



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

TESIS DE MAESTRÍA

**ALTERNATIVAS DE CONTROL QUÍMICO DEL TIZÓN SUIZO
Phaeocryptopus gaeumannii EN PLANTACIONES DE ÁRBOLES DE
NAVIDAD**

PRESENTA:

ADRIANA MENDOZA CAMPOS

DIRECTOR DE TESIS:

DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. JORGE ANTONIO TORRES PÉREZ

Texcoco, Estado de México, Junio 2012



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ESCOLARES
ORIGINA DE EXAMENES PROFESIONALES



**ALTERNATIVAS DE CONTROL QUÍMICO DEL TIZÓN SUIZO *Phaeocryptopus gaeumannii*
EN PLANTACIONES DE ÁRBOLES DE NAVIDAD**

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

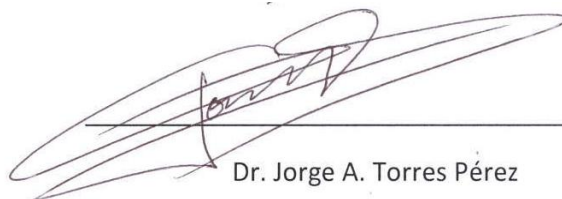
MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

CODIRECTOR:



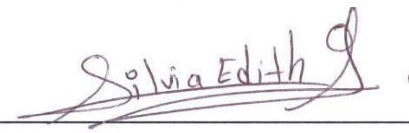
Dr. David Cibrián Tovar

CODIRECTOR:



Dr. Jorge A. Torres Pérez

ASESOR:




M. en C. Silvia Edith García Díaz

ASESOR:



M. en C. Alejandro Corona Ambriz

ASESOR:



M. en C. Omar A. Pérez Vera

Chapingo, Texcoco, Estado de México. Junio de 2012.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS POR PERMITIRME CULMINAR ESTE TRABAJO, VIVIR ESTA GRAN ETAPA DE MI VIDA Y PONER A LAS PERSONAS ADECUADAS PARA IR CRECIENDO COMO SER HUMANO Y APRENDER A MADURAR.

A MI FAMILIA POR EL APOYO INCONDICIONAL DURANTE TODO ESTE PROCESO, SU ALIENTO PARA SUPERARME COMO PERSONA Y SER EL MOTIVO PARA QUERER HACER LAS COSAS MEJOR CADA DÍA.

AL LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO Y CONACYT POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE PODER TENER UN POSTGRADO.

AL DR. DAVID CIBRIÁN TOVAR POR EL APOYO INCONDICIONAL DURANTE LA RELIZACIÓN DE ESTE TRABAJO, POR TODOS SUS CONSEJOS, APORTES Y COLABORACIÓN PARA MEJORAR ESTE TRABAJO, POR PERMITIRME FORMAR PARTE DE SU IMPORTANTE EQUIPO DE TRABAJO Y POR SU INVALUABLE AMISTAD, LA CUAL APRECIO Y VALORO MUCHO.

AL ING. LEÓN JORGE CASTAÑOS MARTÍNEZ Y AL ING. SALVADOR CASTRO ZAVALA POR EL APOYO PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN, ASÍ COMO LA COLABORACIÓN DEL ING. HERMINIO, ENCARGADO DE LA PLANTACIÓN.

A TODOS LOS MIEMBROS DEL COMITÉ REVISOR: DR. JORGE A. TORRES PÉREZ, MC. ALEJANDRO CORONA AMBRIZ, MC. SILVIA E. GARCÍA DÍAZ Y DR. OMAR A. PÉREZ VERA. POR SUS APORTACIONES Y OBSERVACIONES PARA QUE ESTE TRABAJO SALIERA MEJOR.

AL M.C. VICTOR DAVID CIBRIÁN LLANDERAL POR LAS APORTACIONES Y AYUDA EN LA REALIZACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN.

A HUGO POR TODO EL APOYO QUE ME BRINDÓ PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO, POR EL TIEMPO OTORGADO PARA EL PROYECTO LLEVANDOME CADA 15 DÍAS AL PREDIO PARA REVISAR MI PROYECTO.

A TODOS MIS AMIGOS QUE NO HE MENCIONADO PERO QUE CON SU APOYO DIRECTO O INDIRECTO CONTRIBUYERON A LA REALIZACIÓN Y MEJORA DE ESTE TRABAJO.

ESTE ESTUDIO ES PARTE DEL PROYECTO “MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN EL CONJUNTO PREDIAL FORESTAL Y FRACCIÓN DEL RANCHO CHICHICAXTLA”.

DEDICATORIA

A MIS PADRES HERMOSOS NOEMÍ Y TAIDE, A LOS QUE AMO CON TODO MI SER, GRACIAS POR AYUDARME A SER TODO LO QUE SOY, Y DE TODO CORAZÓN LES DEDICO ESTE TRABAJO, QUE SIN SU AYUDA Y APOYO ME HUBIERA COSTADO MÁS TRABAJO LOGRARLO, LOS ADMIRO Y RESPETO MUCHO.

A MIS HERMANAS ANGÉLICA Y ANDREA, QUE SIN SUS CONSEJOS Y LLAMADAS DE ATENCIÓN ME HUBIERA PERDIDO EN EL CAMINO, GRACIAS HERMANITAS, LAS AMO Y CON ESE MISMO AMOR LES DEDICO ESTE TRABAJO, QUE GRAN PARTE DEL MISMO ES GRACIAS A USTEDES.

A MIS ABUELITOS GREGORIO Y MARÍA DE LA PAZ, ABUELITA, ESTÉS EN DONDE ESTÉS SE QUE ME ESTÁS HECHANDO LA MANO PARA QUE ESTE TRABAJO SALGA MEJOR Y LLEGUE A TERMINO DE LA MEJOR MANERA; ABUELITO, GRACIAS POR TODO LO QUE NOS HA ENSEÑADO Y POR LA ENORME FAMILIA QUE FORMÓ Y ME LA REGALÓ.

PARA MI ABUELITA LIDIA, ABUELITA LINDA, ERES MÁS QUE UNA ABUELITA PARA MI, GRACIAS POR TODO LO QUE ME HAS ENSEÑADO, POR LO QUE ME CUIDASTE Y EL CARIÑO QUE ME DAS, TE QUIERO MUCHO Y CON TODO MI AMOR TE DEDICO ESTE TRABAJO.

DEDICO ESTE TRABAJO CON TODO CARIÑO, ADMIRACIÓN Y RESPETO AL DR. DAVID CIBRIÁN, MUCHAS GRACIAS POR TODOS SUS CONSEJOS Y ENSEÑANZAS, PROFESIONAL Y PERSONALMENTE, ES UN EJEMPLO PARA MI, CUANDO SEA GRANDE QUIERO SER COMO USTED.

A MIS AMIGAS Y COMPAÑERAS DE LA MAESTRÍA, LAS AMAZONAS: LAYDI LAURA, VERÓNICA Y LILIA, POR TANTAS TARDES DE RISAS Y BUEN HUMOR, MUCHAS GRACIAS CHAMACAS, LAS QUIERO. ASI COMO A MARIO, MAGUI, CACHO, NANCY, DELMAR, IDALAI, GERMÁN, MAX, ADAIR, ILIANA, POR TODAS LAS TARDES DE DISTRACCIÓN.

AMIGUITOS DE TODA EL ALMA Y CASI HERMANOS, LA BANDOTA CHAPINGUERA, PAULA, BUSTY, ALEX, GARY, MEMO, GIL, CHINO, GABY, SECO DARK, ADAIR, MIRIAM, ANITA.

A TI ARTURITO POR LLEGAR EN EL MOMENTO ADECUADO.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| AGRADECIMIENTOS..... | 2 |
| DEDICATORIA..... | 4 |
| ÍNDICE..... | 5 |
| ÍNDICE DE CUADROS..... | 8 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 9 |
| RESUMEN..... | 10 |
| SUMMARY..... | 11 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| 2. OBJETIVOS..... | 13 |
| 2.1. Objetivo general..... | 13 |
| 2.2. Objetivos específicos..... | 13 |
| 3. ANTECEDENTES..... | 13 |
| 3.1. <i>Phaeocryptopus gaeumannii</i> (Rhode) Petrak..... | 13 |
| 3.1.1. Distribución..... | 13 |
| 3.1.2. Hospedantes..... | 14 |
| 3.1.3. Descripción..... | 14 |
| 3.1.4. Proceso de desarrollo de la infección..... | 14 |
| 3.1.5. Síntomas..... | 16 |
| 3.1.6. Ciclo biológico..... | 17 |
| 3.1.7. Importancia..... | 17 |
| 3.1.8. Manejo..... | 18 |
| 3.2. <i>Pseudotsuga menziesii</i> var. <i>glauca</i> | 18 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.2.1. | Distribución..... | 18 |
| 3.2.2. | Descripción botánica | 19 |
| 3.2.3. | Usos | 19 |
| 3.2.3.1. | Árboles de navidad | 20 |
| 3.2.4. | Plagas..... | 21 |
| 3.2.5. | Enfermedades..... | 21 |
| 3.3. | Forest Stewardship Council | 22 |
| 3.4. | Productos Utilizados | 29 |
| 3.4.1. | <i>Trichoderma</i> | 29 |
| 3.4.2. | Propiconazol | 29 |
| 3.4.3. | Clorotalonil | 30 |
| 3.4.4. | Sales cuaternarias con cobre..... | 30 |
| 3.4.5. | Hidróxido cúprico | 31 |
| 3.4.6. | Sales cuaternarias de amonio..... | 32 |
| 4. | METODOLOGÍA..... | 32 |
| 4.1. | Descripción del área de estudio..... | 32 |
| 4.2. | Tratamientos..... | 32 |
| 4.3. | Establecimiento de los sitios..... | 34 |
| 4.4. | Diseño experimental..... | 35 |
| 4.5. | Aplicación de los tratamientos | 37 |
| 4.6. | Análisis de follaje | 37 |
| 4.7. | Elaboración de las trampas de esporas | 38 |
| 4.8. | Cambio de trampas..... | 40 |
| 4.9. | Conteo de esporas | 40 |

| | | |
|--------|--|----|
| 4.10. | Análisis de costos | 41 |
| 5. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 42 |
| 5.1. | Análisis de resultados | 42 |
| 5.1.1. | Trampeo de esporas | 42 |
| 5.1.2. | Análisis de follaje | 44 |
| 5.2. | Evaluación | 48 |
| 5.2.1. | Fluctuación de poblaciones de ascosporas por sitio | 48 |
| 5.2.2. | Efectividad de costos | 51 |
| 6. | CONCLUSIONES | 54 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA..... | 55 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Productos altamente peligrosos..... | 23 |
| Cuadro 2. Análisis de varianza para el conteo de esporas del hongo <i>Phaeocryptopus gaeumannii</i> | 42 |
| Cuadro 3. Valores medios del número de esporas por tratamiento. | 43 |
| Cuadro 4. Análisis de varianza para la infección proporcional de acículas afectadas por el hongo <i>Phaeocryptopus gaeumannii</i> | 44 |
| Cuadro 5. Valores medios de acículas infectadas. | 45 |
| Cuadro 6. Análisis de costos..... | 51 |
| Cuadro 7. Comparación de tratamientos..... | 52 |
| Cuadro 8. Efectividad de costos. | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Establecimiento del experimento en el área semillera en junio de 2010..... | 34 |
| Figura 2. Diseño Experimental para el área bajo estudio | 36 |
| Figura 3. Aplicación de productos químicos en el área semillera y Sierra Mojada. | 37 |
| Figura 4. Ilustración de las ramas muestreadas..... | 38 |
| Figura 5. Elaboración de trampas fungales..... | 39 |
| Figura 6. Trampas aéreas para esporas fungales..... | 40 |
| Figura 7. Líneas muestreadas para el conteo de esporas en un portaobjetos | 41 |
| Figura 8. Comparación entre el propiconazol a dosis alta y el testigo. | 46 |
| Figura 9. Follaje dañado debido a las aplicaciones con sales cuaternarias con cobre e hidróxido cúprico en Sierra mojada y vivero..... | 47 |
| Figura 10. Emisión de ascosporas en el Área Semillera. | 48 |
| Figura 11. Emisión de ascosporas de Sierra Mojada..... | 49 |
| Figura 12. Emisión de ascosporas para el vivero. | 50 |

RESUMEN

En plantaciones de árboles de navidad de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, ubicadas en el municipio de Ixtacamaxitlán, Puebla, se estudiaron nuevas alternativas de prevención de infecciones del hongo *Phaeocryptopus gaeumannii*. Los árboles afectados llegan a presentar defoliaciones severas de la copa perdiendo su valor comercial. Este hongo se controlaba con el fungicida clorotalonil, las plantaciones y la propiedad forestal están certificadas por la organización internacional Forest Stewardship Council, la cual prohíbe el uso de clorotalonil en el campo; esta situación obligó a la sustitución del fungicida mencionado por productos más inocuos para el ambiente. Se probaron 6 productos, mediante un diseño experimental en bloques completos al azar, los tratamientos al follaje fueron: *Trichoderma*, propiconazol dosis alta, propiconazol dosis baja, clorotalonil, sales cuaternarias con cobre, hidróxido cúprico, sales cuaternarias de amonio y testigos. Para la evaluación de la efectividad de los tratamientos, se hizo un análisis de varianza y una comparación de medias mediante el método de la diferencia mínima significativa, con una confiabilidad del 95%. Esta prueba permitió concluir que el producto químico propiconazol, en ambas dosis, resultó ser el más efectivo; las sales con cobre y el hidróxido cúprico, también resultaron con diferencias significativas, pero ocasionaron fitotoxicidad.

Palabras clave: Clorotalonil, *Trichoderma*, Propiconazol, Sales cuaternarias.

SUMMARY

In plantation sites of Christmas trees of *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* located in the municipality of Ixtacamxtitlán, Puebla, new alternatives were studied for the prevention of fungal infections like the *Phaeocryptopus gaeumannii*. Affected trees even present severe defoliation of the crown losing their commercial value. This fungus was controlled with the fungicide chlorothalonil, plantations and forest ownership are certified by the international Forest Stewardship Council, which prohibits the use of chlorothalonil in the field, this situation forced the replacement of the mentioned fungicide for friendlier products to the environment. 6 products were tested by an experimental design in randomized complete block, the foliar treatments were: *Trichoderma*, propiconazole high dose, propiconazole low dose, chlorothalonil, copper quaternary salts, cupric hydroxide, quaternary ammonium salts and witnesses. To evaluate the effectiveness of treatments, an analysis of variance and mean comparisons by the method of least significant difference, with a reliability of 95% was made. This test concluded that the chemical propiconazole at both doses, was the most effective, the salts with copper and cupric hydroxide presented also significant differences, but caused phytotoxicity.

Keywords: Chlorothalonil, *Trichoderma*, Propiconazole, quaternary salts.

1. INTRODUCCIÓN

Los patógenos que atacan las plantaciones de árboles de navidad afectan en gran medida la producción de éstos, disminuyendo su calidad y aumentando los costos de producción. Por esta razón, es de importancia conocer su ciclo biológico y la forma de dispersión, para poder hacer propuestas de manejo y mejorar la eficiencia.

Las especies utilizadas como árboles de navidad principalmente son: *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*, *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* y *Abies religiosa*. Estas especies se ven afectadas por diversos patógenos entre los que se destacan aquellos que atacan al follaje, provocando el marchitamiento y caída del mismo, en algunos casos provocando la muerte del hospedante (Martínez, 2000; Díaz, 2005; Cruz, 2007; Hernández, 2009), si no se tratan a tiempo ocasionan grandes pérdidas a los plantadores (Cibrián, *et. al.*, 2007). Tal es el caso del hongo *Phaeocryptopus gaeumannii*, llamado comúnmente tizón suizo (Swiss Needle Cast).

