plantaciones Forestales Comerciales: Árboles de Navidad*. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index>. (19 de junio 2007).

Sinclair W., A. and H. H Lyon. 2005. Diseases of trees and shrubs. Comstock publishing Associates, a Division of Cournell University press. ITHACA and LONDON. 574 p.

Yañez E.; L. 1991. Análisis de la producción de semilla de *Pseudotsuga macrolespis* Flous. en una población natural de la Sierra de Pachuca, Hidalgo. Tesis de licenciatura. DiCiFo. UACH. Chapingo, México. 115 p.

Winton, L. M.; Stone, J. K.; Hansen, E. M. The systematic position of *Phaeocryptopus gaeumannii*. *Mycologia*. 99(2). pp. 240-252. On line : <http://www.mycologia.org/cgi/content/abstract/99/2/240>.

Worrall, J. 2007. *Swiss Needle Cast- Forest Pathology.org*.
http://www.forestpathology.org/dis_swiss.html (02 agosto de 2007).

ANEXOS

ANEXO 1. Formato y datos del muestreo de ascosporas.

Fecha

[illegible]

Fecha 24 marzo 2006

Factor

07 april 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	0	0	0	0	1
2N	0	0	0	0	0
3N	0	1	0	0	1
4N	0	0	0	0	0
5N	0	0	0	0	0
6N	0	0	0	1	1
7N	0	0	0	0	0
8N	0	0	0	0	0
9N*	0	0	1	1	0
10N*	0	0	1	0	0
11N*	0	0	0	0	0
12N*	0	0	0	0	0
13N*	0	0	0	0	0
14N*	0	0	0	0	0

* Tapas colocadas en el área con tratamiento.

Fecha 21 abril 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	1	1	0	1	0
2N	0	0	0	0	0
3N	0	0	1	1	0
4N	0	0	0	0	0
5N	0	0	0	1	0
6N	0	1	0	1	1
7N	0	0	0	0	0
8N	0	1	0	0	1
9N*	0	1	0	0	0
10N*	0	1	0	0	0
11N*	0	0	0	0	0
12N*	0	0	0	0	1
13N*	0	0	1	1	0
14N*	0	1	0	0	0

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	0	0	0	0	0
2N	0	0	0	0	0
3N	1	0	0	0	0
4N	0	0	1	0	0
5N	1	0	0	1	0
6N	1	1	0	0	3
7N	1	0	0	0	2
8N	0	0	0	0	0
9N*	0	0	0	0	0
10N*	0	1	0	0	1
11N*	0	1	0	0	0
12N*	0	0	0	0	0
13N*	0	0	0	0	0
14N*	0	0	0	0	0

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

05 mayo 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	0	1	0	1	0
2N	0	1	2	5	2
3N	3	1	0	4	9
4N	2	3	1	1	0
5N	24	8	4	6	15
6N	10	8	36	10	4
7N	0	2	0	4	0
8N	0	0	0	0	0
9N*	0	2	1	0	1
10N*	0	1	0	0	0
11N*	1	1	2	0	0
12N*	1	2	2	2	1
13N*	0	0	0	0	0
14N*	2	0	0	1	0

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

19 mayo 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	3	28	17	9	15
2N	0	6	3	1	2
3N	5	22	19	26	29
4N	2	6	12	6	4
5N	21	116	158	157	134
6N	55	93	36	51	42
7N	2	10	8	17	16
8N	0	0	0	0	3
9N*	0	1	0	2	1
10N*	0	0	2	4	0
11N*	0	0	0	0	0
12N*	0	1	0	0	0
13N*	0	0	0	5	2
14N*	1	1	3	8	3

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

02 junio 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	5	52	25	43	24
2N	13	21	14	19	8
3N	42	58	76	50	38
4N	43	26	36	39	24
5N	71	360	305	290	332
6N	80	124	85	75	87
7N	53	96	85	55	52
8N	4	18	25	15	17
9N*	0	0	1	3	4
10N*	0	2	2	1	1
11N*	0	1	0	2	0
12N*	0	4	2	1	3
13N*	0	4	3	2	2
14N*	5	6	5	11	7

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

17 junio 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	87	84	74	47	55
2N	25	59	68	74	268
3N	86	161	137	150	163
4N	137	169	305	368	215
5N	195	96	261	255	219
6N	121	176	135	130	142
7N	249	390	247	459	300
8N	51	103	93	86	84
9N*	0	6	7	8	3
10N*	1	0	0	1	1
11N*	2	10	12	24	21
12N*	8	16	35	24	22
13N*	3	6	1	0	0
14N*	15	23	19	15	8

