



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"IZTACALA"

"Distribución Topográfica de Roya en Pinos en el
Cerro Telapón, Estado de México".

TESIS PROFESIONAL

Que para optar al Título de:

BIOLOGO

Presenta:

José Francisco Reséndiz Martínez



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El presente trabajo se efectuó en una área experimental forestal en Río Frío, Estado de México, correspondiente al Centro Experimental Forestal de la Región Central, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, bajo la Dirección del Profesor Rodolfo Salinas Quinard, a quien el autor hace patente su reconocimiento.

A mis padres con cariño y respeto, porque gracias a sus esfuerzos, sacrificios y consejos ha sido posible alcanzar esta meta.

A mis hermanos, porque este esfuerzo sirva de alguna forma, para el cumplimiento de sus metas.

Con cariño a Constanza, la compañera de mi vida, por su apoyo, motivación y paciencia.

A G R A D E C I M I E N T O S

El autor manifiesta su agradecimiento: A las Autoridades del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, por el apoyo material y humano que facilitaron para la realización de este trabajo. Al Ing. Carlos E. González Vicente, Subdirector General. Al Biol. Luciano Vela Gálvez, del Departamento de Protección Forestal, por su ayuda y orientación para conducir el análisis estadístico de los datos. Al M. en C. José C. Boyás Delgado, por su valiosa asesoría en el curso del tratamiento estadístico del trabajo. A los señores José Luis - Martín Rodríguez, Balbino Valencia Monzón y Roberto Villanueva Melgoza, por su auxilio en la toma de datos de campo. A la Sra. Luz Ma. Méndez Olvera, por la transcripción de manuscritos, y a todos los maestros y compañeros, que de alguna manera contribuyeron en la elaboración y revisión del trabajo.

I N D I C E

	PAG.
RESUMEN	
INTRODUCCION	8
Objetivos	9
Antecedentes	10
MATERIAL Y METODOS	
Descripción del área de muestreo.....	13
Localización	
Topografía	15
Geología	16
Clima	
Suelo	17
Vegetación	
Aspecto fitosanitario	18
Descripción del método de muestreo.....	20
Muestreo por transectos	
Aspectos de la epidemiología	22
Caracterización ambiental	23
Anotaciones florísticas	26
Perfiles ecológico e índice	
RESULTADOS	32
DISCUSION	65
CONCLUSIONES	79
GLOSARIO	82
BIBLIOGRAFIA	86

R E S U M E N

El conocimiento que se tiene en México acerca de aspectos biológicos y ecológicos de la roya en pinos es escasa, por lo que aquí se presenta información referente a la distribución topográfica de la roya en pinos en el Cerro Telapón, Estado de México. En donde se anotaron datos sobre aspectos de la epidemiología, relación de algunos factores ambientales (altitud, pendiente, exposición y cobertura) con la incidencia de la roya, y el posible papel que juega la vegetación en la propagación de la enfermedad.

Se utilizó el método de muestreo por transectos altitudinales, estableciéndose sitios de muestreo y observación cada 100 metros de altitud. De esta manera se fijaron 6 transectos, con 86 sitios en total. La información obtenida se analizó mediante el tratamiento estadístico conocido como Perfil Ecológico e Índice, el cual relaciona a los factores ambientales con la incidencia del patógeno, así como también a la vegetación.

De esta manera se determinó que Pinus hartwegii fue la especie de pino definitivamente receptiva al ataque de la roya, en sus diferentes estructuras, siendo las más dañadas los conos y en grado menor las ramas y tallos; así mismo, este daño puede estar relacionado con la interacción de otros factores, como los incendios y plagas.

El hecho de haberse encontrado la mayor incidencia del patógeno sobre conos y tallos, predominantemente en hospederos sobremaduros, sugiere

un estado de declinación o decadencia del pinar, en la zona de muestreo.