En el pasado, se han realizado estudios acerca de la identidad, ciclo biológico y factores climáticos asociados con la dispersión de este hongo; así como sobre algunas estrategias de control, especialmente con clorotalonil (Cibrián *et. al.*, 2007, Cruz, 2007 y Hernández, 2009); sin embargo, este químico contiene cloro y actualmente tiene restricciones para su uso en ambientes naturales.

La empresa “Conjunto predial y fracción del rancho Chichicaxtla”, donde tuvo lugar el experimento, cuenta con una certificación internacional otorgada por la organización Forest Stewardship Council, este certificado exige manejar y cosechar el bosque de manera responsable, y prohíbe el uso de clorotalonil; razón por la cual, el control y combate del tizón suizo, se debe realizar con estrategias y productos que tengan menos impactos negativos al ambiente. Esta investigación contribuye con soluciones a esta problemática y tiene los siguientes objetivos:

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Encontrar una alternativa al uso de clorotalonil como método de control y prevención de infecciones por el hongo *Phaeocryptopus gaeumannii* en plantaciones que afectan a la especie *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar la efectividad de propiconazol en contraste con clorotalonil en la prevención de infecciones por *P. gaeumannii*.
- Identificar la efectividad del antagonista *Trichoderma* en la prevención de infecciones por los hongos *P. gaeumannii*.
- Identificar la efectividad por sales cuaternarias en la prevención de infecciones por los hongos *P. gaeumannii*.

3. ANTECEDENTES

3.1. *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rohode) Petrak.

Este hongo se reportó por primera vez en Suiza en 1925, se le asoció con una defoliación severa en plantaciones de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir). Esta enfermedad fue llamada tizón suizo, para distinguirla del tizón *Rhabdocline* reportado para el mismo hospedante. El hongo posteriormente se encontró extendido en el oeste de América del Norte, donde no se había reportado su existencia en *P. menziesii* nativo, debido a su hábito discreto y difícil de detectar. Los primeros registros confirmados de *P. gaeumannii* en el oeste de América del norte se encuentran en especímenes del herbario, colectados por J. S. Boyce de Oregón y California en 1916. Posteriormente se conoció que el hongo fue nativo de Norte América y que fue introducido accidentalmente a Europa (Stone *et. al.*, 2008).

3.1.1. Distribución

Esta enfermedad se ha reportado en el oeste de Norte América. Debido a las plantaciones comerciales de *P. menziesii*, el hongo se ha extendido hacia el este de Estados Unidos (Stone *et. al.*, 2008). También ha sido introducido en Europa, Chile y Nueva Zelanda (Cibrián y García, 2007).

En México se encuentra distribuido en los estados que cuentan de manera natural con *P. menziesii* o plantaciones de árboles de navidad con ésta especie, estos son: Chihuahua, Coahuila, Durango, Estado de México, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Oaxaca (Cibrián y García, 2007).

3.1.2. Hospedantes

Solo ataca especies de, *Pseudotsuga* principalmente *Pseudotsuga menziesii* con sus variedades *menziesii* y *glauca* (Cibrián y García, 2007). El hongo también se ha reportado para *Pseudotsuga macocarpa* (Vasey) Mayr en Nueva Zelandia (Gadgil, 2005). No se conoce algún reporte para la zona en la que se encuentra la especie de manera natural al Norte de América (Stone *et. al.*, 2008).

3.1.3. Descripción

El agente causal del tizón suizo primero fue nombrado *Adelopus gaeumannii* Rohde (Rohde, 1936; 1937). Petrak (1938) propuso la nueva combinación *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rohde) Petrak (Loretta *et. al.*, 2007).

Las clasificaciones taxonómicas recientes ubican a *Phaeocryptopus* en la familia Venturiaceae, la cual a su vez se encuentra dentro de los Pleosporales, un orden complejo caracterizado por ascas bitunicadas, ascosporas asimétricas, ascas en una capa basal, con parafisoides o pseudoparáfisis y un peridio seudoparenquimatoso (Loretta *et. al.*, 2007).

Los cuerpos fructíferos (pseudotecios) son pequeños (40-) 50-80 (-100) μm de diámetro, esféricos, de color negro, desarrollando células globosas oscuras dentro del estroma, que posteriormente emergen a la superficie de la hoja y aparecen como polvo, desde la vista macroscópica forman rayas punteadas en el envés de las acículas, éstos son los 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 son hialinas, elipsoidales con terminaciones obtusas, ligeramente clavadas, hialinas a amarillo pálido, aproximadamente de (10-) 15 x 3.5 (-5) μm , con un septo casi central (Funk, 1985; French, 1988), la célula basal ligeramente más estrecha hacia la base. Las ascosporas que germinan desarrollan hifas germinativas de los polos terminales de ambas células (Stone *et. al.*, 2008).

3.1.4. Proceso de desarrollo de la infección

Germinación de ascosporas y el crecimiento de las hifas en la superficie de las acículas.

En la superficie de la acícula se presenta la germinación de las ascosporas en ambos extremos dando origen a hifas germinativas hialinas y posteriormente cambian de color café-olivo pálido a un color café oscuro a negro, cuando sus dimensiones son superiores a los 20 μm de largo. El crecimiento de las hifas germinativas sobre la superficie de las acículas es profuso, con ramificaciones irregulares y anastomosis frecuentes, se desarrollan en las depresiones entre las células epidérmicas (Stone *et. al.*, 2008). Estas hifas son capaces de producir múltiples apresorios en la superficie de la acícula y representan sitios de penetración sobre los estomas.

Penetración del hongo en la acícula

Las hifas vegetativas deben estar en contacto con los estomas. Los apresorios, frecuentemente se encuentran formados sobre las ramificaciones cortas de las hifas principales o encima de los estomas. Una sola hifa vegetativa, frecuentemente produce varios apresorios en las ramificaciones. Varias hifas vegetativas individuales, con longitudes de $\pm 200 \mu\text{m}$, cuentan con cinco o más apresorios sucesivos y sobre múltiples estomas. Ocasionalmente, se pueden observar dos apresorios sobre un solo estoma. La penetración del hongo se efectúa con la formación de las puntas infectivas, los cuales son aproximadamente de 2 μm de ancho y no se pueden distinguir morfológicamente de las hifas vegetativas (Stone *et. al.*, 2008).

Colonización interna

La colonización interna se incrementa continuamente durante los 11 meses posteriores a la primera infección. Las hifas están presentes en las paredes celulares de la capa del parénquima de empalizada y el mesófilo esponjoso. El crecimiento de las hifas se da entre las células en empalizada y aparecen en menor cantidad dentro del mesófilo esponjoso. El crecimiento de las hifas no se ha encontrado dentro de la región vascular rodeada por la endodermis, esta parte de la hoja ha sido excluida del crecimiento del hongo. Las hifas internas miden aproximadamente 2-3 μm de ancho y se sabe que se encuentran en largas cadenas, en su mayoría sin ramificar, adheridas a las células del mesófilo (Stone *et. al.*, 2008).

Desarrollo de los pseudotecios

La formación de los primordios pseudoteciales comienza con las hifas intercelulares en el mesófilo, diferenciado en un agrupamiento de células especializadas en el cambium subestomatal, inmediatamente bajo las células de guarda. Los agrupamientos de 4-6 células surgen como un espiral de un solo punto de ramificación de la hifa parental y se

alinea a lo largo del poro estomatal, con los ápices de la célula de la hifa en línea con las células de guarda (Stone *et. al.*, 2008).

Los primordios pseudoteciales, en un principio son visibles sobre la superficie de la acícula, como un conjunto de células esféricas en el cambium epistomatal, seguido del agrupamiento de células en el cambium subestomatal. Estas células se forman, dentro de la cámara subestomatal y cuando emergen rompen el tapón de cera para formar los primordios pseudoteciales sobre los estomas. Los primordios pseudoteciales continúan dividiéndose para formar una masa esférica de células con pigmentos oscuros llenando el interior del cambium epistomatal y eventualmente emergiendo sobre la epidermis de las acículas (Stone *et. al.*, 2008).

Crecimiento epífito

Coincide con la formación de los primordios pseudoteciales en el cambium epistomatal, las células en la periferia del pseudotecio en desarrollo dan lugar a las hifas con pigmentos oscuros que irradian desde la cámara epistomatal y crecen a través de la superficie de la acícula. Esta hifa poco ramificada, septada, en forma de estolón comienza a emerger del estoma, incrementando su longitud a lo largo de las acículas. Las hifas epífitas crecen a través de la superficie de las acículas, se observaron frecuentes anastomosis, resultando en múltiples interconexiones entre los primordios pseudoteciales dentro de los estomas. Las hifas epífitas también funcionan como un medio de expansión de la colonización interna de la acícula. Si se encuentra un estoma desocupado, las hifas epífitas forman apresorios idénticos a los producidos por las hifas vegetativas. La proporción de estomas con apresorios también incrementan durante el otoño e invierno en paralelo con el desarrollo de las hifas epífitas (Stone *et. al.*, 2008).

3.1.5. Síntomas

El mayor síntoma provocado por el tizón suizo incluye un follaje clorótico, abscisión prematura de las acículas infectadas resultando en copas ralas o poco densas y reducción en altura y crecimiento en diámetro (Hansen *et. al.*, 2000; Temel *et. al.*, 2004). En rodales de árboles severamente infectados pueden perder todo el follaje del año en curso (Hansen *et. al.*, 2000) y el volumen del árbol se puede ver reducido en un 23 a 50% o más (Maguire *et. al.*, 2002). El desarrollo de los síntomas está muy asociado con la obstrucción de la función estomatal, por ejemplo intercambio de gases y la pérdida de control del vapor de agua, esto es ocasionado por los pseudotecios de *P. gaeumannii* (Manter *et. al.*, 2000; Temel *et. al.*, 2004).

3.1.6. Ciclo biológico

La infección y colonización de las acículas de *P. menziesii* comienza con la germinación de las ascosporas, las cuales se disemina con ayuda del viento y la lluvia, infectando al nuevo follaje que apenas se ha formado, esto sucede durante la primavera e inicios del verano (marzo a junio) (Temel *et. al.*, 2004; Stone *et. al.*, 2008).

La infección permanece latente y asintomática por varios meses. Los primeros pseudotecios se forman en el cambium y emergen de las hojas desde septiembre-octubre hasta los primeros meses del año siguiente, aproximadamente 4 meses después de iniciada la infección (diciembre-enero), siendo más evidentes después de 6 a 9 meses (mayo-junio). Las acículas enfermas pueden producir pseudotecios en una, dos o tres estaciones antes de caer, el número de estructuras incrementa anualmente. El estado asexual del hongo no se conoce (Boyce, 1940; Hood y Kershaw, 1975; Michaels y Chastagner, 1984; Hansen *et. al.*, 2000; Stone *et. al.*, 2008).

Los pseudotecios son producidos sucesivamente y su maduración no es simultánea; durante todo el año, las acículas son infectadas teniendo una población de pseudotecios en varias etapas de maduración (Chastagner y Byther, 1983). Las ascas maduran durante los meses de abril a junio, en el oeste de Oregon y Washington, las ascosporas se producen e infectan nuevas acículas desde mediados de Mayo hasta Julio (Rohde, 1937; Chastagner y Byther, 1983; Michaels y Chastagner, 1984; Stone *et. al.*, 2008), Cruz (2007) y Hernández (2009) reportan el mismo periodo de emisión de esporas para las plantación en México. Los pseudotecios son visibles como esferas negras diminutas empastadas con las líneas de las estomas (Boyce, 1940; Stone y Carroll, 1985).

3.1.7. Importancia

El tizón suizo se ha convertido en un problema de salud para los bosques, en el último siglo la enfermedad ha tenido mayor importancia (Stone *et. al.*, 2008).

En México en toda las áreas de distribución natural de *Pseudotsuga*, se ha encontrado al patógeno infectando árboles de todos tamaños. Las infecciones son comunes y los propietarios y administradores de los bosques las pasan por alto. En plantaciones de árboles de navidad del estado de México, este patógeno causa grandes daños, lo que obliga a la aplicación de medidas de control. En bosques naturales y en plantaciones de árboles de navidad del oeste de Estados Unidos y Canadá, la enfermedad es de gran importancia económica (Cibrián y García, 2007).

En evaluaciones recientes del nivel de infección de *P. gaumannii* en el oeste de los bosques de Norte América se le ha reconocido como patógeno de gran importancia; y solo

en una parte sobreviviente de árboles al sur de British Columbia y en el noroeste de Washington se le encontró, pero éste estaba poco asociado con la pérdida de follaje, con ello se asume que la susceptibilidad del hospedante al hongo es variada (Hood, 1982; Stone *et. al.*, 2008).

3.1.8. Manejo

Las acciones de prevención y control solo se recomiendan para plantaciones de árboles de Navidad. Se sabe que al patógeno le favorece la estación lluviosa del año y será de mayor importancia en sitios húmedos y de baja altitud, menores a 2600 m (Cibrián y García, 2007). Para su detección se deben hacer inspecciones periódicas y, de ser necesario, evaluar su severidad. Como medidas de protección Cibrián y García, (2007) recomendaron hacer aplicaciones con fungicidas del tipo clorotalonil o azufre elemental; sin embargo, el primero de estos productos ahora tiene restricciones ambientales; estos autores sugieren iniciar las aspersiones cuando los brotes de crecimiento inicial son menores a 6 cm de longitud, estas aplicaciones se deben dirigir hacia el follaje más reciente. El control se logra en varios años de aplicaciones sucesivas.

3.2. *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*

3.2.1. Distribución

En México, la distribución natural de esta variedad de *Pseudotsuga* es a lo largo de la Sierra Madre Oriental y Occidental y algunas poblaciones en el Eje Volcánico Transversal; la mayor parte de sus poblaciones están mezcladas con otras especies de coníferas (Rzedowski, 1994; Domínguez *et. al.*, 2004).

Se le encuentra en las montañas de la Sierra madre Occidental en los estados de Chihuahua, Durango, Sinaloa, Sonora y Zacatecas y en la Sierra Madre Oriental en los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, y Tamaulipas; hacia el sur en el Eje Neo volcánico en los estados de Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y Veracruz (Martínez, 1963; Rzedowski, 1994; Domínguez *et. al.*, 2004). En la Sierra Madre de Oaxaca, en el sur de México, alcanza el límite mundial más septentrional a los 17° 01' 05" de latitud Norte (Acevedo, 1998).

En los últimos años se han identificado y descrito nuevas poblaciones naturales de *Pseudotsuga menziesii* en México, destacando las de Huayacocotla, en el estado de Veracruz (Domínguez, 1986) y en las coordenadas 17° 09' 38" N y 96° 37' 56" O, en un rango de altura de entre los 2400 y 2720 m.s.n.m., en un lugar denominado "Peña prieta" del municipio de Santa Catarina Ixtepeji, en el estado de Oaxaca (Acevedo, 1998). Estos

hallazgos han permitido actualizar la distribución natural del género en México (Domínguez *et. al.*, 2004).

3.2.2. Descripción botánica

Nájera (1990), presenta la siguiente descripción de acuerdo con los reportes de Estados Unidos y Canadá para *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* y las descripciones para las especies de *Pseudotsuga* realizadas en México por Martínez (1963) y Preston (1976).

