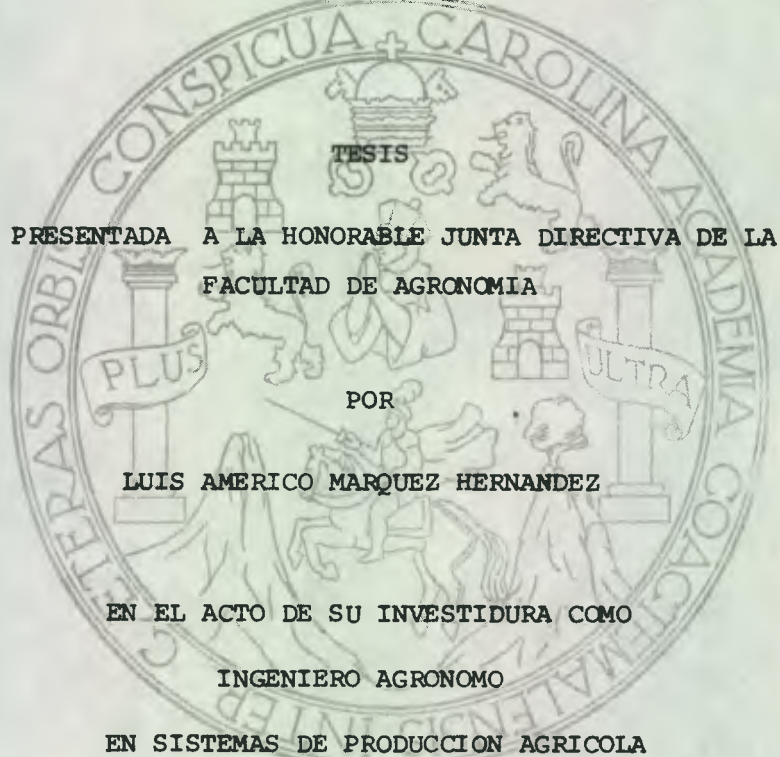


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

"ESTUDIO TAXONOMICO COMPARATIVO  
PRELIMINAR ENTRE LA ROYA AGALLADORA  
DEL PINO (Cronartium spp.) Y LA  
ROYA DEL CONO



TESIS  
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
POR  
LUIS AMERICO MARQUEZ HERNANDEZ  
EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO  
INGENIERO AGRONOMO  
EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA  
EN EL GRADO ACADEMICO DE  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, octubre de 1989

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
01  
T(1315)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Ing. Agr. Anibal B. Martínez M.
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Gustavo A. Méndez Gómez
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Jorge Sandoval Illescas
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Wotzbelí Méndez Estrada
VOCAL CUARTO:	P.A. Hernán Perla González
VOCAL QUINTO:	P.A. Julio López Maldonado
SECRETARIO:	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio



Referencia .....
Asunto .....
.....

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

22 de septiembre de 1989

Ingeniero Agrónomo  
Hugo Tobías  
Director del Instituto de  
Investigaciones Agronómicas -IIA-  
Facultad de Agronomía

Ingeniero Tobías:

De manera atenta le informamos que hemos asesorado al estudiante LUIS AMERICO MARQUEZ HERNANDEZ, carnet No. 81-12003, en el trabajo de investigación denominado "Estudio Taxonómico Comparativo Preliminar entre la Roya Agalladora del Pino (Cronartium spp.) y la Roya del Cono".

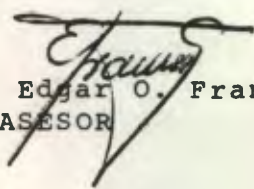
El mencionado trabajo reúne los requisitos para ser aceptado con tesis de grado y constituye una contribución muy importante a la patología forestal de Guatemala.

Agradeciendo su atención,

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr.  Rodríguez  
ASESOR

Ing. Agr.  Franco  
ASESOR

cc. archivo

/edee

Guatemala,  
Octubre de 1989

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Presente

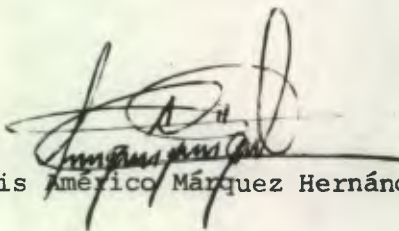
Señores

De conformidad a 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 TAXONÓMICO COMPARATIVO PRELIMINAR ENTRE LA ROYA AGALLADORA DEL PINO (Cronartium spp.) Y LA ROYA DEL CONO"

Presentándolo como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Luis Américo Márquez Hernández

ACTO QUE DEDICO

A DIOS TODO PODEROSO

A MIS PADRES: José Pedro Márquez Morales  
Andrea Hernández de Márquez

A MIS HERMANOS: José Pedro, Carlos Enrique, José Manuel,  
Martín Alfredo, María Teresa, Silvia Es-  
peranza

A MIS ABUELITAS: Andrea Reyes (Q.E.P.D.)  
Isidra Morales (Q.E.P.D.)

A MIS TIOS

A MIS PRIMOS

A MIS CUÑADAS

A MIS SOBRINOS

TESIS QUE DEDICO

A: GUATEMALA

A: La Antigua Guatemala, Sacatepéquez

A: La Facultad de Agronomía, USAC

A MIS AMIGOS  
Y COMPAÑEROS

Especialmente a:

Pedro Gustavo Gómez, César Augusto y Filadelfo Paz y Axel Solís.

SINCEROS AGRADECIMIENTOS

- A: Ing. Agr. Edgar Franco e Ing. Agr. Edil Rodríguez,  
por su valiosa orientación en la ejecución del presente trabajo.
- A: Ing. Agr. Luis Reyes, por su valiosa colaboración  
en el procesamiento de los datos estadísticos del presente trabajo.
- A: Mi hermano Ing. Agr. José Manuel Márquez Hernández  
por su orientación en el desarrollo de mi carrera.
- A: Todas las personas que me brindaron su apoyo de una  
u otra forma en mi formación profesional.

## C O N T E N I D O

PAGINA

INDICE DE CUADROS	
INDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
II. JUSTIFICACION	2
III. HIPOTESIS	3
IV. OBJETIVOS	4
V. REVISION DE LITERATURA	5
1. Etiología de la roya agalladora del pino	5
2. Etiología de la roya del cono	7
3. Ciclo de vida del hongo	8
4. Interacción entre hongo y hospedante	8
5. Dinámica de la enfermedad y el medio ambiente	9
6. Dinámica de la enfermedad y sus poblaciones	10
7. Importancia de la roya agalladora del pino	11
8. Importancia de la roya del cono	13
9. Estudio sobre enfermedades de los pinos efectuados en Guatemala	14
10. Taxonomía de las royas del pino	15
VI. MATERIALES Y METODOS	18
1. Ubicación de las áreas de recolección de materiales	18
2. Fase de campo	19
3. Fase de invernadero	20
4. Fase de laboratorio	20
5. Relación entre la presencia de hospedantes y presen- cia de las royas del pino	23
6. Análisis estadístico	23



	PAGINA
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	24
1. Estructuras de la roya agalladora del pino	24
2. Estructuras de la roya del cono	26
3. Comparación de mediciones de estructuras de la roya agalladora del pino y la roya del cono	27
4. Estructuras localizadas en especies de encinos en las áreas estudiadas	28
5. Estructuras localizadas en especies de zarzamoras en las áreas estudiadas	29
6. Comparación de mediciones de estructuras localizadas en especies de encino y zarzamora	31
7. Estructuras obtenidas por medio de inoculaciones controladas	32
8. Análisis de haustorios	33
9. Relación entre la presencia de hospedantes y presencia de las royas del pino	34
10. Forma de estructuras analizadas	36
11. Comparación de los resultados obtenidos con otros obtenidos por investigadores en otros países	37
VIII. CONCLUSIONES	41
IX. RECOMENDACIONES	42
X. BIBLIOGRAFIA	43

## INDICE DE CUADROS

CUADRO No.		PAGINA
1	Dimensión promedio de las aecias de la roya agalladora del pino por localidad	24
2	Prueba de hipótesis de medias por t de Student para el largo y ancho de aeciosporas de la roya agalladora del pino y roya del cono para sus diferentes localidades	25
3	Dimensión promedio de las aecias de la roya del cono - por localidad	26
4	Prueba de hipótesis de medias por t de Student para el largo y ancho de aeciosporas entre la roya agalladora del pino y la roya del cono entre las diferentes localidades y en forma general	27
5	Dimensiones de las urediniosporas localizadas en especies de encinos	28
6	Prueba de hipótesis de medias por t de Student para - largo y ancho de urediniosporas de la roya agalladora del pino y roya del cono recolectadas en encinos y - zarzamora en las diferentes localidades	29
7	Dimensión de las urediniosporas localizadas en especies de zarzamora	30
8	Prueba de hipótesis de medias por t de Student para largo y ancho de urediniosporas localizadas en especies de encino y zarzamora, entre las diferentes localidades y en forma general	31
9	Prueba de hipótesis de medias por t de Student para el largo y ancho de urediniosporas en especies de encino y zarzamora obtenidos de inoculaciones controladas	33
10	Prueba de hipótesis de medias por t de Student para - largo y ancho de haustorios obtenidos de células de agallas de la roya agalladora del pino y conos de la roya del cono	34

CUADRO No.		PAGINA
11	Relación entre la presencia de hospedantes y presencia de las royas del pino	36

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.		PAGINA
1	Forma de las aeciosporas y urediniosporas recolectadas de la roya agalladora del pino y roya del <u>co</u> no	38
2	Forma de los haustorios observados en célula de <u>aga</u> llas inducidas por la roya agalladora del pino y <u>co</u> - nos afectados con la roya del cono	39

## RESUMEN

Las enfermedades forestales no han sido objeto de investigación en el país, por lo que se conoce poco de ellas. Entre las principales enfermedades forestales se encuentra la roya agalladora del pino y la roya del cono. La primera causa grandes daños en bosques, tanto en plantas establecidas, como en plántulas, afectando la regeneración natural de los bosques y causa grandes pérdidas en viveros. Lo anterior causa por consiguiente pérdidas económicas, la roya del cono afecta la producción de semilla: esta enfermedad cada día afecta una mayor cantidad de árboles, principalmente en el altiplano del país.