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

30 junio 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	11	15	15	27	11
2N	17	23	21	25	20
3N	28	30	15	18	26
4N	92	107	72	78	84
5N	34	39	10	30	20
6N	18	51	59	47	17
7N	41	56	44	51	40
8N	4	16	16	28	0
9N*	3	2	8	5	9
10N*	1	2	0	2	0
11N*	41	12	6	8	29
12N*	16	37	46	30	55
13N*	0	0	2	0	0
14N*	2	3	17	7	0

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

14 julio 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	8	7	4	5	9
2N	5	7	6	5	11
3N	2	11	3	3	3
4N	5	11	4	10	14
5N	11	9	12	6	8
6N	7	22	28	36	19
7N	2	2	1	2	0
8N	0	0	3	1	0
9N*	4	3	6	3	1
10N*	0	7	4	13	2
11N*	10	3	6	2	2
12N*	16	12	6	24	10
13N*	0	1	0	4	5
14N*	9	20	3	13	2

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

28 julio 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	2	3	0	1	8
2N	1	1	2	2	0
3N	0	0	1	0	0
4N	0	0	0	0	0
5N	8	3	5	2	0
6N	0	0	1	2	0
7N	0	2	0	0	0
8N	0	0	0	0	0
9N*	0	0	1	3	1
10N*	0	1	0	1	0
11N*	0	0	1	0	0
12N*	1	5	2	1	2
13N*	3	0	2	0	1
14N*	0	0	0	1	3

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

11 agosto 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUIZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	2	4	1	0	1
2N	0	3	2	2	0
3N	1	0	1	0	1
4N	1	0	1	1	3
5N	9	5	2	5	4
6N	1	0	0	0	1
7N	1	2	0	1	0
8N	0	1	0	0	2
9N*	0	0	0	1	0
10N*	0	1	0	0	3
11N*	0	0	0	0	1
12N*	1	0	1	0	1
13N*	0	1	0	0	0
14N*	1	0	0	0	3

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

25 agosto 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	1	0	2	1	2
2N	0	2	0	1	0
3N	0	0	0	0	0
4N	0	0	0	0	0
5N	0	1	1	2	0
6N	1	3	0	0	0
7N	1	0	0	0	0
8N	0	0	0	7	0
9N*	0	0	0	0	0
10N*	0	0	0	0	0
11N*	1	0	0	0	1
12N*	1	2	0	0	0
13N*	2	1	1	1	0
14N*	0	1	0	1	0

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

Fecha

08 sep 2006

No. De trampa	FORMATO PARA EL MUESTREO DE ASCOSPORAS DE TIZON SUZO				
	No. de ascosporas en la línea				
	1	2	3	4	5
1N	0	0	0	0	0
2N	0	1	0	0	0
3N	0	0	0	0	0
4N	0	0	0	0	0
5N	0	0	0	0	0
6N	0	0	0	0	0
7N	0	0	0	0	1
8N	0	0	0	0	0
9N*	0	0	0	1	0
10N*	0	0	0	0	0
11N*	0	0	0	0	0
12N*	0	0	0	0	0
13N*	0	0	0	0	0
14N*	1	0	0	0	0

* Tapas colocadas en el área con tratamiento

ANEXO 2. Precipitación registrada en el Rancho Tres Encinos de Enero a Septiembre de 2006.

PRECIPITACIÓN ENERO-SEPTIEMBRE 2006									
DIA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
1	0	0	0	0	21	3	15	2	20
2	0	0	0	0	8	2	35	0	15
3	0	0	0	0	2	25	6	17	20
4	0	0	0	0	35	25	6	8	9
5	0	0	0	0	0	0	4	2	10
6	0	0	0	0	0	10	5	15	25
7	0	0	0	0	0	9	5	22	6
8	0	0	0	0	0	0	0	17	5
9	0	0	0	0	0	0	7.5	0	4.5
10	0	0	0	0	0	0	20	23	10
11	0	0	0	0	3	0	15.5	0	3
12	0	0	0	0	5	30	5	25	5
13	0	0	0	0	2	0	4	6	0
14	0	0	0	0	2.5	3	0	17	3
15	0	0	0	0	12.5	0	10	8	2
16	0	0	0	0	12	3	8	2	10
17	0	0	0	0	0	10	15	3	3
18	0	0	0	0	0	0	18	8	5
19	0	0	0	0	0	2	20	9	23
20	0	0	0	0	0	2	15	12	10
21	0	0	0	0	0	10	7	10	2
22	0	0	0	5	0	17.5	35	5	3
23	0	0	0	12.5	0	12.5	25	4	3
24	0	0	0	3	0	9	10	23	10
25	0	0	0	9	0	30	17	27	0
26	0	0	0	17.5	6	0	17.5	0	10
27	0	0	0	2	0	0	10	4	0
28	0	0	0	0	6	5	7	20	10
29	0		0	0	15	30	23	5	3
30	0		0	57	25	0	15	2	42
31	0		20		11		5	5	