Árbol monoico de porte grande siempre verde, con altura de entre 12 y 40 m, el diámetro normal se encuentra entre los 35 y 70 cm. La copa compacta, de forma piramidal en arbolado viejo, en arbolado joven es cónica. Las hojas son solitarias, lineares, más o menos aplanadas, acanaladas en su parte superior y su ápice es redondeado, truncado o más o menos agudo. El tamaño varía entre 15 y 30 mm. Las hojas son persistentes durando en el árbol de 3 a 5 años. Su corteza es de color grisáceo, delgada y con ámpulas de resina en árboles jóvenes. En árboles viejos es muy gruesa, áspera, con la superficie dividida en placas escamosas, alcanza un espesor de 8 a 10 cm. Los conos colgantes, leñosos, oblongovoides, solitarios, caedizos, posados en pedúnculos cortos, miden de 3 a 8 cm de largo y de 3 a 4 cm de ancho; maduran en la misma estación. Las semillas en el ápice son estériles con menos de 6 mm de largo, redondeadas y con un ala terminal de 10 a 15 mm de larga incluyendo la semilla.

3.2.3. Usos

La madera de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir) procedente de Oregon, Canadá, es reconocida como una de las más importantes del mundo, valorada desde el viejo y nuevo mundo con múltiples aplicaciones en carpintería, ebanistería y pasta de papel, entre otros usos. Entre las clases para uso industrial están: madera laminada, tabla clasificada según su resistencia al esfuerzo (con valores de diseño asignados), vigas y postes para minas, así como durmientes de vías férreas. Entre los productos para manufactura están: madera para puertas y molduras (Domínguez, 1994).

La especie también es empleada como ornamental y en plantaciones de árboles de navidad.

Pseudotsuga menziesii (Douglas-fir) ha sido introducida en los últimos 100 años en muchas regiones del mundo. Reportada en plantaciones en España y otros países como el árbol de navidad típico.

3.2.3.1. Árboles de navidad

Domínguez (1994), considera que para el establecimiento y manejo de las plantaciones con esta especie de árbol, es necesario conocer sus principales eventos fenológico. Para el establecimiento de plantaciones se deben tomar en cuenta las siguientes premisas:

1. Los árboles se deben plantar en suelos profundos y bien drenados para obtener los mejores rendimientos.
2. Dado que esta especie presenta raíces que no se introducen a grandes profundidades, sino que son superficiales, se deben procurar plantarla en lugares protegidos contra el viento.
3. Las plantaciones no deberán ser densas, se recomienda una densidad de 3000 plantas/ha.
4. *Pseudotsuga menziesii* no tiene la habilidad para podarse en forma natural, por lo que se recomienda hacer poda artificial.

Según CONAFOR (2009), Magaña (1996) y Monárrez (2000), las principales actividades que se realizan en una plantación son:

Riego: la frecuencia del riego dependerá del tipo de suelo y las condiciones climatológicas del lugar; los riegos más factibles son: por goteo, por aspersión y por surcos, este se debe hacer durante los primeros años de la plantación, ya que es importante para mantener a los árboles sanos, vigorosos y con un alto porcentaje de sobrevivencia, con las cantidades de humedad y nutrientes necesarios.

Deshierbe: esta actividad se realiza los primeros dos años de haber sido establecida la plantación, para evitar la competencia por luz, agua y nutrientes. Estos deshierbes se hacen alrededor de las plantas, en un radio de 20 cm alrededor de la cepa, por lo menos una vez al año; esto preferentemente una o dos semanas después de iniciada la temporada de lluvias.

Fertilización: la aplicación de fertilizantes como el nitrato de calcio, favorece el crecimiento de las plántulas y una combinación de fósforo y nitrógeno dan como respuesta un buen crecimiento de la planta pero pueden afectar el crecimiento radicular.

Podas: en cuanto a las podas, estas se deben realizar a partir de que los árboles tengan una altura de 60 a 90 cm y una edad entre los 3 y 4 años, para controlar la rama principal y el eje que da forma al árbol.

Cajeteo: el mantenimiento de los cajetes es otra actividad importante dentro de la producción de *Pseudotsuga menziesii*, la cual consiste en formar y limpiar los cajetes con el fin de librar la base de los árboles de malezas que compitan por nutrientes y residuos de materia orgánica derivado de las podas, de esta manera también se proporciona un área de captación de agua.

Cosecha: el turno para *P. menziesii* var. *glauca* es de 5 a 7 años, la replantación es otro aspecto importante dentro del cultivo de esta especie, ya que es necesario revisar el número de plantas muertas y realizar las sustitución de éstas, en época de lluvias.

3.2.4. Plagas

Los árboles desde semilla hasta su vejez son dañados por diferentes organismos. Las semillas y conos de las coníferas son dañados por insectos. Las ardillas cortan conos en gran cantidad, que guardan y comen posteriormente (Spurr y Banes, 1982).

Entre los principales insectos que dañan los conos y semillas de *P. menziesii* var. *glauca* se encuentran: *Apolychrosis ferruginus*, *Barbara* sp., *Chirothrips falsus*, *Contarinia* sp., *Dioryctria pinicolella*, *Frankliella adadusta*, *F. chamulae*, *F. fallaciosa*, *Megastigmus spermotrophus*, (Cibrián et. al., 1995).

El insecto que ocasiona daños y muerte en los brotes es el escolitino *Pityophtorus orarius*. Los insectos que afectan follaje son el defoliador *Lophocampa alternata*, y el adélgido de la especie *Adelges cooleyi*, este se alimenta de savia y puede infestar brotes ramillas y troncos; los que dañan la madera son: *Heterotermes aureus*, *Incisitermes minor*, *Reticulitermes hesperus*. El estado larvario de *Phyllophaga* spp., se alimenta de raíces, debilitando las plántulas o árboles jóvenes pudiendo llegar a causar la muerte de los mismos (Cibrián et. al., 1995).

Los insectos descortezadores registrados para México son *Dendroctonus pseudotsugae* subsp. *barragani* y *Scolytus hermosus* (Cibrián et. al., 1995).

3.2.5. Enfermedades

Las enfermedades de raíz y tallo son comunes, ocasionando grandes pérdidas volumétricas en los rodales comerciales, al causar pudriciones en viejos fustales y arbolado joven. Los patógenos más comunes son: los pudridores de madera *Fomitopsis cajanderi*, *F. subroseus* y *Pellinus pini*; el patógeno manchador *Leptographium terebrantis* var. *pseudotsugae*; los pudridores de raíz son: *Armillaria ostoyae*, *Armillaria mellea*, *Heterobasidion annosum*, y *Phaeolus schweinitzii*; otros patógenos son *Botrytis cinerea*,

Fusarium oxysporum y *Phytophthora cinnamomi* (Domínguez, 1986; Hawksworth *et. al.*, 1987; Cibrián *et. al.*, 2007).

Los daños en el follaje son a causa de: *Alternaria* sp., *Dothistroma septosporum* y *Phaeocryptopus gaeumanii* (Cibrián *et. al.*, 2007).

La especie de muérdago enano *Arceuthobium douglasii*, parasita los árboles de *Pseudotsuga menziesii*. Éste muérdago enano se encuentra en los estados de Durango, Chihuahua y Coahuila, llegando a formar en su hospedante abundantes y grandes escobas de brujas. El daño más notable es la predisposición del árbol a ser atacado por descortezadores y hongos, llegando en ocasiones a acelerar el proceso de muerte (Hawksworth y Wiens, 1972; González, 1989; Cibrián, *et. al.*, 2007).

3.3. Forest Stewardship Council

El Consejo de Manejo Forestal, Forest Stewardship Council (FSC) con sus siglas en inglés, es una organización no gubernamental, independiente y sin fines de lucro, la cual tiene como misión apoyar el manejo ambiental adecuado, socialmente benéfico y económicamente viable de los bosques del mundo. El FSC desarrolla, sustenta y promueve estándares internos, nacionales e internacionales de acuerdo con la misión de esta organización; así como evalúa, acredita y supervisa a los organismos de certificación que verifican el uso de los estándares del FSC.

La norma del FSC sobre el uso de plaguicidas fue aprobada en el año 2005. Esta norma fue planteada para cumplir con los requisitos pertinentes de los principios y criterios del FSC para el manejo forestal y ésta tiene tres elementos principales:

- La identificación y prohibición de los plaguicidas altamente peligrosos.
- Impulsar y promocionar el uso de métodos de control de plagas sin químicos, como un elemento de una estrategia de un manejo integrado de plagas y de la vegetación.
- Dar un buen uso y manejo a los plaguicidas que son utilizados.

La norma de pesticidas del FSC prohíbe el uso de los plaguicidas altamente peligrosos en unidades de manejo forestal certificadas por el FSC, a menos que el uso de estos productos haya sido justificado explícitamente por razones específicas (Incluidas las consultas con los interesados), deben ser disposiciones adecuadas para prevenir preferentemente, de otra manera se debe plantear un programa para minimizar o mitigar los impactos negativos y de igual manera que permita la identificación de alternativas.

La norma requirió el establecimiento de indicadores y umbrales para la identificación de los plaguicidas particularmente peligrosos, reconocidos por el FSC, con base en sus ingredientes activos. A continuación se presenta una lista del FSC de los pesticidas altamente peligrosos –prohibidos en bosques y plantaciones certificados por el FSC– a menos que una derogación temporal para su uso de estos productos ya haya sido aprobada por el Consejo Directivo del FSC.

Cuadro 1. Productos altamente peligrosos.

| Ingrediente Activo | Bases para su inclusión en la lista de plaguicidas altamente peligrosos del FSC |
|---------------------------|---|
| Aldicarb | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 0.93 mg/kg (e-PM-2006-2007). |
| Aldrin | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 38-67mg/kg (e-PM-2006-2007). Carcinogénicos: Grupo B2 US EPA. Prohibido por acuerdos internacionales: Estocolmo. |
| Alfa cipermetrina | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratones: 57 mg/kg. Toxicidad acuática: Concentración Letal Media (CL50): (96 h) para trucha arcoíris 2.8 µg/l (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 6.9 (e-PM-2006-2007). Persistencia: Tiempo de degradación medio (TD50): 91 días, (e-PM-2006-2007). Potencial de absorción del suelo (Koc) : ?? |
| Fosfuro de aluminio | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 8.7 mg/kg. Toxicidad acuática: Concentración Letal Media (CL50): (96 h) para trucha arcoíris 9.7 µg/l (e-PM-2006-2007). |
| Amitrol | Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA. |
| Atrazina | Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999). |
| *Benomilo | Toxicidad para el desarrollo (US TRI) |
| Brodifacoum | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 0.4 mg/kg; (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 8.5 (e-PM-2006-2007). |
| Bromadiolona | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 1.125 mg/kg; (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.7 (e-PM-2005-2006). |
| Carbarilo | Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999). |
| Carbosulfan | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas machos 250 y ratas hembras 185 mg/kg. Toxicidad acuática: CL5: (48 h) para Daphnia 1.5 µg/l. Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 5.4 (e-PM-2006-2007). |
| Clordano | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 133-649 mg/kg; (e-PM-2006-2007). Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986. Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 6.0 (e-PM-2006- |

| | |
|---|--|
| | 2007). Prohibido por acuerdos internacionales: Estocolmo. Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999). Persistencia: Tiempo de degradación medio (TD50): en el suelo cerca de 1 año (e-PM-2006-2007). Potencial de absorción del suelo (Koc) : ?? |
| Clorotalonil | Toxicidad acuática: CL50: 47 µg/l para trucha arcoíris (e-PM-2006-2007). Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986. |
| Clorpirifos | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.7 (e-PM-2006-2007). Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 135-163 mg/kg Toxicidad acuática: CL50: (48 h) para Daphnia 1.7 µg/l. |
| Ciflutrin | Toxicidad acuática: CL50: (PM) 0.47µg/l para trucha arcoíris (e-PM-2005-2006). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= >3 (e-PM-2006-2007). |
| Cipermetrina | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratones: 138 mg/kg; (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 6.6 (e-PM-2006-2007). |
| 2,4-D Éster etilhexil | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 5.78 (e-PM-2006-2007). Toxicidad para el desarrollo (US TRI). |
| *2-(2,4-DP), dma sal (diclorprop, dma sal) | Toxicidad para el desarrollo (US TRI). |
| DDT | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratones: 113-118, mg/kg Toxicidad acuática: CL50: (48 h) para Daphnia 1.10 µg/l (e-PM-2006-2007). Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986. Prohibido por acuerdos internacionales: Estocolmo. Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999). Persistencia: Tiempo de degradación medio (TD50): 3 mese en la india (clima tropical), en regiones templadas de 4 a 30 años (e-PM-2005-2006). Potencial de absorción del suelo (Koc): ?? |
| Deltametrina | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.6 (e-PM-2006-2007). Toxicidad aguda (oral): DLM para ratas va de 135 a >5000 mg/kg Toxicidad acuática: CL50: (48 h) para Daphnia 3.5 µg/l. |
| Diazinon | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratones: 80-135, mg/kg (e-PM-2006-2006). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.3 (e-PM-2006-2007). |
| *Dicamba, dma sal | Toxicidad para el desarrollo (US TRI). |
| Dicofol | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.3. (e-PM-2006-2007). |
| Dieldrin | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 37-87mk/kg (e-PM-2006-2007). Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986. |
| Dienoclor | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.23 (e-PM-2006- |

| | |
|--------------------|---|
| | 2007). |
| Difetialone | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 0.56, mg/kg (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 5.17 (e-PM-2006-2007). |
| Diflubenzuron | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.89 (e-PM-2006-2007). Toxicidad acuática: CL50: (48 h) para Daphnia 7.1 µg/l. |
| Dimetoato | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratones: 160mg/kg (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= -4.6 (e-PM-2006-2007). Toxicidad para el desarrollo (US TRI). |
| Dicuat dibromid | Toxicidad acuática: CL50: (48 h) para Daphnia 2.2 µg/l (e-PM-2006-2007). |
| Diuron | Persistencia: TD50: 90-180 días (e-PM-2005-2006). Potencial de absorción del suelo (Koc): 400ml/g 3.3 (e-PM-2006-2007) Soluble en agua: 37.4 mg/l 3.3 (e-PM-2006-2007) Toxicidad para el desarrollo (US TRI). |
| Endosulfan | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 75-88 mg/kg (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= para α- = 4.74; β- = 4.79 ambos para un pH 5 (e-PM-2006-2007). |
| Endrina | Toxicidad aguda (oral): Dosis Letal Media (DL50) para ratas: 7.5-17.5 mg/kg (e-PM-2006-2007). Prohibido por acuerdos internacionales: Estocolmo. |
| Epoxiconazol | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.33 (e-PM-2006-2007) |
| Esfenvalerato | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 75-88 mg/ (e-PM-2006-2007) Toxicidad acuática: CL50: para trucha arcoíris 0.26 µg/l (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 6.22. (e-PM-2006-2007). Persistencia: TD50: en la arena (0.38% de materia orgánica) TD50 88 días; en franco limoso (pH 5.3, 2.0% de m. o.), TD50 114 días; en franco arcilloso (pH 5.7, 0.2% de m. o.), TD50 287 días; en suelos franco arcillosos. Potencial de absorción del suelo (Koc): 5300 ml/g (e-PM-2006-2007). |
| Etión | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)=4.28 (e-PM-2006-2007) |
| Fenitrotion | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.43 (e-PM-2006-2007) |
| Fipronil | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.0 (e-PM-2006-2007) Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 97 mg/kg(e-PM-2006-2007). |
| Fluazifop-butil | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.5 (e-PM-2006-2007) |
| Flufenoxurón | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.0 (e-PM-2006-2007) Toxicidad acuática: CL50: (96 h) para trucha arcoíris >4.9 µg/l. |
| Gamma-HCH, lindano | Toxicidad aguda (oral): los valores de la DL50 varía de acuerdo con las condiciones de prueba, especialmente el portador: para ratas 88-270, |

