

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE NUEVE ESPECIES DE PINO
(*Pinus* spp.) A LA ROYA AGALLADORA (*Cronartium* spp.) Y
ESTUDIOS SOBRE LA DINAMICA DE LA ENFERMEDAD, EN LA ALDEA LAS
ANONAS, SALAMA, BAJA VERAPAZ

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE AGRONOMIA

POR

ROLANDO VALDEMAR GUZMAN GARCIA

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 1989

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

D4
01
T
(1293)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

R E C T O R

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

| | |
|------------|------------------------------------|
| DECANO: | ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M. |
| VOCAL I | ING. AGR. GUSTAVO A. MENDEZ |
| VOCAL II | ING. AGR. JORGE SANDOVAL I. |
| VOCAL III | ING. AGR. WOTZBELI MENDEZ ESTRADA |
| VOCAL IV | P.A. HERNAN PERLA GONZALEZ |
| VOCAL V | P.A. JULIO LOPEZ MALDONADO |
| SECRETARIO | ING. AGR. JOSE ROLANDO LARA ALECIO |



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto.....

18 de octubre de 1989

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

Ingeniero Tobías:

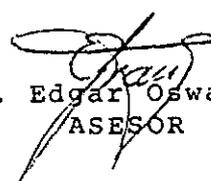
De manera atenta le informamos que hemos finalizado la asesoría del trabajo de tesis denominado "EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE NUEVE ESPECIES DE PINO (*Pinus* spp.) A LA ROYA AGALLADORA (*Cronartium* spp.) Y ESTUDIOS SOBRE LA DINAMICA DE LA ENFERMEDAD EN LA ALDEA LAS ANONAS, SALAMA, BAJA VERAPAZ". El cual fue realizado por el estudiante ROLANDO VALDEMAR GUZMAN GARCIA, carnet No. 51532.

Consideramos que el trabajo mencionado es un aporte valioso para la patología forestal y recomendamos que el mismo sea aceptado como tesis de grado, puesto que llena los requisitos para ello.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr.  Edil Rodríguez Q.
ASESOR

Ing. Agr.  Edgar Oswaldo Franco
ASESOR

Guatemala, octubre de 1989

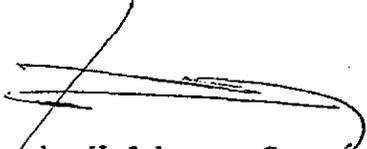
Señores
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
Facultad de Agronomía

Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado: "EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE NUEVE ESPECIES DE PINO (Pinus spp.) A LA ROYA AGALLADORA (Cronartium spp.) Y ESTUDIOS SOBRE LA DINAMICA DE LA ENFERMEDAD, EN LA ALDEA LAS ANONAS, SALAMA, BAJA VERAPAZ".

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



Rolando Valdemar Guzmán García

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS: Ser omnipotente, por haber iluminado y alimentado mi voluntad para culminar mis estudios.
- A MIS PADRES: J. Antonio Guzmán C.
Vicenta García de Guzmán.
- A MIS HERMANOS: Israel de Jesús (Q.E.P.D.), Héctor Augusto, Hilda Esperanza, Oscar Antonio, José Vicente, Clemencia y Juan Alberto.
- A MI ESPOSA: Julia Olivia Arriola de Guzmán.
- A MIS HIJOS: Julia María y Luis Rolando.
- A MIS PRIMOS: En general y especialmente a Manuel de J. Guzmán V.
- A MIS SOBRINOS: En general.
- A MIS SUEGROS: Guillermo Rubén Arriola Batres
María E. Fernández de Arriola.
- A MIS CUÑADOS Y CUÑADAS: En general.
- A LAS FAMILIAS: Martínez Pinelo
Fernández Rossa
Fernández Valenzuela.

TESIS QUE DEDICO

- A: UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
- A: La FACULTAD DE AGRONOMIA
La ESCUELA NORMAL RURAL No. 4, Salamá, B.V.
La ESCUELA TIPO FEDERACION "JOSE CLEMENTE
CHAVARRIA", Salamá, B. V.
- A: Mis profesores en general, en especial al Prof.
Héctor Efraín Ayala Morales y Juan de Dios Rizzo
Leal (Q.E.P.D.).
- A: Los Agricultores de mi país.
- A: Mi compañero de estudio: Waldemar Nufio Reyes.
- A: Mi amigo, Rubén Darío Morales Véliz.
- A: Mis compañeros de Facultad en general, en especial
a:
Fredy Milián
Bladimiro Moreno
Daniel Escalante
Orlando Flores López.
- A: Mis compañeros de Diversificado en general, en
especial a:
Roberto E. García Catalán
Juan Hermelindo Conde Juárez
Carlos Haroldo Reyes
Jorge Conde Estrada.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades, por la colaboración brindada en la presente investigación:

- A: Los Ingenieros Agrónomos Edgar O. Franco R. y Edil Rodríguez, por su valiosa asesoría y el tiempo brindado para la realización del presente trabajo.
- A: Banco de Semillas Forestales de la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS), por la orientación y semillas proporcionadas.
- A: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), por la atención e información brindada.
- A: Mis hermanos en general por el apoyo brindado durante mi carrera universitaria, en especial a Oscar Antonio Guzmán, por su apoyo al iniciarla.
- A: Mi cuñada, María Patricia Arriola Fernández, por la ayuda brindada en el trabajo mecanográfico del presente estudio.
- A: Don Pedro Herrera, por la dedicación y ayuda en el trabajo de campo.
- A: Ing. Carlos Calderón Campos, por el estímulo manifestado para realizar este estudio.
- A: Mis compañeros de trabajo, que de una u otra forma, me proporcionaron su colaboración.

CONTENIDO

| | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| INDICE DE CUADROS | i |
| INDICE DE FIGURAS | ii |
| RESUMEN | iii |
| I INTRODUCCION | 1 |
| II HIPOTESIS | 3 |
| III OBJETIVOS | 4 |
| IV REVISION BIBLIOGRAFICA | 5 |
| 1. Efecto de factores ambientales sobre la roya agalladora del pino. | 5 |
| 2. Ciclo de vida de la roya agalladora del pino. | 6 |
| 3. Daño causado por la roya agalladora del pino. | 7 |
| 4. Estudios de la roya agalladora llevados a cabo en Guatemala. | 9 |
| 5. Distribución y características en las especies de pino consideradas en el estudio. | 13 |
| V MATERIALES Y METODOS | 18 |
| 1. Localización del área de estudio | 18 |
| 2. Materiales y equipo | 18 |
| 3. División del estudio | 20 |
| 3.1. Evaluación de la susceptibilidad de nueve especies de pino a la roya agalladora. | 20 |

| | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| 3.2. Evaluación de la susceptibilidad a la roya agalladora del pino de tres procedencias de <u>P. oocarpa</u> y cinco procedencias de <u>P. tenuifolia</u> | 25 |
| 3.3. Estudio sobre la dinámica de la enfermedad. | 30 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSION | 34 |
| 6.1. Evaluación de la susceptibilidad de nueve especies de pino a la roya agalladora. | 34 |
| 6.2. Evaluación de la susceptibilidad a la roya agalladora del pino de tres procedencias de <u>P. oocarpa</u> y cinco procedencias de <u>P. tenuifolia</u> . | 36 |
| 6.3. Estudio de la dinámica de la enfermedad | 38 |
| 6.4. Comportamiento de las agallas en relación a tamaño y forma. | 42 |
| 6.5. Control de brotación en encinos. | 44 |
| 6.6. Relación entre temperatura, precipitación y humedad relativa con brotación, crecimiento foliar de encinos y estadios de la roya agalladora. | 45 |
| VII. CONCLUSIONES | 51 |
| VIII. RECOMENDACIONES | 52 |
| IX. BIBLIOGRAFIA | 53 |

X. APENDICE

55

1. Boleta para control de Agallas (tamaño, forma y estado)
2. Boleta para control de urediosporas y teliosporas.
3. Boleta para control de brotación en encinos.

INDICE DE CUADROS

| Quadro | | <u>Página</u> |
|--------|---|---------------|
| 1 | Distribución de los tratamientos para la evaluación de la susceptibilidad de nueve especies de pino a la roya agalladora. | 22 |
| 2 | Distribución de los tratamientos para la evaluación de la susceptibilidad de tres procedencias de P. <u>oocarpa</u> . | 27 |
| 3 | Distribución de los tratamientos para la evaluación de la susceptibilidad de cinco procedencias de P. <u>tenuifolia</u> . | 27 |
| 4 | Porcentaje de plántulas afectadas con la roya agalladora del pino | 36 |
| 5 | Porcentaje de plántulas de P. <u>oocarpa</u> con estructuras de almacenamiento por procedencia | 37 |

INDICE DE FIGURAS

| Figura | | <u>Página</u> |
|---------------|--|----------------------|
| 1 | Manifestación de los estadios de la roya agalladora del pino (<u>Cronartium</u> spp) durante el período de noviembre de 1987 a diciembre de 1988. | 41 |
| 2 | Crecimiento de agallas durante el período del estudio (tamaño promedio del ancho en cms.) | 43 |
| 3 | Brotación y crecimiento de Q. <u>skinerii</u> y Q. <u>sapotaefolia</u> . | 46 |
| 4 | Relación de temperatura y humedad relativa con brotación y estadios de la roya agalladora (<u>Cronartium</u> spp.) | 49 |
| 5 | Relación de la precipitación con brotación y estadios de la roya agalladora del pino (<u>Cronartium</u> spp.) | 50 |

EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE NUEVE ESPECIES DE PINO (Pinus spp.) A LA ROYA AGALLADORA (Cronartium spp.) Y ESTUDIOS SOBRE LA DINAMICA DE LA ENFERMEDAD, EN LA ALDEA LAS ANONAS, SALAMA, BAJA VERAPAZ

EVALUATION OF THE SUSCEPTIBILITY OF NINE PINE (Pinus spp.) SPECIES TO PINE GALL RUST (Cronartium spp.) AND STUDIES ABOUT DISEASE DYNAMIC IN LAS ANONAS, SALAMA, BAJA VERAPAZ

RESUMEN

La roya agalladora del pino (Cronartium spp.) es una de las enfermedades de mayor importancia que afecta a las especies de pino de Guatemala. El presente estudio se efectuó en la Aldea Las Anonas, Salamá, B.V. donde la incidencia y severidad de la enfermedad son altas.