El propósito de este trabajo fue efectuar un estudio taxonómico preliminar comparativo, determinando para ello las características morfológicas del patógeno para cada enfermedad. Además se determinó la especificidad de sus hospedantes primarios y si ambas royas son causadas por el mismo patógeno o cada enfermedad es causada por un patógeno diferente.

La metodología consistió en tres fases. En la fase de campo se recolectó material vegetal en cinco localidades; San Jerónimo B.V., San José - Pinula, San Juan Sacatepéquez, Santa Lucía Milpas Altas y Santa Lucía Uatlán. Se recolectaron cinco muestras de aecias por cada enfermedad por localidad y para uredias diez muestras. Se tomaron datos de la presencia de ambas royas, hospedantes primarios, especies de pino donde se tomaron las muestras y la existencia de estructuras de las enfermedades en cuestión. La fase de invernadero consistió en inoculaciones controladas en encinos: Quercus compersa Benth, Quercus tristis Liebm, Quercus brachystachys Benth, Quercus peduncularis Neé, Quercus sapotaefolia Liebm, y zarzamora - Rubus miser Liebm y Rubus coriifolius Liebm, con inóculo de cada roya y la fase de laboratorio consistió en los análisis de las estructuras de cada enfermedad.

La medición de las estructuras de los patógenos se llevó a cabo de la

forma siguiente: de las cinco muestras de cada localidad se tomaron cuatro submuestras y en cada submuestra se midieron 25 estructuras, para las uredias se tomaron 10 muestras y en cada una de ellas se midieron 50 estructuras. De las uredias obtenidas por medio de inoculaciones controladas se tomaron también 10 muestras y se midieron 50 estructuras por cada una. De las teliosporas obtenidas por inoculaciones controladas se midieron 100 estructuras por cada inóculo y para los haustorios se midieron 25 estructuras en células de agallas de la roya agalladora del pino y 25 estructuras en células de conos infectados con la roya del cono.

Se determinó que para las aeciosporas de la roya agalladora del pino y la roya del cono no existen diferencias significativas al 1%. Las urediniosporas recolectadas en encinos y zarzamora tampoco presentan diferencias significativas al 1%. Las uredinioporas obtenidas por inoculaciones controladas no presentan diferencias significativas, concluyéndose que a un nivel general el patógeno causal de las dos enfermedades en cuanto a las dimensiones de sus estructuras es estadísticamente igual y la forma de las estructuras de ambas enfermedades presentan un alto grado de similitud, al presentar forma ovoide, circular y ovoide aristada. Por lo que se puede atribuir la incitación de ambas enfermedades al mismo patógeno, el cual es una roya macrocíclica y heteroica del género Cronartium, a la vez se determinó que los hospedantes primarios para ambas royas son especies de encino (Quercus spp.) y zarzamora (Rubus spp.) y las especies de pino (Pinus oocarpa Schiede), (Pinus tenuifolia Benth) y (Pinus pseudoestrobis Lindl) constituyen hospedantes secundarios.

## I INTRODUCCION

Guatemala es un país que cuenta con áreas de reserva forestal conformadas por especies de coníferas, las cuales constituyen un recurso natural renovable de alta significancia ecológica y económica del país.

Sin embargo, parte de estas áreas de coníferas se han visto infestadas por la roya agalladora del pino y la roya del cono, las cuales han causado grandes daños y pérdidas en plántulas y plantas adultas en bosques naturales y plantados.

Investigaciones realizadas sobre la roya agalladora y la roya del cono no son concluyentes, haciendo necesario realizar un estudio taxonómico comparativo para cada enfermedad, así como la especificidad en hospedantes y comprobar si se trata del mismo patógeno o son diferentes. La realización del presente estudio estuvo enmarcado como parte del proyecto: "Estudios sobre la roya agalladora del pino en Guatemala".

La investigación se realizó tomando muestras de plantas enfermas de las especies de pino (Pinus spp.), en localidades de San Jerónimo B. V., San José Pinula, San Juan Sacatepéquez, Santa Lucía Milpas Altas y Santa Lucía Utatlán. Las muestras se llevaron al laboratorio donde se realizaron las mediciones de las dimensiones largo y ancho de los diferentes estadios de desarrollo del patógeno. Se realizaron inoculaciones controladas en el invernadero de la Facultad de Agronomía en los hospedantes primarios, encino (Quercus spp.) y zarzamora (Rubus spp.).

El estudio taxonómico preliminar se llevó a cabo para establecer diferencias y similitudes morfológicas y dimensionales entre el patógeno causal de la roya agalladora del pino y la roya del cono y establecer si ambas enfermedades son causadas por el mismo patógeno.

## II. JUSTIFICACION

Los pinos son las coníferas de mayor importancia en el país, al existir una gran diversidad de especies se obtienen productos industriales y beneficios intangibles que de ellos se derivan.

Los pinos al igual que otras especies forestales son afectados por plagas y enfermedades, en estas últimas se tiene a la roya agalladora del pino y roya del cono, las cuales causan un gran daño desde plántulas en viveros y bosques, hasta plantas adultas. En Guatemala no existen estudios taxonómicos de patógenos causantes de las royas en los pinos, por lo que no se tiene certeza de la taxonomía y morfología de éstas.

Investigaciones anteriores no establecen las características morfológicas del patógeno causal de dichas enfermedades, por lo que no se puede asegurar que sea el mismo. Asimismo, se proponen ciertos patógenos como posibles causantes de estas dos enfermedades. Algunos investigadores estadounidenses han planteado la hipótesis de que el patógeno que causa la roya agalladora del pino y la roya del cono es el mismo, pero sin llegar a comprobarlo.

Estas enfermedades alcanzan un alto grado de incidencia, causando grandes pérdidas de árboles en los bosques y plántulas en los viveros, lo que conlleva a pérdidas económicas, debido a que constituyen una fuente de maderas blandas, resinas, leña, etc.

### III. HIPOTESIS

Existe similitud en el tamaño y forma de las aeciosporas, urediniosporas, teliosporas y haustorios, así como en los hospedantes de la roya agalladora del pino y la roya del cono.



#### IV. OBJETIVOS

##### 1. GENERAL

Generar información básica para lograr el control de la roya agalladora del pino (Cronartium spp.) y la roya del cono.

##### 2. ESPECIFICOS

2.1 Identificar los hospedantes de la roya agalladora del pino (Cronartium spp.) y la roya del cono.

2.2 Determinar las dimensiones y forma de aeciosporas, uredinosporas, teliosporas y haustorios de la roya agalladora del pino y la roya del cono.

2.3 Determinar si la roya agalladora del pino y la roya del cono son causadas por el mismo patógeno.

## V. REVISION DE LITERATURA

### 1. ETIOLOGIA DE LA ROYA AGALLADORA DEL PINO

Las royas pertenecen a la clase Basidiomycetes, sub-clase heterobasidiomycetidae, orden uredinales. Todos los miembros de este orden son perásitos obligados y no se han podido cultivar en medios artificiales (9).

La sintomatología es variada, dependiendo de la especie de pino y etapa de desarrollo de la planta, las acículas inferiores de las plántulas al inicio muestran una coloración púrpura y clorótica, con ligeros hinchamientos en los tallos a partir de los cuales ocurre una proliferación anormal de brotes (11).

Las agallas varían en apariencia pero éstas muchas veces son de forma fusiforme, las marcadas proliferaciones de pequeños brotes están asociadas muchas veces con tejido afectado. El hongo crece desde ramas infectadas hasta el tallo principal y a veces ramas y tallos presentan necrosis mas allá de la punta de la agalla (5).

Los síntomas de la roya agalladora incluye agallas en los tallos y ramas, las cuales aparecen relativamente afectadas en su desarrollo. El primer síntoma macroscópico de la roya agalladora - causado por Cronartium spp. en pinos Pinus spp. es la pigmentación roja que desarrollan tallos y hojas (12).

Se ha demostrado que el pigmento rojo, desarrollado en varios patrones de tallos y hojas, en algunas plantas se han manifestado en manchas distintas, variando de menos de uno a dos milímetros, en otras aparecen como grandes áreas difusas de tres a cinco milímetros o más de diámetro, pero se ha demostrado que la pigmentación no es una respuesta específica solo a la infección, ya -

que factores diferentes pueden inducir la producción de pigmentos en los tallos, dentro de los cuales se encuentran heridas mecánicas, aplicación de solventes orgánicos tóxicos, aplicaciones secas de hielo, radiación ultravioleta y otros (12).

Las infecciones de roya en los semilleros en plántulas de un año aparecen como nudos distintos o protuberancias elongadas (agallas) en ó cerca de la base de las plántulas, estas agallas manifiestan muchas veces la emisión de brotes o ramas anormales, ocasionalmente ocurren agallas debajo del suelo y por lo general ocultas a la vista (5).

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 hipertrófia e hiperplacia en el tallo provoca la formación de agallas alargadas, a veces ovaladas o bien en forma cónica e irregulares en diferentes posiciones, se puede observar agallas desde el nivel del suelo hasta cerca de la región meristemática del tallo principal (11).

Las aeciosporas producidas en los pinos no reinfectan otros pinos, en vez de ello éstas son diseminadas por el viento infectando hojas jóvenes o tiernas de encinos susceptibles, que constituyen el hospedante primario. Después a inicios del verano (en los Estados Unidos) dos tipos diferentes de esporas: urediosporas y teliosporas producen infecciones sobre el envez de las hojas de los encinos. Las urediosporas son producidas primero y éstas sirven hasta iniciar nuevas infecciones sobre las hojas de encinos susceptibles, repitiéndose así el ciclo de infección sobre los encinos.