ANEXO 3. Datos de sintomatología, por fecha y por ramilla (No. de hojas, No. de hojas infectadas, coloración de las hojas y nivel de infección).

	30-Jun-06	14-Jul-06	28-Jul-06	11-Ago-06	25-Ago-06	08-Sep-06	22-Sep-06	11-Oct-06	20-Oct-06	03-Nov-06	18-Nov-06	01-Dic-06
Ramilla	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas	No. de hojas
Ramilla 1NR	54	54	54	54	52	52	52	52	52	42	35	35
Ramilla 1N1	73	71	71	69	67	67	67	67	67	67	67	67
Ramilla 1N2	11	10	9	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Ramilla 1SR	51	27	27	27	27	27	27	27	25	25	25	23
Ramilla 1S1	58	58	58	52	49	49	49	47	47	45	45	45
Ramilla 1S2	20	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Ramilla 2NR	36	34	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Ramilla 2N1	60	58	58	58	57	57	55	55	55	55	55	55
Ramilla 2N2	53	52	52	52	52	52	51	51	49	47	47	47
Ramilla 2SR	62	62	62	62	62	62	62	62	60	60	60	60
Ramilla 2S1	58	58	58	58	54	53	50	46	46	46	46	46
Ramilla 2S2	36	35	35	34	32	32	29	29	29	29	29	29
Ramilla 3NR	78	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	75
Ramilla 3N1	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
Ramilla 3N2	60	60	56	59	53	53	53	53	53	53	53	53
Ramilla 3SR	114	109	109	106	106	100	95	82	82	82	82	82
Ramilla 3S1	110	107	107	107	101	85	81	81	76	67	67	67
Ramilla 3S2	70	66	66	64	60	60	60	54	54	54	54	54
Ramilla 4NR	120	120	120	120	120	118	118	118	118	118	118	118
Ramilla 4N1	43	41	21	17	9	6	3	0	0	0	0	0
Ramilla 4N2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ramilla 4SR	115	96	82	77	77	77	77	74	74	74	74	74
Ramilla 4S1	66	48	46	32	24	15	10	3	3	2	1	1
Ramilla 4S2	16	15	13	9	9	6	5	2	2	0	0	0
Ramilla 5NR	76	76	64	56	56	50	50	50	47	47	47	47
Ramilla 5N1	52	47	44	42	42	40	39	37	35	35	35	35
Ramilla 5N2	25	14	14	10	10	9	9	6	6	6	6	6
Ramilla 5SR	117	114	97	97	97	97	94	94	94	94	94	94
Ramilla 5S1	44	31	31	31	28	25	25	25	25	25	25	25
Ramilla 5S2	13	13	11	10	7	6	6	6	6	6	6	6
Ramilla 6NR	98	98	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
Ramilla 6N1	85	85	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Ramilla 6N2	45	45	45	45	42	42	42	39	39	39	39	39
Ramilla 6SR	104	104	104	104	104	104	104	104	92	92	92	92
Ramilla 6S1	61	61	61	61	50	50	48	46	46	46	46	46
Ramilla 6S2	46	45	40	40	35	35	35	35	35	35	35	35
Ramilla 7NR	90	90	90	90	90	82	82	77	77	77	77	77
Ramilla 7N1	48	42	23	14	13	10	10	8	8	8	8	8
Ramilla 7N2	49	43	36	25	23	18	16	16	15	14	14	14
Ramilla 7SR	118	114	106	105	105	105	105	99	96	96	96	96
Ramilla 7S1	73	69	61	60	50	50	46	46	44	43	43	43
Ramilla 7S2	51	44	35	28	28	25	24	22	20	20	20	20
Ramilla 8NR	85	85	85	84	84	84	84	84	84	84	84	84
Ramilla 8N1	38	37	31	31	25	25	25	25	25	23	23	23
Ramilla 8N2	21	21	21	21	20	20	19	19	17	17	17	17
Ramilla 8SR	71	69	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
Ramilla 8S1	51	48	46	46	41	34	34	34	34	34	34	34
Ramilla 8S2	35	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Ramilla 9NR	83	81	81	81	81	81	81	81	80	80	80	80
Ramilla 9N1	44	44	36	33	31	23	22	22	22	20	20	20
Ramilla 9N2	41	41	37	37	37	35	35	35	35	35	35	35
Ramilla 9SR	101	101	101	101	101	98	98	98	93	93	93	93
Ramilla 9S1	77	76	75	73	59	58	58	51	51	51	51	51
Ramilla 9S2	74	74	74	74	74	74	71	68	66	66	66	66
Ramilla 1NR	57	57	37	37	37	37	37	37	37	mocha	mocha	mocha
Ramilla 1N1	85	82	82	78	68	68	68	68	68	67	67	67
Ramilla 1N2	13	13	13	13	12	12	12	12	12	11	11	11
Ramilla 1SR	69	69	69	69	60	54	54	54	51	50	50	50
Ramilla 1S1	90	90	90	90	90	90	90	90	86	86	86	86
Ramilla 1S2	20	20	20	17	16	15	15	13	12	11	11	11
Ramilla 2NR	52	52	52	52	52	52	52	52	52	26mocha	26mocha	23mocha
Ramilla 2N1	68	68	68	68	68	64	64	64	60	60	60	60
Ramilla 2N2	28	27	27	27	27	27	27	26	24	24	24	24
Ramilla 2SR	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
Ramilla 2S1	31	29	29	28	28	25	25	25	25	23	23	23