| | |
|--|---|
| | <p>mg/kg e-PM-2006-2007</p> <p>Toxicidad acuática: CL50: (96 h) para trucha arcoíris 0.022-0.028 mg/l (e-PM-2006-2007).</p> <p>Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.5 (e-PM-2006-2007).</p> <p>Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999).</p> |
| Heptacloro | <p>Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 147-220, mg/kg. (e-PM-2006-2007).</p> <p>Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986.</p> <p>Prohibido por acuerdos internacionales: Estocolmo.</p> <p>Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.4-5.5 (e-PM-2006-2007).</p> <p>Persistencia: TD50: 9-10 meses cuando se utilizan en suelo agrícolas. (e-PM-2006-2007)</p> <p>Potencial de absorción del suelo (Koc): ??</p> |
| Hexaclorobenceno | <p>Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986.</p> <p>Prohibido por acuerdos internacionales: Estocolmo.</p> <p>Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999).</p> |
| Hexazinona | <p>Persistencia: TD50: en el suelo entre 1-6 meses (e-PM-2006-2007); 105 días (The FOOTPRINT Pesticide Properties Database); 222 días (PAN Pesticides database).</p> <p>Potencial de absorción del suelo (Koc): 54 ml/g (The FOOTPRINT Pesticide Properties Database)</p> <p>Soluble en agua: 29.8 g/ (e-PM-2006-2007)</p> |
| *Hidrametilnona | Toxicidad para el desarrollo y reproducción (US TRI). |
| Isoxaben | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.94 (e-PM-2006-2007) |
| Cihalotrin-lambda | <p>Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas macho 79 y ratas hembra 56 mg/kg.</p> <p>Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 7 (e-PM-2006-2007).</p> |
| Mancozeb | <p>Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986.</p> <p>Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999).</p> |
| Metam sodio | <p>Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999).</p> <p>Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986.</p> <p>Toxicidad para el desarrollo (US TRI)</p> |
| Metoxiclor | <p>Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999).</p> <p>Toxicidad acuática: CL50: (48 h) Daphnia 0.00078 mg/l.</p> |
| Sal monosódica del ácido metil arsénico (MSMA) | Clasificación química (metal pesado) As |
| Bromuro de metilo | Inhalación: CL50: (4 h) para ratas 3.03 mg/l air (N. Kato et al., Ind. Health, 1986, 24, 87-103). Altamente tóxico para el humano, con un valor límite umbral de 0.019 mg/l air (ACGIH). |
| Mirex | <p>Prohibido por acuerdos internacionales: Estocolmo.</p> <p>Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999).</p> |
| *Naled | Toxicidad para la reproducción (US TRI) |
| Orizalina | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.73 (e-PM-2006- |

| | |
|------------------------------|---|
| | 2007). |
| Oxidemeton-metil | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 50 mg/kg (e-PM-2005-2007). Toxicidad para el desarrollo (US TRI) |
| Oxifluorfen | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.47 (e-PM-2006-2007). |
| Paraquat | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 157-129 mk/kg (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.5 (e-PM-2006-2007). |
| Paratión | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 2 mk/kg (e-PM-2006-2007). Toxicidad acuática: CL50: (48 h) Daphnia 0.0025 mg/l. Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.83 (e-PM-2006-2007). |
| Pendimetalina | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 2 mk/kg (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 5.2 (e-PM-2006-2007). Persistencia: TD50: en el suelo es de 3-4 meses (A. Walker & W. Bond, Pestic. Sci., 1977, 8, 359 (e-PM-2006-2007). Potencial de absorción del suelo (Koc):?? |
| Pentaclorofenol | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 5.1 (e-PM-2006-2007). Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986. Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999). |
| Permetrina | Toxicidad acuática: Concentración Letal Media (CL50): (48 h) Daphnia 0.6 µg/l. (e-PM-2006-2007). Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 6.10. (e-PM-2006-2007). |
| Propaquizafop | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.78 (e-PM-2006-2007). |
| Propizamida | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.3 (e-PM-2006-2007) |
| Quintoceno | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 5.1 (e-PM-2006-2007). Persistencia: TD50: en el suelo cerca de 4-10 meses (e-PM-2006-2007). Potencial de absorción del suelo (Koc):?? |
| *Simazina | Toxicidad para la reproducción (US TRI) |
| Cianuro de sodio | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 6.44 mg/kg (e-PM-2006-2007). |
| Fluoroacetato de sodio, 1080 | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 0.22 mg/kg Toxicidad para la reproducción (US TRI) |
| Estricnina | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.0 (e-PM-2006-2007). Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 1-30 mg/kg (e-PM-2006-2007). |
| Sulfloramida | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP) >6.8 (e-PM-2006-2007) |
| 2,4,5-T | A menudo contaminados con dioxina Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999). |
| Tebufenocida | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.25 (e-PM-2006- |

| | |
|--------------------------|--|
| | 2007; The FOOTPRINT Pesticide Properties Database). |
| Terbumeton | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.04 (e-PM-2005-2006). Persistencia: Tiempo de degradación medio (TD50): en suelo cerca de 300 días (e-PM-2006-2007). Potencial de absorción del suelo (Koc):?? |
| Terbutilazina | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.21 |
| Terbutrina | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 3.65 (e-PM-2006-2007). Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999). |
| Tiodicarb | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 66 (en agua) Toxicidad acuática: CL50: (48 h) Daphnia 27 µg /l Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986. |
| Toxafeno (Canfecloro) | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 80-90 mg/kg (e-PM-2006-2007). Carcinogénicos: Grupo B2, US EPA 1986. Prohibido por acuerdos internacionales: Estocolmo. Categoría de los disruptores endócrinos: 1 (Unión Europea, 1999). Persistencia: TD50: varía entre 70 días y 12 años, dependiendo del tipo de suelo y el clima. (e-PM-2006-2007). Potencial de absorción del suelo (Koc):?? |
| Triadimenol | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= α = 3.08; β = 3.28 (e-PM-2006-2007) Persistencia: TD50: en franco-arenoso de 110-375 días, en franco 240-270 días (e-PM-2006-2007) Potencial de absorción del suelo (Koc):?? |
| Trifluralina | Bioacumulación: coeficiente de partición (Kow logP)= 4.83 (e-PM-2006-2007). |
| Warfarina | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 186 mg/kg (e-PM-2006-2007). Toxicidad para el desarrollo (US TRI). |
| Zeta-cipermetrina | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 105.8 mg/kg (e-PM-2006-2007). Toxicidad acuática: CL50: (48 h) Daphnia 0.15 µg/l. (e-PM-2006-2007). |
| Fosfuro de zinc | Toxicidad aguda (oral): DL50 para ratas: 45.7 mg/kg (e-PM-2006-2007). Toxicidad acuática: CL50: (96 h) para trucha arcoíris 9.7 µg/l (e-PM-2006-2007). Toxicidad para el desarrollo (US TRI). Toxicidad para la reproducción (US TRI) |

CL50: Concentración Letal Media

DL50: Dosis Letal Media

TD50: Tiempo de Degradación Medio

* Indica que estos productos fueron catalogados como “altamente peligrosos”, basado en el indicador establecido y se mantendrá en la lista del FSC con la categoría de plaguicidas altamente peligrosos, hasta que la información de desarrollo y reproducción de la toxina se haya obtenido.

(Fuente: Forest Stewardship Council)

3.4. Productos Utilizados

A continuación se presenta una descripción resumida de los productos utilizados en este ensayo.

3.4.1. *Trichoderma*

Ingrediente activo (I. A.): *Trichoderma* spp.

Nombre comercial: SPECTRUM TRICO BIO HV

Concentración: contiene por cada litro de producto, no menos de 1.0×10^{11} unidades formadoras de colonias (UFC) de *Trichoderma* spp.

Formulación: Suspensión concentrada

Clasificación: Biológico

Modo de acción: es un producto regulador y antagonista de hongos fitopatógenos. Estimula el crecimiento y desarrollo del sistema radicular de las plantas (pelos y raíces absorbentes) mejorando la nutrición y absorción de agua; transforma la materia orgánica en nutrientes solubles y humus, contribuyendo con la nutrición de la planta. El hongo al ser asperjado sobre semillas, material de propagación o suelo, crece y coloniza rápidamente el sistema radicular de las plantas, formando una capa protectora, atacando y parasitando a los hongos que dañan a las raíces, de los que se alimenta y elimina. Aumenta la tolerancia hacia patógenos del suelo mediante la activación de los mecanismos de defensa de la planta por inducción de la producción de fitoalexinas. Produce metabolitos no volátiles y enzimas hidrolíticas con actividad antifúngica (Anónimo, 2010).

Organismos que controla: reducen el crecimiento e inhiben el desarrollo de *Alternaria* spp, *Armillaria* sp, *Botrytis* spp, *Colletotrichum* spp, *Fusarium* spp, *Pythium* spp, *Phytophthora* spp, *Rhizoctonia solani*, *Roselinia* sp, *Sclerotinia* spp, *Sclerotium* spp, y *Thielaviopsis* sp, (Anónimo, 2010).

3.4.2. Propiconazol

I. A.: Propiconazol

Nombre comercial: TILT 250 CE

Concentración: Propiconazol 25.5%

Formulación: Concentrado emulsionable

Clasificación: Triazol

Modo de acción: Es un fungicida sistémico, del grupo de inhibidores de la síntesis del ergosterol, actúa en el sitio específico de la ruta de la biosíntesis de ergosterol en la C-14 demetilasa. Esto hace que no se realice el proceso llamado demetilación. Este producto es absorbido por la parte vegetativa de la planta después de aplicado y transportado por el xilema, esta traslocación favorece a una distribución dentro de la planta. Actúa dentro de la planta controlando la patogenicidad durante la formación del primer haustorio; por esto, aunque el modo de acción permite un uso protectivo curativo, los mejores resultados se obtienen si el producto es aplicado cuando la enfermedad está en su fase inicial de crecimiento (Anónimo, 2010).

Organismos que controla: controla enfermedades causadas por hongos del grupo de los ascomicetos (particularmente en Erysiphales), basidiomicetos y deuteromicetos, incluyendo enfermedades como las cenicillas, royas, manchas foliares y carbones (Anónimo, 2010).

3.4.3. Clorotalonil

I. A.: Clorotalonil

Nombre comercial: BRAVO 720 SWS SA

Concentración: Clorotalonil 54% (equivalente a 720 g de I. A. /L)

Formulación: Suspensión acuosa

Clasificación: Aromático policlorado

Modo de acción: es un fungicida de contacto, de amplio espectro de control, que posee acción preventiva y evita la generación de resistencia. Se destaca por su persistencia en el cultivo y resistencia al lavado por lluvias (contiene “weather stick” o “agente pegante”), lo cual le otorga una mayor resistencia al lavado por lluvias y permite una redistribución del producto en los tejidos de la planta. Tiene acción multi-sitio (no específica), atacando y destruyendo varias funciones vitales de la célula (Syngenta, 2011).

Organismos que controla: Se recomienda para el control de diversas enfermedades en Berries, Eucalipto, Frutales de carozo, Hortalizas, Papa, Pino, Tomate y Vides pisqueras (Anónimo, 2010).

3.4.4. Sales cuaternarias con cobre

I. A.: Cuaternario de amonio y Sulfato de cobre pentahidratado

Nombre comercial: ANIBAC PLUS

Concentración: Cuaternario de amonio 46.50% y sulfato de cobre pentahidratado 20.00%

Formulación: Líquido soluble

Clasificación: Compuesto inorgánico de cobre

Modo de acción: Desinfectante y sanitizante a base de cuaternario de amonio (doble cadena y 2a. generación) y sulfato de amplio espectro. Tiene acción protectora y curativa, inhibe los procesos reproductivos y enzimáticos de hongos y bacterias patógenas, en virus, inhibe la transformación de energía para su desarrollo y lo mantiene latente. A través de los cuaternarios de amonio, bloquea la acción de enzimas proteolíticas de la pared celular de las bacterias mediante una desnaturalización química y morfológica, inhibiendo las reacciones bioquímicas y provocando plasmólisis. El efecto tóxico de las sales de cobre sobre los hongos se manifiesta por la inhibición de la germinación de las esporas, en bacterias produce una plasmólisis. La suciedad orgánica y la dureza del agua no afectan su actividad germicida ni inactivan su acción (Anónimo, 2010).

Organismos que controla: *Alternaria* sp., *Botrytis* sp., *Cenicilla (Oidium)* sp., *Cercospora* sp., *Fusarium* sp., *Melanconium* sp., *Penicillium* sp., *Phytophthora* sp., *Plasmopara* sp., *Rhizopus* sp., *Septoria* sp., *Taphrina deformans* y *Uromyces* sp. Las bacterias que producen pudrición ácida: manchas bacteriales (*Xanthomonas* sp), marchitez bacteriana (*Pseudomonas*) y pierna negra de la papa (*Erwinia*) (INZUMA, 2011).

3.4.5. Hidróxido cúprico

I. A.: Hidróxido cúprico

Nombre comercial: HIDROCU S

Concentración: 24.40% en peso equivale 36.60% p/v. Los 244 g de cobre metal/kg proceden de 375.4 g de hidróxido cúprico con una riqueza en cobre metal no menor del 65%.

Formulación: Suspensión acuosa

Clasificación: Compuesto inorgánico de cobre

Modo de acción: Fungicida preventivo, de contacto, formulado como suspensión acuosa para aplicar en pulverización al follaje. Controla un amplio espectro de enfermedades causadas por hongos y bacterias. Interrumpe la función de las enzimas y los sistemas de transporte de energía, afectando la integridad de las membranas de células y organelas (Anónimo, 2010; INE, 2012).

Organismos que controla: antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*), mancha foliar (*Cercospora purpurea*), roña y sarna del fruto del aguacate. Control de mancha foliar del apio y tizón tardío del apio (*Septoria apii*). Control de mancha café de las hojas del cacahuete (*Cercospora arachidicola*), mancha y peca de la hoja del cacahuete (*Cercospora personata*). Control de antracnosis (*Cercospora coffeicola*), mal de hilachas del cafeto (*Corticium salmonicolor*), pudrición negra, mazorca negra del cacao (*Phytophthora*

palmivora) y pudrición suave de la vid. Control de antracnosis del chile (*Xanthomonas vesicatoria*) y mancha bacterial del tomate. En los cítricos enfermedades como melanosis (*Diaporthe citri*), antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), roña (*Elsinoe fawcetti*) (Anónimo, 2010).

3.4.6. Sales cuaternarias de amonio

I. A.: Cuaternario de amonio

Nombre comercial: QUATZ IV

Concentración: como desinfectantes a concentraciones de 0.25% a 1.6%

Formulación: Líquidos solubles (SL)

Clasificación: Compuesto orgánico

Modo de acción: Es un compuesto de sales cuaternarias de amonio de cuarta generación, cuya estructura química posee cadenas gemelas que le confieren una gran capacidad bactericida, fungicida esporicida y alguicida. Destruye la membrana celular de los microorganismos en forma rápida y en áreas que difícilmente alcanzan otros germicidas. Su acción bactericida es atribuida a la inactivación de enzimas, desnaturalización de proteínas esenciales y la rotura de la membrana celular (Quiminet, 2012).

Organismos que controla: este producto es desodorizante, sirve para esterilizar, esporicida, Fungicida, Bactericida, micoplasmicida, viricida, alguicida y permite potabilizar el agua (Quiminet, 2012).

4. METODOLOGÍA

4.1. Descripción del área de estudio

El experimento tuvo lugar en el conjunto predial y fracción del rancho Chichicaxtla, municipio de Ixtacamaztitlán, estado de Puebla. Se encuentra a una altura que va 2650 a los 3100 msnm. El clima es templado frío. El predio cuenta con 14 ha plantadas con árboles de las especies *P. mensiezii* y *Pinus ayacahuite*. Las aplicaciones comenzaron el 1 de junio de 2010 y concluyeron el 14 de agosto del mismo año.