Las teliosporas son producidas en filamentos o estructuras llamadas columnas teliales de color rojo-café. Luego las esporidias

son diseminadas por el viento y así se inician nuevas infecciones en los pinos susceptibles, los tejidos susceptibles incluyen agujas y corteza verde suculenta (5).

## 2. ETIOLOGIA DE LA ROYA DEL CONO

Como hospedante alterno se menciona al pino, teniéndose por hospedantes primarios a la zarzamora Rubus spp. y encino Quercus spp. En particular las erupciones activas de la roya del cono con muchas veces muy vistosas al hincharse con la enfermedad los conos de los pinos infectados, produciendo profusas masas de esporas de color amarillo-naranja claro.

En el primer año las infecciones de los conos en pinos susceptibles se manifiesta como un hinchamiento rápido, la infección típica de conos se presenta en el exudado de un fluido cloroso y pegajoso, el cual es un nectar atractivo para insectos; especialmente polillas como Dioryctria spp. Cuando la infección se presenta entre abril y junio (en los Estados Unidos) rápidamente queda visible la enfermedad, debido a la producción de largas masas pulverulentas de esporas, de color amarillo-naranja denominadas aeciosporas, en la superficie de los conos.

En el primer año las flores femeninas, conos jóvenes de pino, son susceptibles a la infección del hongo de la roya del cono. Las infecciones son producidas por esporas transportadas por el viento, llamadas esporidias. Las infecciones son producidas sobre el follaje infectado de encinos y zarzamoras, los hospedantes primarios del patógeno.

Mientras la enfermedad progresa, sobre los conos infectados son producidas las vistosas masas de aeciosporas del hongo, las aeciosporas inician nuevas infecciones sobre el follaje de los hos

pedantes primarios (5).

### 3. CICLO DE VIDA DEL HONGO

El ciclo de vida del hongo de cualquiera de las especies del género Cronartium spp. puede iniciarse con las basidiosporas, solo son infectivas en el género Pinus spp. y no en el hospedante primario Quercus spp. de donde se forman las teliosporas cuando la roya es heteróica (11).

Las picniosporas y aeciosporas se desarrollan en el pino. Las aeciosporas son producidas en abundancia al reventar los tumores en abril o mayo (en los Estados Unidos) seguidamente estas aeciosporas son liberadas por el viento y al pasar sobre las hojas de encinos susceptibles, germinan en el tejido de la hoja y forman un soro de urediniosporas. Las teliosporas se desarrollan en el mismo lugar en donde se forman las urediniosporas y germinan dando origen a un promicelio y a las basidiosporas. Son estas basidiosporas las encargadas de infectar al pino para formarse el típico tumor cerebroide que generalmente aparece al año de ocurrir la infección por la basidiospora (9).

El tubo germinativo de la basidiospora penetra a través de los estomas de las acículas de pino y crece sistémicamente hacia el tallo y ramas, al cabo de uno o dos años de la infección se forman exudaciones de color rojizo-amarillo, estas gotas de exudado contienen las picniosporas aproximadamente un año después se producen las aeciosporas color naranja (11).

### 4. INTERACCION ENTRE HONGO Y HOSPEDANTE

Algunos hongos patógenos afectan muchas especies vegetales, pero otras se limitan a una sola, las royas tienden a ser selectivas -

respecto al huesped. Los hongos producen gran variedad de síntomas en la planta, los invasores de la corteza son los mas comunes a veces las agallas o protuberancias se producen cuando los hongos invaden las raíces, tallo y fruto como sucede con las agallas del tronco de las coníferas provocada por Cronartium spp. (13).

Los niveles de aumento del inóculo resultaron en proporciones más grandes de plántulas pigmentadas y número más grande de lesiones de tallo, en plantas inoculadas colocadas dentro de una cámara con bruma a 20°C por espacio de 24 horas, con ello se determinó que los síntomas son influenciados por la densidad del inóculo. Los niveles más altos de inóculo y los niveles de resistencia más altos del hospedante producen índices más altos de aumento de pigmentación (12).

En el encino los síntomas aparecen como pústulas naranjas en la parte baja de las hojas, desarrollándose las pústulas uredinales de color naranja, en pocos días las urediniosporas se producen de febrero a mayo, éstas pueden reinfectar las hojas del encino y producir más urediniosporas, posteriormente aparecen las columnas teliales (10).

##### 5. DINAMICA DE LA ENFERMEDAD Y EL MEDIO AMBIENTE

Los elementos del medio ambiente que influyen en la enfermedad son: la luz, temperatura, humedad en sus diversas manifestaciones, circulación del aire, nebulosidad y los rayos solares que afectan los niveles de temperatura, humedad del aire y evaporación y luz. La luz influye en la mayoría de los factores de desarrollo del huesped y el patógeno, todas las etapas del ciclo vital del patógeno se desarrollan dentro de ciertos límites fijos de temperatura (13).

Las teliosporas de la roya agalladora germinan bajo condiciones de temperatura de 16 a 27°C (5).

Los diferentes procesos del ciclo vital, como la formación, liberación y germinación de esporas, así como la infección, generalmente se realiza a distintos niveles de temperatura. Una humedad apropiada a las necesidades de un agente patógeno es independiente en todas sus etapas activas. En la roya agalladora la germinación de las teliosporas se produce en condiciones de atmósfera saturada de 97 a 100% de humedad relativa (5).

Las hojas interiores de una planta retienen el agua de lluvia o rocío más tiempo que las hojas exteriores, que están expuestas a los rayos solares y a las corrientes de aire, es por ello que la enfermedad de las hojas y acículas son bastante destructivas al conservar al patógeno infeccioso.

La incidencia de la roya del cono depende de la humedad atmosférica y se puede predecir grandes pérdidas solo cuando el contenido atmosférico de la humedad está próximo a la saturación durante tres o cuatro días en el momento en que los conos están muy jóvenes y tiernos. El inóculo de la roya del cono al ser trasladado por el viento suele esparcirse a grandes distancias (13).

## 6. DINAMICA DE LA ENFERMEDAD Y SUS POBLACIONES

La infección puede volverse sistémica, aún cuando los síntomas macroscópicos solo aparecen localmente, una agalla puede estar localizada en el tallo y sin embargo al rodear todo el tallo la porción de la planta situada más arriba muere y aún toda la planta puede morir. Se ha reportado el daño de la roya del pino en plantas establecidas así como en plantas de vivero, y es frecuente encontrar y observar agallas o tumores que pueden alcanzar a veces

veinte centímetros de diámetro o más.

Se reporta que en bosques, como los de la aldea Das Anonas, Salamá, Baja Verapaz, la regeneración natural es nula por muerte, ya sea de la plántula o de las plantas jóvenes que poseen varias agallas en una misma rama o tallo principal, obstruyendo la conducción de fotosíntatos, estas plantas finalmente mueren (8).

Aunque el inóculo puede ser llevado por el viento a grandes distancias, no todas las esporas son capaces de sobrevivir a las condiciones de transporte por el viento, las aeciosporas de la roya del cono se mantienen viables después de ser transportadas 250 kilómetros (13).

## 7. IMPORTANCIA DE LA ROYA AGALLADORA DEL PINO

### 7.1 Guatemala:

La roya agalladora es responsable de infecciones en el tallo, ramas y cuello de la raíz, este hongo es perenne en la corteza y la madera del hospedante, las infecciones en el tallo principal trae como resultado la muerte del árbol, particularmente en los árboles jóvenes debido a que la enfermedad produce hiperplasia e hipertrofia en el tallo, lo cual causa la muerte del árbol.

La roya agalladora es de mucha importancia económica en aquellos bosques en donde abundan las especies susceptibles de encinos. Cuando los tumores afectan los tallos jóvenes la muerte del árbol es inminente (9).

Pinus cocarpa es una especie de considerable importancia para la economía guatemalteca, ya que se utiliza como leña y en menor escala en materiales de construcción, maderas blan-



das, resinas, muebles y trozas de exportación. Además se le usa extensivamente en programas de reforestación pero se ha determinado que es la especie más susceptible a la roya agalladora, la cual causa daño principalmente en plántulas de vivero y árboles adultos, el daño es causado sobre los tallos ramas y raíz a la altura de la corona (16).

#### 7.2 En otros países:

La roya agalladora del pino es una de las enfermedades más dañinas en las especies de pino Pinus taeda L. y Pinus elliotti var. elliotti Engelm. En los Estados Unidos está establecida desde el sur de Maryland hasta Florida y el oeste de Texas y Arkansas. En muchas áreas se han tomado decisiones claves para proteger los semilleros de la influencia de la incidencia o intensidad de la enfermedad. Compañías que poseen plantaciones jóvenes han presentado informes forestales reconociendo que más o menos el 30% de los pinos de la especie Pinus taeda L. plantados presentan infecciones en los tallos, estimaciones hechas en 1975 indicaban pérdidas de aproximadamente 75 millones de dólares anualmente (4).

Se estima que la incidencia de la enfermedad se incrementa de 2 a 3 por ciento cada año, más de 850 millones de plántulas de vivero se han plantado anualmente en el sureste bajo condiciones que prometen un crecimiento vigoroso, que desafortunadamente ha sido bajo, debido a pérdidas por la gran incidencia de la roya (15).

Muchas estimaciones presentan pérdidas monetarias como resultado de la roya, la cual es reconocida como la más importante enfermedad de los pinos del sureste de los Estados Unidos y las gruesas agallas de la roya pueden causar el abandono temprano de plantaciones jóvenes de pino. Se determinó en algunas plantaciones el 80% de los árboles tenían el tallo in-

afectado de roya, perdiendo su valor potencial como madera aserrada, se está evaluando en forma más precisa el impacto de la roya en la producción de pulpa de madera en plantaciones, debido a que los resultados del estudio indican que la roya fusiforme apresura un impacto financiero definitivo sobre la producción de pulpa de madera en plantaciones de pino especialmente Pinus elliotti Engelm. (14).

