

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"ESTUDIO SOBRE LA ROYA AGALLADORA: Cronartium
quercuum f. sp. fusiforme EN PLANTAS DE PINO
(Pinus spp.) EN GUATEMALA"

Presentado a la Honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala
por

MATIAS RICARDO JUAREZ MARTINEZ

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Octubre de 1983.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(732)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. Eduardo Meyer Maldonado

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. César A. Castañeda S.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Oscar R. Leiva Ruano
Vocal 2o.	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez
Vocal 3o.	Ing. Agr. Rolando Lara A.
Vocal 4o.	Prof. Heber Arana.
Vocal 5o.	Prof. Francisco Muñoz
SECRETARIO	Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez Palma

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

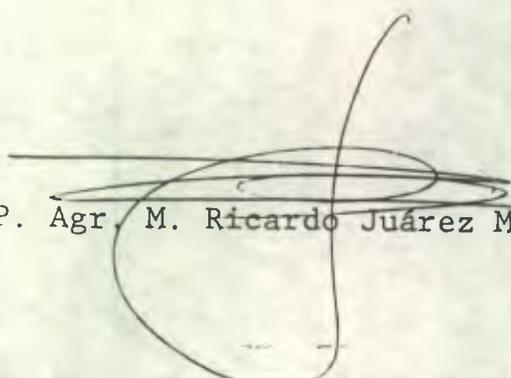
DECANO	Dr. Antonio A. Sandoval S.
Examinador	Ing. Agr. Mario R. Morales Silva.
Examinador	Ing. Agr. Oscar R. Leiva Ruano
Examinador	Ing. Agr. Marco T. Aragón G.
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos R. Fernández P.

Guatemala, Octubre de 1983.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "ESTUDIO SOBRE LA ROYA AGALLADORA: Cronartium quercuum f. sp. fusiforme, EN PLANTAS DE PINO (Pinus spp.) EN GUATEMALA", presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Con la certeza de que merezca vuestra aprobación, me es grato suscribirme, deferentemente.



P. Agr. M. Ricardo Juárez Martínez



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto.....

11 de octubre de 1983

Ingeniero Agrónomo
César Castañeda
Decano Fac. Agronomía

Señor Decano:

Me permito comunicarle que procedí a asesorar al estudiante Matías Ricardo Juárez Martínez en la tesis "ESTUDIO SOBRE LA ROYA AGALLADORA: Cronartium quercuum f.sp. fusiforme EN PLANTAS DE PINO (Pinus spp.) EN GUATEMALA.

Esta constituye la primera investigación que se realiza en Guatemala sobre esta enfermedad que - amenaza los bosques de nuestro país. La misma llena la calidad científica de un trabajo de investigación, por lo que recomiendo su aprobación como requisito para la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

Ing. Agr. Lauriano Figueroa Q.
Subárea Protección de Plantas
FITOPATOLOGO
ASESOR



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto
.....

11 de octubre de 1983

Ingeniero Agrónomo
César Castañeda
Decano Fac. de Agronomía

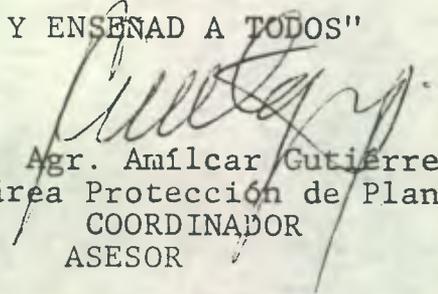
Señor Decano:

Por medio de ésta comunico a usted que he concluido la asesoría del trabajo de investigación "ESTUDIO SOBRE LA ROYA AGALLADORA: Cronartium quercuum f.sp. fusiforme EN PLANTAS DE PINO (Pinus spp.) EN GUATEMALA", realizado por el estudiante Ricardo Juárez Martínez.

Considero que este estudio contribuye grandemente a la solución de un problema forestal que cada día se agrava más. Tomando en cuenta la elevada calidad científica del mismo, recomiendo su aprobación.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Amílcar Gutiérrez
Subárea Protección de Plantas
COORDINADOR
ASESOR

MI SINCERO AGRADECIMIENTO

- A: Mi asesor Ing. Agr. MsC. Lauriano Figueroa Q., por su interés, dedicación, asesoría y valiosa colaboración en la realización de ésta tesis.
- A; Mi asesor Ing. Agr. MsC. Amílcar Gutiérrez A., por sus sugerencias durante la realización del estudio y la revisión del escrito.
- Al: Instituto Nacional Forestal, INAFOR, especialmente al personal de campo del Banco de Semillas Forestales, BANSEFOR, que colaboró en los ensayos de campo.

ACTO QUE DEDICO

- A: DIOS MI SALVADOR.
- A: Mis Padres: Hernán I. Juárez C.
Ofelia Martínez G.
- A: Mi Hermana: Iliana Maribel con todo amor.
- A: Una persona muy especial: Elsa N. Menéndez A.
- A: Mis familiares, especialmente a mi tío Armando
Martínez G. por su gran espíritu humanitario.
- A: El Ing. Agr. MsC. Lauriano Figueroa Q. mi
admiración por su gran sentido de la vida.
- A: Mis amigos en general.

TESIS QUE DEDICO

- A: Mi querido Pasaco.
- A: Mi Patria Guatemala.
- A: El Instituto Técnico de Agricultura.
- A: La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- A: La investigación, vía que conduce a la verdad.

CONTENIDO

	<u>PAGINA</u>
RESUMEN.	
I. INTRODUCCION Y REVISION DE LITERATURA.	1
1. Ciclo de vida del hongo.	5
2. Importancia económica.	7
3. Manejo de la enfermedad.	9
II. OBJETIVO GENERAL.	12
III. OBJETIVOS ESPECIFICOS.	12
IV. HIPOTESIS.	14
V. MATERIALES Y METODOS.	15
A. Naturaleza, etiología y hospedantes.	15
B. Distribución, incidencia y sintomatología.	16
C. Resistencia de las especies de pino a la enfermedad.	16
D. Suelo y semilla como fuentes de inóculo de la enfermedad.	17
E. Intercalado de otras especies forestales.	18
F. Eficacia de fungicidas en el control de la enfermedad.	18
F.1. Forma preventiva.	19
F.2. Forma curativa.	20
G. Establecimiento de viveros en diferentes épocas.	22

VI.	RESULTADOS Y DISCUSION.	24
	A. Naturaleza, etiología y hospedantes.	24
	B. Distribución, incidencia y sintomatología.	28
	C. Resistencia de las especies de pino a la enfermedad.	31
	D. Suelo y semilla como fuentes de inóculo de la enfermedad.	31
	E. Intercalado de otras especies forestales.	32
	F. Eficacia de fungicidas en el control de la enfermedad.	33
	F.1. y F.2. Forma preventiva y curativa.	33
	G. Establecimiento de viveros en diferentes épocas.	37
VII.	CONCLUSIONES.	38
VIII.	RECOMENDACIONES.	40
IX.	BIBLIOGRAFIA.	42
	APENDICE: BOLETA DE INFORMACION SOBRE LA INCIDENCIA Y SINTOMATOLO- GIA DE LA "ROYA" EN EL VIVE- RO.	44

RESUMEN

En 1982, se encontró que una enfermedad en plántulas de pino en el vivero, ocasionaba la muerte de las mismas o bien agallas con una proliferación anormal de brotes, retardando el crecimiento. En el campo, la misma enfermedad se observó en árboles de diferentes edades, como agallas que rodean toda la rama y la secan, llegando a ocasionar incluso la muerte del árbol y afectando así la regeneración natural.