Los objetivos del estudio fueron evaluar la susceptibilidad de nueve especies de pino a la roya agalladora y tres procedencias de Pinus oocarpa Schiede y cinco procedencias de Pinus tenuifolia Benth a nivel de vivero. Asimismo realizar estudios de la dinámica de la enfermedad.

La incidencia de la enfermedad en el vivero se evaluó por última vez la primera semana de abril de 1989, dieciocho meses después de haber sido plantadas las especies en el vivero.

Pinus caribaea Morelet fue la especie que mayor susceptibilidad mostró a la roya agalladora, en esta especie los síntomas de la enfermedad se manifestaron en el 13% de plántulas; siguiéndole P. oocarpa, en donde se manifestó en el 5%; Pinus tecunumanii Schiede con el 3%; las especies P. rudis Endl, Pinus ayacahuite Ehr, Pinus taeda Linneo y Pinus elliottii Engelm mostraron el 2% de plántulas afectadas. Las especies Pinus chiapensis y P. tenuifolia no mostraron síntomas de la enfermedad.

Las tres procedencias de P. oocarpa y cinco procedencias de P. tenuifolia no mostraron síntomas de la enfermedad nueve meses después de establecido el vivero. P. oocarpa mostró engrosamientos simétricos en la base del

tallo. Por medio de observaciones al microscopio se determinó que éstos constituyen estructuras de almacenamiento y no síntomas de la roya agalladora del pino.

Para el estudio de la dinámica de la enfermedad se procedió a observar cada quince días la presencia de los estadíos de uredium y telium en el área foliar de árboles de las especies Quercus skinerii Benth y Quercus sapotaefolia Liebm. Los estadíos de picnium y aecium se observaron en agallas desarrolladas sobre Pinus oocarpa y P. tenuifolia.

En las especies de Quercus, el estadío de telium se observó de noviembre de 1987 al mes de abril de 1988, uredium de la cuarta semana de diciembre de 1987 a la cuarta semana de marzo de 1988. En las especies de Pinus el estadío de aecium se observó de la segunda semana de mayo de 1988 a la cuarta semana de julio del mismo año y el estadío de picnium de la cuarta semana de noviembre de 1987 a la tercera semana del mes de junio de 1988.

En relación a la brotación de encinos, la emergencia de yemas foliares se observó de la primera semana de marzo de 1988 a la segunda semana de mayo de 1988 para las dos especies de Q. skinerii y Q. sapotaefolia. El crecimiento de meristemas terminales se observó desde la primera semana de marzo de 1988 a la tercera semana de julio de 1988. El final del crecimiento foliar para las dos especies mencionadas fue observado desde la cuarta semana de mayo de 1988 a la cuarta semana de julio del mismo año.

EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE NUEVE ESPECIES DE PINO (Pinus spp.)
A LA ROYA AGALLADORA (Cronartium spp.) Y ESTUDIOS SOBRE LA DINAMICA DE
LA ENFERMEDAD, EN LA ALDEA LAS ANONAS, SALAMA, B.V.

I INTRODUCCION

La roya agalladora del pino (Cronartium spp.) es la enfermedad más importante que afecta las especies de pino en los bosques de pino en Guatemala. Su alta incidencia y severidad hace que la regeneración natural de los bosques sea limitada en algunas áreas.

En el presente estudio se evaluó la susceptibilidad de nueve especies de pino, a la roya agalladora y se estudió la dinámica de la enfermedad bajo condiciones naturales prevalecientes en la aldea Las Anonas, Salamá, Baja Verapaz. En este lugar la incidencia y severidad de la enfermedad es alta, lo cual permitió evaluar bajo condiciones naturales la respuesta de diferentes especies de pino al patógeno, así como encontrar todos los estadios de desarrollo de la enfermedad facilitando el estudio de su dinámica.

A través de esta investigación se logró determinar las especies de pino que son susceptibles a la roya agalladora, así como las procedencias de Pinus oocarpa y Pinus tenuifolia que mostraron resistencia a la enfermedad en los primeros años de su crecimiento.

Para evaluar la susceptibilidad de las especies de pino se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones.

El estudio de la dinámica se realizó a través de observaciones que se hicieron sobre las especies de Quercus skinerii Benth y Quercus sapotaefolia Liebm y las especies de pino; Pinus oocarpa Schiede y Pinus tenuifolia Benth, utilizando para el efecto boletas en donde se registraron los estadios de la enfermedad y su desarrollo.

El estudio que se presenta es parte del proyecto "Estudios sobre la Roya Agalladora del Pino", que desarrolla el Instituto de Investigaciones Agronómicas, de la Facultad de Agronomía, y constituye una contribución en la generación de información básica para desarrollar métodos de control de la enfermedad. El estudio es válido para el área de Las Anonas, Salamá, Baja Verapaz, que es una de las regiones más afectadas por el patógeno.

II HIPOTESIS

1. Por lo menos una de las especies de Pinus spp. a evaluar son susceptibles a la roya agalladora del pino.
2. Por lo menos una de las procedencias de Pinus tenuifolia y Pinus oocarpa a evaluar son susceptibles a la roya agalladora del pino.

III OBJETIVOS

1. Estudiar la susceptibilidad de nueve especies de pino a la roya agalladora del pino bajo condiciones naturales.
2. Estudiar la susceptibilidad de tres procedencias de Pinus oocarpa y cinco procedencias de Pinus tenuifolia a la roya agalladora del pino.
3. Estudiar la dinámica de la roya agalladora del pino en la aldea Las Anonas, Salamá, Baja Verapaz.

IV REVISION DE BIBLIOGRAFIA

1. Efecto de factores ambientales sobre la roya agalladora del pino.

Los elementos del medio ambiente que influyen sobre la roya agalladora son: la luz, la temperatura, la humedad en sus diversas manifestaciones, circulación del aire, la nubosidad y los rayos solares que afectan los niveles de temperatura, humedad del aire y evaporación.

La luz influye en la mayoría de los factores de desarrollo del hospedante. Todas las etapas del ciclo vital del patógeno se desarrollan dentro de ciertos límites de temperatura, de tal forma que las teliosporas de la roya agalladora del pino (Cronartium spp.) germinan a temperaturas de 16 a 27°C.

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 del pino la germinación de las teliosporas se produce en condiciones de atmósfera saturada de 97 al 100% de humedad. (1).

La incidencia de la roya agalladora del pino depende de la humedad atmosférica y se pueden predecir grandes infecciones sólo cuando la atmósfera está próxima a la saturación durante tres o cuatro días.

2. Ciclo de vida de la roya agalladora del pino.

El ciclo de vida de cualesquiera de las especies del género Cronartium pueden iniciarse con las basidiosporas formadas en una teliospora germinada; estas basidiosporas solamente son infectivas en el género Pinus y no en el hospedante primario Quercus spp. 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, hospedante alterno de este 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 primario.

Las picniosporas y aeciosporas se desarrollan en pino, las aeciosporas son producidas en abundancia al reventar los tumores en

abril o mayo, los cuales son transportadas por el viento a las hojas de los encinos susceptibles, éstas germinan en el tejido de la hoja y forman un soro de urediosporas.

Las teliosporas se desarrollan en la misma región donde se forman las urediosporas y germinan dando lugar a un promicelio y de nuevo a las basidiosporas. Son las 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. Una basidiospora producida en la hoja de Quercus, no puede infectar a éste.

En el hospedante principal, dos semanas después de la infección con las aeciosporas, se forman las urediosporas de color naranja en en envés de las hojas. Las urediosporas pueden reinfectar a éste o a los demás hospedantes primarios. (7).

3. Daño causado por la roya agalladora del pino.

Como consecuencia de la roya agalladora del pino en otros países, los daños en el campo han mostrado la siguiente sintomatología: Reducción de crecimiento en altura y diámetro, deformación de tallos, formación de agallas en el tallo y/o ramas, chancros o hundimiento o bien roturas en la corteza, puede morir el árbol si

presenta varias infecciones y si la agalla rodea el tallo principal.

(5).

Las partes afectadas del tallo resultan inapropiadas para la construcción y para obtener pulpa para papel. Estos árboles no servirán para postes y durmientes, además las fisuras en la corteza permiten la entrada de organismos, plagas y patógenos causantes de pudriciones.

La sintomatología de la roya agalladora se presenta en la formación de agallas en la base del tallo o en plántulas pequeñas, pero también pueden formarse en las ramas. La presencia de agallas en la base de las plántulas impide el desarrollo normal de éstas, induciendo brotación. Las plantas afectadas se observan como macollas. La presencia de agallas en las ramas reduce el crecimiento del árbol. (5).

En Guatemala, la roya agalladora del pino ha aumentado su incidencia y severidad principalmente en áreas en donde se distribuyen en forma natural *P. oocarpa* y *P. tenuifolia*. En Baja Verapaz, El Quiché y en Huehuetenango, la incidencia de la roya alcanza niveles de incidencia hasta del 100 por ciento en bosques naturales. (7).

El peligro de dicha enfermedad constituye para la producción forestal del país es cada vez más evidente, por lo que es urgente

contrarrestarse. Sin embargo, para ello es necesario contar con los recursos necesarios, a fin de realizar investigaciones y desarrollar métodos de control, pues de seguir el ritmo de crecimiento actual de la roya, la regeneración natural de los bosques conformados por especies susceptibles y la reforestación serían más difíciles de llevarse a cabo. (11).

4. Estudios de la roya agalladora llevados a cabo en Guatemala.

La roya del pino causada por el hongo Cronartium spp. fue reportada en Guatemala desde 1942, siendo una de las enfermedades principales que afectan las coníferas en el mundo. Por observaciones en el campo, a través de los años, se menciona que está distribuida en varios departamentos y con un amplio rango de hospedantes. Pero fue hasta 1982 cuando Juárez, Martínez (7) reportó a Cronartium quercum f. sp. fusiforme como la causante de la epifítia a nivel de vivero y campo, afectando de esta manera los programas de reforestación, la regeneración natural y el aprovechamiento de los bosques.

Flores, M.A. (5) indica que la roya agalladora del pino en Guatemala, es incitada por C. cerebrum (C. quercum) y está distribuida en los departamentos de Guatemala, Santa Rosa, El Progreso y Baja Verapaz. Se reporta en P. tenuifolia y P. pseudostrobus y se estima que es mayor el número de especies que afecta.