4.2. Tratamientos

Para proponer los tratamientos adecuados se tomaron los criterios de la FSC y de la empresa plantadora, la cual desea que sus árboles sean producidos con impactos ecológicos menores; por lo anterior se buscó sustituir al clorotalonil. Con base en la lista de Forest Stewardship Council. (FSC Pesticides Policy: Guidance on Implementation. FSC-

GUI-30-001. Version 2.0) se escogieron los productos que se utilizaron para la experimentación:

- Tratamiento 1. *Trichoderma* a una dosis alta (300 ml de *Trichoderma* + 200 ml adherente + 200 litros de agua).
- Tratamiento 2. Propiconazol a una dosis alta (200 ml de Propiconazol + 2000 ml de aceite mineral + 200 litros de agua).
- Tratamiento 3. Propiconazol a una dosis baja (100 ml de Propiconazol + 2000 ml de aceite mineral + 200 litros de agua).
- Tratamiento 4. Clorotalonil a una dosis recomendada (1000 ml + 200 ml adherente + 200 litros de agua).
- Tratamiento 5. Sales cuaternarias con cobre a una dosis recomendada (1000 ml + 200 adherente + 200 litros de agua).
- Tratamiento 6. Hidróxido cúprico a una dosis recomendada (1000 ml + 200 L de agua).
- Tratamiento 7. Sales cuaternarias sin cobre a una dosis recomendada (1000 ml + 200 ml adherente + 200 L de agua).
- Tratamiento 8. Testigos, sin tratamiento.

Las dosis iniciales fueron calculadas para ser diluidas en 200 litros de agua, sin embargo, debido a que no se ocuparon los 200 litros se decidió calcular la dosis por mochila de aspersión, estas tienen una capacidad de 25 litros de agua. Por lo tanto las dosis que se aplicaron fueron las siguientes:

- Tratamiento 1. *Trichoderma* a una dosis alta (37.5 ml de *Trichoderma* + 25 ml adherente + 25 litros de agua).
- Tratamiento 2. Propiconazol a una dosis alta (25 ml de Propiconazol + 250 ml de aceite mineral + 25 litros de agua).
- Tratamiento 3. Propiconazol a una dosis baja (12.5 ml de Propiconazol + 250 ml de aceite mineral + 25 litros de agua).
- Tratamiento 4. Clorotalonil a una dosis recomendada (125 ml + 25 ml adherente + 25 litros de agua).

- Tratamiento 5. Sales cuaternarias con cobre a una dosis recomendada (125 ml + 25 adherente + 25 litros de agua).
- Tratamiento 6. Hidróxido cúprico a una dosis recomendada (125 ml + 25 L de agua).
- Tratamiento 7. Sales cuaternarias sin cobre a una dosis recomendada (125 ml + 25 ml adherente + 25 L de agua).
- Tratamiento 8. Testigos, sin tratamiento.

Las aplicaciones con el producto *Trichoderma* fueron las primeras en realizarse, debido a que los otros productos utilizados fueron fungicidas y éste es un producto biológico hecho a base de hongos que se debe proteger y las aspersoras tuvieron que estar limpias y sin residuos de fungicidas.

4.3. Establecimiento de los sitios

Se marcaron 8 áreas de 20 m x 20 m en cada uno de los sitios tratados, (Fig. 1A), las áreas fueron delimitadas con tubos de PVC, los cuales se enterraron y se pintaron del color que se le asignó a cada tratamiento.



Figura 1. Establecimiento del experimento en el área semillera en junio de 2010. **A.** Árboles escogidos y tratados en el áreas semillera. **B.** Muestra de árbol etiquetado y marcado.

Para cada tratamiento se escogió un color diferente, teniendo así 8 tratamientos por sitio y 5 repeticiones en cada tratamiento, dando un total de 40 árboles tratados en cada sitio. La unidad de experimentación fue el árbol, los árboles fueron escogidos con la enfermedad presente. En total se tuvieron 24 áreas tratadas repartidas en tres sitios diferentes.

Los árboles fueron marcados con cintas de colores (blanco, rojo, anaranjado, anaranjado fosforescentes, verde, amarillo, azul y rosa) y etiquetados con placas de aluminio (Fig. 1B); cada placa contenía la información del tratamiento aplicado y número de árbol.

4.4. Diseño experimental

Este experimento se planeó con base en un diseño experimental en bloques completamente al azar (Figura 2), en donde la unidad de experimentación fue el árbol, para cada tratamiento.

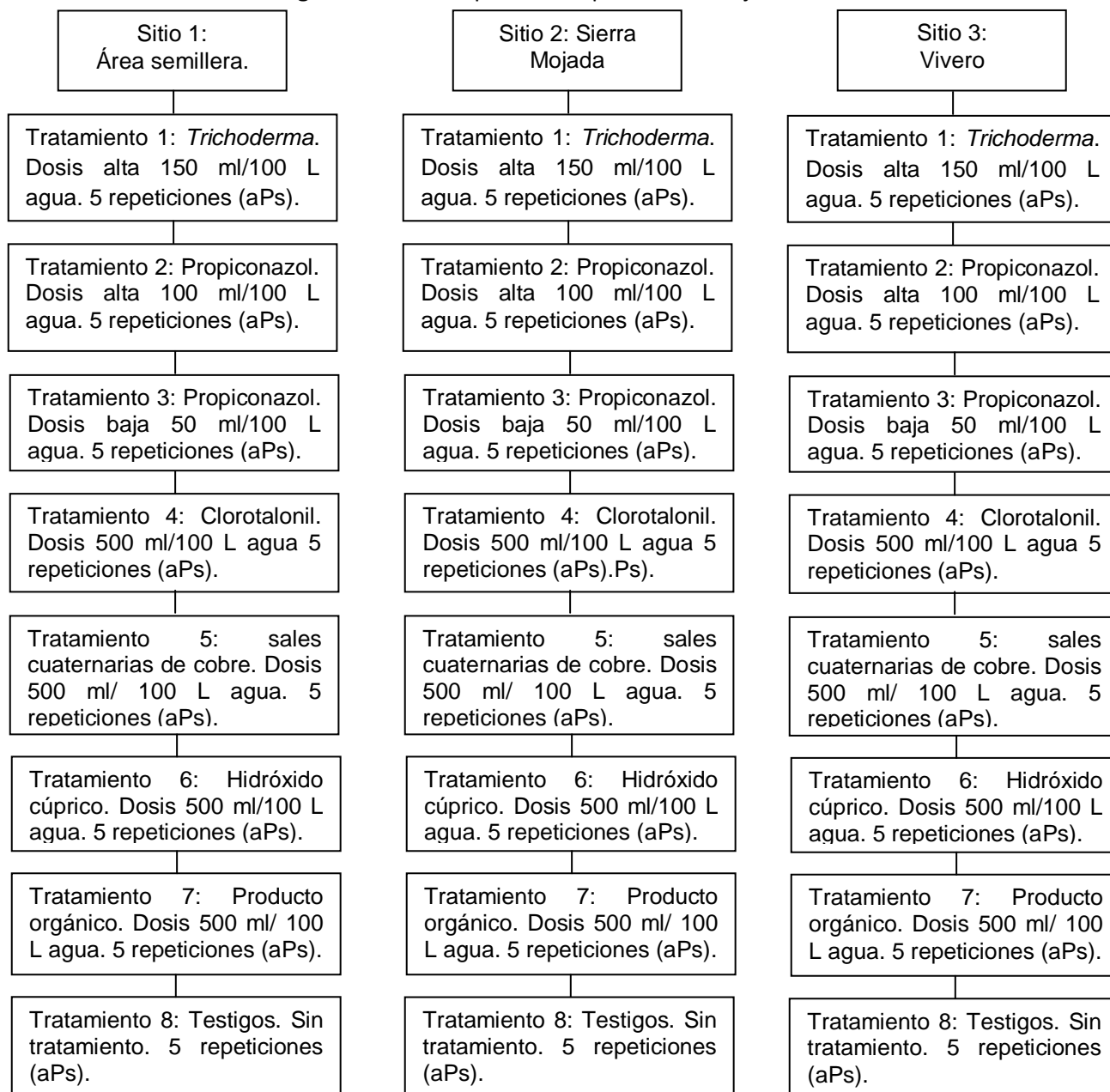
La hipótesis a comprobar fue:

H_0 = Todos los tratamientos son iguales

VS

H_a = al menos uno de los tratamientos es diferente

Figura 2. Diseño Experimental para el área bajo estudio



aPs= Árboles de *Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*

4.5. Aplicación de los tratamientos

Para la aplicación de los tratamientos se utilizaron motobombas de 25 litros de capacidad y bombas manuales de 15 litros de capacidad (Fig. 3A), estas últimas solo se utilizaron para el producto biológico (*Trichoderma* spp). En la primera aplicación se hizo una asignación de tratamientos al azar, posteriormente se procedió a la aplicación de los productos (Fig. 3B). Se realizaron 3 aplicaciones, con 20 días de diferencia entre cada aplicación.



Figura 3. Aplicación de productos químicos en el área semillera y Sierra Mojada. **A.** Aplicación con motobomba de sales cuaternarias con cobre. **B.** Aspersión con motobomba de clorotalonil en Sierra Mojada.

4.6. Análisis de follaje

La evaluación de la efectividad de los tratamientos se hizo en los meses de mayo a julio del año 2011. Para poder calcular la efectividad de los tratamientos, se muestrearon ramas de la parte media y baja del árbol, se cortaron 4 ramas de la exposición norte y 4 más en exposición sur (Fig. 4A), teniendo un total de 8 ramas por cada árbol (Fig. 4B). Las ramas colectadas fueron del año en que se realizaron las aplicaciones (2010). Se midieron los primeros 5 cm del follaje de las ramas colectadas, de afuera hacia adentro (Figura 4C). Con ayuda de un microscopio estereoscópico Leica (Mod. Zoom 2000) se observaron las ramas y se hizo el registro de la proporción de las acículas infectadas y no infectadas, en las acículas infectadas se observó la formación de los pseudotecios. Mediante el paquete SAS (Versión 9.0, en español) se obtuvo el porcentaje de efectividad de cada tratamiento.

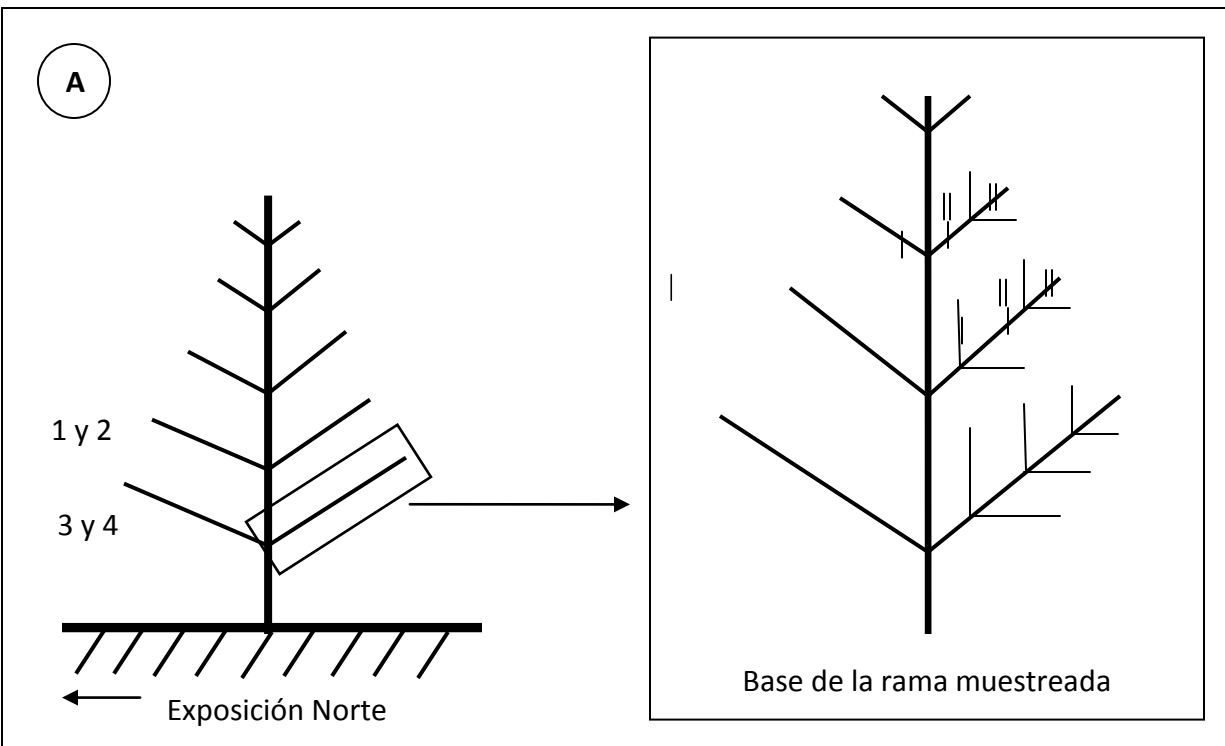


Figura 4. Ilustración de las ramas muestreadas. **A.** I Crecimiento del año 2009. II Crecimiento del año 2010 (Análisis del follaje) (Temel et al, 2004). **B.** Toma de muestras. **C.** Ejemplo de ramas muestreadas.

4.7. Elaboración de las trampas de esporas

Para determinar si existió efecto por tratamiento en la liberación de ascosporas, se utilizaron “trampas aéreas para esporas fungales”, las cuales se colocaron a partir de junio de 2010, hasta agosto del mismo año, estas trampas fueron ubicadas en los sitios de experimentación, realizando cambios quincenales continuos.

La elaboración de las trampas aéreas para esporas se realizó en el laboratorio de Entomología de la División de Ciencias Forestales. Se utilizaron portaobjetos que se cubrieron con petrolato puro (vaselina), la cual fue fundida mediante baño maría (Figura 5A), ya que la vaselina pasó a un estado líquido, se cubrió una de las caras de los portaobjetos con la misma (Figura 5B y 5C), posteriormente se dejó solidificar la vaselina de los portaobjetos y se retiró el exceso de la misma, después se etiquetaron los portaobjetos (Figura 5D) y se almacenaron para ser llevados a campo y hacer el cambio de trampa (Fig. 6A).



Figura 5. Elaboración de trampas fungales. **A.** Calentamiento de vaselina mediante baño maría. **B.** Vaselina en su estado líquido. **C.** Cubrimiento de los portaobjetos con vaselina. **D.** Etiquetado de las trampas.

4.8. Cambio de trampas

Las trampas se fijaron con alambre galvanizado a una altura de 45 a 50 centímetros del suelo y unos centímetros dentro del follaje, con una leve inclinación.

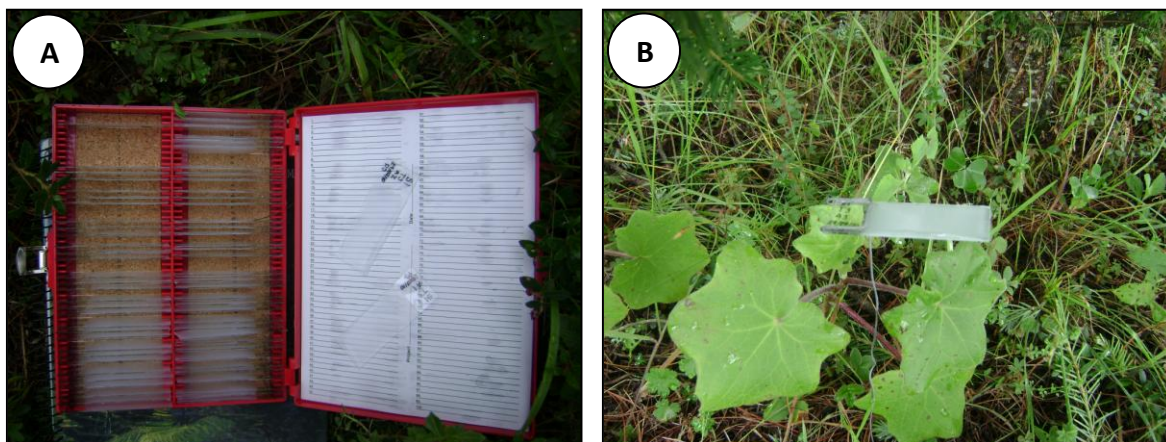


Figura 6. Trampas aéreas para esporas fungales. **A.** Caja de preparaciones con trampas nuevas. **B.** Colocación de trampas en campo.