Desde 1942, algunos investigadores consignan que una roya del género Cronartium ocasiona agallas en las ramas de árboles adultos, sin embargo, no se menciona la severidad de la misma a nivel de vivero y campo. Algunos técnicos, sin embargo, afirman que no se trata de una enfermedad, sino que es una característica natural de algunas especies de pino. En la literatura se muestran síntomas idénticos ocasionados por una roya del género Cronartium en el vivero y es la principal enfermedad que afecta a los bosques de coníferas en el mundo. Esta investigación se realizó con los siguientes objetivos:

1. Confirmar la naturaleza, etiología y hospedantes del agente causal.
2. Determinar la distribución, incidencia y sintomatología en las diferentes especies de pino que se tenían en la temporada 1982-1983 en los viveros del Instituto Nacional Forestal, (INAFOR).
3. Observar si existen especies de pino resistentes a la enfermedad.

4. Determinar si el inóculo se transporta en la semilla o en el material con que se llenan las bolsas en el vivero.
5. Evaluar si intercalando alguna otra especie forestal, se reducía la incidencia de la enfermedad en el vivero.
6. Estudiar la eficacia del uso de fungicidas: Ferbam - 75% (217 ppm), Oxycarboxin 20 EC (100 ppm), Benomyl 50% (500 ppm), Triadimefón 250 EC (70 ppm) y Piracarbolid 15% (780 ppm) en forma preventiva y curativa, a intervalos de aplicación de 15 días para el primero y tres meses para los demás.
7. Evaluar si estableciendo los viveros en cinco diferentes épocas espaciados a un mes, se reducía la incidencia de la enfermedad.

Se comprobó que se trata de la roya fusiforme, incitada por el hongo Cronartium quercuum f. sp. fusiforme. En pino se encontraron los estados Picnium y Aecium, mientras que en Quercus conspersa y Q. peduncularis los estados de Uredium y Telium.

La enfermedad se encontró en todos los viveros de INAFOR del país, variando la incidencia con la ubicación del vivero, la especie y edad del pino. Se encontró que Pinus oocarpa y P. montezumae son los más susceptibles en el vivero, con 95 y 98% de incidencia respectivamente. P. caribaea y P. tenuifolia mostraron la menor severidad de daño. No se encontró ninguna especie inmune, pero con sintomatología más severa en P. oocarpa y P. montezumae.

El inóculo no se transporta ni en la semilla, ni en el sustrato de llenado de las bolsas, sino que por el viento,

por lo que se pudo reducir la incidencia en el vivero, intercalando hileras de Cupressus lusitanica. Los fungicidas a las dosis e intervalos ensayados, no resultaron efectivos en la recuperación de las plantas enfermas, como tampoco en la prevención de la enfermedad. La incidencia en las cinco épocas en que se establecieron los viveros fue la misma, debido a que en nuestro país siempre existe inóculo procedente de Quercus spp. situación que no sucede en otras latitudes con variaciones estacionales bien definidas.

I. INTRODUCCION Y REVISION DE LITERATURA:

Las especies de pino, juegan un papel relevante en los programas de reforestación de INAFOR. Estas se ven amenazadas por el desarrollo epifítico de una enfermedad en los viveros de pino que INAFOR posee en todo el país y en la regeneración natural de algunos bosques en áreas fuertemente infestadas.

La sintomatología de esta enfermedad es variada, dependiendo de la especie de pino y etapa de desarrollo de la planta, P. oocarpa Schiede y P. montezumae Lambert, son las especies que presentan los síntomas más severos: Las acículas inferiores de las plántulas inicialmente muestran una coloración púrpura y clorótica, con ligeros hinchamientos en el tallo, a partir de los cuales ocurre una proliferación anormal de brotes. Algunas plantas presentan una deformación completa del follaje y carencia de un tallo principal, con varios brotes, debido a la pérdida de dominancia apical. En plantas de cinco o más meses de edad, la hipertrofia e hiperplasia en el tallo provoca la formación de agallas alargadas (fusiformes), a veces ovaladas o bien en forma cónica e irregulares en diferentes posiciones. Se pueden observar agallas desde el nivel del suelo hasta cerca de la región meristemática del tallo principal (fotografía No. 1).

En algunas especies como el P. tenuifolia Benth y P. caribaea Morelet, el daño no es tan severo. La incidencia tan alta de la enfermedad en viveros aislados de bosques, que pudiesen contener hospedantes que



Fotografía No. 1. Plantas de Pinus oocarpa con roya fusiforme Cronartium quercuum f. sp. fusiforme.
Nótese las agallas y brotes anormales en el cuello de la raíz.

se constituyan fuente de inóculo; hizo sospechar que un medio de diseminación, fuera la semilla botánica o bien el material utilizado para llenado de las bolsas, ya que se constató que no se realizaba esterilización del sustrato de las bolsas.

Las observaciones de la sintomatología y pruebas de laboratorio como lo son el análisis nematológico y bacteriológico, así como la observación de aeciosporas (M.A. Flores, Técnico de INAFOR, comunicación personal), condujeron a descartar de que se tratara de algún tipo de nemátodo o bacterias formadoras de agallas y sospechar así, que se trata de una roya inducida posiblemente por algún hongo del género Cronartium (6) se hace necesario conocer la forma y germinación de las aecioporas, así como el posible hospedante principal, o sea, aquel hospedante en el cual se forman las teliosporas y en el que son infectivas las aeciosporas procedentes del pino. Flores M.A. en 1959 (3) cita las royas del cono siguientes: C. strobilum, desarrollando los estados de Picnium y - Aecium en Pinus palustris y P. caribaea y los estados de Uredium y Telium en Quercus spp.; C. conigenum desarrollando los estados de Picnium y Aecium en el pino de Chihuahua y los estados de Uredium y Telium en el encino de hoja blanca. El mismo autor indica que la agalla del pino en Guatemala es incitada por C. cerebrum (C. quercuum) y está distribuida en los departamentos de Guatemala, Santa Rosa, El Progreso y Baja Verapaz, siendo encontrada en P. tenuifolia y P. pseudostrobis, estimando que se mayor el número

de especies que ataca. Cummis en 1943 citado por Schieber (10) en su lista de royas e índice de hospedantes en Guatemala, menciona a C. quercuum como la roya del cono y de las ramas en P. montezumae en los departamentos de Huehuetenango, Chimaltenango y Jalapa, la misma roya continua el autor, se observa en P. oocarpa de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Chimaltenango, en Q. corrugata en Chimaltenango y en Q. tomentosa en el departamento de Guatemala.

Son varias las especies del género Cronartium que pueden inducir enfermedades del tipo de las royas en plantas de pino. En éste género se incluyen las especies C. quercuum, C. ribicola, C. comptoniae, C. comandrae, C. coleosporioides, C. fusiforme o bien Peridermium harknessii (10, 4). Todas éstas especies excepto ésta última, necesitan de otro hospedante para completar su ciclo de vida (10). Se debía confirmar si estaba presente P. harknessii, ya que como no necesita de otro hospedante, podían ocurrir infecciones de pino a pino y explicar así la alta incidencia observada en viveros aislados como el vivero central de INAFOR. La roya del cono del pino (Pinus spp) incitada por C. conigenum Hedge y Hunt, fue reportada por primera vez en Guatemala por Johnston en 1942, citado por Schieber (9). También Schieber (9) reportó C. conigenum en 1967 como responsable de la roya del cono en el altiplano de Guatemala como la enfermedad más importante de los pinos. El mismo autor cita a Peterson, quien indica que la relación de la roya del cono con las agallas presentadas en las ramas en

la misma especie de pino, necesita de mayor investigación y examinó aeciosporas de un espécimen de Guatemala consignando las siguientes dimensiones: 20.5 x 29.0 u de ancho y largo respectivamente.