Juárez Martínez (7) reportó en 1983 a Cronartium quercum f. sp fusiforme como responsable de la roya agalladora del pino en Guatemala y como hospedantes Quercus conspersa y Quercus peduncularis. Asimismo reportó que la enfermedad estaba distribuida en todos los viveros registrados por INAFOR durante el período de 1982-1983, variando la incidencia de esta en los viveros del 5 al 98%, encontrándose los más bajos niveles de infección en Esquipulas, Quetzaltepeque y San Jacinto, mientras que los valores más altos correspondieron a los viveros de Los Aposentos, Chimaltenango; Salamá, B.V.; Las Anonas, Salamá, B.V.; Quezada, Jutiapa y Jalapa. La especie que mostró los valores de incidencia más altos fue Pinus montezumae Lambert (98%), siguiéndole P. oocarpa (95%), mientras que P. tenuifolia en viveros fue mayor del 25%, valor registrado en San Jerónimo, Baja Verapaz. En Pinus caribae Morelet, la máxima incidencia fue del 15% en los Esclavos, Santa Rosa, además indica haber observado daños severos en la regeneración natural de los bosques cercanos a los viveros. Se indica en el estudio a nivel de vivero que no se encontró entre P. oocarpa, P. montezumae, P. tenuifolia y P. caribaea alguna especie que fuera inmune a la enfermedad. Sin embargo, concluye que la incidencia y la severidad es más alta en P. montezumae (98%) y P. oocarpa (95%) lo cual indica que son altamente susceptibles, mientras que P. tenuifolia (25%) y P. caribae resultan menos afectados, mostrándose tolerantes.

En 1988 Estrada Rodríguez (4) reportó el comportamiento de seis

especies de encino a la inoculación con la roya agalladora del pino (Cronartium spp) en cuanto a la susceptibilidad relativa y potencial, el estudio lo efectuó bajo condiciones controladas. Las especies reportadas como altamente susceptibles fueron: Quercus conspersa Benth, Quercus tristis Liemb, Quercus skinerii Benth y Quercus brachystachys Benth. Las especies Quercus peduncularis Née y Quercus sapotaefolia Liemb se comportaron como poco susceptibles. Q. conspersa fue la especie más susceptible con 88 telias por centímetro cuadrado y Q. sapotaefolia la menos susceptible con 5 telias por centímetro cuadrado.

Se indica, por investigaciones referidas en el trabajo mencionado anteriormente, que se pueden producir 3,800 esporidias por columna telial, lo cual da la idea de la alta cantidad de basidiosporas que pueden ser producidas por las especies mencionadas como altamente susceptibles y consecuentemente infectar con facilidad a los árboles de pino.

En relación a la dinámica de la enfermedad Estrada Rodríguez (4) pudo observar que en el área de San Juan Sacatepéquez el estadio de picnium se presentó desde la segunda semana del mes de enero de 1986 hasta la segunda semana del mes de junio de 1986, siendo más evidente en los meses comprendidos de marzo a mayo de 1986. El estadio de aecium lo observó desde la segunda semana del mes de abril hasta la segunda semana del mes de junio de 1986, indicando

que en el año que se llevó a cabo el estudio se observaron pocas agallas con aeciosporas; contrario a la producción de picniosporas que se produjeron en muchas agallas.

El estadio de uredium en general fue observado con más frecuencia en el mes de diciembre de 1985 y de febrero a octubre de 1986. Sin embargo, en los meses de mayo y junio de 1986, observó una mayor producción coincidiendo con el aumento de la humedad, producto de la precipitación pluvial.

El estadio de telium se logró observar durante 11 meses del año, a excepción del mes de mayo. Sin embargo, en los meses comprendidos de junio a septiembre de 1986 se observó una mayor producción.

El estadio de basidium se reporta que fue observado en los meses de noviembre y diciembre de 1985 y de junio al mes de noviembre de 1986, la mayor producción se observó en los meses comprendidos de junio a septiembre de 1986.

5. Distribución y características de las especies de pino consideradas en el estudio

5.1. Pinus tenuifolia.

Arbol de 15 a 30 m. de altura con corteza lisa durante mucho tiempo, ramas numerosas y erguidas formando copa redondeada, ramillas frágiles, con largos entrenudos, moreno-rojizo o amarillentos y lustrosos con huellas de las brácteas espaciadas y poco marcada. Hojas en grupos de cinco, de 20 a 28 cm. de largo, muy flexibles, delgadas y colgantes de color verde claro con tinte amarillento (8).

Esta especie se encuentra distribuida en los Departamentos de Alta Verapaz, Quiché, Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Guatemala, Sacatepéquez, Sololá y Santa Rosa.

5.2. Pinus oocarpa.

Arbol de 12-18 m. de altura y algunas veces hasta 25 m. El diámetro varía de 50-75 cm., se encuentra distribuida naturalmente entre los 1,000 y 2,700 msnm. Aparece formando rodales puros con pinos de varias especies, siendo los más importantes P. montezumae y P. tecunumanii. Por lo regular se encuentra en los siguientes Departamentos: Quiché, Huehuetenango, Totonicapán, Chimaltenango, Guatemala, Alta

Verapaz, Baja Verapaz, Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa. (13)

5.3. Pinus caribaea.

Arbol comúnmente de 15-30 m. de alto con diámetro de 1 m. aproximadamente; ramas horizontalmente extensas, acículas cortas y decíduas usualmente en fascículos de tres, color verde, de 4 a 25 cms. de largo por 1 a 1.5 cm. de ancho, con estomas en ambos lados, resinas en conductos internos especialmente de 2-4 en el sistema fibro-vascular, conos oblongos u ovoides de 4-12 cms. de largo por 3.5 - 6.0 cms. de ancho.

Se distribuye naturalmente a elevaciones de los 600 msnm. Se adapta a un rango de temperatura de moderada alta a una precipitación de 1,900 mm/año. Se encuentra en el Sureste del Petén, Alta Verapaz e Izabal. (13)

5.4. Pinus chiapensis.

Arbol de tronco recto de 25 a 30 m. de altura, con 1 m. de diámetro aproximadamente, su corteza es muy áspera y agrietada de superficie irregular de 2 cm. de espesor de color moreno-rojizo a moreno obscuro. Ramas extendidas y ramillas

delgadas y frágiles. Acículas en grupos de cinco erguidas y poco extendidas, muy delgadas, cono cilíndrico, ligeramente atenuado hacia la base.

Se encuentra distribuido naturalmente entre los 800-2,000 msnm. Requiere precipitaciones moderadas, encontrándose en los siguientes Departamentos: San Marcos, Quiché y Huehuetenango. (8).

5.5. Pinus rudis.

Arbol de 20-30 m. de alto, con corteza agrietada, de color pardo-rojizo, con ramas extendidas e irregularmente colocadas, ramillas muy ásperas de color moreno-rojizo a moreno oscuro, con las bases de las brácteas largas y fuertes, a veces agudas y salientes. En la forma más típica se observan tres acículas y ocasionalmente cuatro por fascículo, posee conos largamente ovoides acuminados y en ocasiones levemente encorvados de 9 a 10 cm. de largo.

Su rango de distribución está entre los 3,000 a 3,500 msnm. y se encuentra en los departamentos de Sacatepéquez, Chimaltenango, Totonicapán, Huehuetenango, San Marcos y Quezaltenango.

Se considera que es una especie que requiere elevadas altitudes y altas precipitaciones. (13).

5.6. Pinus ayacabuite.

Es un árbol de 20-30 m. de altura por unos 90 cm. de diámetro de ramas extendidas y verticiladas, corteza grisácea y lisa en los árboles jóvenes y de color moreno-rojizo en los árboles viejos, ramillas grisáceas o rojizas a veces en verticilios dobles, base de las brácteas caedizas, acículos en grupos de cinco y con un largo de 15-17 cm. en fascículos algo espaciados.

Su rango de distribución está entre los 2,000-3,000 msnm., es una especie que requiere elevadas altitudes y alta precipitación (sobre 1,200 mm/año). Se distribuye naturalmente en los departamentos de Huehuetenango, Totonicapán, San Marcos, Sololá y Jalapa. (13).

5.7. Pinus tecunumanii.

Árbol de 40 m. de alto, ramas ascendentes y prolongadas, corteza áspera en la base del tallo de color moreno-rojizo a moreno-naranja, muchas veces descamada, follaje largo y verde usualmente tiene 4 fascículos, muchas veces 3 ascículas de

12-25 cm. de longitud cortamente persistentes, posee canales resinosos de 2-3 en el sistema fibrovascular, conos pequeños de forma conoidal de 4.8 cm. de largo por 3-6 cm. de ancho de pedúnculos insuficientes o hacia los 2.0 cms. de longitud.

Los conos maduran en enero o bien en febrero. Su rango de distribución se encuentra entre los 1,500-2,000 msnm. (8)

5.8. Pinus taeda.

Esta especie se planta en el sureste de los Estados Unidos. Es una especie susceptible a la roya fusiforme. Está dentro de los pinos más plantados y manejados en el área mencionada.

5.9. Pinus elliottii.

Esta especie de pino es la más importante del sureste de los Estados Unidos, es una especie de rápido crecimiento y al igual que Pinus taeda, es susceptible a la roya fusiforme.

V. MATERIALES Y METODOS

1. Localización del área de estudio.

Los diferentes estudios se realizaron en la Aldea Las Anonas del municipio de Salamá, Departamento de Baja Verapaz. La aldea está situada a 1,465 msnm., $15^{\circ} 01'16''$ de latitud norte, $90^{\circ}19'02''$ de longitud oeste. (6)

La temperatura media anual oscila entre 19 y 24°C . Según Thorntwhaite posee un clima semi-cálido con invierno benigno, la precipitación media total anual es de 855 mm. y la evaporación potencial es de alrededor de 1.5 (2)

2. Materiales y equipo.

Para la ejecución del presente estudio se utilizaron los materiales y equipo siguientes:

Semillas de las especies de pino:

P. tenuifolia Benth (cinco procedencias).

P. oocarpa Schiede (tres procedencias)

P. caribaea Morelet

P. chiapensis

P. rudis Endl.

P. ayacahuite Ehr.

P. tecunumanii Schiede y Deppe.

P. taeda L.

P. elliottii Engelm.

- Mezcla de suelo-arena en proporción 2:1.
- Cajas de madera.
- Hilo de nylon.
- Fungicida cupravit azul (hidróxido activado de cobre).
- Bolsas de polietileno de 8 X 12 pulgadas.
- Poliducto.
- Equipo para riego.
- Brújula.
- Cinta métrica.
- Pintura de hule.
- Vernier.
- Boletas.
- Cámara fotográfica.
- Micrótopo.
- Microscopio.
- Estereoscopio.
- Diversos reactivos (hidrato de cloral, alcohol etílico, fucsina ácida, lactofenol azul y lugol).