La determinación genérica de la roya, correspondió a Cronartium, sin llegarse a especie, principalmente debido a la carencia de bases taxonómicas; por la falta de hallazgos de infecciones en Quercus sp., que es el huésped intermediario para Cronartium conigenum o de Cronartium quercuum que se reporta en México, aunque no se excluyen posibilidades de que el huésped intermediario pueda ser alguna otra especie diferente al encino, tal pudiera ser Alnus firmifolia, Senecio cineroides, Senecio sinautus, o Salix paradoxa o algún Ribes; otra alternativa se refiere a que se trate de una roya autoica.

Por otra parte se encontró que Cronartium sp. se manifestó con mayor incidencia en el intervalo altitudinal de 3000 a 3300 m. en la época y zona de muestreo, teniendo interacción de la pendiente, exposición y cobertura y siendo probable que la temperatura y humedad sean factores determinantes para la colonización y propagación del patógeno.

I N T R O D U C C I O N

Las royas son un grupo único e interesante de hongos pertenecientes al orden Uredinales de la clase Basidiomycetes, lo cual implica que en su ciclo de vida produzcan basidias y basidiosporas (Ziller, 1974). En su habitat natural son parásitos obligados de plantas, aunque ahora algunas especies son cultivadas en medios artificiales (Cummis y Hiratsuka, 1983).

Las royas se encuentran entre los patógenos de mayor importancia económica, por causar grandes daños a diversas especies de plantas, tanto - en cultivos agrícolas y ornamentales, como en las silvestres, siendo ejemplo las royas del cafeto, frijol, haba y clavel; del oyamel, cedro y pino (Agris, 1969).

Para el caso de los pinos, las pérdidas que se registran por la infección de este tipo de patógeno en tallos, es cuantiosa, ya que la pulpa para la fabricación de papel, que se logra obtener de los árboles infectados, es de baja calidad; la madera no es aprovechable cuando los tumores se extienden a lo ancho de los troncos, observándose en los mismos el doblamiento y hasta la ruptura en la porción donde se encuentran las agallas, por el debilitamiento del tejido parenquimatoso; - aparte de que en términos generales el desarrollo de los pinos se ve afectado, pues no logran alcanzar su diámetro y altura normales. Las infecciones en conos por una parte, limitan la producción de semillas, lo que ocasiona una disminución de la regeneración natural del bosque y por lo tanto un alto grado de agotamiento del recurso (Peace, 1962).

En la actualidad se considera que las royas de coníferas en México representan un problema serio como factores de deterioro de ciertas especies vegetales (pinos tanto en bosques naturales como en plantaciones y en algunos viveros); no obstante hacen falta más evaluaciones, que permitan conocer con precisión la extensión y gravedad de los daños causados o que puedan estar causando las royas en bosques de pinos. Además es importante considerar el efecto de la distribución topográfica sobre la propagación del patógeno; es decir su amplitud distributiva - altitudinal, exposición, pendiente y cobertura, así como la influencia de la vegetación del sotobosque, la cual puede propiciar condiciones favorables para su dispersión o intervenir como huésped intermediario. En suma el conocimiento de estos factores permitan delimitar las zonas y sitios favorables y no favorables para la roya. Conforme a estas situaciones, y con apoyo en los antecedentes respectivos, como más adelante se expresan, en el presente trabajo se tienen por objetivos; aportar información sobre la cuantificación de daños en los pinos del Cerro Teplapón, así como determinar la distribución topográfica de la roya en el área de estudio para finalmente establecer posibles correlaciones entre algunos factores ambientales y la incidencia del patógeno, teniéndose la idea de que el trabajo pueda servir de modelo o ejemplo para facilitar la realización de investigaciones similares, en otras condiciones de pinares afectados por royas, en el territorio forestal de México.

ANTECEDENTES

Existe en México escasez de trabajos relacionados con la enfermedad, sobre aspectos de taxonomía, ciclo biológico, anatomía, morfología, fisiología, fenología, ecología, distribución geográfica y particularmente - en relación con el tema que se trata, referido a la distribución topográfica de la roya.