1. Ciclo de vida del hongo:

El ciclo de vida de cualquiera de las especies del género Cronartium puede iniciarse con las basidiosporas formadas en una teliospora germinada. Estas basidiosporas, solamente son infectivas en el género Pinus y no en el hospedante primario, donde se forman las teliosporas cuando la roya es heteroica. El tubo germinativo de la basidiospora penetra a través del estoma de las acículas de pino y crece sistemáticamente hacia el tallo y ramas donde se forman las agallas. Al cabo de uno o tres años después de la infección, se forman exudaciones de color amarillo-rojizas en la corteza del pino enfermo, que es el hospedante alterno de éste hongo. Estas gotas de exudado, contienen las picniosporas. Aproximadamente un año después, se producen las aeciosporas color naranja, en la misma área donde se formaron las picniosporas. El viento puede diseminar las aeciosporas que solamente son infectivas en el hospedante principal. Flores (3) al referirse a la roya del pino indica que las picniosporas y aeciosporas se desarrollan en pino y que las aeciosporas son producidas en abundancia al reventar los tumores en abril o mayo, las cuales son transportadas

por el viento a las hojas del encino susceptible, éstas germinan en el tejido de la hoja y forman un soro de uredosporas.

Las teliosporas, se desarrollan en la misma región en donde se fórman las uredosporas y germinan dando lugar a un promicelio y de nuevo a las basidiosporas. Son las basiodiosporas las encargadas de infectar al pino, para formarse el típico tumor - cerebroide, que generalmente aparece al año de ocurrir la infección por la basidiospora. Una basidiospora producida en la hoja de Quercus, no puede infectar a éste, así como tampoco una aeciospora producida en el pino puede reinfestar al pino.

En el hospedante principal se forman las uredosporas de color naranja en el envés de las hojas, dos semanas después de la infección con las aeciosporas. Las uredosporas pueden reinfestar a éste o a los demás hospedantes primarios. Al final del verano y principios de otoño se producen en las hojas infectadas, las telias que asemejan pelos de color café. A veces su formación es a principios de primavera. El hospedante principal varía con la especie de Cronartium y Peridermium (Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1.

ESPECIES DE HONGOS QUE CAUSAN ROYAS AGALLADORAS EN PINO Y ALGUNOS DE SUS HOSPEDANTES PRINCIPALES.

<u>Especie de hongo</u>	<u>Hospedante alternativo</u>	<u>Hospedante principal</u>
1. <u>C. fusiforme</u>	<u>Pinus</u> spp.	<u>Quercus</u> spp.
2. <u>C. quercuum</u>	<u>Pinus</u> spp.	<u>Quercus</u> spp.
3. <u>C. comptoniae</u>	<u>Pinus</u> spp.	<u>Comptonia asplenifolia</u> , <u>Myrica gale</u> .
4. <u>C. coleosporioides</u> .	<u>Pinus</u> spp.	<u>Melampyrum</u> spp., <u>Castilleja</u> spp., <u>Podicularius bracteosa</u> , <u>Orthocarpus luteus</u> , <u>Rhinanthus cristagalli</u> .
5. <u>C. comandrae</u>	<u>Pinus</u> spp.	<u>Comandra</u> spp.
6. <u>P. harknessii</u> .	<u>Pinus</u> spp.	<u>Pinus</u> spp.

2. Importancia económica:

En nuestro país no se han hecho evaluaciones del daño económico que ésta enfermedad ocasiona a nivel de vivero y campo. Estimaciones que se pueden hacer, si se multiplican los miles de plantas de vivero infectadas actualmente, por los Q. 0.17 que según técnicos de INAFOR es el costo actual de una planta al momento de distribuirla. Estas plantas no se deben distribuir, puesto que es muy probable que en nuestro medio se observen los mismos daños que en otros países sufren las plantas enfermas en

el campo definitivo: reducción de crecimiento en altura y diámetro, malformación de tallos, formación de agallas en el tallo y/o en las ramas, chan cros o sea hundimientos, o bien roturas en la corteza. Puede morir el árbol si coalescen varias infecciones y si la agalla rodea al tallo principal. Las partes afectadas del tallo resultan inapropiadas para la construcción y para pulpa de papel. Estos árboles no servirán para postes y durmientes, además las fisuras en la corteza proveen entrada para organismos plaga y patógenos que producen pudriciones (1). Algunos hongos causantes del tinte azul de la madera pueden penetrar por los tumores y establecerse en el tejido leñoso (3).

En nuestro medio se ha observado en P. oocarpa que si la plántula es afectada desde las primeras etapas, puede ocurrirle la muerte o presentar un crecimiento raquíptico, con una sobrebrotación, principalmente en las zonas donde se forman las agallas. En Estados Unidos, si no se aplican fungicidas, Cronartium spp. puede ocasionar la muerte hasta 90% de las plántulas del vivero.

Anderson R.L. et al en 1983 (2), investigador del servicio forestal del departamento de agricultura de los Estados Unidos (USDA), utilizando semillas de P. caribaea, P. oocarpa, P. filifolia (montezumae), P. ayacahuite y P. chiapensis a las razas de roya fusiforme existente en Estados Unidos y encontraron que P. oocarpa y P. filifolia son las más

susceptibles con valores de 82 y 74% de infección respectivamente, cuyas fotografías muestran síntomas idénticos a los observados en inoculaciones naturales en Guatemala.

Matthews F.R. y Rowan S.J. (8) del Southeastern Forest Experiment Station, Athens, Georgia, Estados Unidos, en laboratorio infectaron plántulas de Pino Slash (P. elliotii) y Pino Loblolly (P. taeda) con suspensiones de basidiosporas de C. fusiforme a densidades de inóculo de 81,000 y 153,000 esporas por ml para cada especie respectivamente, logrando infestaciones hasta del 81 y 89% respectivamente.

En los viveros de INAFOR es frecuente observar en algunas especies como P. oocarpa, hasta el 20% de plántulas muertas, pero no se ha establecido si se debe a muerte por patógenos del suelo y/o a la enfermedad.

3. Manejo de la enfermedad:

Son varios los métodos que en la literatura se consignan y que aplicados correctamente, minimizan ostensiblemente el daño de la enfermedad ocasionada por Cronartium spp. Entre estos métodos se cuenta:

1. Localización de viveros en área con poca incidencia y alejadas de los hospedantes primarios por lo menos un Km, ya que la viabilidad de las basidiosporas es de pocas horas.

2. Eliminación parcial o destrucción total de las plantas enfermas en el vivero, dependiendo del porcentaje de infección observado.
3. Uso de materiales genéticos de pino, seleccionados como resistentes.
4. Uso de fungicidas convencionales como los carbamatos: Ferban y Zineb a razón de cinco libras/ha. más adherente, llegan a reducir la incidencia hasta menos de 0.5%. Si se establecen métodos de predicción adecuados, conociendo las condiciones atmosféricas, se puede reducir el número de aplicaciones de 11 a tres o cuatro para obtener el mismo grado de protección (4).

Aplicaciones preventivas al suelo y repetidas dos semanas después, de los fungicidas sistémicos Oxycarboxin (Plantvax), Benomyl (Benlate) y CW-524 a plántulas de dos meses de edad que posteriormente fueron inoculadas artificialmente con basidiosporas de C. fusiforme en forma tanto inyectada como asperjada, condujeron a resultados que variaron con el método de inoculación. CW-524 y Benomyl resultaron inefectivos con el método de inoculación inyectado y parcialmente efectivos con el de aspersión.