3. División del estudio:

3.1. Evaluación de la susceptibilidad de nueve especies de pino a la roya agalladora.

Para la evaluación de la susceptibilidad de las especies de pino a la roya agalladora se tomó en cuenta la importancia de las mismas, por ello se escogieron nueve especies y la semilla se obtuvo del Banco de Semillas Forestales de la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS).

3.1.1. Diseño experimental.

Para la evaluación de la susceptibilidad de las especies de pino se utilizó el diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos. Cada unidad experimental consistió en veinticinco plantas.

3.1.2. Tratamientos.

Las especies y procedencias de pino que se evaluaron en el estudio y que constituyeron los tratamientos son las siguientes:

P. tenuifolia; procedencia de San Juan Sacatapéquez, Guatemala.

P. oocarpa, procedencia de La Lagunilla, Jalapa.

P. caribaea, procedencia de Poptún, Petén.

P. chiapensis, procedencia de Santa Cruz Barillas, Huehuetenango.

P. rudis, procedencia de Santa María Chiquimula, Totonicapán.

P. ayacahuite, procedencia de Palestina de Los Altos, Quezaltenango.

P. tecurumani, procedencia de San Jerónimo, B.V.

P. taeda, procedencia del sureste de Estados Unidos.

P. elliottii, procedente del sureste de Estados Unidos.

3.1.3. Aleatorización.

Para ubicar las diferentes especies de pino en pequeñas áreas dentro del semillero se procedió a realizar el sorteo al azar de las nueve especies, quedando distribuidas como se muestra en el Cuadro 1.

Quadro 1. Distribución de los tratamientos para la evaluación de la susceptibilidad de nueve especies de pino a la roya agalladora.

| R E P E T I C I O N E S | | | |
|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| I | II | III | IV |
| <u>P. rudis</u> | <u>P. tenuifolia</u> | <u>P. chiapensis</u> | <u>P. tenuifolia</u> |
| <u>P. chiapensis</u> | <u>P. ayacahuite</u> | <u>P. elliotii</u> | <u>P. elliotii</u> |
| <u>P. ayacahuite</u> | <u>P. chiapensis</u> | <u>P. ayacahuite</u> | <u>P. rudis</u> |
| <u>P. taeda</u> | <u>P. caribaea</u> | <u>P. caribaea</u> | <u>P. ayacahuite</u> |
| <u>P. caribaea</u> | <u>P. elliotii</u> | <u>P. taeda</u> | <u>P. oocarpa</u> |
| <u>P. tecunumanii</u> | <u>P. tecunumanii</u> | <u>P. tecunumanii</u> | <u>P. chiapensis</u> |
| <u>P. oocarpa</u> | <u>P. oocarpa</u> | <u>P. oocarpa</u> | <u>P. tecunumanii</u> |
| <u>P. tenuifolia</u> | <u>P. taeda</u> | <u>P. rudis</u> | <u>P. caribaea</u> |
| <u>P. elliotii</u> | <u>P. rudis</u> | <u>P. tenuifolia</u> | <u>P. taeda</u> |

En el vivero la ubicación de los diferentes tratamientos fue la misma que en el semillero. Esta se muestra en el Cuadro 1.

3.1.4. Variables respuesta.

Las variables respuesta que se evaluó fue el número de plantas que presentaron el daño ocasionado por la enfermedad, que se expresó por la presencia de agallas en la base o a lo largo del tallo a nivel de vivero.

Se observó el número de plantas sanas y plantas enfermas, evaluándose el daño en las 25 plantas de cada repetición. Se tomaron al azar cinco plantas de la repetición que presentaron agallas en la base del tallo, se efectuaron cortes histológicos para confirmar la presencia del patógeno utilizando para ello tinciones.

3.1.5. Análisis estadístico.

No se efectuó análisis estadístico debido a que no se observó la presencia de la enfermedad en las plántulas nueve meses después de establecido el vivero. Las plantas fueron dejadas en el mismo por nueve meses más para observar la enfermedad, la cual se presentó en forma irregular en los diferentes tratamientos, por lo que los resultados se expresan en porcentaje de plántulas enfermas.

3.1.6. Manejo del experimento.

Después de haber obtenido la semilla a través del Banco de Semillas Forestales de la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre (DIGEBOS), se elaboraron cajas de madera con las medidas de 1.5 X 0.80 X 0.20 m.

La siembra se realizó sobre una mezcla de suelo-arena en proporción 2:1. Las semillas se colocaron en forma ordenada y cuidadosa después de haber regado ligeramente el suelo del semillero. Previo a la siembra se aplicó el fungicida cupravit azul que posee como elemento activo hidróxido activado de cobre. La aplicación se realizó mezclando 200 gr. de cupravit azul por cuatro galones de agua. La siembra se efectuó por la mañana y fue regado diariamente hasta que la plántula tenía aproximadamente dos pulgadas de altura.

Paralelo a la actividad anterior, se procedió a preparar el área en donde se estableció el vivero, limpiando el terreno de malezas y nivelando el suelo.

A los quince días después de haber sembrado el semillero, se procedió a instalar las bolsas de polietileno en el área asignada al vivero, utilizando bolsas de polietileno negro de 8 X 12 pulgadas con una mezcla en proporción 2:1 de tierra negra y arena pómez respectivamente, ubicando las unidades experimentales de 25 bolsas para 25 plantas de cada especie de pino asignadas de acuerdo al sorteo efectuado.

El trasplante de las plántulas se efectuó en forma cuidadosa a las cuatro semanas después de germinado el semillero, aplicándole riegos cada tres días durante el transcurso del período que duró el estudio. Las limpias se realizaron al considerarlas convenientes por la presencia de malezas.

3.2. Evaluación de la susceptibilidad a la roya agalladora del pino de tres procedencias de Pinus oocarpa y cinco procedencias de Pinus tenuifolia.

Con el propósito de determinar qué procedencias de P. oocarpa y P. tenuifolia presentaban mayor susceptibilidad a la roya agalladora del pino en el área de estudio, se evaluaron tres procedencias de la primera especie mencionada y cinco de la segunda.

3.2.1. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar para ambas procedencias en forma independiente para cada una. La unidad experimental fue de 25 plantas.

3.2.2. Tratamientos.

Las diferentes procedencias evaluadas en el estudio fueron las siguientes:

Para Pinus oocarpa.

- Procedencia de Vado Hondo, Chiquimula.
- Procedencia de La Lagunilla, Jalapa.
- Procedencia de San José La Arada, Chiquimula.

Para Pinus tenuifolia

- Procedencia de San Cristóbal A.V.
- Procedencia de San Juan Sacatepéquez, Guatemala.
- Procedencia de La Unión, Salamá, B.V.
- Procedencia de San Jerónimo, B.V.
- Procedencia de Cobán, A.V.

3.2.3. Aleatorización.

Después de efectuado el sorteo, la la ubicación de las procedencias en el vivero, quedó como se muestra en el Cuadro 2 para P. oocarpa y como se muestra en el Cuadro 3 para P. tenuifolia.

Quadro 2. Distribución de los tratamientos para la evaluación de la susceptibilidad de tres procedencias de P. oocarpa.

| R E P E T I C I O N E S | | |
|-------------------------|----|-----|
| I | II | III |
| C | B | A |
| A | B | C |
| C | B | A |
| A | C | B |
| A | B | C |

A = Procedencia de La Lagunilla, Jalapa.

B = Procedencia de Vado Hondo, Chiquimula.

C = Procedencia de San José La Arada, Chiquimula.

Quadro 3. Distribución de los tratamientos para la evaluación de la susceptibilidad de cinco procedencias de Pinus tenuifolia.

| R E P E T I C I O N E S | | | | |
|-------------------------|----|-----|----|---|
| I | II | III | IV | V |
| D | C | A | E | B |
| A | C | B | E | D |
| E | B | D | A | C |
| B | D | A | E | C |

A = Procedencia de San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

B = Procedencia de La Unión, Salamá, B.V.

C = Procedencia de San Jerónimo, B. V.

E = Procedencia de Cobán, A.V.

3.2.4. Variables respuesta.

La variable respuesta a evaluar en las procedencias de las dos especies de pino fue el número de plantas que mostraron el daño ocasionado por la enfermedad expresado en la base y/o a lo largo del tallo. Se tomaron también cinco plántulas al azar que presentaban deformaciones en la base del tallo para ser sometidas a cortes histológicos con el propósito de determinar la presencia del patógeno por medio de tinciones y observaciones al microscopio.

3.2.5. Análisis estadístico.

No se efectuó análisis estadístico debido a que nueve meses después de establecido el vivero, los diferentes tratamientos no presentaron síntomas de la enfermedad.

Los engrosamientos que presentó *P. oocarpa*, se deben al desarrollo de estructuras de almacenamiento, lo cual se constató con la observación de cortes histológicos.

3.2.6. Manejo del experimento.

Las plántulas de ambas especies de pino fueron sembradas en un semillero de acuerdo a lo indicado en el sorteo al azar para la aleatorización de cada experimento. Después de cuatro semanas, manteniendo su ubicación, fueron colocados en el vivero. Cada unidad experimental estuvo constituida por 25 plántulas.

Las labores culturales principales fueron riegos y control de malezas a lo largo del período de ejecución del estudio.

3.2.7. Cortes histológicos.

Para la observación de haustorios, se efectuaron los pasos siguientes: Con el auxilio del micrótopo se efectuaron cortes a los engrosamientos de tallos de pino y así mismo, se hicieron cortes a las agallas. Después de haber obtenido los cortes, se colocaron en una solución de alcohol etílico para poder seleccionar el mejor corte haciendo uso del estereoscopio. Luego de seleccionado el corte, se trasladó a la mezcla de hidrato de cloral y fucsina ácida, con el propósito de separar la resina contenida en el tejido,

procediéndose luego al montaje para observación en el microscopio.