La roya fusiforme en plantaciones de Pinus taeda L. y Pinus elliotti Engelm, causan importantes pérdidas económicas, casi el 85% del total de mortalidad durante los últimos 3 años ha sido causado por la roya agalladora. En un análisis reciente de plantaciones en crecimiento y rendimiento se obtuvieron, datos de 342 áreas en la región costera del sur de Carolina, Georgia y Florida, el estudio indicó que una tercera parte de Pinus taeda L. presentaban cánceres en los tallos así como árboles muertos de 5 años de edad (16).

## 8. IMPORTANCIA DE LA ROYA DEL CONO

### 8.1 Guatemala:

La roya del cono es una enfermedad de alto significado en silvicultura por cuanto reduce grandemente la producción de semilla y como consecuencia se limita la reproducción natural del bosque. Afortunadamente no se han visto casos en que todos los conos de un bosque estén afectados. Debe tenerse en cuenta que la semilla producida por un árbol se distribuye en varias formas: así se tiene que una parte es consumida por insectos y otros animales, otra parte es transportada a lugares donde no puede germinar y si agregamos un ataque de roya el porcentaje de semilla que llega a convertirse en árbol explotable tiende a ser mínima (9).

## 8.2 En otros países:

En el sureste de los Estados Unidos la roya del cono generalmente es considerada como una enfermedad insignificante, no obstante el daño lo es para la economía en las operaciones forestales como una enfermedad destructiva de los conos y altamente valuable en la producción de semilla, dado que la enfermedad es común y varía año con año en su incidencia y distribución (5).

En una plantación en Nakashibetsu en la parte oriental de Hollaido, Japón, en junio de 1972 la mortalidad de estrobilos llegó a alcanzar un 50% antes de dos años y los problemas futuros eran discutidos al existir en la región 20,000 hectáreas de pinos relativamente jóvenes y la infección en los estrobilos se estabilizó en 1.33 hectáreas por año. En la primera infección en Nakashibetsu se tuvo un daño severo por el ataque de la roya y más del 50% de los árboles de pino fueron destruídos sus estróbilos, lo cual sugiere que la enfermedad será muy destructiva en los estróbilos en las plantaciones jóvenes de pinos infectados (17).

En 1958 y 1959 se introdujo Pinus strobus L. en Hakkaido, Japón, para reforestar, pero en las plantaciones jóvenes de aproximadamente 10 años de edad, más del 90% de pérdidas se tuvieron en los estróbilos y basados en observaciones se tiene que los estróbilos en plantaciones jóvenes son destruídos en corto tiempo (17).

## 9. ESTUDIO SOBRE ENFERMEDADES DE LOS PINOS EFECTUADOS EN GUATEMALA

Los estudios efectuados sobre enfermedades de los pinos en Guatemala, son escasos y solamente se le ha puesto atención a la roya agalladora. Los datos obtenidos sobre la misma son de suma im--

portancia. En el trabajo "Evaluación de cinco especies de pino de Guatemala en relación a la resistencia a la roya fusiforme", se evaluó la resistencia en cinco especies de pino, Pinus chiapensis Martínez, Pinus caribea Moralet Pinus ayacahuite Ehrenberg y Pinus filifolia Lindl, los resultados obtenidos indican que se tuvo un rango de infección de las cinco especies de la siguiente forma: P. caribea Moralet, P. oocarpa Schiede, P. filifolia Lindl, P. ayacahuite Ehrenberg, P. chiapensis Martínez, además se obtuvieron diferencias significativas entre lotes de plántulas, pero no en el manejo, concluyéndose de que los síntomas y daño a las especies en evaluación fueron iguales (2).

En otro estudio titulado "El patógeno de la roya del tallo en Pinus oocarpa de Guatemala", se concluye que la roya de los tallos en Guatemala no es provocada por Cronartium quercuum f. sp. fusiforme y que el patógeno más probable es Cronartium conigenum, así como que el impacto de la enfermedad ha sido severo y reduce rápidamente los semilleros de Pinus oocarpa (16).

## 10. TAXONOMIA DE LAS ROYAS DEL PINO

### 10.1 Sistemas de clasificación utilizados:

La clasificación se basa, en primer lugar, en la modalidad de formación de las esporas sexuales, de acuerdo con el criterio sexual básico Linneano, en segundo lugar en la estructura de los órganos vegetativos y de los de reproducción asexual.

Un amplio grupo de hongos carentes de esporas sexuales se clasifican en la categoría de los hongos imperfectos, utilizándose la categoría de especie como unidad de clasificación, aunque existen las variedades y las razas fisiológicas. (7).

10.2 Estructuras como base para la clasificación:

El moho fusiforme causado por Cronartium spp. ha sido largamente reconocido como una importante enfermedad de los pinos del sur de los Estados Unidos. A pesar de todo queda aún la pregunta del estatus taxonómico del organismo causal y no fué sino hasta que Cummins elaboró una descripción del estado perfecto (6).

Peterson discutiendo el estado aecial de Cronartium spp. indica que Peridermium fusiforme parece ser indistinguiblemente microscópico y no encontró nada distinto entre Cronartium quercuum y Cronartium fusiforme a nivel de especies.

Estudios de aeciosporas con el microscopio electrónico y de urediniosporas y teliosporas, no indican diferencias morfológicas entre las dos especies. Al comparar largo hifal con haustorial de los dos taxas Jewell encontró que las diferencias en tamaño entre Cronartium fusiforme y Cronartium quercuum no eran estadísticamente significativas. Usando esos caracteres para fundamentar otras similitudes estableció que no deben ser consideradas especies diferentes.

Estudios donde se compararon tamaño y forma de aeciosporas de Cronartium fusiforme en Pinus bamblesiana y Pinus echinata Mill; con las de Cronartium fusiforme en Pinus taeda L. como también comparando tamaño y forma de urediniosporas y teliosporas de Cronartium quercuum (inóculo originado en pino jachs y pino shortleaf) con las de Cronartium fusiforme (inóculo originado en pino shortleaf) fueron comparados con Cronartium fusiforme (inóculo originado en pino loblolly) - no se encontraron diferencias morfológicas entre los dos taxas, indicando que la separación de taxas como especies, tomando como base tamaño y forma de las estructuras no se garantiza.

Diferencias serológicas y diferencias de interacciones patógenas de Cronartium fusiforme y Cronartium quercuum en especies de Quercus spp. se han utilizado, encontrándose diferencias significativas en el tamaño de las aeciosporas, esas diferencias no parecen garantizar separaciones, porque ellas son tan delgadas que necesitan métodos estadísticos para su detección (6).

Las royas que son morfológicamente idénticas pero que afectan a diferentes géneros hospedantes se consideran como formas especiales (*formae specialis*). Dentro de cada forma especial de una roya hay muchas de las denominadas razas patógenas (razas fisiológicas) que afectan solo a ciertas variedades dentro de cada especie y pueden detectarse e identificarse solo mediante el conjunto de variedades diferentes que infectan (1).

## VI. MATERIALES Y METODOS

### 1. UBICACION DE LAS AREAS DE RECOLECCION DE MATERIALES

Las áreas de estudio fueron seleccionadas de acuerdo a las visitas realizadas con anterioridad a diversas localidades y en las cuales se detectó la roya agalladora del pino y/o roya del cono y alto porcentaje de infestación.

#### 1.1 San Jerónimo B.V.

Está ubicado en el departamento de Baja Verapaz a una altura de 999 msnm, con una latitud de 15°03'40" y longitud de 90°14'25", con temperatura media anual entre los 20 a 25°C. Según Holdridge está ubicado en un bosque Montano Bajo Tropical Húmedo y Thronthwaite lo clasifica como clima semi-cálido con invierno benigno y semi-seco con invierno seco.

#### 1.2 San José Pinula:

Ubicado en el departamento de Guatemala a una altura de 1752 msnm, con una latitud de 14°32'45" y longitud de 90°24'45", con temperatura media anual de 20°C, según Thotnthwaite lo clasifica como un clima semi-cálido, con invierno benigno húmedo y con invierno seco.

#### 1.3 San Juan Sacatepéquez:

Ubicado en el departamento de Guatemala a una altura de 1845 msnm, con latitud de 14°43'00" y longitud de 90°38'35" con una temperatura media anual de 20°C, con un clima según Thornthwaite de templado con invierno benigno y bosque húmedo con invierno seco y Holdridge lo ubica en bosque húmedo montano bajo sub-tropical.

#### 1.4 Santa Lucía Milpas Altas:

Ubicado en el departamento de Sacatepéquez a una altura de

1970 msnm, con latitud de 14°29'00" y longitud de 90°40'40", con temperatura media anual de 20°C, con un clima según Thornthwaite de templado con invierno benigno y bosque húmedo con invierno seco y Holdridge lo ubica como bosque húmedo montaño bajo sub tropical

1.5 Santa Lucía Utatlán:

Ubicaco en el departamento de Sololá, a una altura de 2491 msnm, con latitud de 14°46'15" con longitud de 91°16'05", con temperatura media anual de 20°C, con clima según Thorthwaite de templado con invierno benigno y bosque húmedo con invierno seco y Holdridge lo ubica como bosque muy húmedo montano bajo sub-tropical.

1.6 Ubicación del área de inoculaciones:

Las inoculaciones se realizaron en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado a una altura de 1502.32 msnm y coordenadas de latitud norte de 14°35'11" y longitud oeste de 90°31'58".

2. FASE DE CAMPO:

La fase de campo se realizó de febrero a mayo de 1987 y consistió en la recolección de muestras de material vegetal que presentaba los distintos estadíos de la roya agalladora del pino y roya del cono, después de ubicar las áreas afectadas con las enfermedades mencionadas, se procedió a coleccionar material vegetal, consistente en agallas y conos de pinos infectados y hojas de encino, donde se observó la presencia de urediniosporas, estas muestras se coleccionaron en San Jerónimo B.V., San José Pinula y Santa Lucía Utatlán donde se tomaron muestras de ambas enfermedades y en San Juan Sacatepéquez y Santa Lucía Milpas Altas se tomaron muestras solo de la roya agalladora del pino, las muestras se transportaron en bolsas plásticas a temperatura ambiente al laboratorio de la Facultad de Agronomía para su medición.