De los 5 árboles que fueron escogidos para ser monitoreados, solo se eligieron los tres primeros de cada tratamiento para colocar las trampas.

Después de 15 días las trampas se quitaron (Figura 6B), colocando unas nuevas, etiquetadas con la fecha de colocación, el tratamiento y el número de árbol.

4.9. Conteo de esporas

Para el conteo de esporas se realizó un muestreo en las trampas, eligiendo dos líneas uniformes horizontales, con una separación de 10 mm para cada trampa (Figura 7). La capa de vaselina que cubrió los portaobjetos midió en promedio 1456 mm², de esta área total solo en 160 mm² se realizó el conteo de esporas (Hernández, 2009), con la ayuda de un microscopio compuesto Zeigen (Mod. Binoplus) con el objetivo 40x. Se muestrearon 3 trampas por fecha, quedando 24 trampas por fecha para cada tratamiento; se analizaron 4 fechas, dando un total de 96 trampas observadas por sitio y 288 para los tres sitios.

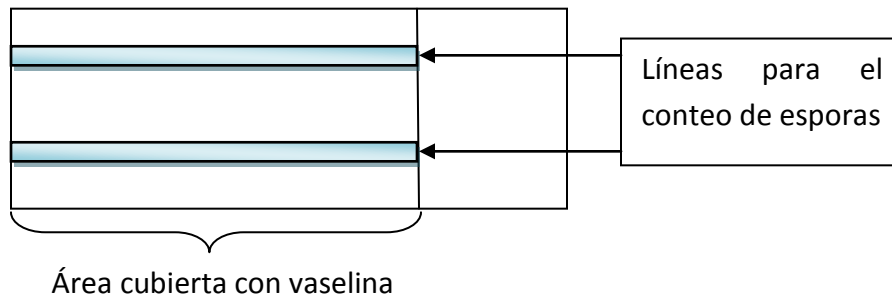


Figura 7. Líneas muestradas para el conteo de esporas en un portaobjetos

4.10. Análisis de costos

El análisis de costos que se obtuvo fue con base en los costos del experimento que se realizó en el predio, debido a que es un proyecto de investigación, los precios pueden variar dependiendo de diversos factores como son la mano de obra, costos de transporte, combustible, equipo de protección, entre otros.

Se obtuvieron los costos de los productos del año en que se realizó el proyecto (2010), en base a este precio se fueron desglosando los costos de aplicación por tratamiento, tomando en cuenta la mano de obra, el desgaste de la maquinaria, la dosis que se aplicó, combustible, desgaste de bombas, número de árboles por hectárea, entre otras cosas, para poder dar un estimado del costo de tratamiento por ha y por árbol.

A pesar de que las dosis fueron calculadas por mochila de aspersión, los costos fueron calculados por toneles de 200 litros, ya que en el predio se elaboran mezclas para esta cantidad de agua, resultando que dos personas aplican dos toneles por jornal, lo que es equivalente a 400 litros.

Por medio del encargado del predio se obtuvieron los siguientes datos:

El rendimiento de un bomba de 25 litros asperja entre 35 a 37 árboles, los árboles con una altura de 1.70 a 2.20 m de altura. Para el análisis de costos se tomó la media de árboles, los cálculos fueron hechos con base en 36 árboles.

En general se tienen 3400-3500 árboles por ha, el número de árboles que se tomó como base para realizar los cálculos fue de 3450 árboles en promedio. En total en la plantación se tienen 14 ha plantadas para el cultivo de árboles de navidad.

El costo de mantenimiento de las bombas, por lo general, se aplica una depreciación a 5 años en el predio. Las bombas tienen un costo que oscila entre los \$8 000.00-\$10 000.00; lo que equivale a un costo anual de mantenimiento entre los \$1600.00-\$2000.00. De estos datos se tomaron los precios más altos para realizar el análisis de costos.

Para obtener los Costos totales se utilizaron las siguientes fórmulas:

Costo total por aplicación (CTA):

CTA= Costo por aplicación + Costos del adherente + Mano de obra + Depreciación por día + Combustible

Costo total por árbol (CTAr):

CTAr= $\frac{\text{Costo por aplicación} + \text{Costos del adherente} + \text{Mano de obra} + \text{Depreciación por día} + \text{Combustible}}{\text{Total de árboles fumigados con 200 L}}$

Costo por hectárea (CHa):

CHa= CTAr * Número de árboles / ha

Para poder hacer una comparación entre los tratamientos y su costo se analizó la efectividad que cada uno tuvo y los costos que esto generó.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de resultados

Mediante el análisis de varianza, con una confiabilidad del 95%, se comprobó que existió efecto por tratamientos y entre sitios, los resultados obtenidos fueron similares para los tres sitios, donde se puede destacar que los mejores tratamientos fueron los del ingrediente activo propiconazol, seguidos por el tratamiento con clorotalonil.

5.1.1. Trampeo de esporas

En el cuadro del análisis de varianza (Cuadro 2) se puede observar que si existió una diferencia significativa entre tratamientos y entre bloques, por lo que se rechaza la hipótesis nula (H_0), con un grado de confiabilidad del 95%. Debido a la diferencia entre bloques se realizó una prueba de diferencia mínima significativa (LSD) para establecer el tratamiento con mayor número de esporas y si alguno de los tratamientos había influido en la disminución de emisión de esporas al ser comparados con los testigos.

Cuadro 2. Análisis de varianza para el conteo de esporas del hongo *Phaeocryptopus gaeumannii*.

| F. V. | G. L. | S. C. | C. M. | F-Valor | Pr > F |
|--------------|-------|-------------|-------------|---------|--------|
| Tratamientos | 7 | 47241.83333 | 6748.83333 | 3.15 | 0.0322 |
| Sitios | 2 | 31960.08333 | 15980.04167 | 7.46 | 0.0062 |

| | | | |
|------------------------|----|-------------|-----------|
| Error | 14 | 29991.9167 | 2142.2798 |
| Total corregido | 23 | 109193.8333 | |

F. V.: Fuente de Variación

G.L.: Grados de Libertad

S. C.: Suma de Cuadrados

C. M.: Cuadrado de la media

De acuerdo con los valores medios de cada tratamiento, es claro que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con *Trichoderma*, propiconazol en ambas dosis, clorotalonil, sales con cobre e hidróxido cúprico, para el control de ascosporas (Cuadro 3) por lo que podemos afirmar que cada uno de los tratamientos es igualmente efectivo para el control de la esporulación del hongo.

Cuadro 3. Valores medios del número de esporas por tratamiento.

| Grupos | Medias | TRATAMIENTO |
|---------------|---------------|--------------------|
| a | 187 | Testigo |
| a | 109 | Sales sin cobre |
| b | 74 | Trichoderma |
| b | 63 | Sales con cobre |
| b | 61 | Propiconazol baja |
| b | 54 | Propiconazol alta |
| b | 48 | Hidróxido cúprico |
| b | 47 | Clorotalonil |

Se aplicaron productos de contacto y sistémicos, los productos de contacto, como lo fue clorotalonil e hidróxido cúprico, con excepción de las sales sin cobre, aparentemente lograron afectar la producción de ascosporas, probablemente mataron parte de ellas cuando éstas salieron del pseudotecio, o afectaron al propio pseudotecio, ya que ambas estructuras siempre están expuestas en la superficie de las acículas, y en condiciones susceptibles de ser alcanzadas por los fungicidas. En cambio, los sistémicos, tal es el caso de las sales con cobre y propiconazol, además de tener la misma acción de contacto, al penetrar al tejido vegetal y traslocarse, pudieron afectar desde dentro a los pseudotecios, siendo el resultado de mayor impacto a la liberación de ascosporas. Es posible que las ascosporas que se capturaron en las trampas estuvieran afectadas por los fungicidas, pero ya no se logró averiguar su viabilidad.

La bibliografía reporta que el periodo de esporulación del hongo va de mayo a junio (Chastagner, 2002; Stone *et. al.*, 2008), sin embargo, en diversos trabajos se ha reportado

que el hongo no deja de emitir esporas durante más meses del año, incrementando el número de ascosporas en los meses lluviosos (Cibrián *et. al.*, 2007).

5.1.2. Análisis de follaje

En el cuadro 4 se presenta el análisis de varianza para el follaje, el valor de F es menor que el valor obtenido en las tablas de la función, por lo que se rechaza la H_0 que dice que no existe diferencia entre tratamientos, con una confiabilidad del 95%. En el cuadro 5 se presenta la prueba de la diferencia mínima de cuadrados en donde se puede observar que los mejores tratamientos fueron los que contenían como ingrediente activo propiconazol, con medias de 0% de acículas infectadas, seguidas por el tratamiento con clorotalonil con el 0.20% ambos comparados con el testigo el cual tuvo una media de casi el 60% de acículas infectadas.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la infección proporcional de acículas afectadas por el hongo *Phaeocryptopus gaeumannii*.

| F. V. | G. L. | S. C. | C. M. | F-Valor | Pr > F |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|------------------|
| Tratamientos | 7 | 44595.90940 | 6370.84420 | 18.06 | <.0001 |
| Sitios | 2 | 3582.78898 | 1791.39449 | 5.08 | 0.0078 |
| Error | 110 | 38808.85900 | 352.80781 | | |
| Total corregido | 119 | 86987.55737 | | | |

F. V.: Fuente de Variación

G.L.: Grados de Libertad

S. C.: Suma de Cuadrados

C. M.: Cuadrado de la media

Comparando con los resultados del trampeo de esporas, en este caso si existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se formaron 4 grupos (Cuadro 5), donde el tratamiento 8 (Grupo a), es el menos efectivo y propiconazol en dosis alta y baja, clorotalonil y hidróxido cúprico (Grupo d) los más efectivos para la protección del follaje. Dentro del grupo d existen dos productos de contacto y uno sistémico, siendo el sistémico el que mejor protección dio al follaje, logrando un 100% de efectividad, sin embargo, dentro de este grupo no existe una diferencia estadísticamente significativa, aunque biológicamente se busque la mayor protección para el follaje.

Cuadro 5. Valores medios de acículas infectadas.

| Grupos | Medias % | TRATAMIENTO |
|---------------|-----------------|--------------------|
| a | 59.363 | Testigo |
| b | 30.847 | Sales sin cobre |
| b | 17.715 | <i>Trichoderma</i> |
| c | 15.779 | Sales con cobre |
| d | 5.603 | Hidróxido cúprico |
| d | 0.205 | Clorotalonil |
| d | 0.000 | Propiconazol baja |
| d | 0.000 | Propiconazol alta |

Las tres aplicaciones que se realizaron en la zona funcionaron y fueron efectivas, sin embargo, el número, periodo, dosis y formulaciones pueden variar en su efectividad con respecto a la zona de aplicación (Johnson *et al*, 2003; Chastagner, 1999; Chastagner, 2002).

Se han realizado diversos trabajos (Johnson *et. al.*, 2003; Chastagner, 1999; Chastagner, 2002, Younger *et al*, 2008), principalmente en las costas de Oregon, Estados Unidos, para probar diversos productos en el combate de este hongo, los más destacados son los productos con azufre, se ha comprobado que su efectividad es menor a la lograda con clorotalonil, pero con menores impactos ecológicos.

En la figura 8 se observó la comparación entre propiconazol a una dosis alta y el testigo, donde se ven las acículas que fueron tratadas con propiconazol (Fig. 8D) comparadas con el testigo (Fig. 8B), esto es evidencia de la efectividad del propiconazol para darle protección al follaje (Fig. 8C) y no permitir el establecimiento del hongo como sucedió con el testigo (Fig. 8A).

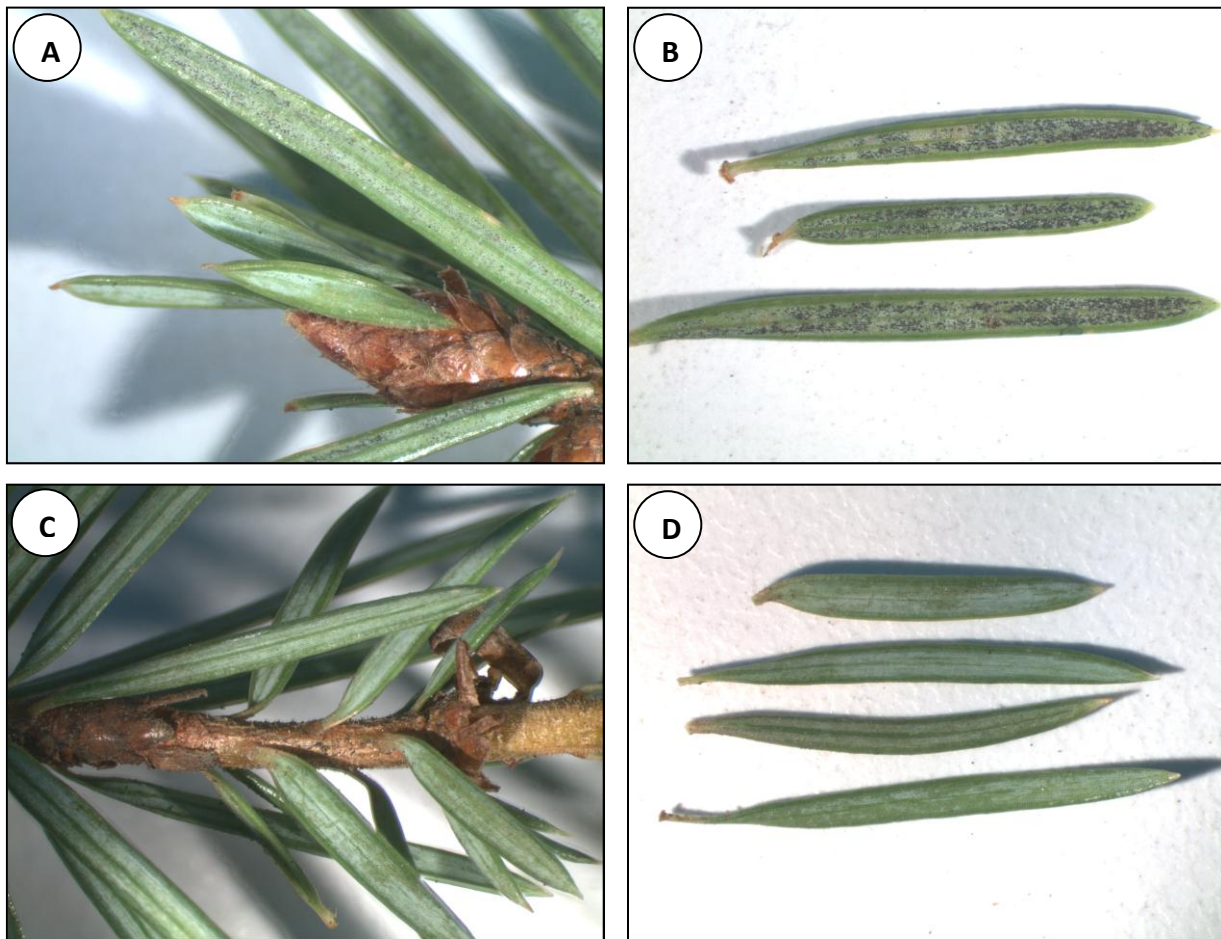


Figura 8. Comparación entre el propiconazol a dosis alta y el testigo. **A.** Rebrotos infectados del testigos. **B.** Acículas de testigos con infección por el hongo. **C.** Rama tratada con propiconazola una dosis alta. **D.** Acículas tratada con propiconazol, libres de infección.