Para la observación de cortes de los engrosamientos se llevó a cabo el mismo procedimiento, a excepción de la tinción, para este caso se utilizó lugol.

3.3. Estudio sobre la dinámica de la enfermedad.

3.3.1. Selección de árboles de pino y toma de datos.

Se seleccionó un área en la cual la incidencia de la roya agalladora es alta y existen los hospedantes de la misma. Se llevó a cabo la identificación de especies del género *Pinus*. Para la ubicación dentro del bosque, se tomó un punto base para radiar con el auxilio de una brújula y una cinta métrica cada muestra que iba a intervenir en la toma de datos.

El marcaje de ambas especies se hizo con pintura de hule, utilizando una clave para identificar cada uno de los árboles a estudiar.

De las muestras seleccionadas, se colectaron ramas, hojas y frutos, los cuales sirvieron para identificar las especies. Esta actividad se efectuó en el herbario de la Facultad de Agronomía.

Se seleccionaron 10 agallas provenientes de nuevas infecciones, observándose a lo largo del estudio (noviembre de 1987 a diciembre de 1988) para determinar su ritmo de desarrollo. Se tomaron datos cada 15 días, de noviembre de 1987 a julio de 1988 y cada mes, de agosto a diciembre de 1988, usando una boleta especial en la cual se estableció la forma, tamaño y el estado de las agallas (crecimiento, picnia, aecio). Ver apéndice 1.

3.3.2. Selección de especies de encino y toma de datos.

Se realizó un caminamiento en el bosque, se identificaron y seleccionaron las especies encontradas, colectando para tal efecto, ramas, hojas

y frutos para su identificación en el herbario de la Facultad de Agronomía. Las especies encontradas en el bosque fueron: Quercus sapotaefolia Liebm y Quercus skinerii Benth.

Luego se procedió al marcaje con pintura a 5 plantas por especie encontrada, marcando además dos ramas por árbol de encino y en cada rama se tomaron lecturas sobre 5 hojas de cada una de las tres secciones de la rama (hojas jóvenes, hojas intermedias y hojas maduras).

Los datos se tomaron cada 15 días, durante el período de noviembre de 1987 a julio de 1988 y cada mes, a partir de agosto a diciembre de 1988, utilizando una boleta especial (ver apéndice 2). Para su registro se tomaron los datos siguientes: Porcentaje de área foliar afectada por uredios y teliosporas.

Aprovechando las mismas muestras de encino a los cinco árboles de cada una de las especies (Q. sapotaefolia y Q. skinerii) se procedió a observar el estado de desarrollo que presentaban las ramas en relación a la emergencia de yemas foliares, crecimiento de meristemo terminal y el final del crecimiento foliar. (Ver

apéndice 3). Dichos datos fueron observados a partir del mes de noviembre de 1987 al mes de julio de 1988, cada 15 días.

3.3.3. Registro climatológico del área de estudio.

Las condiciones climatológicas del área bajo estudio fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), por medio de la estación localizada en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, que es la más cercana al área de estudio. De noviembre de 1987 a diciembre de 1988, se obtuvieron datos de temperatura y humedad relativa en promedio mensual, así como de precipitación acumulada mensual. Estos datos fueron utilizados para relacionarlos con el comportamiento de la enfermedad.

La relación se graficó en función de la precipitación y la temperatura con las épocas de producción de los diferentes estadios de la enfermedad y la época de brotación y crecimiento del área foliar de los encinos.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Evaluación de la susceptibilidad de nueve especies de pino a la roya agalladora.

El comportamiento de las nueve especies de pino fue similar en cuanto a la susceptibilidad. La enfermedad no se manifestó nueve meses después de establecido el vivero en las especies evaluadas.

La susceptibilidad es expresada por la manifestación de agallas adheridas a la base del tallo y/o a lo largo del mismo a nivel de las ramas jóvenes e incluso dentro de las mismas ramas jóvenes.

En la observación realizada durante el mes de julio de 1988, después de haber transcurrido nueve meses de sembradas las plántulas, no hubo evidencia de la enfermedad, únicamente se observaron engrosamientos simétricos en la base del tallo en las especies de Pinus oocarpa, P. caribaea y P. rudis. Plantas de estas especies con engrosamientos fueron llevados al laboratorio para detectar la presencia de la enfermedad por medio de la observación de haustorios. En las observaciones efectuadas sobre los cortes no se observaron haustorios, lo cual indica que los mismos son debidos a la formación de estructuras de almacenamiento.

En el mes de abril, dieciocho meses después de establecido el vivero, se determinó la presencia de agallas a lo largo del tallo, habiendo sido afectadas las especies de *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanni*, *P. ayacahuite*, *P. taeda* y *P. elliottii*.

A las agallas encontradas a lo largo del tallo se les realizaron cortes con el micrótopo para observarlas al microscopio, las cuales revelaron la presencia de haustorios, confirmando en este caso de que las agallas son causadas por la roya agalladora del pino. De igual manera se encontraron agallas adheridas a los engrosamientos simétricos, se hicieron cortes de las mismas; al observar éstos en el microscopio, se encontraron haustorios. En los engrosamientos propiamente dichos no se encontraron estructuras que indicaran que se tratara de roya agalladora, sino por el contrario revelaba la presencia de estructuras de almacenamiento.

El Cuadro 4 muestra el porcentaje de plántulas de cada una de las especies afectadas por la enfermedad dieciocho meses después de establecido el vivero. La especie más susceptible fue *P. caribaea* con 13%, *P. oocarpa* con 5%, *P. tecunumanni* con 3%, *P. rudis* con 2%, *P. ayacahuite* con 2%, *P. taeda* con 2% y *P. elliottii* con 2%.

Cuadro 4. Porcentaje de plántulas afectadas con la roya agalladora del pino.

| ESPECIE | PLANTULAS AFECTADAS (%) |
|----------------------|-------------------------|
| P. <u>caribaea</u> | 13 |
| P. <u>oocarpa</u> | 5 |
| P. <u>tecurumani</u> | 3 |
| P. <u>rudis</u> | 2 |
| P. <u>ayacahuite</u> | 2 |
| P. <u>taeda</u> | 2 |
| P. <u>elliottii</u> | 2 |

Las especies de P. tenuifolia y P. chiapensis no mostraron susceptibilidad a la enfermedad dieciocho meses después de plantadas en vivero. Esto no indica que las especies sean resistentes, pues en el bosque natural en árboles de P. tenuifolia puede observarse agallas producidas por la roya agalladora. Los resultados obtenidos para esta especie indican que la misma no es susceptible en los primeros años de crecimiento.

6.2. Evaluación de la susceptibilidad a la roya agalladora del pino de tres procedencias de P. oocarpa y cinco procedencias de P. tenuifolia.

En la observación realizada nueve meses después de establecido el vivero, no se observaron síntomas de la roya agalladora en

plántulas de *P. oocarpa*. En esta especie los engrosamientos observados en la base del tallo constituyen estructuras de almacenamiento, lo cual fue confirmado con cortes histológicos. La presencia de estas estructuras en *P. oocarpa* fue reportada inicialmente por Venator (14), quien indica que las mismas son una adaptación evolutiva al fuego o la sequía.

Todas las procedencias presentaron este tipo de estructuras, el porcentaje de las plántulas que manifestaron los síntomas mencionados, por procedencia, se muestra en el Cuadro 5. Las procedencias que mayor porcentaje de estructuras de almacenamiento presentó fue la de Vado Hondo, Chiquimula, con 95% siguiéndole en orden decreciente la procedencia de San José La Arada, Chiquimula con 90% y La Lagunilla, Jalapa con el 70%.

Cuadro 5. Porcentaje de plántulas de *P. oocarpa* con estructuras de almacenamiento por procedencia.

| PROCEDENCIA | Plántulas con estructuras de almacenamiento (%) |
|-------------------------------|---|
| Vado Hondo, Chiquimula | 95 |
| San José La Arada, Chiquimula | 90 |
| La Lagunilla, Jalapa | 70 |

En las cinco procedencias de *P. tenuifolia* evaluadas, ninguna manifestó síntomas de la enfermedad ni engrosamientos en la base del tallo.

6.3. Estudio de la dinámica de la enfermedad.

La roya agalladora del pino (*Cronartium* spp.), posee cinco estadios (picnium, aecium, uredium, telium y basidium) los cuales se presentan en diferente época, de acuerdo a las condiciones climatológicas que se manifiestan en el lugar en que se desarrolla la enfermedad. Los estadios de uredium, telium y basidium se manifiestan en el hospedante primario y los estadios de picnium y aecium en el hospedante secundario. Para el caso de la roya agalladora del pino, las especies de encino constituyen el hospedante primario y las especies de pino los hospedantes secundarios.

6.3.1. Dinámica de la roya agalladora del pino (*Cronartium* spp.).

En relación a la dinámica de la enfermedad, el estadio de telium se observó desde la cuarta semana del mes de noviembre de 1987 hasta la tercera semana del mes de abril de 1988, presentándose en mayor cantidad en el mes de diciembre de 1987.

El estadio de uredium se observó desde la cuarta semana del mes de diciembre de 1987 hasta la cuarta semana del

mes de marzo de 1988, observándose mayor cantidad en el mes de enero de 1988.

Las observaciones anteriores fueron realizadas en los hospedantes principales (encinos), en donde la especie más susceptible fue Quercus skinerii. Mientras que en Q. sapotaefolia no se observaron síntomas de la enfermedad a lo largo del estudio.

La mayor incidencia de teliosporas fue observada en las posiciones dentro de las ramas en hojas maduras e intermedias. Y los uredios se manifestaron con mayor frecuencia en las hojas intermedias siguiendo la frecuencia en hojas jóvenes y no se presentaron en hojas maduras. Los resultados observados están acorde a lo reportado por Snow y Roncadori (12) para la roya fusiforme en los Estados Unidos.

El estadio de picnium se pudo observar en P. oocarpa desde la cuarta semana del mes de diciembre de 1987 hasta la tercera semana del mes de abril de 1988.

En P. tenuifolia el estadio de picnium se observó desde la cuarta semana del mes de noviembre de 1987 hasta la tercera semana del mes de junio de 1988.