### 3. FASE DE INVERNADERO

En el invernadero se llevó a cabo las inoculaciones controladas de especies de encino y zarzamora. Para ello se utilizaron cuatro - plantas de cada una de las especies de encino siguientes: Quercus conspersa Benth, Quercus tristis Leibm, Quercus brachystachys -- Benth, Quercus peduncularis Nee, Quercus sapotaefolia Lieb, y 20 plantas de zarzamora, Rubus coriifolius Lieb y Rubus miser Lieb. Se formaron dos bloques con diez plantas de encino, en donde se tu vieron dos plantas por especie y diez plantas de zarzamora. Un - bloque se inoculó con aeciosporas provenientes de roya agalladora y el otro bloque con aeciosporas provenientes de conos infectados.

El inóculo de la roya agalladora se colectó de agallas infectadas provenientes de San José Pinula, y el inóculo de la roya del cono se obtuvo de conos infectados de Santa Lucía Uatlá. Para las i- noculaciones controladas se siguiendon los principios de la metodo- logía utilizada por el centro de prueba de resistencia, del Servi- cio Forestal de los Estados Unidos.

La inoculación se hizo con un atomizador manual, en el cual se di luyó un gramo de aeciosporas por 1000 ml de agua. Las plantas ino culadas se mantuvieron en la oscuridad con alta humedad relativa por cuatro días, para ello se cubrieron con cajas de cartón y se - les humedeció con atomizador manual de gota fina. Posteriormente fueron expuestas a la luz, manteniéndose con alta humedad relativa por cuatro días más, luego se colocaron en las mesas del invernade ro bajo condiciones ambientales, se irrigaron cada dos días. De - estas plantas se obtuvieron urediniosporas y teliosporas en encino y uredias en zarzamora.

### 4. FASE DE LABORATORIO

La fase de laboratorio consistió en la medición de las estructuras

del hongo causal de la roya agalladora del pino y la roya del cono, así como las estructuras observadas en encinos y zarzamoras, la determinación de su forma y de hospedantes. Para medir las estructuras se utilizó micrómetro ocular y un micrómetro objetivo. Para la observación de estructuras se utilizaron las tinciones de azul de metileno y lactofenol azul.

Para la medición de haustorios se hicieron cortes finos (5 micras de grosor) con micrótomo, los cortes fueron colocados en agua y luego teñidos con lactofenol azul. La medición y determinación de forma de las estructuras se efectuaron con un microscopio compuesto de luz y los haustorios con un microscopio binocular estereoscópico, las mediciones de aeciosporas, teliosporas y urdiniosporas se realizaron con resolución de 100X, en tanto que los haustorios se hicieron con resolución 400X.

#### 4.1 Medición de Aeciosporas:

En cada localidad en donde se colectaron aeciosporas de la roya agalladora del pino se tomaron cinco muestras de cada una de las cuales se tomaron cuatro sub-muestras, en cada una de las sub-muestras se midieron 25 estructuras. En total se midieron 2,500 estructuras para la roya agalladora. Para la roya del cono se efectuó el mismo procedimiento con la diferencia de que fueron tres las localidades y se midieron en total 1,500 estructuras.

#### 4.2 Medición de urediniosporas:

Para las urediniosporas recolectadas en encinos se procedió de la siguiente manera: por cada localidad se tomaron 10 muestras, en cada una de ellas se hicieron mediciones de 50 estructuras, en total se midieron 2,000 uredias. Con las urediniosporas recolectadas en zarzamora se procedió de idéntica forma para que las recolectadas de los encinos. Para es-

te caso se midieron en total 1,500 uredias, las cuales procedían de tres localidades.

4.3 Medición de urediosporas procedentes de inoculaciones controladas:

Estas uredias se obtuvieron tanto en encinos como en zarzamora inoculadas con aeciosporas provenientes de agallas y de conos infestados. De las estructuras obtenidas en los encinos se procedió a medir 500, así como el mismo número para las obtenidas en zarzamora, tomándose 10 muestras con 50 estructuras medidas. En el caso de la roya del cono se procedió a medir 500 estructuras en encino, Quercus tristis Liebm, y Quercus brachystachys Benth y 500 en zarzamora, para un total de 1000 estructuras medidas. Para la roya agalladora del pino se midieron solo 500 estructuras obtenidas del encino Quercus tristis Liebm.

4.4 Medición de teliosporas provenientes de inoculaciones controladas:

Estas estructuras solo se obtuvieron en encino (Quercus tristis Liebm), al no obtenerse en la zarzamora, de las estructuras obtenidas se procedió a medir 100 estructuras provenientes del inóculo de la roya agalladora del pino y el mismo número para las provenientes del inóculo de la roya del cono.

4.5 Haustorios:

Estos se observaron en células de agallas y conos recolectados en las localidades de Santa Lucía Milpas Altas, en donde se obtuvieron las agallas de Pinus tenuifolia Benth y Santa Lucía Utatlán donde se obtuvieron los conos en Pinus pseudostrobus Lind, de las muestras de roya agalladora se procedió a medir 25 estructuras y de la roya del cono el mismo número.

5. RELACION ENTRE LA PRESENCIA DE HOSPEDANTES Y PRESENCIA DE LAS ROYAS DEL PINO

Esta relación se hizo para determinar la presencia de las royas y su relación con la presencia de los hospedantes primarios de estas enfermedades (encino y zarzamora) y la presencia de urediniosporas en éstos. Se determinó las especies de pino en donde se localizaron aeciosporas y las especies de encinos y zarzamora en donde se localizaron urediniosporas y de esta forma tener una mejor idea de la relación patógeno-huesped.

6. ANALISIS ESTADISTICO

El análisis estadístico utilizado para el presente trabajo fue el de comparación de medias por  $t$  de Student, analizándose éstas entre sub-muestras, muestras, localidades y entre enfermedades.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. ESTRUCTURAS DE LA ROYA AGALLADORA DEL PINO

El cuadro 1, muestra la media general para largo y ancho de aecias siendo en promedio para todas las localidades estudiadas de 32.07 micras y 20.57 micras respectivamente, en el largo la localidad de Santa Lucía Milpas Altas presentó la menor longitud y la mayor correspondió a San Jerónimo B.V. En el ancho la menor longitud se localizó en San Jerónimo B.V. y la mayor longitud correspondió a San José Pinula, en tanto que las otras localidades tienen valores cercanos entre sí y a la media general, tanto en largo como en ancho.

Cuadro 1. Dimensión promedio de las aecias de la roya agalladora del pino por localidad.

LOCALIDAD	LARGO (micras)	ANCHO (micras)
San Jerónimo B.V.	34.76	20.30
San José Pinula	31.30	20.85
San Juan Sacatepéquez	33.21	20.57
Santa Lucía Milpas Altas	29.55	20.79
Santa Lucía Utatlán	31.52	20.32
Media general	32.07	20.57

En las pruebas de hipótesis de medias para largo y ancho se tuvo que para el largo a un nivel del 1% de significancia, la localidad de Santa Lucía Milpas Altas presenta diferencias significativas con las siguientes localidades: San Jerónimo B.V. y San Juan Sacatepéquez, con el resto de las localidades no existen diferencias significativas, a la vez entre las otras localidades no exis

ten diferencias significativas.

En el ancho no existen diferencias significativas entre las localidades, lo que indica que estadísticamente las aecias en su ancho son iguales como se muestra en el cuadro 2.

En su morfología las aecias de la roya agalladora presentaron forma ovoide, forma esférica y forma ovoidal aristada con diámetros en su largo entre 18.36 a 36.86 micras y en su ancho entre 10.53 a 21.06 micras. Estos resultados coinciden con los obtenidos por A.A. Antonopoulos y R.L. Chapman (3) que reportan aeciosporas ovoides, piriformes o piriformes elongadas, otras elongadas y tubulares (dos veces su diámetro) o esféricas, delgadamente poligonales o también elipsoides fusiforme. La dimensión de las aecias fue variable desde 10 a 21 micras por 18 a 32 micras en ancho y largo respectivamente. Para las aecias se tuvo una moda general para largo de 31.59 micras y para ancho de 21.06 micras.

Cuadro 2. Prueba de hipótesis de medias por t de Student para el largo y ancho de aeciosporas de la roya agalladora del pino y roya del cono para sus diferentes localidades

LOCALIDADES	TIPO	t CALCULADA	
		LARGO	ANCHO
San Jerónimo B.V./Sta. Lucía Milpas Altas	Agalla	3.38 *	0.78 NS
San Jerónimo B.V./Sn. José Pinula	Agalla	2.20 NS	0.90 NS
San Jerónimo B.V./Sn. Juan Sacatepéquez	Agalla	1.01 NS	0.38 NS
San Jerónimo B.V./Santa Lucía Utatlán	Agalla	1.75 NS	0.04 NS
Sta. Lucía Milpas Altas/San José Pinula	Agalla	1.70 NS	0.36 NS
Sta. Lucía Milpas Altas/San Juan Sac.	Agalla	3.77 *	0.49 NS
Sta. Lucía Milpas Altas/Sta. Lucía Ut.	Agalla	1.40 NS	1.15 NS
San José Pinula/San Juan Sacatepéquez	Agalla	1.85 NS	0.67 NS
San José Pinula/Sta. Lucía Utatlán	Agalla	0.85 NS	1.47 NS
San Juan Sac./Sta. Lucía Utatlán	Agalla	1.20 NS	0.48 NS
San Jerónimo B.V./San José Pinula	Cono	1.46 NS	0.08 NS
San Jerónimo B.V./Santa Lucía Utatlán	Cono	0.13 NS	0.97 NS
San José Pinula/Sta. Lucía Utatlán	Cono	1.61 NS	1.06 NS

NS = No significativo; \* = Significativo al 1%.