Las sales cuaternarias con cobre y el hidróxido cúprico ocasionaron fitotoxicidad debido al cobre (Fig. 9A), el follaje presentó amarillamiento (Fig. 9B), escaldaduras, quemaduras y en algunos casos pérdida del mismo (Fig 9C), las sales con cobre quemaron los pseudotercios, y a pesar de ser un producto sistémico, no logró la protección deseada. En el tratamiento con hidróxido cúprico solo se presentaron escaldaduras, y en algunos casos manchas del follaje debido a las concentraciones del producto (Fig. 9D); este tratamiento dio mejores resultados que las sales con cobre, sin embargo, no se logró la protección que se tuvo con los tratamientos con propiconazol.



Figura 9. Follaje dañado debido a las aplicaciones con sales cuaternarias con cobre e hidróxido cúprico en Sierra mojada y vivero. **A.** Daño ocasionado por la aplicación de las sales con cobre en sierra mojada. **B.** Amarillamiento y quemaduras del follaje por las sales con cobre. **C.** Pérdida del follaje de árboles tratados con sales con cobre. **D.** Manchas en el follaje por el tratamiento con hidróxido cúprico.

En este trabajo se planteó la alternativa de manejo con un producto biológico, *Trichoderma*, que es un hongo antagonista; sin embargo, no se lograron buenos resultados, ya que la efectividad de este tratamiento se vio afectada por la radiación solar directa a las acículas y dado que este hongo es dañado por los rayos UV, (Anónimo, 2010), se tuvo una protección muy reducida, aunque el número de acículas infectadas fue menor

al de los testigos; por lo anterior se concluyó en no recomendar este producto para aplicaciones al follaje con insolación directa y restringirlo para que sus aplicaciones sean al suelo.

5.2. Evaluación

5.2.1. Fluctuación de poblaciones de ascosporas por sitio

Las figuras 10, 11 y 12 muestran las fluctuaciones de poblaciones de ascosporas durante el periodo de aplicación de tratamientos, así como los datos de temperatura y humedad que se tuvieron durante ese periodo. Estas figuras representan el comportamiento que se dio en los testigos, de cada sitio se obtuvo la humedad y temperatura, con estos datos se pudo establecer una relación entre estos dos factores climatológicos y la emisión de esporas.

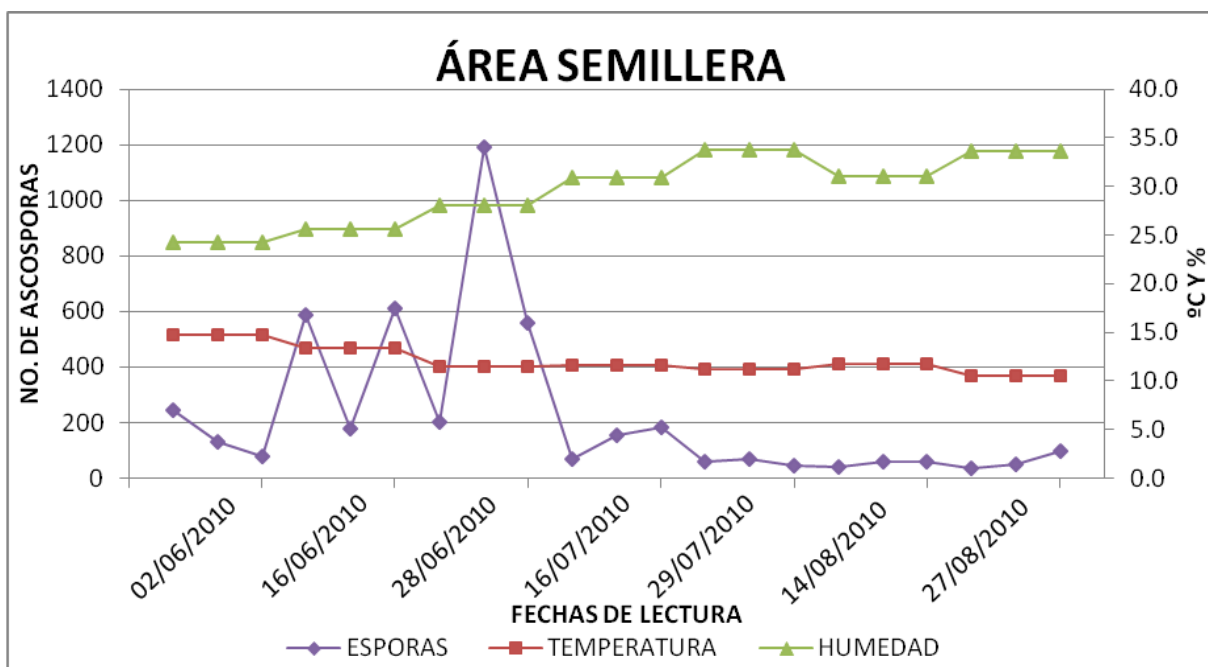


Figura 10. Emisión de ascosporas en el Área Semillera. Se presenta el conteo de esporas del testigo para el periodo del 02/jun/2010 a 27/ags/2010, con las medias de la humedad (%) y temperatura (°C).

La humedad y la temperatura tiene una relación inversa, entre mayor es la temperatura, menor es la humedad y si la humedad aumenta, la temperatura disminuye, como se muestra en las figuras 10, 11 y 12. Se puede observar que existe una relación entre la humedad, temperatura y la esporulación, a mayor humedad y menor temperatura, existe un mayor número de esporas; algunos autores (Cruz, 2007; Hernández, 2009; Cibrián *et.*

al., 2007; Chastagner, 1999; Stone *et. al.*, 2008) establecieron esta relación y notaron que la esporulación está fuertemente relacionada con la humedad y temperatura.

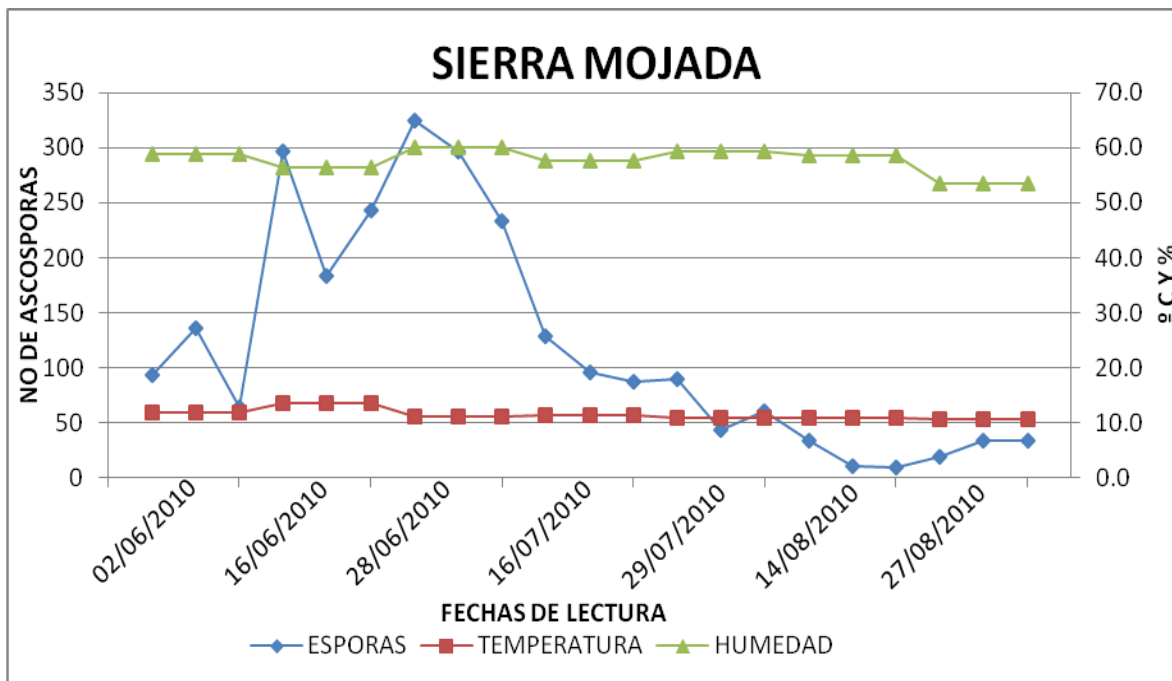


Figura 11. Emisión de ascosporas de Sierra Mojada. Se presenta el conteo de esporas del testigo para el periodo del 02/jun/2010 a 27/ags/2010, con las medias de la humedad (%) y temperatura (°C).

Anteriormente Cruz (2007) y Hernández (2009) observaron que el periodo de esporulación en las zonas de Valle de Bravo (Edo. Mex.) y Oaxaca, así como en el predio de Ixtacamaxitlán coincidían con los periodos reportados por la literatura para las costas de Oregon (Rohde, 1937; Chastagner y Byther, 1983; Michaels y Chastagner, 1984; Temel *et. al.*, 2004; Stone *et. al.*, 2008); ambos autores (Cruz, 2007; Hernández, 2009) propusieron que el periodo de esporulación del hongo comenzó en los meses de mayo-junio y finalizó en los meses de julio-agosto, incluso que se podría llegar a extender hasta el mes de septiembre. También se menciona la relación que existe entre la humedad y la esporulación, con base en esto, se puede confirmar y establecer que si existe una relación entre la esporulación y la humedad y temperatura.

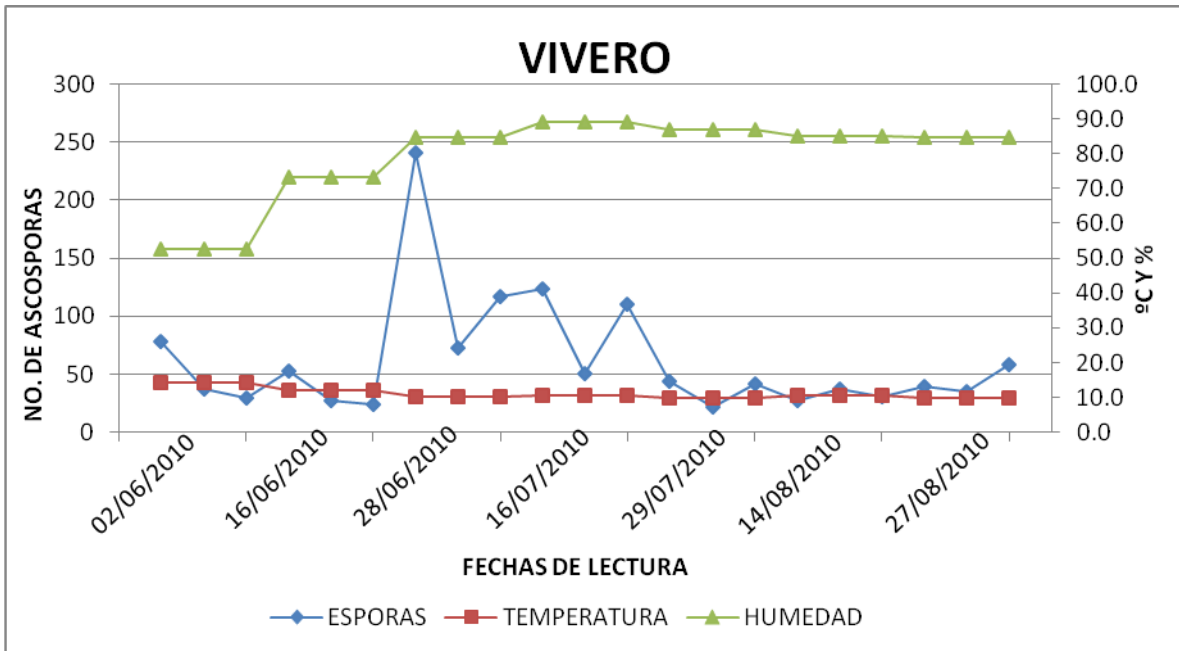


Figura 12. Emisión de ascosporas para el vivero. Se presenta el conteo de esporas del testigo para el periodo del 02/jun/2010 a 27/ags/2010, con las medias de la humedad (%) y temperatura (°C).

Para poder establecer una correlación entre la humedad, temperatura y número de esporas emitidas, se necesita de una cantidad mayor de información, por lo que se debe aclarar que solo se puede establecer si existe o no una correlación entre estos dos factores y el número de espora, pero no se puede saber cuanto o hasta que grado se encuentran correlacionadas, debido a esta escasez de información.

5.2.2. Efectividad de costos

Cuadro 6. Análisis de costos.

| Tratamiento | Costo del producto / Litro | Dosis / aplicación (ml) | Costo / aplicación en 200 L de agua | Adherente ml / aplicación en 200 L de agua | Adherente /L | Costo del adherente / aplicación | Mano de obra (2 jornales / aplicación) | Depreciación día de bombas | Precio de Combustible \$/ L | Costo de Combustible 15 L / jornal | Costo total / aplicación | Costo total \$/ árbol | Costo / ha |
|-------------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|--------------|----------------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------|------------|
| 1 | Trichoderma: \$525.00 | 300 | \$157.50 | 200 | \$108 | \$64.80 | \$266.00 | \$5.50 | \$9.88 | \$49.40 | \$543.20 | \$1.89 | \$6,507.08 |
| 2 | Propiconazol: \$1035.00; Aceite mineral: \$100.00 | 200 + 2000 de aceite mineral | \$207+\$200= \$407.00 | NA | NA | NA | \$266.00 | \$5.50 | \$9.88 | \$49.40 | \$727.90 | \$2.53 | \$8,719.64 |
| 3 | Propiconazol: \$1035.00; Aceite mineral: \$100.00 | 100 + 2000 de aceite mineral | \$103.5 + \$200= \$303.50 | NA | NA | NA | \$266.00 | \$5.50 | \$9.88 | \$49.40 | \$624.40 | \$2.17 | \$7,479.79 |
| 4 | Clorotalonil: \$277 | 1000 | \$277.00 | 200 | \$108 | \$64.80 | \$266.00 | \$5.50 | \$9.88 | \$49.40 | \$662.70 | \$2.30 | \$7,938.59 |
| 5 | Sales cuaternarias con cobre: \$225 | 1000 | \$225.00 | 200 | \$108 | \$64.80 | \$266.00 | \$5.50 | \$9.88 | \$49.40 | \$610.70 | \$2.12 | \$7,315.68 |
| 6 | Hidróxido cúprico: \$130 | 1000 | \$130 | NA | NA | NA | \$266.00 | \$5.50 | \$9.88 | \$49.40 | \$450.90 | \$1.57 | \$5,401.41 |
| 7 | Sales cuaternarias de amonio: \$389 | 1000 | \$389.00 | 200 | \$108 | \$64.80 | \$266.00 | \$5.50 | \$9.88 | \$49.40 | \$774.70 | \$2.69 | \$9,280.26 |
| 8 | Testigos | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA | NA |

NA: No Aplica

En la tabla anterior podemos observar que el costo de aplicación por árbol varía de \$1.60 a \$2.70 por aplicación de cada árbol. El hidróxido cúprico es uno de los tratamientos más baratos y puede llegar a ser viable, sin embargo, para este estudio de efectividad de tratamientos, existen otros productos, aunque su precio sea más elevado la protección al follaje es mayor.