El estadio de aecium se pudo observar en *P. oocarpa* desde el final de la segunda semana del mes de mayo de 1988 hasta la tercera semana del mes de junio del mismo año.

En *P. tenuifolia*, el estadio de aecium se observó desde el final de la segunda semana del mes de mayo de 1988 hasta principios de la segunda semana del mes de julio de 1988.

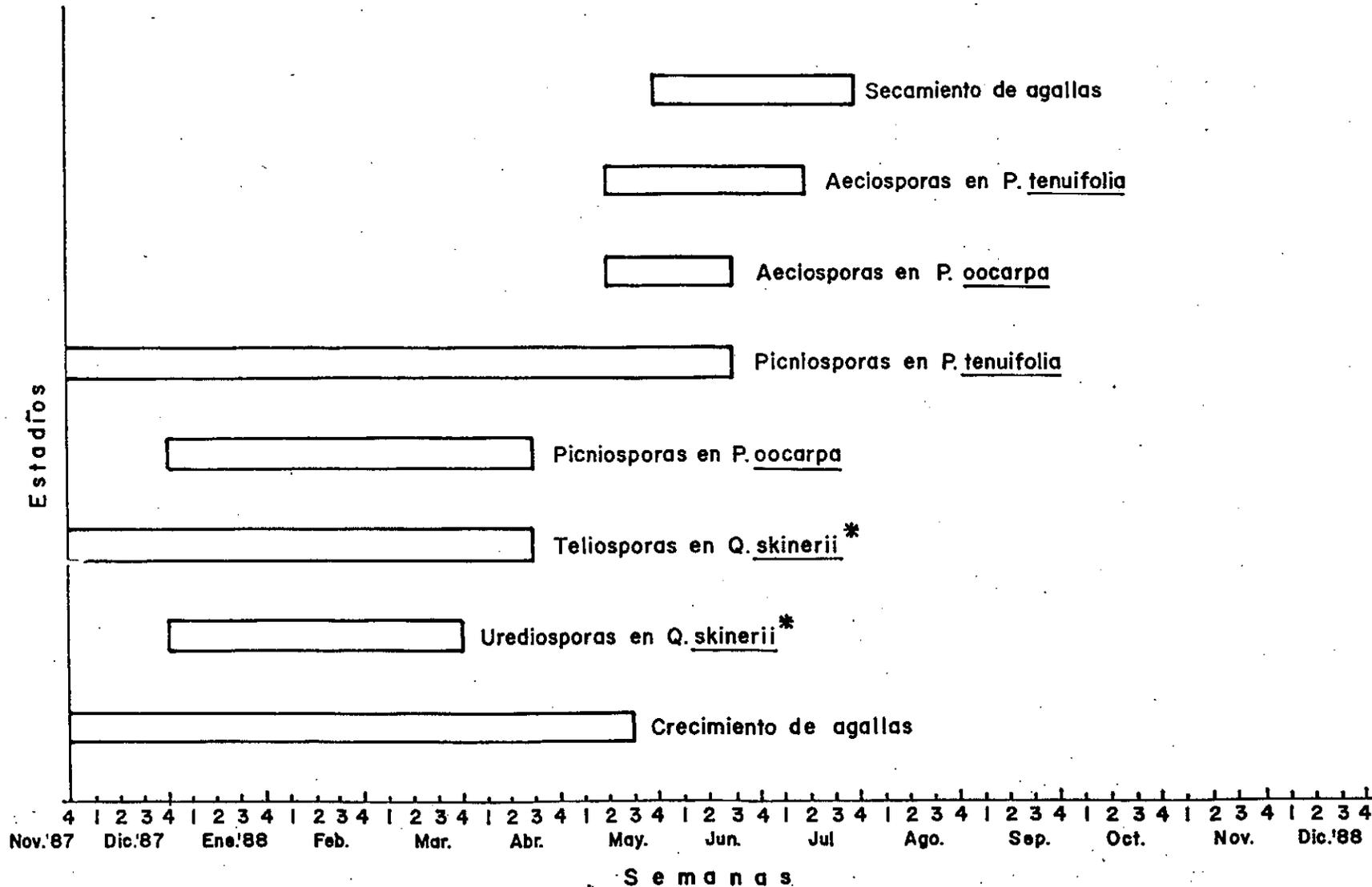
El crecimiento de las agallas seleccionadas se observó desde el mes de noviembre de 1987 hasta la tercera semana del mes de mayo de 1988.

Sin embargo, se puede decir que las agallas no tienen una época determinada de crecimiento, observaciones hechas en las agallas en áreas vecinas a la del estudio estuvieron en crecimiento a lo largo del período de observación. Esto coincide con lo reportado por Estrada Rodríguez, J. R. (4).

El secamiento de las agallas seleccionadas se observó desde la cuarta semana del mes de mayo hasta la cuarta semana del mes de julio de 1988. La manifestación de los estadios de la roya agalladora del Pino (*Cronartium* spp.) durante el período de estudio se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Manifestación de los estadios de la roya agalladora del pino (Cronartium spp.), durante el período de noviembre de 1987 a diciembre de 1988



* No se observaron estructuras en Q. sapotaefolia

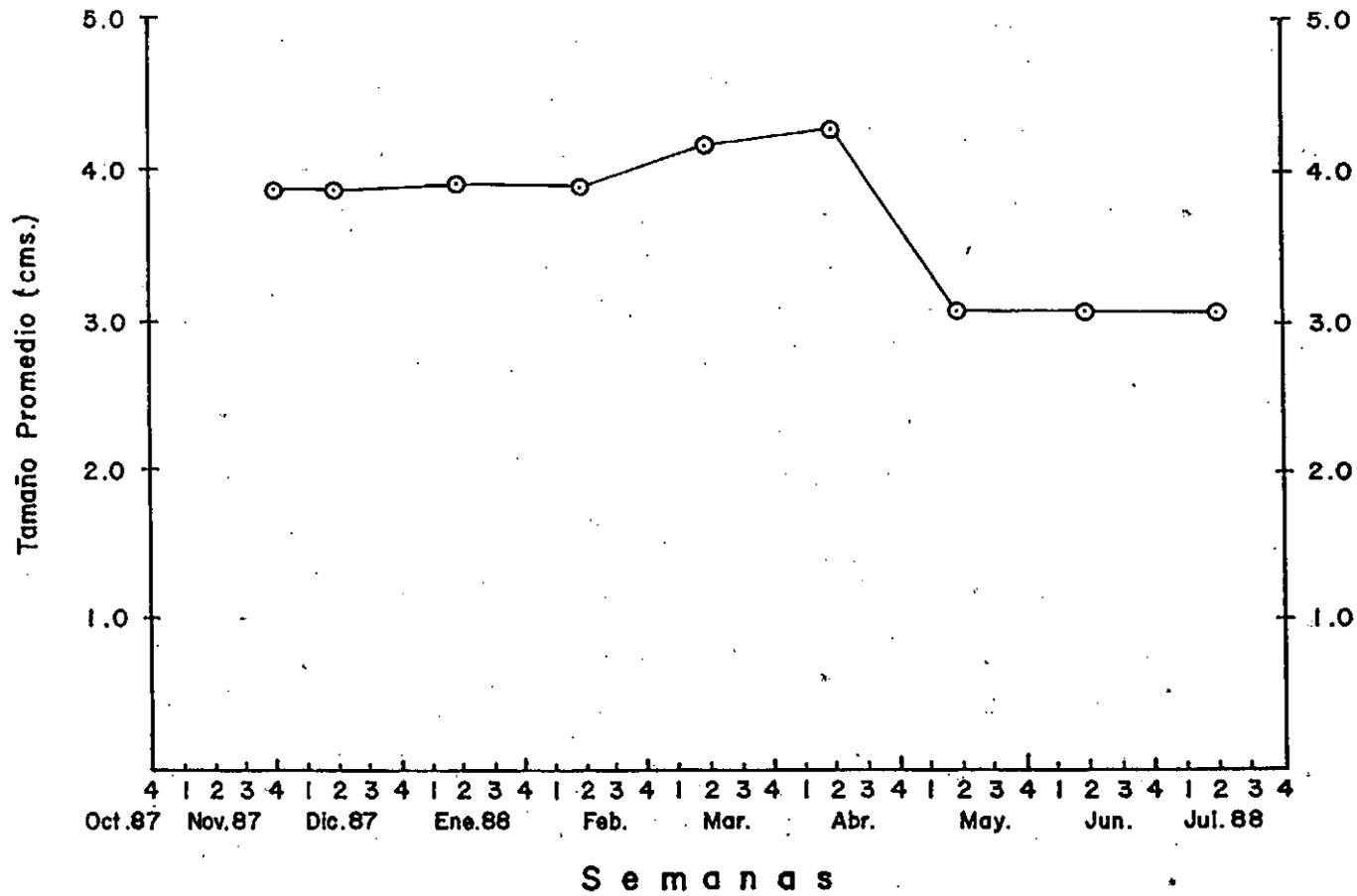
6.4. Comportamiento de las agallas en relación a tamaño y forma.

El tamaño de las agallas expresado en su ancho, varió desde 3.4 a 4.3 centímetros promedio. Se manifestó en cada agalla, en crecimiento seleccionada, un incremento gradual de crecimiento hasta el mes de mayo de 1988; a partir de este mes se observó una disminución en tamaño. El comportamiento del crecimiento y disminución del tamaño estuvo acompañado por la manifestación del estadio de aecium, incremento de la humedad por las lluvias y la presencia de hormigas, las cuales construyen galerías en la agalla.

Las formas encontradas al inicio en cada agalla se mantuvieron constantes a lo largo del estudio. Las formas más comunes encontradas fueron arriñonadas, cerebroides y redondas. El comportamiento de las agallas en relación al tamaño se muestra en la Figura 2.

Figura 2

Crecimiento de agallas durante el período del estudio (tamaño promedio del ancho en cms.)