2. ESTRUCTURAS DE LA ROYA DEL CONO

El cuadro 3 muestra la media general para largo y ancho de aecias, siendo en promedio para todas las localidades estudiadas de 33.89 micras y 20.35 micras respectivamente. En el largo la localidad de San José Pinula presentó la menor longitud y la mayor correspondió a San Jerónimo B.V. En el ancho la menor longitud se presentó en San Jerónimo B.V. y la mayor correspondió a Santa Lucía Milpas Altas, todas las localidades presentaron valores cercanos entre ellas y a la media general tanto en largo como en ancho.

Cuadro 3. Dimensión promedio de las aecias de la roya del cono por localidad.

LOCALIDAD	LARGO (micras)	ANCHO (micras)
San José Pinula	32.73	20.15
San Juan Sacatepéquez	34.54	20.08
Santa Lucía Utatlán	34.39	20.83
Media general	33.89	20.35

En las pruebas de hipótesis de medias para largo y ancho, se tuvo que a un nivel de significancia del 1% para largo y ancho no existen diferencias significativas entre las localidades, por lo que se concluye que estadísticamente tanto en largo y ancho las aecias son iguales como se muestra en el cuadro 2. Para las aecias de la roya del cono se tuvo una media general para el largo de 31.59 micras y para el ancho de 21.06 micras.

3. COMPARACION DE MEDICIONES DE ESTRUCTURAS DE LA ROYA AGALLADORA DEL PINO Y LA ROYA DEL CONO.

Las pruebas de hipótesis de medias con un nivel del 1% de significancia entre las localidades de San Jerónimo B.V., Santa Lucía Utaatlán y San José Pinula, que presentaron roya agalladora del pino - y roya del cono, mostraron que no existe diferencias significativas, concluyéndose que las aecias de ambas royas son estadísticamente iguales en su largo y ancho.

Se realizó además, la misma prueba entre ambas enfermedades, obteniéndose como resultado que no existen diferencias significativas, concluyéndose que a nivel de aecias las dos enfermedades presentan estructuras que en sus dimensiones son estadísticamente iguales. En su morfología las aeciosporas de la roya agalladora del pino y la roya del cono presentaron forma ovoide, forma circular y forma ovoide aristada, con dimensiones en su diámetro de 18.36 micras en su largo y con 10.53 a 21.06 micras en su ancho, estos resultados son coincidentes con los reportados por A.A. Antonopoulos y R.L. Chapman (3) que reportaron aeciosporas ovoides, piriformes o piriformes elongadas, otras elongadas y tubulares (dos veces su diámetro) o esféricas, delgadamente poligonales, o también elipsoides fusiforme. Las dimensiones reportadas varían entre los rangos de 10 a 21 micras para el ancho y 18 a 32 micras en su largo.

Cuadro 4. Prueba de hipótesis de medias por t de Student para el largo y ancho de aeciosporas entre la roya agalladora del pino y la roya del cono, entre las diferentes localidades y en forma general.

LOCALIDADES Y TIPOS		t CALCULADA	
		LARGO	ANCHO
San Jerónimo B.V.	Agalladora/Cono	0.13 NS	0.23 NS
San José Pinula	Agalladora/Cono		
Santa Lucía Utaatlán	Agalladora/Cono		
Roya Agalladora/roya del cono			



4. ESTRUCTURAS LOCALIZADAS EN ESPECIES DE ENCINOS EN LAS AREAS ESTUDIADAS

El cuadro 5 muestra la media general para largo y ancho de uredias en las localidades estudiadas, siendo en promedio de 27.92 micras y 20.38 micras respectivamente, en el largo la localidad de San Juan Sacatepéquez presentó la mayor longitud y la menor correspondió a Santa Lucía Milpas Altas, en el ancho la mayor longitud se obtuvo en la alocalidad de San Juan Sacatepéquez y la menor longitud correspondió a San José Pinula, pero en sí todas las localidades presentan valores cercanos entre sí y con la media general en ancho y largo.

Cuadro 5. Dimensiones de las urediniosporas localizadas en especies de encinos.

LOCALIDAD	LARGO (micras)	ANCHO (micras)
San José Pinula	28.10	18.86
San Juan Sacatepéquez	30.33	21.12
Santa Lucía Milpas Altas	27.94	20.52
Santa Lucía Utatlán	25.33	21.01
Media general	27.92	20.38

En las pruebas de hipótesis de medias para largo y ancho a un nivel del 1% de significancia en el largo la localidad de San Juan Sacatepéquez presenta diferencias significativas con las demás localidades, mientras éstas entre sí no presentan diferencias significativas. En el ancho San Juan Sacatepéquez presentó diferencias significativas con las localidades de San José Pinula y Santa Lucía Utatlán, en tanto que entre las otras localidades no existen diferencias significativas. Las uredias de San Juan Sacatepéquez

son diferentes estadísticamente con respecto a las otras localidades y las de éstas son iguales entre sí' como se muestra en el cuadro 6. En su morfología las urediniosporas presentaron las mismas formas de las aeciosporas, coincidentes con las reportadas por A.A. Antonopoulos y R.L. Chapman (3) para la roya fusiforme del pino - Cronartium fusiforme Hedge y Hunt ex Cumm.

Para las urediniosporas localizadas en especies de encinos se obtuvo una moda general para el largo de 31.59 micras y para el ancho de 21.06 micras.

Cuadro 6. Prueba de hipótesis de medias por t de Student para largo y ancho de urediniosporas de la roya agalladora del pino y roya del cono recolectadas en encinos y zarzamora en las diferentes localidades.

LOCALIDADES	TIPO	t CALCULADA	
		LARGO	ANCHO
Sta. Lucía Milpas Altas/San Juan Sac.	Quercus spp.	2.95 *	1.82 NS
Sta. Lucía Milpas Altas/San José Pinula	Quercus spp.	0.17 NS	2.63 NS
Sta. Lucía Milpas Altas/Sta. Lucía Ut.	Quercus spp.	2.39 NS	1.06 NS
San Juan Sac./San José Pinula	Quercus spp.	3.27 *	4.11 *
San Juan Sac./Sta. Lucía Utatlán	Quercus spp.	5.75 *	3.00 *
San José Pinula/Sta. Lucía Utatlán	Quercus spp.	2.77 NS	1.77 NS
San José Pinula/San Juan Sac.	Rubus spp.	2.89 *	1.00 NS
San José Pinula/Sta. Lucía Utatlán	Rubus spp.	4.13 *	2.69 NS
San Juan Sac./Sta. Lucía Utatlán	Rubus spp.	0.26 NS	3.13 *

NS = No significativo

\* = Significativo al 1%.

##### 5. ESTRUCTURAS LOCALIZADAS EN ZARZAMORA EN LAS AREAS ESTUDIADAS

El cuadro 7 muestra la media general para largo y ancho para uredias en las localidades estudiadas, siendo en promedio de 28.32

micras y 21.11 micras respectivamente, presentándose en la localidad de San José Pinula la menor longitud en largo como en ancho y la mayor longitud se presentó en Santa Lucía Uatlán en largo y ancho, en todas las localidades se encuentran valores cercanos entre sí y con la media general, tanto en largo como en ancho.

Cuadro 7. Dimensiones de las urediniosporas localizadas en especies de zarzamora.

LOCALIDAD	LARGO (micras)	ANCHO (micras)
San José Pinula	26.01	20.96
San Juan Sacatepéquez	29.22	21.06
Santa Lucía Uatlán	29.73	21.31
Media general	28.32	21.11

En las pruebas de hipótesis de medias para largo y ancho con un nivel del 1% de significancia, en largo San Juan Sacatepéquez presenta diferencias significativas con la localidad de San José Pinula, no así con las demás localidades en donde estadísticamente las uredias son iguales. En lo referente al ancho existieron diferencias significativas sólo entre San Juan Sacatepéquez y Santa Lucía Uatlán, con las demás localidades no existen diferencias significativas, así como entre éstas, en donde estadísticamente las estructuras son iguales, como se muestra en el cuadro 6.

En su morfología las urediniosporas presentaron las mismas formas que las aeciosporas, coincidiendo con la morfología de aeciosporas reportadas por A.A. Antonopoulos y R.L. Chapman (3) para la roya incitada por Cronartium fusiforme Hedge y Hunt ex Cumm. en el sur de los Estados Unidos. Para las urediniosporas localizadas en zarzamora se obtuvo una moda general para el largo de 31.59 micras

y para el ancho de 21.06 micras.

6. COMPARACION DE MEDICIONES DE ESTRUCTURAS LOCALIZADAS EN ESPECIES DE ENCINOS Y ZARZAMORA

Las pruebas de hipótesis de medias con un nivel del 1% de significancia entre las localidades de San Juan Sacatepéquez, San José - Pinula y Santa Lucía Utatlán donde se localizaron uredias en encinos y zarzamora, se tuvo que la localidad de San Juan Sacatepéquez no presenta diferencias significativas, en la localidad de San José Pinula el largo no presenta diferencias significativas, pero en su ancho sí las presenta, en tanto que la localidad de Santa Lucía Utatlán presenta para largo y ancho diferencias significativas.

La prueba de medias para ambas especies hospedantes presentó a un nivel del 1% de significancia, no existen diferencias significativas, concluyéndose que estadísticamente las uredias son iguales en su largo y ancho como se muestra en el cuadro 8. En su morfología las urediniosporas presentaron formas iguales a las aeciosporas reportadas por A.A. Antonopoulos y R.L. Chapman (3) para Cronartium fusiforme Hedge y Hunt ex Cumm.

Cuadro 8. Prueba de hipótesis de medias por t de Student para el largo y ancho de urediniosporas localizadas en especies de encinos y zarzamora, entre las diferentes localidades y en forma general.