Oxycarboxin, sin embargo, protegió parcialmente las plantas inyectadas y hasta el 80% de las asperjadas. Cuando se usó inoculación por aspersión, Oxycarboxin a 100 ppm y Benomyl a 500 ppm brindaron protección completa, sin fitotoxicidad.

En cambio Oxycarboxin en dosis de 150 ppm o más resultó fitotóxico.

En las mismas plantas, cinco meses después de la inoculación y cuando las agallas eran ya evidentes se aplicaron Benomyl y CW-524 dos veces con intervalos de dos semanas. Oxycarboxin ya no se aplicó la segunda vez, porque causó cierta fototoxicidad en las aplicaciones preventivas. En este experimento, Benomyl y Oxycarboxin retardaron el crecimiento en diámetro y eliminaron el hongo de las agallas pequeñas. Benomyl incluso, estimuló el crecimiento en las plantas tratadas (7).

En otras investigaciones, se sospecha que Benomyl tenga efectosdetrimentales en la micorrización de las plántulas, con la consecuente manifestación de deficiencia de fósforo (5).

Flores M.A. (3), recomienda como única medida de control de la enfermedad, la erradicación del Quercus que sirve de hospedante alternativo, siempre que el valor económico de la especie que se desee proteger lo amerite.

Ante la falta de estudios específicos en nuestro país sobre esta enfermedad a nivel de vivero, se planteó la necesidad de investigar sobre la misma en Guatemala. Para ello se propuso ésta investigación con los siguientes objetivos:

II. OBJETIVO GENERAL:

Contribuir al conocimiento de la enfermedad y poder minimizar sus daños en los pinos de Guatemala.

III. OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Confirmar la naturaleza de la enfermedad e identificar el agente causal y sus hospedantes primarios que constituyen fuente del inóculo.
2. Determinar la distribución e incidencia de la enfermedad en los viveros del país a cargo de INAFOR y registrar de los mismos, la sintomatología presente en las diferentes especies de pino.
3. Determinar si existe en el país alguna (s) especie (s) de pino resistente (s) a la enfermedad.
4. Determinar si el material usado como sustrato en los semilleros y en el llenado de las bolsas, así como la semilla, son fuente de inóculo de la enfermedad.
5. Evaluar el efecto de intercalar otras especies forestales entre hileras de pino en el vivero.
6. Estudiar la eficacia de cinco fungicidas en el manejo de la enfermedad.

7. Evaluar el efecto del establecimiento de viveros en diferentes épocas de siembra, en la incidencia de la enfermedad.

IV. HIPOTESIS:

1. La enfermedad es una roya inducida por cualquiera de las siguientes especies de hongo: Cronartium quercuum f. sp. fusiforme, C. ribicola, C. comptoniae, C. comandrae, C. coleosporioides y Peridermium harknessii y algún hospedante diferente al pino está presente en Guatemala, constituyendo la fuente de inóculo.
2. La enfermedad se encuentra distribuida en todos los viveros del país a cargo de INAFOR con una incidencia mayor del 50% y la sintomatología es la misma en cualquier especie de pino.
3. No existe en el país ninguna especie de pino inmune a la enfermedad.
4. El sustrato empleado en la elaboración de los semilleros y llenado de las bolsas, así como la semilla constituyen fuente de inóculo de la enfermedad.
5. Al intercalar otras especies forestales con las hileras de pinos, no se reduce la incidencia de la enfermedad en el vivero.
6. Es factible el manejo de la enfermedad utilizando fungicidas.
7. La incidencia de la enfermedad es la misma en cualquier época en que los viveros se establezcan.

V. MATERIALES Y METODOS:

A. Naturaleza, etiología y hospedantes:

Con el objeto de confirmar la naturaleza y etiología de la enfermedad, se hicieron cortes histológicos en lactofenol de acículas y agallas de plantas enfermas de pino. Así mismo se hicieron montajes de aeciosporas, tomadas de aecias localizadas en las agallas de las diferentes especies de pino enfermas.

Con el objeto de encontrar e identificar los géneros de plantas consignados en la literatura - como hospederos primarios, se consultaron los volúmenes de la Flora de Guatemala y el Herbario de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para familiarizarse con ellos. Posteriormente, se hizo un recorrido en los bosques que rodean los viveros: Central de INAFOR, Los Aposentos, Chimaltenango, Parque Florencia, Sacatepéquez, Campos de la USAC y aldeas Las Anonas, Salamá. Se buscaron en todos los casos los estados uredium y telium en el envés de las hojas.

Para determinar si había infección de pino a pino y detectar si el pino constituye fuente de inóculo para si mismo, en el invernadero de la Facultad de Agronomía, se sembró Pinus oocarpa, totalmente aislado con plástico y regado por capilaridad por medio de una bandeja metálica, la

que se llenaba de agua con una manguera fina cubierta con algodón. Estas plantitas se inocularon a los 22 días de edad con aeciosporas obtenidas de agallas de P. oocarpa, frotando el follaje con un pincel, así mismo, se enviaron fotografías de plantas enfermas al Dr. Glenn A. Snow de la estación experimental forestal del sureste, Gulfport, Mississippi, del servicio forestal del USDA.

B. Distribución, incidencia y sintomatología:

La unidad de manejo forestal del Instituto Nacional Forestal (INAFOR), proporcionó un listado de los viveros que poseen en todo el país, en los cuales se produjeron plantas de especies de pino durante el periodo 1982-1983. Se visitó cada vivero del listado y se llenó la boleta elaborada para tal fin. (ver apéndice).

C. Resistencia de las especies de pino a la enfermedad:

Con el objeto de determinar la resistencia de las especies de pino a la enfermedad, se utilizó la sintomatología registrada en las boletas de cada vivero de INAFOR. Además se hicieron observaciones sobre el comportamiento de las especies en el campo.

D. Suelo y semilla como fuentes de inóculo de la enfermedad:

El 23-8-82, se estableció en el vivero central de INAFOR un ensayo con el objeto de determinar si el inóculo de la enfermedad estaba presente en la semilla, o en el sustrato con que se llenan las bolsas en el vivero. Para ello se efectuaron los tratamientos siguientes:

- a. Suelos sin desinfestar y semilla desinfestada, tal como lo hace actualmente el INAFOR.
- b. Suelo y semilla sin desinfestar.
- c. Suelo y semilla desinfestados.
- d. Suelo desinfestado y semilla sin desinfestar.

La mezcla de suelo utilizado como sustrato en el vivero, fue el mismo en todos los tratamientos, y se utilizó la especie P. oocarpa con siembra directa. La semilla se desinfestó con Arasán en polvo a razón de un g/Kg de semilla. El suelo se desinfestó con Bromuro de metilo a razón de 0.46 Kg/m^3 , una semana antes de la siembra. El diseño utilizado fue un completamente al azar, con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, contando cada unidad experimental con 300 bolsas plásticas, dejando una planta por bolsa.

El 28-8-82, se estableció una repetición del ensayo en el invernadero de la Facultad de Agronomía, donde cada unidad experimental constó de 48

bolsas, dejando una planta por bolsa.

Para comparar los tratamientos, se hizo un recuento de incidencia de la enfermedad, un año después de iniciados los ensayos y previo al análisis de varianza, los valores de porcentaje de plantas enfermas en cada tratamiento, se transformaron aplicando la siguiente fórmula: $\sqrt{X + 1}$.