Ramita 2S2	24	24	24	24	14	14	14	11	11	11	11	11
Ramita 3NR	64	64	64	64	64	64	64	64	56	52	52	52
Ramita 3N1	30	30	30	26	23	22	22	17	15	14	14	14
Ramita 3N2	4	4	4	4	4	3	2	1	1	1	1	1
Ramita 3SR	97	97	97	97	97	90	90	88	88	86	86	86
Ramita 3S1	30	30	30	24	24	21	21	20	19	18	18	18
Ramita 3S2	38	36	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Ramita 4NR	64	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Ramita 4N1	70	68	68	68	68	52	52	50	50	50	50	50
Ramita 4N2	48	40	40	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Ramita 4SR	75	73	73	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Ramita 4S1	70	70	70	70	70	70	70	70	65	65	65	65
Ramita 4S2	54	52	52	52	52	52	49	49	45	45	45	45

Ramita	30-Jun-06 No. de hojas infectadas	14-Jul-06 No. de hojas infectadas	28-Jul-06 No. de hojas infectadas	11-Ago-06 No. de hojas infectadas	25-Ago-06 No. de hojas infectadas	06-Sep-06 No. de hojas infectadas	22-Sep-06 No. de hojas infectadas	11-Oct-06 No. de hojas infectadas	20-Oct-06 No. de hojas infectadas	03-Nov-06 No. de hojas infectadas	18-Nov-06 No. de hojas infectadas	01-Dic-06 No. de hojas infectadas
Ramita 1NR	0	0	0	0	0	0	0	0	9	12	24	24
Ramita 1N1	17	15	25	61	59	59	59	59	59	59	59	67
Ramita 1N2	2	2	2	1	3	3	3	3	6	6	6	6
Ramita 1SR	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	10	23
Ramita 1S1	9	6	6	6	20	20	24	43	43	41	41	45
Ramita 1S2	1	0	0	0	0	0	0	0	19	19	19	19
Ramita 2NR	16	0	0	0	0	0	0	38	38	49	49	33
Ramita 2N1	80	58	58	58	57	57	55	55	55	55	55	55
Ramita 2N2	11	14	14	18	19	19	19	54	52	50	50	47
Ramita 2SR	26	0	0	0	0	0	0	20	30	34	34	60
Ramita 2S1	14	16	17	32	34	53	50	46	46	46	46	46
Ramita 2S2	18	17	17	31	32	32	32	29	29	29	29	29
Ramita 3NR	36	0	0	0	0	0	0	0	39	39	39	75
Ramita 3N1	31	24	26	88	88	88	88	88	88	88	88	99
Ramita 3N2	30	26	28	55	49	49	49	49	49	49	49	53
Ramita 3SR	49	1	0	0	0	0	0	11	21	34	34	82
Ramita 3S1	17	20	24	27	95	79	71	75	70	68	68	67
Ramita 3S2	16	16	26	24	20	24	24	44	46	54	54	54
Ramita 4NR	29	1	1	1	1	1	1	29	54	90	90	118
Ramita 4N1	43	41	41	17	9	6	3	0	0	0	0	0
Ramita 4N2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ramita 4SR	26	0	0	0	0	0	0	0	7	14	14	40
Ramita 4S1	66	48	46	32	24	15	10	3	3	2	1	1
Ramita 4S2	16	18	14	10	10	7	6	3	3	1	1	0
Ramita 5NR	9	0	0	0	0	0	0	28	35	38	38	47
Ramita 5N1	52	48	45	43	43	41	40	38	36	36	36	35
Ramita 5N2	25	16	18	12	12	11	11	8	8	8	8	8
Ramita 5SR	4	0	0	0	0	0	0	23	44	90	90	94
Ramita 5S1	44	34	34	34	31	28	28	28	28	28	28	25