LOCALIDADES Y TIPOS	t CALCULADA	
	LARGO	ANCHO
San Juan Sacatepéquez	Quercus spp./Rubus spp. 1.11 NS	1.00 NS
San José Pinula	Quercus spp./Rubus spp. 1.99 NS	3.82 *
Santa Lucía Utatlán	Quercus spp./Rubus spp. 6.29 *	3.51 *
Quercus spp./Rubus spp.	0.20 NS	1.36 NS

## 7. ESTRUCTURAS OBTENIDAS POR MEDIO DE INOCULACIONES CONTROLADAS

### 7.1 Urediniosporas:

Los resultados obtenidos en las pruebas de hipótesis de medias para uredias obtenidas a través de inoculaciones controladas, se tuvo que a un nivel del 1% de significancia, en largo existen diferencias significativas, no así en el ancho donde estadísticamente son iguales al no existir diferencias significativas. Los resultados obtenidos bajo inoculaciones controladas muestran diferencias de ambas royas en cuanto a su especificidad en los hospedantes primarios, las aeciosporas de la roya del cono afectaron a Quercus tristis Liebm y Rubus spp. mientras que las aeciosporas provenientes de agallas afectaron únicamente a Quercus tristis Liebm, lo anterior puede constituir una prueba importante para separar taxonómicamente ambas royas.

En las pruebas de hipótesis de medias entre las uredias de la roya agalladora del pino y roya del cono en las especies de plantas hospedantes, se tiene que a un nivel del 1% de significancia no existen diferencias significativas en su largo y ancho, concluyéndose que estadísticamente las uredias obtenidas por medio de inoculaciones controladas son iguales en su ancho y largo como se muestra en el cuadro 9. En su morfología las urediniosporas obtenidas por medio de inoculaciones controladas presentaron formas iguales a las aeciosporas de la roya agalladora del pino y roya del cono, así como a las urediniosporas localizadas en especies de encinos y zarzamora, concluyéndose que estas urediniosporas son similares a las producidas por Cronartium fusiforme Hedge y Hunt ex Cumm.

Cuadro 9. Prueba de hipótesis de medias por t de Student para el largo y ancho de urediniosporas en especies de encinos y zarzamora obtenidos en inoculaciones controladas.

ESPECIES HOSPEDANTES Y ENFERMEDADES	t CALCULADA	
	LARGO	ANCHO
Quercus spp. Roya agalladora/Roya del cono	5.31 *	0.61 NS
Quercus spp. Roya del cono/Roya del cono	11.00 *	1.29 NS
Roya agalladora/Roya del cono	0.67 NS	0.64 NS

NS = No significativo

\* = Significativo al 1%

#### 7.2 Teliosporas:

El análisis de las teliosporas obtenidas por medio de inoculaciones controladas no aportan datos concluyentes para considerar la existencia o no de diferencias significativas, dado la variación en su estado de desarrollo en que se encontraban al efectuarse el análisis. Este análisis sólo comprendió especies de encinos debido a que en zarzamora no se desarrollaron estructuras.

#### 8. ANALISIS DE HAUSTORIOS

Los resultados para largo y ancho al realizarse la prueba de hipótesis de medias, determinó que a un nivel de 1% de significancia los haustorios presentan diferencia significativa en el largo, pero no en su ancho, como se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10. Prueba de hipótesis de medias por t de Student para el largo y ancho de haustorios obtenidos de agallas de la roya agalladora del pino y conos de la roya del cono.

ROYA AGALLADORA/ROYA DEL CONO	t CALCULADA	
	LARGO	ANCHO
Haustorios	5.18 *	0.90 NS

NS = No significativo

\* = Significativo al 1%.

9. RELACION ENTRE LA PRESENCIA DE HOSPEDANTES Y PRESENCIA DE LAS ROYAS DEL PINO.

9.1 San Jerónimo B.V.:

La recolección de aeciosporas en especies de pino, determinó la existencia de roya agalladora del pino en ramas y tallos y roya del cono en Pinus oocarpa Schiede como hospedantes primarios se localizaron encinos, Quercus tristis Liebm, Quercus acatenanguensis Trelease y Quercus peduncularis Nee, no así de zarzamora la cual no se encontró en ningún sitio del área estudiada a la vez en los encinos no se observó en sus hojas la presencia de urediniosporas.

9.2 San José Pinula:

La recolección de aeciosporas en esta localidad en especies de pino determinó la existencia de roya agalladora del pino y roya del cono, encontrándose ambas en Pinus tenuifolia -- Benth; la roya agalladora en plantas jóvenes y la roya del cono en plantas adultas. Como hospedantes primarios se encontró encinos, Quercus acatenanguensis Trelease, Quercus skinneri Benth y Quercus compersa Benth, y zarzamora, Rubus

coriifolius Liebm, en donde se observó la presencia de urediniosporas.

9.3 San Juan Sacatepéquez:

La recolección de muestras de aeciosporas en especies de pino determinó la existencia de roya agalladora del pino en Pinus tenuifolia Benth, no así la roya del cono. Como hospedantes primarios se localizaron encinos, Quercus peduncularis Nee, Quercus peduncularis var. sublanosa Nee; y zarzamora, Rubus coriifolius Liebm y Rubus miser Liebm; observándose la presencia de urediniosporas en ambos hospedantes.

9.4 Santa Lucía Milpas Altas:

La recolección de muestras de aeciosporas en especies de pino, determinó sólo la existencia de la roya agalladora del pino, debido a que en ninguna de las áreas que se tomaron al azar se localizó roya del cono. Como hospedantes primarios, solamente se encontraron encinos, Quercus tristis Liebm y Quercus compersa Benth, en los que se observó la presencia de urediniosporas, las muestras de aeciosporas se recolectaron en ramas y tallos de Pinus tenuifolia Benth y Pinus oocarpa Schiede.

9.5 Santa Lucía Utatlán:

Al realizarse la recolección de muestras de aeciosporas en especies de pino, se determinó la existencia de la roya agalladora del pino y roya del cono, ambas enfermedades en Pinus pseudoestrobis Lindl, los hospedantes primarios localizados fueron encinos, Quercus peduncularis Nee; Quercus peduncularis var. sublanosa Nee; y zarzamora, Rubus coriifolius Liebm y Rubus miser Liebm, localizándose en las hojas de ambos hospedantes urediniosporas.



Cuadro 11. Relación entre la presencia de hospedantes y presencia de las royas del pino.

LOCALIDAD	PRESENCIA DE ROYA AGALLADORA	PRESENCIA DE ROYA DEL CONO	PRESENCIA Quercus Rubus	PRESENCIA UREDINIOSPORAS Quercus Rubus
San Jerónimo B.V.	X	X	X	-
San José Pinula	X	X	X	X
San Juan Sacatepéquez	X	-	X	X
Santa Lucía Milpas Altas	X	-	X	X
Santa Lucía Utatlán	X	X	X	X

X = Presencia; - = Ausencia.

## 10. FORMAS DE ESTRUCTURAS ANALIZADAS

### 10.1 Aeciosporas y urediniosporas:

La forma que presentaron la aeciosporas recolectadas en el campo en especies de pino, de la roya agalladora del pino y la roya del cono, así como de uredias recolectadas en el campo y las obtenidas en las inoculaciones controladas en especies de encino y zarzamora son las siguientes: forma ovoide, circular y ovoide aristada, con diámetro en su largo en un rango de 18.36 a 36.86 micras y en su ancho en un rango de 10.53 micras a 21.06 micras. Las tres formas se encontraron en todas las muestras, en todas las áreas estudiadas. De las tres formas la más frecuente fué la forma ovoide y la menos frecuente la forma ovoide aristada. La figura 1 muestra las tres formas de las estructuras encontradas.

### 10.2 Teliosporas:

Las teliosporas analizadas, obtenidas a través de inoculaciones controladas, presentaban forma de filamento manteniendo -

el mismo grosor a lo largo de la estructura, ensanchándose levemente en su punta terminal.

### 10.3 Haustorios:

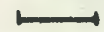
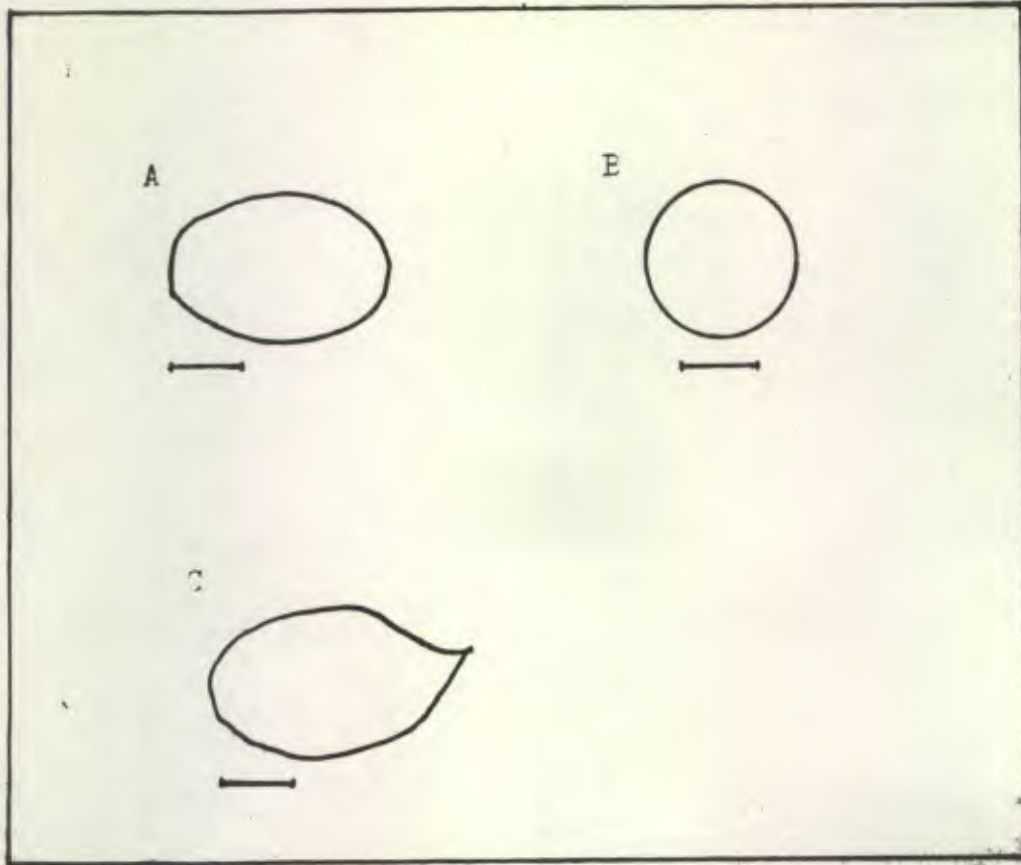
Las observaciones de haustorios revelaron que presentaban forma de maso, presentando un ligero abultamiento en su parte terminal en uno de sus lados, siendo este abultamiento un poco ligeramente más pronunciado en los haustorios de la roya del cono que en la de la roya agalladora del pino, como puede observarse en la figura 2.