E. Intercalado de otras especies forestales:

El 16-11-82, en el vivero central de INAFOR, se estableció un vivero consistente en cuatro bloques de plantas. En un bloque se alternaron dos hileras de P. oocarpa con tres hileras de bolsas de Cupressus lusitanica. En el otro bloque se invirtió el orden de colocación de las especies. Además, se incluyó como testigo un lote de bolsas con P. oocarpa sin C. lusitanica, y otro lote solamente con C. lusitanica. Cada lote midió un metro de ancho por cinco metros de largo. Se hicieron lecturas de incidencia de la enfermedad a los ocho meses después de la siembra. Se calcularon las medias de incidencia en los tres bloques que contenían pino, sin hacer ningún análisis estadístico.

F. Eficacia de fungicidas en el control de la enfermedad:

Con el objeto de encontrar un fungicida adecuado para reducir el daño de la enfermedad en el vivero, se ensayaron en forma preventiva y curativa

cinco fungicidas (un carbamato y cuatro sistémicos). Los tratamientos fueron los siguientes:

1. Aspersiones foliares de Ferbam. Polvo mojable al 75%.
La dosis fue de 217 ppm (cinco libras/ha.).
2. Oxycarboxin (Plantvax 20 EC) 100 ppm. Aplicado al suelo a razón de 50 ml por planta.
3. Oxycarboxin (Plantvax 20 EC), 100 ppm. Aplicado al follaje.
4. Benomyl (Benlate polvo mojable al 50%), 500 ppm. Aplicado al suelo a razón de 50 ml por planta.
5. Benomyl (Benlate polvo mojable al 50%), 500 ppm. Aplicado al follaje.
6. Triadimefon (Bayleton 250 EC), 70 ppm. Aplicado al follaje.
7. Piracarbolid (Sicarol al 15%), 780 ppm. Aplicado al follaje.
8. Testigo, sin aplicación de fungicida.

En los tratamientos consistentes en aplicaciones al follaje, se utilizó el adherente Tritón a razón de 1.7 ml/lt.

F.1. Forma preventiva:

Con el objeto de mantener las plantas libres de la enfermedad en el vivero, se estableció un ensayo con P. oocarpa en el vivero central

de INAFOR. Se probaron siete de los tratamientos descritos, de los cuales no se probó el Piracarbolid (Sicarol). Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones, cada unidad experimental consistió de 100 bolsas dejando una planta por bolsa. La primera aplicación se hizo el 24-10-82 (25 días después de la siembra), repitiendo las aplicaciones cada 15 días para Ferbam y cada tres meses para los demás fungicidas. A los 10 meses se hizo el recuento de incidencia en el total de plantas de cada unidad experimental. Para el análisis de varianza se tomó en cuenta el porcentaje de plantas enfermas.

F.2. Forma curativa:

Con la finalidad de determinar si las plantas de pino enfermas podían mejorar su desarrollo, mediante las aplicaciones de fungicidas, se realizó éste ensayo en el vivero central y el de Los Aposentos, Chimaltenango, ambos de INAFOR.

F.2.1. Vivero central:

En plantas de P. oocarpa enfermas de un año de edad, se evaluaron siete tratamientos de los descritos sin incluir el Ferbam. Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones, cada

unidad experimental consistió de 300 plantas, teniendo una planta por bolsa.

La primera aplicación se hizo el 13-8-82, repitiendo las aplicaciones cada tres meses. A los 12 meses de iniciado el ensayo se midió la altura en el 10% de las plantas tomadas al azar en cada unidad experimental. Al hacer las aspersiones se protegieron las parcelas vecinas con una cortina vertical plástica para evitar contaminación.

El análisis de varianza se realizó con la altura de las plantas.

F.2.2. Vivero Los Aposentos:

En plantas de P. oocarpa enfermas de un año de edad, se evaluaron siete tratamientos de los descritos, sin incluir el Ferbam. Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y ocho repeticiones, cada unidad experimental consistió de 50 plantas, teniendo una planta por bolsa.

La primera aplicación se hizo el 14-9-82, repitiendo las aplicaciones cada tres meses. A los 11 meses de iniciado el ensayo se midió la altura en el 10% de las plantas tomadas

al azar en cada unidad experimental. Se protegieron las parcelas vecinas con una cortina vertical plástica para evitar contaminación.

En plantas de P. montezumae enfermas de un año de edad, se evaluaron los mismos tratamientos anteriores. Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones; cada unidad experimental consistió de 300 bolsas, teniendo una planta por bolsa.

La primera aplicación se hizo el 17-8-82, repitiendo las aplicaciones cada tres meses. A los 12 meses de iniciado el ensayo se midió la altura en el 10% de las plantas tomadas al azar en cada unidad experimental. Al hacer las aspersiones se protegieron las parcelas vecinas con una cortina vertical plástica para evitar contaminación.

El análisis de varianza de P. oocarpa y P. montezumae se hizo con la altura de las plantas.

G. Establecimiento de viveros en diferentes épocas:

Con el objeto de determinar si estableciendo el vivero en diferentes épocas se reducía la incidencia de la enfermedad por escape de las plantas en las épocas de liberación de inóculo pro-

cedente del hospedante primario, se probaron cinco épocas con intervalos de un mes, a partir de octubre de 1982 a febrero de 1983.

En las primeras tres épocas se sembraron 1000 bolsas por cada época, dejando una planta por bolsa, las dos épocas restantes constaron de 600 bolsas cada una, dejando siempre una planta por bolsa. A los diez, nueve, ocho, siete y seis meses después de la siembra, en los diferentes tratamientos, desde la más antigua (octubre), a la más reciente (febrero) respectivamente, se hizo un recuento del porcentaje de incidencia de la enfermedad en el 10% del total de las plantas en cada tratamiento.

Sin efectuar ningún análisis de varianza, se calcularon las medias de incidencia para cada época de siembra.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION:

A. Naturaleza, etiología y hospedantes:

Los cortes histológicos de las agallas, revelaron la presencia de micelio intercelular, así mismo, tanto en agallas como en ramas de pino, se encontró el estado de picnium consistente en pequeñas gotas de exudado de color amarillento (fotografía No. 2). En los meses de febrero, marzo y abril fue bien notoria la presencia de aecias con aeciosporas sobre las agallas de las ramas de árboles jóvenes y adultos, pero no en las agallas de plantas de vivero (Fotografía - No. 3).

Las dimensiones de las aeciosporas fueron de: 13:00 x 26.92 u de ancho y largo respectivamente (media de 10 mediciones). Según el diagnóstico del Dr. Glenn A. Snow del servicio forestal del USDA, los síntomas en las plántulas de pino, corresponden a la roya fusiforme de los pinos, incitada por Cronartium quercuum f. sp. fusiforme, situación que se confirma al comparar los síntomas publicados por Anderson R.L. et al en 1983 (2) con las especies P. caribaea, P. oocarpa, P. filifolia, P. ayacahuite y P. chiapensis, con semillas enviadas del Banco de Semillas forestales de Guatemala, así mismo, al haber encontrado el estado de uredium con uredosporas de 16.07 x 24.26 u de ancho y largo respectivamente (media de 10 mediciones) y telium (fotografías

Nos. 4 y 5 respectivamente), en el envés de las hojas de Quercus conspersa y Q. peduncularis, y no así en el resto de las especies de Quercus, las que posiblemente no son hospedantes de esta roya, o bien han escapado a las infecciones, lo que se tendrá que comprobar con inoculaciones bajo condiciones controladas. Así mismo, se buscaron los estados de uredium y telium en especies de Myrica y Castilleja, pero sin ningún éxito, con lo cual se descarta que se trate de Cronartium comptoniae y C. coleosporioides respectivamente.