En el caso del propiconazol a una dosis alta, el costo por árbol es más elevado con respecto al propiconazol a una dosis baja y clorotalonil, los tres tratamientos son opciones viables para el combate y control del tizón *P. gaeumannii*, ya que los 3 protegieron efectivamente el follaje. Anteriormente el clorotalonil era el que se aplicaba para el control y combate del tizón, pero no se puede seguir utilizando por la prohibición del FSC, por lo que los tratamientos con propiconazol en ambas dosis son las opciones y los costos de aplicación son similares al clorotalonil, y de estas dos opciones el propiconazol en una dosis baja es de menor costo incluso que el clorotalonil.

Los costos por tratamientos son variables y es necesario saber cual de los tratamientos es más efectivo en costos, para este objetivo se escogió un tratamiento pivote, el cual se escogió de los tres tratamientos que tuvieron mejor efectividad. De estos tres tratamientos se eligió el que menor costo representó.

Cuadro 7. Comparación de tratamientos

| Tratamiento | Protección (%) | Costos/Tmto/ha (\$) |
|--------------------------|-----------------------|----------------------------|
| Propiconazol baja | 100 | 7479.79 |
| Clorotalonil | 100 | 7938.59 |
| Propiconazol alta | 100 | 8719.64 |

Cuadro 8. Efectividad de costos.

| TRATAMIENTO | No protección (%) | Protección (%) | Costos/ Tmto/ha (\$) | Δ Protección (%) | Δ Costos (%) |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Testigo | 59 | 41 | 0 | 59 | 100 |
| Sales sin cobre | 31 | 69 | 9280.26 | 31 | 24.07 |
| <i>Trichoderma</i> | 18 | 82 | 6507.08 | 18 | 13.00 |
| Sales con cobre | 16 | 84 | 7315.68 | 16 | 2.19 |
| Hidróxido cúprico | 6 | 94 | 5401.41 | 6 | 27.79 |
| Clorotalonil | 0 | 100 | 7938.59 | 0.2 | 6.13 |
| Propiconazol alta | 0 | 100 | 8719.64 | 59 | 16.58 |

Δ: cambio o aumento de protección y costos

Se compararon los tratamientos con respecto a su efectividad, con esto se pudo obtener la efectividad de costos, este resultado nos indica que los tratamientos más efectivos monetariamente son el hidróxido cúprico y las sales cuaternarias sin cobre, sin embargo, estos tratamientos no protegen el follaje contra el hongo, permitiendo que la infección continúe.

El hidróxido cúprico resultó ser el más efectivo en cuanto a costos y estadísticamente (Cuadro 5) el tratamiento es igual de efectivo que los que cubrieron en un 100% al follaje. El tratamiento con hidróxido cúprico afecta el follaje de los árboles, dejando manchas del color del producto o provocando quemaduras en el follaje, lo que ocasiona que la calidad de los árboles se vea afectada.

El tratamiento con clorotalonil es efectivo, pero debido a que la empresa certificadora (FSC) lo tiene dentro de la lista de productos prohibidos, el uso de este producto se ve afectado, por lo que la alternativa sigue siendo el uso del propiconazol.

6. CONCLUSIONES

- Se pudo obtener una alternativa de manejo que cumpliera satisfactoriamente con los requisitos de proteger al follaje del nuevo ciclo y que el producto no se encontrara dentro de los prohibidos por la empresa certificadora.
- Los tratamientos con propiconazol, cubrieron y previnieron en un 100% el follaje del año anterior, por lo que es el producto a utilizar para la sustitución del clorotalonil, en el control y combate del tizón *P. gaeumannii*.
- La opción para controlar al hongo con el producto biológico *Trichoderma*, tiene desventajas ya que permaneció un porcentaje de acículas infectadas, aunque menores al testigo.
- Los productos con cobre no lograron proteger al follaje de las nuevas infecciones del hongo, por lo que se descarta el uso y recomendación de estos productos para el control del tizón debido a la fitotoxicidad.
- Los tratamientos con propiconazol en ambas dosis no se encuentran dentro de la lista de los pesticidas altamente peligrosos del FSC, por lo que es una ventaja para los productores, debido a que podrán continuar con la certificación y el follaje estará protegido efectivamente contra la enfermedad.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ANÓNIMO. 2010. Domínguez, G. F. (ED.). 2010. Diccionario de Especialidades Agroquímicas – PLM: Fertilizantes, Agroquímicos y Productos Orgánicos. Vigésima Edición. PLM, S.A. de C. V.
- ACEVEDO, R. R. 1998. Estudio sinicológico del bosque de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco var. oaxacana Debreczy & Rácz, en la zona de Santa Catarina Ixtepeji Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 105 p.
- BOYCE, J. S., 1940. A needle cast of Douglas-fir associated with *Adelopus gaeumannii*. *Phytopathology*. 30: 649-659 pp.
- CHASTAGNER, G. A., R. BYTHER. 1983. Infection period of *Phaeocryptopus gaeumannii* on Douglas-fir needles in western Washington. *Plant dis*. 67: 811-813 p.
- CHASTAGNER, G. 1999. Identification of alternative fungicides and application timings to reduce Swiss needle cast damage: Progress Report. P 65-69 en *Swiss Needle Cast Cooperative annual report*, Filip, G. (ed.). College of Forestry, Oregon State Univ., Corvallis, OR.
- CHASTAGNER, G. 2002. Fungicidal Management of Swiss Needle Cast: Progress Report. P 65-69 en *Swiss Needle Cast Cooperative annual report*, Filip, G. (ed.). College of Forestry, Oregon State Univ., Corvallis, OR.
- CIBRIÁN, T. D., B. H. EBEL, H. O. YATES III y J. T. MÉNDEZ, M. 1986. Insectos de conos y semillas de las coníferas de México/Cone and seed insects of the Mexico conifers. Universidad Autónoma Chapingo; Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México; U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. Chapingo, México. 21, 46-47, 63, 66-67, 70-71, 78-79, 87 pp. 107 p.
- CIBRIÁN, T. D., J. T. MÉNDEZ, M., R. CAMPOS, B., HARRY O. YATES III, J. FLORES, L. 1995. Insectos forestales de México/Forest insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. United States, Department of Agriculture, Forest Service, United States of America, Natural Resources, Canada, Canada North American Forestry Commission, FAO. Publicación # 6 pp. Impreso en

México, Imprenta Madero, México D. F. 453 p. 80-81, 88-89, 108-109, 146-147, 254, 334, 414, 418, 422, pp. 453 p.

- CIBRIÁN, T. D y S. E. GARCÍA. 2007. Tizón Suizo en *Pseudotsuga*. En D. CIBRIÁN, T. D., D. ALVARADO R. Y S. E. GARCÍA D. (Eds.). 2007. Enfermedades Forestales En México/ Forest Diseases in México. Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Cánada y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Texcoco, México. 587 p.
- CIBRIÁN, T. D., D. ALVARADO R. y S. E. GARCÍA D. 2007. Enfermedades Forestales En México/ Forest Diseases in México. Universidad Autónoma Chapingo; CONAFOR-SEMARNAT, México; Forest Service USDA, EUA; NRCAN Forest Service, Cánada y Comisión Forestal de América del Norte, COFAN, FAO. Texcoco, México. 587 p.
- CHEN, Z. C. 1972. *Adelopus (Phaeocryptopus gaeumannii)* needle cast disease of Douglas-fir in central New York. Taipei Nat Taiwan Univ. Forest Exp. Sta Tech bull 103, 51 p.
- CRUZ, J. J. 2007. Etiología del Tizón suizo (*Phaeocryptopus gaeumannii*) en *Pseudotsuga macrolepis* Flous, como árbol de navidad. Tesis de Maestría. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 106 p.
- 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. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. 28p.
- DOMINGUEZ, G. F. (ED.). 2010. Diccionario de Especialidades Agroquímicas – PLM: Fertilizantes, Agroquímicos y Productos Orgánicos. Vigésima Edición. PLM, S.A. de C. V.
- DOMÍNGUEZ, A., F. A. 1986. Estudio ecológico de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, en la región de Huayacocotla, Ver. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 266 p.
- DOMÍNGUEZ, A., F. A. 1994. Análisis histórico ecológico de los bosques de *Pseudotsuga* en México. El palmar, Veracruz: INIFAP. Campo experimental El palmar. División Forestal. Veracruz, México. 23-43 p.
- DOMÍNGUEZ, A., F. A., J. J. VARGAS H., J. LÓPEZ U., P. RAMÍREZ V., y E. GUÍZAR N. 2004. Aspectos ecológicos de *Pseudotsuga menziesii* en el ejido La Barranca, Pinal de

- Amoles, Querétaro. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 75 (2). México, D. F. pp: 191-203.
- FATUGA, B. A. 1978. The epidemiology of *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rohde) Petrak (Swiss needle cast) on Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) and its control in western Washington (Master's thesis). Seattle: Univ. Washington. 139 p.
- FUNK, A. 1985. *Hormonema merioides* n. sp., on Douglas-fir needles. Can J Bot. 63: 1579-1581 pp.
- GONZÁLEZ, G. J. F. 1989. Biología y distribución de los muérdagos enanos en la Unidad de Administración Forestal "Tepehuanes". Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 52 p.
- GRANGIL, P. D. 2005. Fungi on trees and shrubs in New Zealand. Hong Kong: Fungal Diversity press 437 p.
- HANSEN, E. M., J. STONE, B. CAPITANO, R. ROSSO, W. SUTTON, L. WINTON, A. KANASKIE, M. Mc WILLIAMS. 2000. Incidence and impact of Swiss needle cast in forest plantations of Douglas-fir in coastal Oregon. Plant Dis. 84:773-778.
- HAWKSWORTH, F. G. Y D. WIENS. 1972. Biology and classification of dwarf mistletoes (Arceuthobium). Agriculture handbook No. 401. USDA Forest Service. Washington, D. C. 124 p.
- HAWKSWORTH, F. G., SHAW III, CH. C. Y J. S. BEATTY. 1987. Trip report: forest tree disease control technical assistance visit to Mexico, may 1987. USDA Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Exp. Sta. Fort Collins, Colo. Forest Pest Manager. Southwestern Region, Albuquerque, N. Mex. 8 p.
- HERNÁNDEZ, A. G. 2009. Determinación del periodo de liberación de ascosporas de *Phaeocryptopus gaeumannii* (Rhode) Petrak en plantaciones de árboles de navidad. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 74 p.
- HOOD, I. A., D. KERSHAW. 1975. Distribution and infection period of *Phaeocryptopus gaeumannii* in New Zealand. NZJ for Sci. 5: 201-208 p.
- HOOD, I. A. 1982. *Phaeocryptopus gaeumannii* on *Pseudotsuga menziesii* in southern British Columbia. N Z J for Sci 12: 415-424.

- HUNT, R.S., C. WOOD S. 1978. Common Needle Diseases of Spruce in British Columbia. Forestry Canada, Forest Insect and Disease Survey, Forest Pest Leaflet. Columbia, Canada. No. 46, 4p.
- JOHNSON, G. R., B. L. GARTNER, D. MAGUIRE, A. KANASKIE. 2003. Influence of Bravo fungicide applications on wood density and moisture content of Swiss needle cast effects Douglas-fir trees. *Forest Ecology and Management*. 186, 339-348.
- LORETTA, W. M., J. STONE, E. HANSEN, R. SHOEMAKER. 2007. The systematic position of *Phaeocryptopus gaeumannii*. *The Mycological Society of America*. Lawrence. 240-252 pp.
- MAGAÑA, G. E. 1996. Evolución del Mercado de Árboles de Navidad, periodo 1980 -1995. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 68 p.
- MAGUIRE, D. A., A. KANASKIE, W. VOLEKER, R. JOHNSON, G. JOHNSON. 2002. Growth of young Douglas-fir across a gradient of Swiss needle cast severity *Western J App Forestry*. 17: 86-95 p.
- MARTÍNEZ, M. 1963. Las pináceas mexicanas. 3ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 27-74 pp.
- 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. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 89 p.
- MICHAELS, E., G. CHANSTAGNER. 1934. Seasonal availability of *Phaeocryptopus gaeumannii* ascospores and conditions that influence their release. *Plant Dis*. 68: 942-944 pp.
- MONÁRREZ, G. J. C. 2000. Guía para el establecimiento, manejo y comercialización de plantaciones especializadas de Árboles de Navidad. Tesis de Licenciatura División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 94 p.
- MUSÁLEM, M.A. 2003. Monografía de *Pinus ayacahuite*. CONACYT- INIFAP. México, D.F. 364 p.
- PETRAK, F. 1938. Beiträge zur Systematik und Phylogenie der Gattung *Paeocryptopus* Naumov. *Ann Mycol*. 36: 9-26 pp.

- PRESTON, R. J. 1976. North American Trees (exclusive of Mexico and tropical United State). Third edition. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. USA. 63 p.
- ROHDE, T. 1936. *Adelopus gaeumannii* n. sp. und die von ihm hervorgerufene "Schweizer" Douglasienschüt. Forst Woch Silva 24: 420-422 pp.
- ROHDE, T. 1937. Über die Schweizer "Douglasienchütte" und ihren vermuteten Erreger *Adelopus spec.* Mitt Forstwirt Forstwiss 8: 487-515.
- RZEDOWSKI, J. 1994. La vegetación de México. Limusa. México, D.F. 432 p.
- SCHARPF, R. F. 1993. Diseases of Pacific Coast conifers. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington. 199 p. (Agriculture Handbook No. 521).
- SPURR, S. H. Y B. V. BARNES. 1982. Ecología forestal. Traducido al español por C. L. Riagorodsky Z. Agt Editor. México, D. F. 56, 65, 186, 221, 224, 353, 416, 443, y 532 pp.
- STEINER, H. 1937. *Adelopus balsamicola* (Peck) Theiss. F. Douglasii als erreger einer Schüttererkrankung der Douglasstanne. Ztschr Pflanzenkr 47:164-186 p.
- STONE, J. K., G. CARROLL. 1985. Observations of the development of ascocarps in *Phaeocryptopus gaeumannii* and on the possible existence of an anamorphic state. Sydowia 38:317-323.
- STONE, J. K., B. CAPITANO, J. KERRIGAN. 2008. The histopathology of *Phaeocryptopus gaeumannii* on Douglas-fir needles. The Mycological Society of America Lawrence. 431-444 pp.
- YOUNGER, N. L., H. TEMESGEN, S. M. GARBER. 2008. Taper and Volume Responses of Douglas-Fir to Sulfur Treatments for Control of Swiss Needle Cast in the Coast Range of Oregon. P 142-148. Society of American Foresters.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL.

Consultada en agosto de 2011

http://www.conafor.gob.mx/index.php?Itemid=171&id=93&option=com_content&task=view

http://www.conafor.gob.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=93&Itemid=145

SYNGENTA

Consultada en septiembre de 2011

Última actualización 28/08/2011

http://www.syngenta.com/country/es/sp/productos/proteccion_cultivos/fungicidas/Paginas/bravo-720-sc.aspx

INZUMA

Consultada en septiembre de 2011

Derechos Reservados INZUMA S.A. de C.V. ® Diseño programación por Drako Web-Multimedia

<http://inzuma.com/product/anibac%C2%AE-plus>

QUIMINET

Consultada en septiembre de 2011

Copyright © 2000 - 2012

http://www.quiminet.com/pr0/Sales%2Bde%2Bamonio%2Bcuaternario.htm#t_art

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA

Consultada en septiembre de 2011

Última actualización el Martes, 22 de Noviembre de 2011 13:55

Periférico 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco, Delegación Coyoacán, C.P. 04530, México, D.F.

Tel: 5424-6400

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA, MÉXICO - ALGUNOS DERECHOS RESERVADOS © 2010 - POLÍTICAS DE PRIVACIDAD

http://www2.ine.gob.mx/sistemas/plaguicidas/pdf/hidroxido_cuprico.pdf