6.5. Control de brotación en encinos.

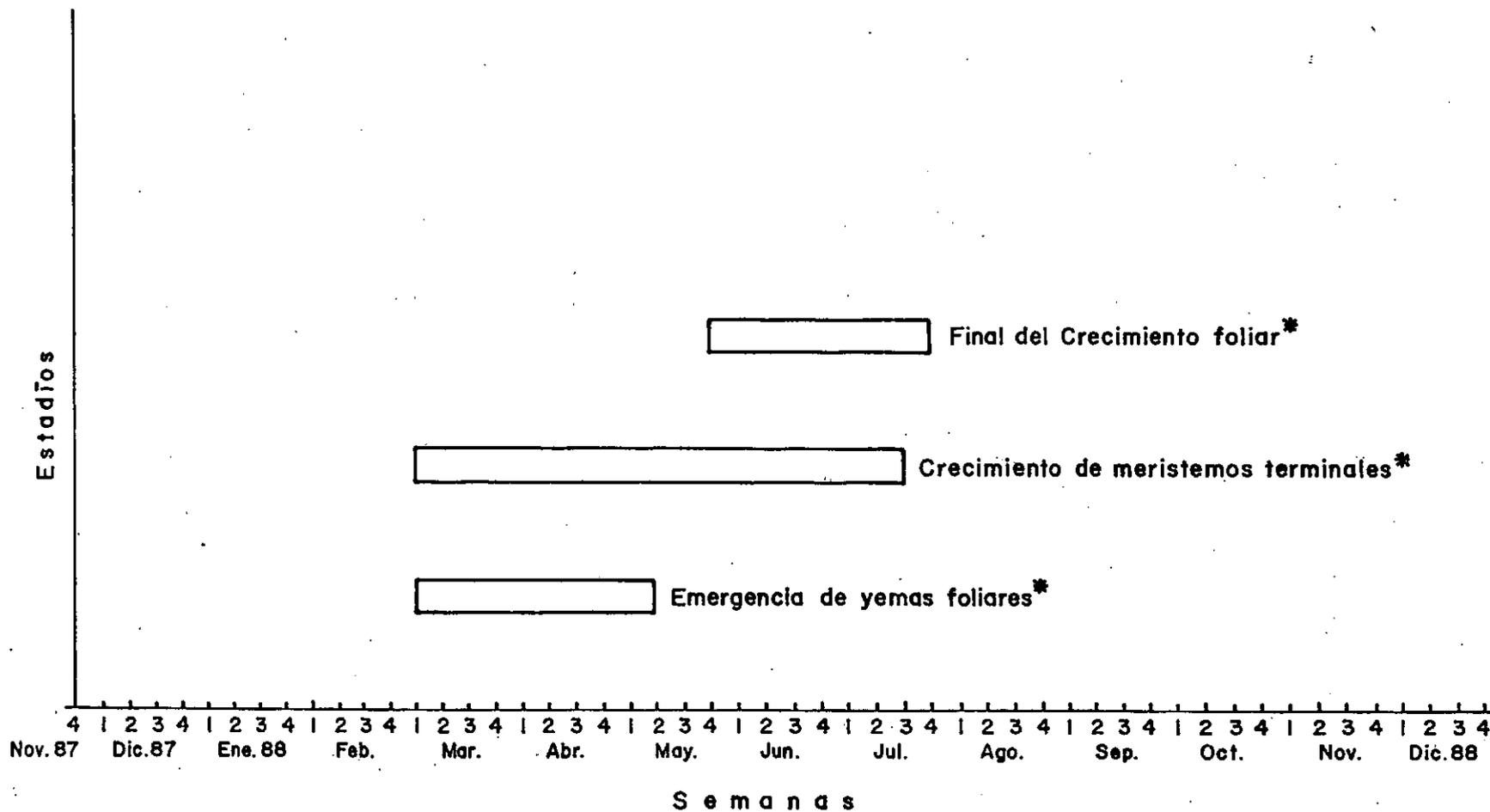
La emergencia de yemas foliares para las dos especies en estudio, Quercus skinerii y Q. sapotaefolia, dio inicio a partir de la primera semana del mes de marzo de 1988 a la segunda semana del mes de mayo de 1988. En Q. sapotaefolia se observó en muy pocas ramas.

Antes de la emergencia de yemas foliares, se observó defoliación en ambas especies de encino, iniciándose en la última semana del mes de febrero de 1988 y finalizó en la última semana del mes de mayo de 1988.

El crecimiento de meristemas terminales se observó para ambas especies desde la primera semana de marzo de 1988 a la tercera semana del mes de julio de 1988.

El final del crecimiento foliar de las especies seleccionadas, se observó de la cuarta semana del mes de mayo de 1988 a la cuarta semana del mes de julio del mismo año. La brotación y crecimiento de Quercus skinerii y Q. sapotaefolia se muestra en la Figura 3.

Figura 3
 Brotación y crecimiento de *Q. skinerii* y *Q. sapotaefolia*



* Para ambas especies

6.6. Relación entre temperatura, precipitación y humedad relativa con brotación, crecimiento foliar de encinos y estadios de la roya agalladora.

La brotación en las especies de encino, *Q. skinnerii* y *Q. sapotaefolia*, fue precedida por una defoliación que se produjo debido a los bajos niveles de humedad y un incremento de la temperatura. Esto provocó déficit de agua en la planta. Con el incremento de la precipitación a partir de la primera semana del mes de marzo de 1988 se observó la brotación de las yemas foliares, así como el crecimiento del meristemo terminal. En la cuarta semana de julio se observó la finalización del crecimiento foliar en las plantas observadas. Las figuras 4 y 5 muestran la temperatura, precipitación, humedad relativa y la brotación y crecimiento en las especies de encino observadas.

El estadio de aecium se observó en *P. oocarpa* y *P. tenuifolia* a partir de la segunda semana del mes de mayo de 1988, la presencia de este estadio estuvo acompañada por una disminución de la temperatura promedio mensual y un incremento de la precipitación. Las altas temperaturas que ocurren en los meses de marzo y abril pueden constituir factores condicionantes para la presencia del estadio mencionado.

En la roya fusiforme del sur de los Estados Unidos, el factor condicionante para la presencia del estadio de aecium lo constituye la baja temperatura, en los meses de diciembre a febrero, manifestándose cuando la temperatura incrementa en los meses de marzo y abril (3, 10).

El estadio de uredium se observó en los meses de diciembre de 1987 a marzo de 1988, en estos meses la precipitación fue baja. El valor máximo alcanzado fue de 12.2 mm. en el mes de marzo.

Con el incremento de la temperatura en los meses que se presentó el estadio de uredium, asociado con el déficit de humedad, se provocó la defoliación, con la cual las hojas que presentaban urediosporas cayeron. La defoliación observada marcó el final del estadio de uredium.

El estadio de telium se observó desde el mes de noviembre de 1987 al mes de abril de 1988. La presencia de este estadio estuvo asociada a una baja precipitación y un incremento de la temperatura. Al igual que el estadio de uredium, la defoliación marcó el final del estadio de telium. Previo a la caída de las hojas, después de desaparecer el estadio de uredium, se observó la presencia del estadio de telium.

No se observaron nuevas infecciones en el pino durante el período.

de estudio, esto probablemente se debió a que la humedad relativa estuvo baja (alrededor de 75%) durante el período de presencia del estadio de telium, lo cual no contribuyó a la no germinación de las basidiosporas producidas en las telias, sobre el hospedante alterno.

Después de la liberación de aeciosporas, no se observó la manifestación del estadio de uredium. Esto probablemente se debió a que la humedad relativa se mantuvo alrededor del 80% y para la germinación de las aeciosporas sobre el hospedante principal es necesario tener la atmósfera saturada, como mínimo por 24 horas.

Producto del incremento de la humedad, provocada por la precipitación pluvial, se observó la pudrición de las agallas que produjeron aeciosporas. Las figuras 4 y 5 muestran la relación entre la temperatura, precipitación, humedad relativa y los estadios de la roya agalladora.

Figura 4

Relación de temperatura y humedad relativa con brotación y crecimiento de encinos y estadios de la roya agalladora del pino (*Cronartium* spp.)