Las plántulas de P. oocarpa inoculadas con aeciosporas, todas permanecieron libres de la enfermedad un mes después de la inoculación, con lo que se descarta la posibilidad de que las aeciosporas constituyan inóculo de la enfermedad en pino, así mismo, se descarta de que se trate de alguna especie patógena del género Pezizomyces, de las que sí son infectivas las aeciosporas en pino.



Fotografía No. 2. Gotas de exudado correspondiendo al estado de Picnium en el tallo de una planta con la roya Cronartium quercuum f. sp. fusiforme.



Fotografía No. 3. Agalla formada en Pinus oocarpa con las pústulas polvorrientas correspondientes al estado de aecium de C. quercuum f. sp. fusiforme.



Fotografía No. 4. Envés de la hoja de Quercus con las pústulas polvorientas correspondientes al estado de uredium de Cronartium quercuum f. sp. fusiforme.



Fotografía No. 5. Enves de la hoja de Quercus con estructuras que asemejan pelos, correspondiente al estado de telium de C. quercuum f. sp. fusiforme.

B. Distribución, incidencia y sintomatología:

De la información registrada en las boletas, se deriva que la enfermedad está distribuida en to dos los viveros registrados por el INAFOR durante el periodo 1982-1983, variando la incidencia con el lugar y la especie de pino. (cuadro No. 2). Se aprecia en este cuadro, que la incidencia de la enfermedad en los viveros, varía del cinco al 98%. Los valores de incidencia más ba jos se registraron en Esquipulas, Quezaltepeque y San Jacinto (5%), mientras que los valores más altos corresponden al de Los Aposentos (98%), así mismo, en los viveros de Amatitlán, Guatemala, Los Aposentos, Salamá, Las Anonas, Quezada, Jutiapa y Jalapa. La especie que mostró los va lores de incidencia más altos es P. montezumae (98%), siguiéndole P. oocarpa (95%), mientras que P. tenuifolia en ningún vivero fue mayor de 25%, valor registrado en San Jerónimo. En P. caribaea la máxima incidencia fue del 15% en los Esclavos. La sintomatología varió con la especie: encontrando acículas de color púrpura y cloróticas en las primeras etapas de desarrollo de las plántulas en todas las especies. En P. oocarpa se encontraron agallas esféricas - hasta alargadas (fusiformes), generalmente a ni vel de cuello de la raíz, casi siempre acompañada das de una proliferación anormal de brotes, los que nacen principalmente de las agallas. En P. montezumae, en cambio, la forma de las agallas

Cuadro No. 2. DISTRIBUCION, INCIDENCIA Y SINTOMATOLOGIA DE LA ROYA DEL PINO (Cronartium quercuum f. sp. fusiforme)
EN GUATEMALA, EN LOS VIVEROS DE INAFOR DURANTE EL PERIODO DE 1982-1983.

NOMBRE DEL VIVERO	Sp. de pino	Edad en meses	% de agallas	Forma de agallas	Posición de agallas	% de brotes	% Incidencia
Amatitlán	P. oocarpa	+ 6	95	Esférica, cónica	Cuello de raíz	95	95
Central (Guatemala)	"	+ 6	95	Alargada, cónica	"	95	95
Los Aposentos.	"	+ 6	95	Alargada, cónica	"	95	95
San Jerónimo	"	+ 6	40	" ,irregular	"	40	40
Salamá	"	3-6	00			80	80
Las Anonas	"	3-6	00			90	90
Rabinal	"	3-6	00			10	10
El Pino	"	3-6	00			44	44
Los Esclavos	"	+ 6	00			70	70
Sta. Rosa de Lima	"	+ 6	05	Alargada, cónica	Cuello de raíz	30	30
Casillas	"	+ 6	35	" ,irregular	"	35	35
Sn. R. Las Flores	"	+ 6	00			15	15
Quezada	"	+ 6	00			80	80
Jutiapa	"	3-6	00			80	80
El Progreso	"	+ 6	00			70	70
Jalapa	"	3-6	00			80	80
Mataquescuintla	"	3-6	00			75	75
La Unión	"	+ 6	00			50	50
Zacapa	"	+ 6	00			50	50
San Jacinto	"	3-6	00			40	40
Esquipulas	"	1-3	00			15	15
Quezaltepeque	"	3-6	00			15	15
Chiquimula	"	3-6	00			15	15
Nacionas Unidas	P. tenuifolia	+ 6	00			18	18
Amatitlán	"	+ 6	15	Alargada, esférica	Cuellode raíz	15	15
Villalobos	"	+ 6	00			20	20
Labor de Castilla	"	+ 6	10	Alargada, cónica	Cuello de raíz	10	10
Los Aposentos	"	+ 6	00			15	15
Sumpango	"	3-6	00			10	10
San Jerónimo	"	+ 6	00			25	25
Las Anonas	"	3-6	00			10	10
Esquipulas	"	1-3	00			05	05
Quezaltepeque	"	3-6	00			05	05
Los Aposentos	P. montezumae	+ 6	98	Alargada	En el tallo	50	98
Los Esclavos	P. caribaea	1-3	00			15	15
San Jacinto	"	3-6	00			05	05

es principalmente alargada y no en el cuello de la raíz, sino en el tallo, con una brotación - anormal poco frecuente. En P. tenuifolia los síntomas son muy parecidos a los observados en P. oocarpa, con una brotación menor. En P. caribaea no se observaron agallas, pero sí brotación, aunque menos conspicua que en las demás especies. De estos resultados, se deduce que existen viveros con especies altamente susceptibles (P. oocarpa), donde la incidencia es baja (15%), como ocurre en los ubicados en Esquipulas, Quezaltepeque y Chiquimula, situación que se puede explicar en términos del aislamiento de las plantas con respecto a las fuentes de inóculo, ya que las especies de Quercus alrededor de estos viveros son escasas. Esto plantea la posibilidad de reducir la incidencia de la enfermedad a nivel de vivero, ubicando los mismos en áreas aisladas, ya sea por accidentes geográficos o barreras artificiales, en lugares con pocas especies de Quercus a su alrededor. Queda evidenciada además la alta susceptibilidad de P. oocarpa y P. montezumae, así mismo, la resistencia que manifiestan P. tenuifolia y P. caribaea, ésta última situación observada en los viveros, se manifiesta también en el campo, aún en áreas fuertemente infestadas con la enfermedad, en donde en el mismo bosque se aprecian - árboles de P. oocarpa fuertemente infectados, mientras que P. tenuifolia se manifiestan completamente sanos, como ocurre en La Aldea Las Anonas, Salamá, Baja Verapaz.

Los resultados anteriores sugieren la reforestación con estas especies con alto grado de resistencia, en aquellas áreas fuertemente infestadas y en las que se ha demostrado la adaptabilidad de éstas especies de pino.

C. Resistencia de las especies de pino a la enfermedad:

No se encontró ninguna especie inmune a la enfermedad, sin embargo, fue notoria la alta susceptibilidad de P. oocarpa y P. montezumae, en cambio P. tenuifolia y P. caribaea mostraron una baja incidencia, tanto a nivel de vivero como en el campo definitivo, aún en áreas fuertemente infestadas. Se necesitan más observaciones de campo sobre la regeneración natural con éstas y otras especies de pino que se encuentran en el resto del país.

D. Suelo y semilla como fuentes de inóculo de la enfermedad:

El análisis de varianza de los porcentajes de incidencia de la enfermedad, en los cuatro tratamientos evaluados en los ensayos, indica que no existe diferencia significativa entre los mismos, tanto en el ensayo realizado en el vivero central como en el invernadero de la Facultad de Agronomía. Conviene resaltar el hecho que la réplica del ensayo realizado en el invernadero de la Facultad de Agronomía, permaneció

libre de la enfermedad hasta los dos meses después de la siembra. Sin embargo, al final del ensayo, las medias de incidencia fueron altas. De estos resultados se deduce que el inóculo de la enfermedad, no permanece ni en la semilla, ni en el sustrato de llenado de las bolsas, se deduce que las plántulas en el invernadero permanecieron sanas más tiempo por el escape de las mismas al inóculo transportado por las corrientes de aire, pero debido a que el aislamiento dentro del invernadero no fue total, éstas se enfermaron finalmente.