## 11. COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON OTROS OBTENIDOS POR INVESTIGADORES EN OTROS PAISES

Los hospedantes para la roya agalladora del pino y la roya del cono, son encinos, Quercus spp. y zarzamora, Rubus spp. determinado en las inoculaciones controladas y el análisis de estructuras efectuado de ambas enfermedades a nivel de campo, los mismos resultados reportaron Bernad Edward y Dixon Wayne (5), en su trabajo sobre la roya del cono del sureste y la roya fusiforme, donde reportan como hospedantes primarios Quercus spp. y Rubus spp.

A nivel de aecias y uredias de la roya del pino y roya del cono, tanto las recolectadas en el campo como las obtenidas por medio de inoculaciones controladas en especies de encinos y zarzamora, se determinó que no existen diferencias significativas en su largo y ancho.

Resultados similares obtuvo Peterson reportado por Harold H. Bursall y Glenn A. Snow (6), en el trabajo "Taxonomía de Cronartium quercuum y Cronartium fusiforme", parece ser indistinguiblemente microscópico y no encontró nada distinto entre C. quercuum y C. fusiforme a nivel de especies.



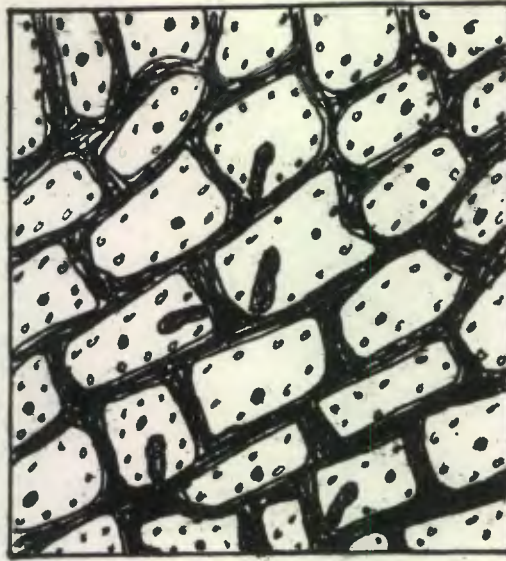
10.53 micras

A Forma ovoide

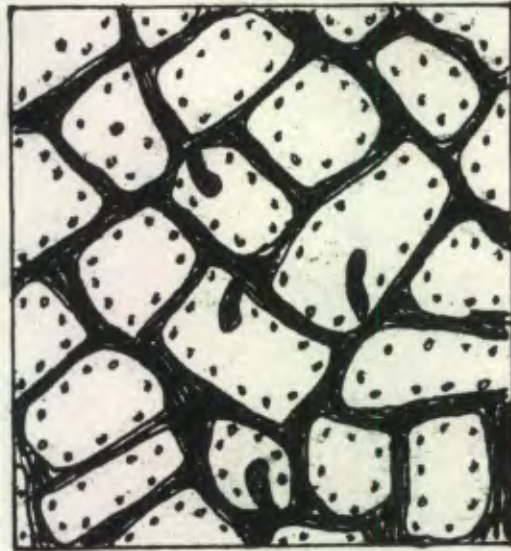
B Forma circular

C Forma ovoide aristada.

Figura 1. Forma de las aeciosporas y urediniosporas recolectadas de la roya agalladora del pino y roya del cono.



ROYA AGALLADORA DEL PINO



ROYA DEL CONO

Figura 2. Forma de los haustorios observados en células de agallas inducidas por la roya agalladora del pino y conos afectados con la roya del cono.

En el tamaño y forma de las aecias y uredias, así como de haustorios de la roya agalladora del pino y roya del cono se determinó que no existen diferencias significativas. Datos similares se reportan en el trabajo de Harold y Glenn (6) en donde estudios de aeciosporas con el microscopio electrónico en urediniosporas y teliosporas no indican diferencias morfológicas entre los dos taxa. Jewel (6) al comparar lergo hifal con haustorial encontró que las diferencias en tamaño entre C. fusiforme y C. quercuum no eran estadísticamente significativas y que no deben considerarse especies diferentes.

Estudios reportados por Harold y Glenn (6) indican que se compararon tamaño forma de aeciosporas de C. fusiforme en varias especies de pinos y compararon tamaño y forma de urediniosporas y teliosporas de C. quercuum con inóculos obtenidos en varias especies de pino con las de C. fusiforme y concluyen que no se encontraron diferencias morfológicas entre los dos taxa.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Los hospedantes primarios para la roya agalladora del pino y la roya del cono, son especies de encino (Quercus spp.) y zarzamora (Rubum spp.), las especies de pino (Pinus oocarpa Schiede), (Pinus tenuifolia Benth) y (Pinus pseudoestrobis Lindl), constituyen hospedantes secundarios.
2. Las aeciosporas, urediniosporas y haustorios del agente causal de la roya agalladora del pino y roya del cono, son similares en su morfología, al no presentar en su largo y ancho diferencias estadísticamente significativas al 1%.
3. En base a las dimensiones y forma de las estructuras de la roya agalladora del pino y roya del cono, se puede atribuir la incitación de ambas enfermedades al mismo patógeno, el cual es una roya macrocíclica y heteróica del género Cronartium.

## IX. RECOMENDACIONES

1. Efectuar un estudio de la roya agalladora del pino y roya del cono a nivel nacional en forma detallada, relacionando aeciosporas, urediniosporas, teliosporas y haustorios, entre sitios de estudio, especies de hospedantes primarios, especies de hospedantes secundarios, caracterizando la forma de sus agallas y la distribución de ambas royas.
2. Realizar estudios para determinar las zonas de mayor incidencia de la roya agalladora del pino y roya del cono, determinándose los hospedantes primarios y alternos que existen en cada zona.

X. BIBLIOGRAFIA.

1. AGRIOS N.,G. 1986. Fitopatología. Trad. Manuel Guzmán Ortiz. México, Limusa. p. 413-436.
2. ANDERSON, R.S.; YOUNG, C.H.; TRIPLETT, J.D. 1983. Evaluation of five species of pine from Guatemala for resistance to fusiforme rust, RSC test 305-82 Estados Unidos, Department of Agriculture. Forest Service State & Private Forestry Southeastern Area. Report # RSC-3-83. 14 p.
3. ANTONOPOULOS, A.A.; CHAPMAN, R.L. 1976. Morphology of *Cronartium fusiforme* Aeciospores: a light and scanning electron microscopic study. Bot. Gaz. 137 (3): 285-289.
4. BAILEY JUNIOR, H.B. 1974. Mortality in rust infected southern pine plantations. Union Camp Corporation (EE.UU.). Note no. 31: 1-4.
5. BARNARD, E.L.; et al. 1983. Insects and diseases important problems of Florida's forest and shade tree resource, southern cone rust. Estados Unidos, Department of Agriculture and Consumer Service. Division of Forestry, Bolletín no. 196-A. p. 73-84.
6. BURDSALL JUNIOR, H.H.; SNOW, G.A. 1977. Taxonomy of *Cronartium quercuum* and *C. fusiforme*. Mycologia (EE.UU.) 69:503-508.
7. ENCICLOPEDIA DE la ciencia y de la técnica. 1974. Barcelona, España, Oceano. V. 5. p. 2035-2039.
8. FIGUEROA, Q., L. 1983. Roya del pino, una amenaza para los bosques de Guatemala. Tikalia (Gua.) 2(2):43-48.
9. FLORES, M.A. 1959. Introducción a la patología forestal. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 26-30.
10. GARCIA, J.; et al. Apuntes sobre las royas. In Manual sobre las royas del pino. Guatemala. p. 85-96.  
Sin Publicar.



11. JUAREZ MARTINEZ, M.R. 1983. Estudio sobre la roya agalladora (Cronartium quercuum f.sp. fusiforme) en plantas de pino (Pinus spp.) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 41 p.
  12. LUNQUIST, J.E.; et al. s.f. Descubrimiento y daño de la enfermedad, sintomatología temprana de la roya fusiforme en plántulas de pino. Fitopatología (EE.UU.) 72:54-57.
  13. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1980. Control de plagas de plantas y animales. Trad. Manuel Arago-nes. México, Limusa. v.1, p. 49-67, 89-98, 101-119.
  14. NORTH CAROLINA. SOUTHEASTERN FOREST EXPERIMENT STA-TION. 1974. Volume loss resulting from fusi-form rust in young plantations of slash pine. Estados Unidos, Forest Service Research, Note SE-200. 7 p.
  15. POWERS JUNIOR, H.R.; et al. s.f. Current status and management of fusiform rust on southern pi-ne. Phytopathology (EE.UU.) 19:353-371.
  16. WEBB, R.S. The stem rust pathogen of Pinus oocarpa in Guatemala: an interim report. 11 p.
- Sin Publicar
17. YOCOTA, S.; et al. 1975. A Cronartium rust of stro-be pine in esstern Hokkaido, Japan. Plant Disea-ses Report (EE.UU.) 59(5): 419-422.

Vo. 100.

*Patzunalle*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

GUATEMALA, G. A.

4 de octubre de 1989

BIBLIOTECA CENTRAL USAC  
DEPOSITO LEGAL  
RECORRIDO EL PROGRAMA ELECTRONICO

"IMPRIMASE"



ING. AGR. *Anibal B. Martinez M.* ANIBAL B. MARTINEZ M.

DECANO