Ramita 5S2	13	14	12	11	8	7	7	7	7	7	7	6
Ramita 6NR	63	0	0	0	0	0	0	24	24	24	24	87
Ramita 6N1	85	74	64	64	64	64	64	64	64	64	64	75
Ramita 6N2	45	45	45	45	42	42	42	39	39	39	39	39
Ramita 6SR	0	0	0	0	0	0	0	19	24	92	92	92
Ramita 6S1	61	61	61	61	50	50	48	46	46	46	46	46
Ramita 6S2	47	45	40	40	35	35	35	35	35	34	34	35
Ramita 7NR	0	0	0	0	0	0	31	77	77	77	77	77
Ramita 7N1	48	43	24	15	14	11	11	9	9	9	9	8
Ramita 7N2	49	44	37	26	24	19	17	17	16	15	15	14
Ramita 7SR	0	0	0	0	0	0	46	55	96	96	96	96
Ramita 7S1	73	69	61	60	50	50	48	46	44	43	43	43

Ramilla 7S2	51	44	35	28	28	25	24	22	20	20	20	20
Ramilla 8NR	10	0	0	0	0	0	0	32	39	39	39	49
Ramilla 8N1	38	42	36	36	30	30	30	30	30	26	26	23
Ramilla 8N2	21	22	22	22	21	21	20	20	18	18	18	17
Ramilla 8SR	50	0	0	0	0	0	0	11	16	18	18	68
Ramilla 8S1	51	48	46	46	41	34	34	34	34	34	34	34
Ramilla 8S2	33	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	33
Ramilla 9NR	9	0	0	0	0	0	0	41	55	71	71	80
Ramilla 9N1	5	10	21	35	33	25	24	24	24	22	22	20
Ramilla 9N2	4	9	13	40	40	38	38	38	38	38	38	35
Ramilla 9SR	0	0	0	0	0	0	0	36	93	93	93	93
Ramilla 9S1	15	32	62	60	46	45	45	38	38	38	38	38
Ramilla 9S2	11	5	6	11	23	68	65	62	62	62	62	68
Ramilla 1NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ramilla 1N1	15	24	24	74	68	68	68	68	68	67	67	67
Ramilla 1N2	4	10	10	14	13	13	13	13	13	12	12	11
Ramilla 1SR	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
Ramilla 1S1	2	30	102	102	102	102	102	102	98	98	98	86
Ramilla 1S2	4	10	13	19	18	17	17	15	14	13	13	11
Ramilla 2NR	0	0	0	0	0	0	0	2	5	9	9	20
Ramilla 2N1	10	21	29	64	64	60	60	60	56	56	56	60
Ramilla 2N2	3	9	13	29	29	29	29	28	26	26	26	24
Ramilla 2SR	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ramilla 2S1	4	5	14	29	29	26	26	26	26	24	24	23
Ramilla 2S2	1	5	7	27	17	17	17	14	14	14	14	11
Ramilla 3NR	1	0	0	0	0	0	0	20	29	51	51	52
Ramilla 3N1	30	34	34	32	27	26	26	21	19	18	18	14
Ramilla 3N2	4	4	4	4	4	3	2	1	1	1	1	1
Ramilla 3SR	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
Ramilla 3S1	15	15	14	24	24	21	21	20	19	18	18	18
Ramilla 3S2	13	27	30	30	30	30	30	30	30	30	30	23
Ramilla 4NR	13	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	19
Ramilla 4N1	70	68	68	68	68	52	52	52	50	50	50	50
Ramilla 4N2	40	33	33	27	27	27	27	27	27	27	27	34
Ramilla 4SR	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Ramilla 4S1	10	16	22	70	70	70	70	70	65	65	65	65
Ramilla 4S2	4	17	20	52	52	52	49	49	45	45	45	45