E. Intercalado de otras especies forestales:

Como el inóculo de la enfermedad es transportado por el viento, el objetivo de este ensayo fue determinar si alternando especies forestales con abundante follaje como el Cupressus lusitanica con especies de pino, se formaba una barrera a la llegada del mismo y así reducir la incidencia de la enfermedad. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Cuadro No. 3. Porcentaje de incidencia de la enfermedad intercalando hileras de ciprés común (C. lusitanica) y P. oocarpa.

BLOQUE	% DE INCIDENCIA
1. ciprés-pino-ciprés-pino-ciprés.	56.53
2. pino-ciprés-pino-ciprés-pino.	62.83
3. solo pino	85.47

Puede apreciarse en el cuadro anterior, que los resultados en el bloque uno, donde el pino quedó dentro de las hileras de ciprés, se obtuvo el menor porcentaje de incidencia del 56.53%, en el bloque dos en donde el pino quedó a la orilla, más expuesto, la incidencia aumentó a 62.83%. Finalmente en el bloque tres donde el pino permaneció solo, la incidencia de la enfermedad aumentó considerablemente al 85.47%. La incidencia se redujo hasta un 28.94%, lo que demuestra que colocando barreras vivas se logra reducir la incidencia de la enfermedad considerablemente, pero tendrá que determinarse posteriormente la ubicación más apropiada de la barrera, y especies que no compitan en luz y aireación con el pino. En este estudio no se observó efecto detrimental de C. lusitánica sobre el desarrollo del pino.

F. Eficacia de fungicidas en el control de la enfermedad:

F.1 y F.2. Forma preventiva y curativa:

Todos los fungicidas ensayados en los diferentes tratamientos en forma preventiva, no redujeron significativamente la incidencia de la enfermedad durante los diez meses que permanecieron las plantas en el vivero. La eficacia del fungicida Ferbam, que se recomienda para el control de la

enfermedad en el vivero pudo deberse a los intervalos muy espaciados entre las aplicaciones que fueron de 15 días, debido a ésto, actualmente se están ensayando intervalos de cada tres, cuatro y cinco días. Sin embargo habrá que tomar en cuenta la rentabilidad de éstas aplicaciones. Otra causa podría ser la alta densidad de inóculo en el vivero central, ya que existen árboles de Quercus a menos de 20 m.

Cuadro No. 4. Muestra el efecto preventivo de cuatro fungicidas en el control de la roya Cronartium quercuum f. sp. fusiforme en plantas de P. oocarpa en el vivero central.

TRATAMIENTOS	% DE INCIDENCIA	
Ferbam 217 ppm al follaje	94.25	a
Oxycarboxin 100 ppm al suelo	95.50	a
Oxycarboxin 100 ppm al follaje	95.50	a
Benomyl 500 ppm al suelo	86.50	a
Benomyl 500 al follaje	95.75	a
Triadimefon 70 ppm al follaje	93.50	a
Testigo sin fungicida	90.50	a

Los tratamientos con la misma letra, son estadísticamente iguales al 99% de N.S.

En los ensayos de fungicidas realizados en forma curativa en plantas enfermas en los viveros: Central y Los

Aposentos, tampoco resultaron efectivos en el control de la enfermedad, cuyo efecto se midió en la altura de las plantas, las que estadísticamente permanecieron iguales al testigo y que desde el punto de vista práctico, éstas plantas después de un año de - tratadas con los fungicidas, aún permanecían inutilizables para su planta ción en el campo definitivo.

Cuadros Nos. 5, 6 y 7.

Cuadro No. 5. Efecto curativo de cuatro fungicidas sistémicos en el control de la roya C. quercuum f. sp. fusiforme en plantas de P. oocarpa en el vivero central.

TRATAMIENTOS	MEDIAS DE ALTURAS DE LAS PLANTAS EN cms.	
Oxycarboxin 100 ppm al suelo	31.25	a
Oxycarboxin 100 pp al follaje	31.00	a
Benomyl 500 ppm al suelo	33.00	a
Benomyl 500 ppm al follaje	32.00	a
Triadimefon 70 ppm al follaje	32.00	a
Piracarbolid 780 ppm al follaje	30.75	a
Testigo sin fungicida.	31.25	a

Los tratamientos con la misma letra, son estadísticamente iguales al 99% de N.S.

Cuadro No. 6. Efecto curativo de cuatro fungicidas sistémicos en el control de la roya *C. quercuum* f. sp. *fusiforme* en plantas de *P. oocarpa* en el vivero Los Aposentos.

TRATAMIENTOS	MEDIAS DE ALTURAS DE LAS PLANTAS EN cms.	
Oxycarboxin 100 ppm al suelo	24.74	a
Oxycarboxin 100 ppm al follaje	24.43	a
Benomyl 500 ppm al suelo	25.78	a
Benomyl 500 ppm al follaje	26.98	a
Triadimefon 70 ppm al follaje	26.65	a
Piracarbolid 780 ppm al follaje	26.95	a
Testigo sin fungicida	28.13	a

Los tratamientos con la misma letra, son estadísticamente iguales al 99% de N.S.

Cuadro No. 7. Efecto curativo de cuatro fungicidas sistémicos en el control de la roya *C. quercuum* f. sp. *fusiforme* en plantas de *P. montezumae* en el vivero Los Aposentos.

TRATAMIENTOS	MEDIAS DE ALTURAS DE LAS PLANTAS EN cms.	
Oxycarboxin 100 ppm al suelo	29.40	a
Oxycarboxin 100 ppm al follaje	32.28	a
Benomyl 500 ppm al suelo	30.95	a
Benomyl 500 ppm al follaje	38.80	a
Triadimefon 70 ppm al follaje	41.60	a
Piracarbolid 780 ppm al follaje	34.68	a
Testigo sin fungicida	36.60	a

Los tratamientos con la misma letra, son estadísticamente iguales al 99% de N.S.

G. Establecimiento de viveros en diferentes épocas:

En las cinco épocas de siembra ensayadas con intervalos de un mes, los resultados fueron: 96, 90, 92, 90 y 93% de incidencia, para los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero respectivamente. Lo anterior demuestra que el inóculo es liberado en forma constante en las épocas evaluadas. En otros países las estaciones del año son bien definidas y la liberación de inóculo ocurre a finales del verano o principios de otoño y a veces a principios de la primavera, situación que no sucede en nuestro medio, debido a que Quercus spp. siempre posee follaje y posiblemente inóculo, lo que podrá comprobarse evaluando la incidencia de la enfermedad en el periodo marzo-septiembre.

Los anteriores porcentajes de incidencia obtenidos, demuestran que no es factible el control de la enfermedad mediante ésta práctica en nuestro medio, ya que siempre habrá liberación de inóculo procedente de Quercus spp.