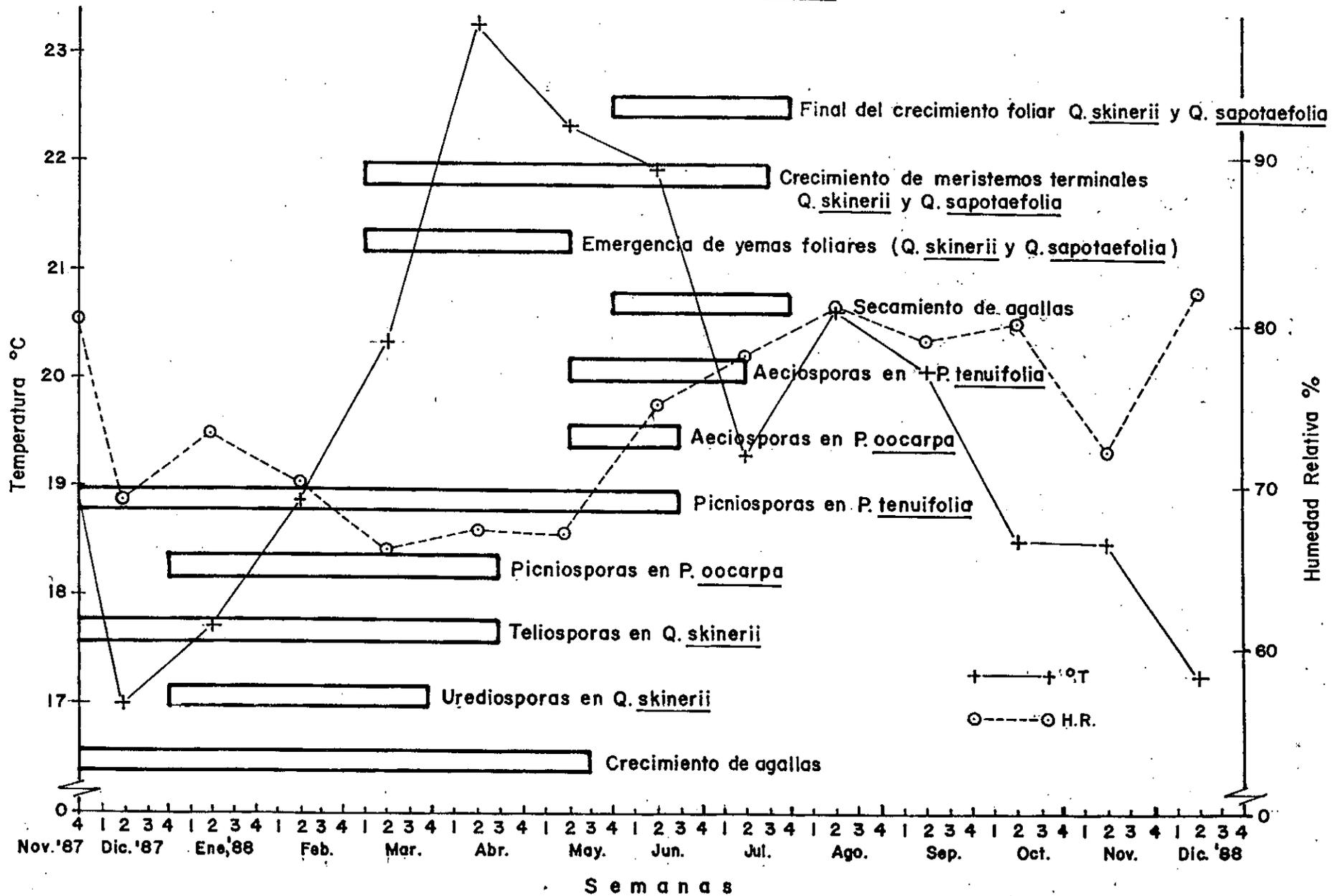
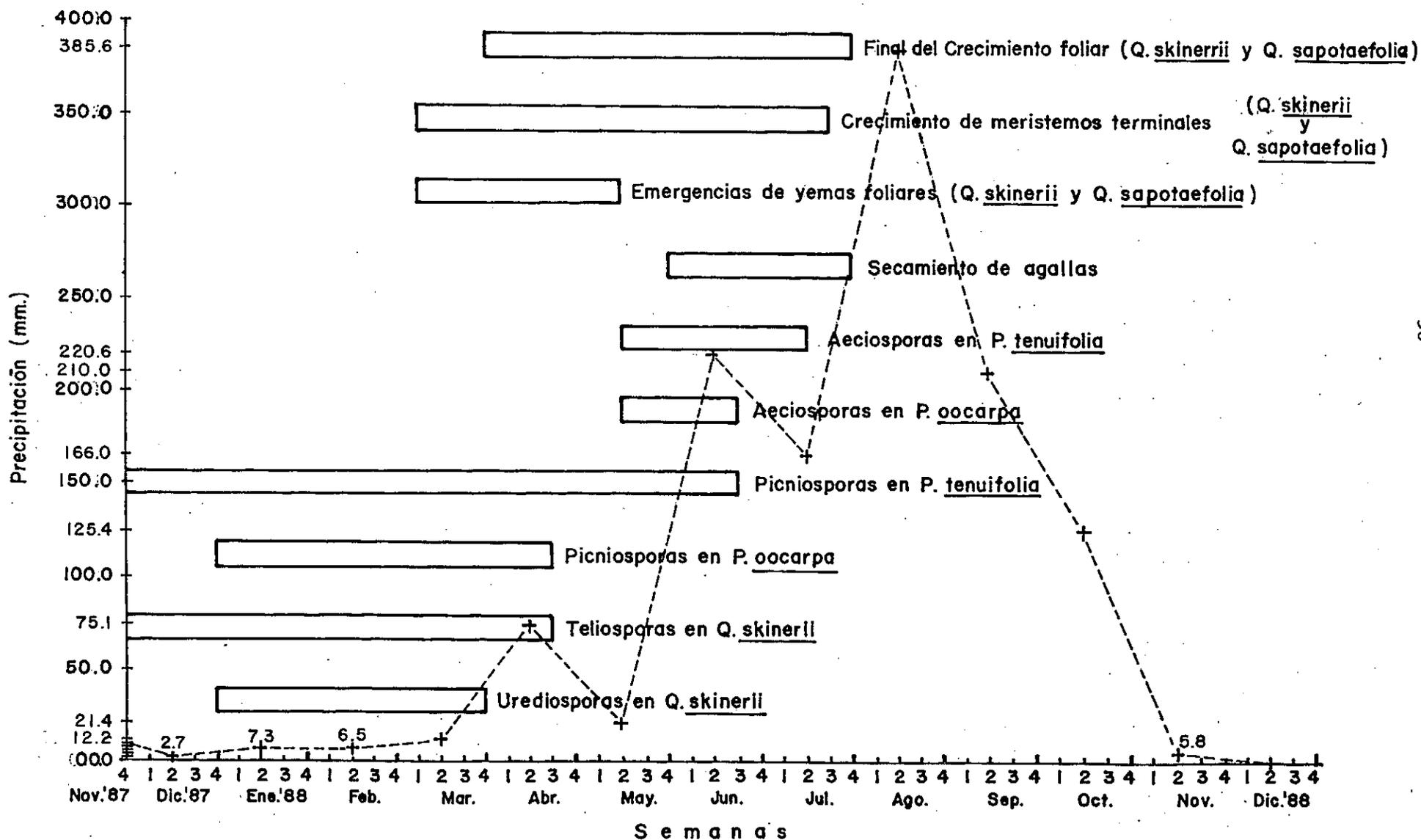


Figura 5

Relación de la precipitación con brotación y crecimiento de encinos y estadios de la roya agalladora del pino (Cronartium spp.)



VII. CONCLUSIONES

1. En el área de la aldea de Las Anonas, Salamá, Baja Verapaz, a pesar de ser una zona en donde se han reportado daños provocados por la roya agalladora, sí se pueden establecer viveros con especies de pino.
2. Las especies *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii*, *P. rudis*, *P. ayacahuite*, *P. taeda*, y *P. eliottii* son hospedantes de la roya agalladora del pino, observándose en condiciones de vivero bajos niveles de susceptibilidad.
3. Las especies *P. chiapensis* y *P. tenuifolia* son resistentes a la roya agalladora en los primeros estadios de su crecimiento.
4. Las tres procedencias de *P. oocarpa* forman estructuras de almacenamiento en la base del tallo, lo cual puede confundirse con los síntomas de la roya agalladora, mientras que las cinco procedencias de *P. tenuifolia* no manifestaron dichas estructuras ni síntomas de la enfermedad.
5. La brotación y crecimiento de meristemas terminales en las especies de *Q. skinerii* y *Q. sapotaefolia* mostró relación con el incremento de la precipitación.
6. Los estadios de uredium y telium estuvieron influenciados por baja precipitación y alta temperatura y el estadio de aecium por el incremento de la precipitación.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Al establecer viveros con los pinos que mostraron susceptibilidad a la roya agalladora del pino (Cronartium spp.), se debe de tomar en cuenta la presencia de Quercus skinerii en las vecindades, por ser uno de los hospedantes principales de la enfermedad.
2. Se deben efectuar estudios sobre dinámica de la roya agalladora en otras áreas que muestren alta incidencia, para conocer su comportamiento y el efecto del clima sobre la presencia de sus estadios.
3. Se deben hacer estudios para determinar el efecto que tienen las estructuras de almacenamiento en el crecimiento de P. oocarpa, así como determinar la edad a la cual P. tenuifolia muestra susceptibilidad a la roya agalladora.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE G.
Biblioteca Central

IX. BIBLIOGRAFIA

1. BARNARD, E.L. 1983. Insectos y problemas importantes de las enfermedades forestales en Florida. Estados Unidos, Departamento de Agricultura, División forestal. Boletín no. 196-A. p. 63-64, 87.
2. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
3. DWINELL, L.D. 1977. Biology of fusiform rust. In Management of fusiform rust in southern pines. Gainesville, Florida, University of Florida. p. 18-24..
4. ESTRADA, J.R. 1988. Estudio sobre el comportamiento y hospedantes de la roya agalladora del pino (Cronartium spp.) en el municipio de San Juan Sacatepéquez del Depto. de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 21.
5. FLORES, M.A. 1959. Introducción a la patología forestal. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 14.
6. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1976. Diccionario geográfico nacional de Guatemala. 2 ed. Guatemala. t. 1, p. 163.
7. JUAREZ, M.R. 1983. Estudio sobre la roya agalladora del pino (Cronartium quercum f. sp. fusiforme) en plantas de pino (Pinus spp.) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 5.
8. MARTINEZ, M. 1948. Los pinos mexicanos. 2 ed. México, Botas. p. 113-175, 186, 209-213, 232, 300.
9. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (EE.UU.). 1978. Control de plagas y enfermedades de plantas y animales. Trad. por Manuel Aragonés A. 2 ed. México, Limusa. v. 1, p. 49-67, 89-98, 101-119.

10. POWERS, H.R. 1981. Current status and management of fusiform rust on southern pines. Annual Review Phytopathology (EE.UU.) 19:353-371.
11. RODRIGUEZ, E.; FRANCO, E.O. 1987. La roya amenaza con destruir los bosques de Guatemala. Agro, Boletín (Gua.) 2(2):18-19.
12. SNOW, G.A.; RONCADORI, R.W. 1965. Oak leaf age and susceptibility to Cronartium fusiforme. Plant Disease Reporter (EE.UU.) 49(12):972-985.
13. STANDLEY, P.C. et al. 1958. Flora of Guatemala. Chicago, Chicago Natural History Museum. Fieldiana Botany. v. 24, pt. 1, p. 51-55.
14. VENATOR, C.R. 1977. Formation of root storage organs and sprouts in Pinus oocarpa seedlings. Turrialba (C.R.) 27(1):41-45.

Vo. Bo.
Patruillo



X. APENDICE

BOLETA DE CAMPO No. 2

Nombre de la persona que toma los datos: _____

Fecha: _____

Adea: _____ Municipio: _____

Departamento: _____

Altitud: _____ msnm. Precipitación _____ mm. Temperatura _____ °C

Humedad relativa: _____ % anual

Hojas jóvenes

Rama No. _____

| Hoja No. | UREDIOS | TELIOSPORAS | Observaciones |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| | % de Area foliar afectada | % de Area foliar afectada | |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

Hojas intermedias

| Hoja No. | UREDIOS | TELIOSPORAS | Observaciones |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| | % de Area foliar afectada | % de Area foliar afectada | |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

Hojas maduras

| Hoja No. | UREDIOS | TELIOSPORAS | Observaciones |
|----------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| | % de Area foliar afectada | % de Area foliar afectada | |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA
GUATEMALA, C. A.

27/X/1989

"IMPRIMASE"


ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
DECANO



UNIVERSIDAD DE LA UNIV. DE GUATEMALA
BIBLIOTECA