	30-Jun-06	14-Jul-06	28-Jul-06	11-Ago-06	25-Ago-06	08-Sep-06	22-Sep-06	11-Oct-06	20-Oct-06	03-Nov-06	18-Nov-06	01-Dic-06
Ramilla	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas	Color de hojas
Ramilla 1NR	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 1N1	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 1N2	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 1SR	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 1S1	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 1S2	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 2NR	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 2N1	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 2N2	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 2SR	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 2S1	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 2S2	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 3NR	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 3N1	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde

[illegible]

Ramilla 3N2	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla
Ramilla 3SR	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 3S1	verde	verde	verde	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla
Ramilla 3S2	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 4NR	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 4N1	verde	verde	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla	amarilla
Ramilla 4N2	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde
Ramilla 4SR	verde	verde	verde	verde	verde	violeta	violeta	violeta	violeta	violeta	violeta	violeta
Ramilla 4S1	verde	verde	amarilla	violeta	violeta	violeta	violeta	violeta	violeta	violeta	violeta	violeta
Ramilla 4S2	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde	verde

Ramilla	30-Jun-06	14-Jul-06	28-Jul-06	11-Ago-06	25-Ago-06	08-Sep-06	22-Sep-06	11-Oct-06	20-Oct-06	03-Nov-06	18-Nov-06	01-Dic-06
Ramilla	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección	Nivel de infección
Ramilla 1NR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Ramilla 1SR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
Ramilla 2NR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2
Ramilla 2SR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3
Ramilla 3NR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Ramilla 3SR	2	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Ramilla 4NR	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ramilla 4SR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Ramilla 5NR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2
Ramilla 5SR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
Ramilla 6NR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Ramilla 6SR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
Ramilla 7NR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3
Ramilla 7SR	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2
Ramilla 8NR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Ramilla 8SR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
Ramilla 9NR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2
Ramilla 9SR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2
Ramilla 1NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ramilla 1SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Ramilla 2NR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2
Ramilla 2SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Ramilla 3NR	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3
Ramilla 3SR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ramilla 4NR	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Ramilla 4SR	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Ramilla 1N1	2	2	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
Ramilla 1S1	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4
Ramilla 2N1	3	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4
Ramilla 2S1	2	2	1	1	1	1	3	3	4	4	4	4
Ramilla 3N1	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Ramilla 3S1	1	1	1	1	1	3	3	4	4	4	4	4
Ramilla 4N1	4	4	4	4	5	5	5	0	0	0	0	0
Ramilla 4S1	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
Ramilla 5N1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 5S1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 6N1	2	2	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 6S1	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 7N1	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 7S1	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
Ramilla 8N1	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5

Ramilla 8S1	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
Ramilla 9N1	1	1	1	1	2	3	4	4	4	5	5	5
Ramilla 9S1	1	1	1	3	3	3	4	5	5	5	5	5
Ramilla 1N1	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	5
Ramilla 1S1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
Ramilla 2N1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	4	4	4
Ramilla 2S1	1	1	1	1	3	3	4	4	4	4	4	5
Ramilla 3N1	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 3S1	1	1	1	1	3	4	4	4	4	4	4	4
Ramilla 4N1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4
Ramilla 4S1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	4
Ramilla 1N2	3	3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ramilla 1S2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2
Ramilla 2N2	2	2	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3
Ramilla 2S2	2	2	1	2	3	3	4	4	4	4	4	5
Ramilla 3N2	2	2	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3
Ramilla 3S2	2	2	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3
Ramilla 4N2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ramilla 4S2	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	0
Ramilla 5N2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 5S2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 6N2	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 6S2	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 7N2	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 7S2	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
Ramilla 8N2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 8S2	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 9N2	1	1	1	1	2	3	3	4	4	5	5	5
Ramilla 9S2	1	1	1	1	1	2	3	4	4	4	4	5
Ramilla 1N2	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	4	5
Ramilla 1S2	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	5
Ramilla 2N2	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5
Ramilla 2S2	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	5
Ramilla 3N2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ramilla 3S2	1	1	1	2	3	3	3	4	5	5	5	5
Ramilla 4N2	1	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	4
Ramilla 4S2	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	4