VII. CONCLUSIONES:

1. Se confirmó que la naturaleza de la enfermedad es una roya, incitada por el hongo Cronartium quercuum f. sp. fusiforme, encontrando las fases de: Picnium y Aecium en pino y Uredium y Telium en Quercus conspersa y Q. peduncularis.
2. En Guatemala es el primer caso en que se documenta la enfermedad "Roya Fusiforme" en especies de pino en vivero y ocasionando estragos en la regeneración natural.
3. La incidencia de la enfermedad, varía con el lugar y la especie de pino, así mismo, la sintomatología fue diferente con la especie, y se caracterizó por acículas de color púrpura, cloróticas, brotación anormal desde el cuello de la raíz hasta el tallo y formación de agallas de formas y posiciones diversas en el tallo y ramas.
4. La enfermedad "Roya Fusiforme", se encontró en todos los viveros de INAFOR que produjeron plantas de pino durante el periodo 1982-1983.
5. No se encontró entre P. oocarpa, P. montezumae, P. tenuifolia y P. caribaea, ninguna especie de pino que fuera inmune a la enfermedad, sin embargo, la incidencia y severidad de la misma es más alta en P. montezumae (98%) y P. oocarpa (95%), mientras que P. tenuifolia (25%) y P. caribaea (15%) resultaron menos afectadas.

6. La semilla y el suelo, no constituyen fuentes de inóculo de la enfermedad.
7. Intercalando hileras de Cupressus lusitanica, con hileras de pino en el vivero, se logró reducir la incidencia de la enfermedad hasta un 28.94%.
8. Los fungicidas: Oxycarboxin (plantvax), Benomyl (benlate), Triadimefon (bayleton), Piracarbolid (sicarol), en las dosis ensayadas y aplicados al suelo y al follaje en forma curativa y a intervalos de tres meses, no incrementaron la altura y no existió recuperación significativa de las plantas enfermas en el vivero.
9. Los fungicidas: Ferbam, asperjado al follaje cada 15 días, y así mismo, Oxycarboxin (plantvax), Benomyl (benlate) y Triadimefon (bayleton), con las dosis usadas, aplicados al suelo y al follaje en forma preventiva y en intervalos de tres meses, no lograron reducir la incidencia de la enfermedad en el vivero.
10. En nuestro medio no es factible el control de la enfermedad, estableciendo el vivero durante el periodo de octubre a febrero, debido a que durante este tiempo la liberación del inóculo procedente de Quercus spp. es alta.

VIII. RECOMENDACIONES:

1. Como Quercus constituye la fuente de inóculo de la enfermedad, ubicar los viveros de pino, aislados de éstos y establecer cortinas rompevientos densas a su alrededor.
2. Distribuir la semilla recolectada por el Banco de Semillas Forestales, BANSEFOR, de acuerdo a su procedencia, debido a la variabilidad de razas del patógeno.
3. Evaluar otras especies forestales de abundante follaje, intercaladas con el pino, como barreras del inóculo, probando diferentes arreglos.
4. Evaluar los mismos fungicidas en forma preventiva, acortando el intervalo de aplicación y evaluar otras dosis.
5. De inmediato realizar otros estudios específicos para el manejo de la enfermedad, incluyendo técnicas de fitomejoramiento.
6. Determinar el incremento en desarrollo de las plantas enfermas en el campo, así como el efecto de la poda de los brotes anormales de las plantas en el vivero.

7. Evaluar la resistencia de las diferentes especies de Quercus, mediante inoculaciones controladas, para diseñar un manejo apropiado de las especies de Quercus que son fuente de inóculo para el pino.
8. En áreas fuertemente infestadas, estudiar los factores que determinan la alta intensidad del daño y la posibilidad de modificar la estructura del bosque.
9. Evaluar la incidencia de la enfermedad en el vivero en el periodo marzo-septiembre.

IX. BIBLIOGRAFIA.

1. ANDERSON, G.W. Sweetfern rust on hard pines. U.S., Department of Agriculture, Forest Service, 1970. 6 p.
2. ANDERSON, R.L., YOUNG, C.H. y TRIPLETT, J.D. Evaluation of five species of pine from Guatemala for resistance to fusiform rust, RSC test 305-82, forest pest management. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Asheville Field Office, 1983. 15 p.
3. FLORES, M.A. Introducción a la patología forestal. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1959. pp 26-30.
4. FRENCH, D.W. et al. Disease of forest and shade trees. U.S. Universities of: Minnesota, North Carolina and Arkansas, 1975. pp. 123-142.
5. GUATEMALA, INSTITUTO NACIONAL FORESTAL. Carencia de micorrizas en plántulas de Pinus oocarpa a causa de la aplicación de fungicidas. De las actas seleccionadas por la unidad de manejo forestal de INAFOR, de las segundas jornadas de reforestación celebradas en Siguatepeque, Honduras 1980. Guatemala, 1980. s.p.n.
6. GUTIERREZ, A.A. Informe al Coordinador del área tecnológica. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1982. 3 p. (Expediente de INAFOR sobre el problema).
7. HARE, R.C. Soil applications of systemics for prevention and eradication of fusiform rust. Plant Diseases Reporter. 57: 776-780. 1973.
8. MATTHEWS, F.R. y ROWAN, S.J. Método mejorado para inoculaciones a gran escala con Cronartium fusiforme en pinos y robles. Plant Diseases Reporter. 56. (11): 931-934. 1972.

9. SCHIEBER, E. Pine cone rust in the highlands of Guatemala. Plant Diseases Reporter. 51: 44-46. 1967.
10. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURA. FOREST SERVICE. Forest nursery diseases in the United States. U.S., 1975. pp. 56-61. (Agriculture Handbook, no. 470).



APENDICE

BOLETA DE INFORMACION SOBRE LA INCIDENCIA Y SINTOMATOLOGIA
DE LA "ROYA" EN EL VIVERO

I. Información general:

1. Nombre del vivero: _____
2. Localización: _____
Municipio: _____ Departamento: _____
Altura s.n.m.: _____ Lluvia: _____
Temperatura: _____
3. Especies forestales en orden decreciente: _____

II. Situación de la enfermedad:

1. Total de plantas de Pino (enfermas y sanas): _____
2. Total de plantas que poseen la enfermedad: _____
3. Composición por edades:
 - a. Vivero de 1-3 meses total _____ sanas _____ enfermas _____
 - b. Vivero de 3-6 meses total _____ sanas _____ enfermas _____
 - c. Vivero de más de 6 meses total _____ sanas _____
enfermas _____
4. Sintomatología: Marque con una X el cuadro correspondiente:
Especie de pino: _____ Total plantas: _____
Número de plantas enfermas: _____
En vivero
 - a. 1 a 3 meses de edad:
 - a.1. Hojas inferiores rojizas o púrpura..
 - a.2. Hinchamiento en el tallo.....
 - a.3. Brotes anormales sin hinchamiento...
 - a.4. Brotes anormales en el hinchamiento.

- a.5. Follaje deformado.....
- a.6. Sin tallito principal.....
- b. 3-6 meses.
 - b.1. Hojas rojizas o púrpura.....
 - b.2. Hinchamiento en el tallo.....
 - b.3. Brotes anormales sin hinchamiento..
 - b.4. Brotes anormales con hinchamiento..
 - b.5. Follaje deformado.....
 - b.6. Sin tallo principal.....
 - b.7. Rajadura en el tallo.....
- c. 6 o más meses.
 - c.1. Hojas rojizas o púrpura.....
 - c.2. Hinchamiento en el tallo...-.....
 - c.3. Brotes anormales sin hinchamiento..
 - c.4. Brotes anormales con hinchamiento..
 - c.5. Follaje deformado.....
 - c.6. Sin tallo principal.....
 - c.7. Rajadura en el tallo.....

Forma de las agallas.

- | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Alargada | Redonda | Cónica | Irregular |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Posición de las agallas.

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| Cuello de la raíz | Parte media del tallo |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Punta del tallo | En las ramas |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



Referencia

Asunto

.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

"IMPRIMASE"



ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.
D E C A N O