Una revisión de las investigaciones más sobresalientes realizadas en Estados Unidos, consideran las siguientes situaciones; para evaluación de daños ocasionados por roya en ramas de pinos, ha sido utilizado el método de muestreo por transecto (Peterson, 1966) considerando únicamente las exposiciones Norte y Sur; además de establecerse cuatro clases de infección calificadas como temprana, intermedia, avanzada y cercana a la letal. Los datos obtenidos en el muestreo fueron procesados en términos de porcentaje del área basal, concluyéndose que la roya de ramas tiene capacidad de atacar y hasta causar la muerte a varias especies de pinos del grupo Ponderosa. Habiendo reportes no confirmados de infecciones en estos pinos, en bosques del Norte de México.

Estudios sobre comportamiento de la roya en sitios favorables y no favorables y para tener un medio de estimación de la infección en pinos (Van Arsdell et al., 1961) incluyeron datos de exposición, pendiente, tipo de vegetación y número de agallas por árbol. Al hacerse las observaciones correspondientes, se determinó que las pendientes moderadas de 3 a 20% favorecían el desarrollo de la roya, manifestándose mayor incidencia en valles cerrados, en laderas de cerros y en lugares

abiertos que tuviera la indicada característica de pendiente.

Por lo que respecta a México, la revisión de información (Martínez, 1908; Peterson y Salinas 1967) conduce a indicaciones sobre distribución general de la roya por procedimientos meramente exploratorios - en reconocimientos incidentales, llegándose a mencionar hallazgos en pinos duros, como hospederos de Cronartium conigenum; Pinus chihuahuana, P. cooperi, P. durangensis, P. engelmanni, P. hartwegii, P. lawsoni, P. leiophylla, P. lumholtzii, P. michoacana, P. montezumae, P. oocarpa, P. patula, P. ponderosa, P. pseudostrobus, P. rudis y P. teocote. Sin datos sobre su distribución.

Algunos estudios sobre aspectos referidos a la biología de la roya Cronartium sp., y de evaluación del ataque, Eguiluz y Cíbrían (1975) en una plantación de pinos exóticos de las especies Pinus radiata y Pinus halapensis, consideró parámetros como el estado del árbol (vivo o muerto), árbol atacado ("sí" o "no"), posición del tumor (tallos y ramas) y número total de tumores por árbol. Se menciona el hallazgo de numerosos tumores con manifestación de la fase picnial de la roya, en ambas especies de pinos en el mes de octubre; que los árboles atacados - se encontraron vivos en su totalidad; la posición de los tumores en el pino se manifiesta en mayor abundancia en ramas primarias variando numéricamente hasta cinco como máximo, en Pinus halapensis, y cuatro en P. radiata.

En un estudio de dos zonas de regeneración natural de Pinus hartwegii, para determinar situaciones referidas a grado de infestación (Resendiz y Salinas, 1984) consideró datos sobre estado del árbol infectado (vi-

vo o muerto), ubicación de la lesión (tallo y ramas), número de agallas y estado de éstas (nueva, sobremadura y reinfección); se encontraron porcentajes de infección en la primera zona hasta de 10.8% y de 8.3% en la segunda; todos los árboles enfermos se encontraron vivos durante el muestreo; la posición de los tumores en los árboles se manifestó en mayor proporción en tallos, en la primera zona, y en ramas en la segunda; el número de agallas por pino correspondió a cuatro en ramas y una en tallo, en ambas zonas; en cuanto al estado de las agallas, el mayor porcentaje correspondió al de sobremaduras, en ambas zonas; no se tomaron en cuenta datos sobre aspectos ecológicos. El muestreo, por la circunstancia de tratarse de pequeñas áreas fáciles de examinar, fué por examen total de la población de arbolillos de regeneración.

II. MATERIAL Y METODOS

Descripción del área de estudio.

Localización:

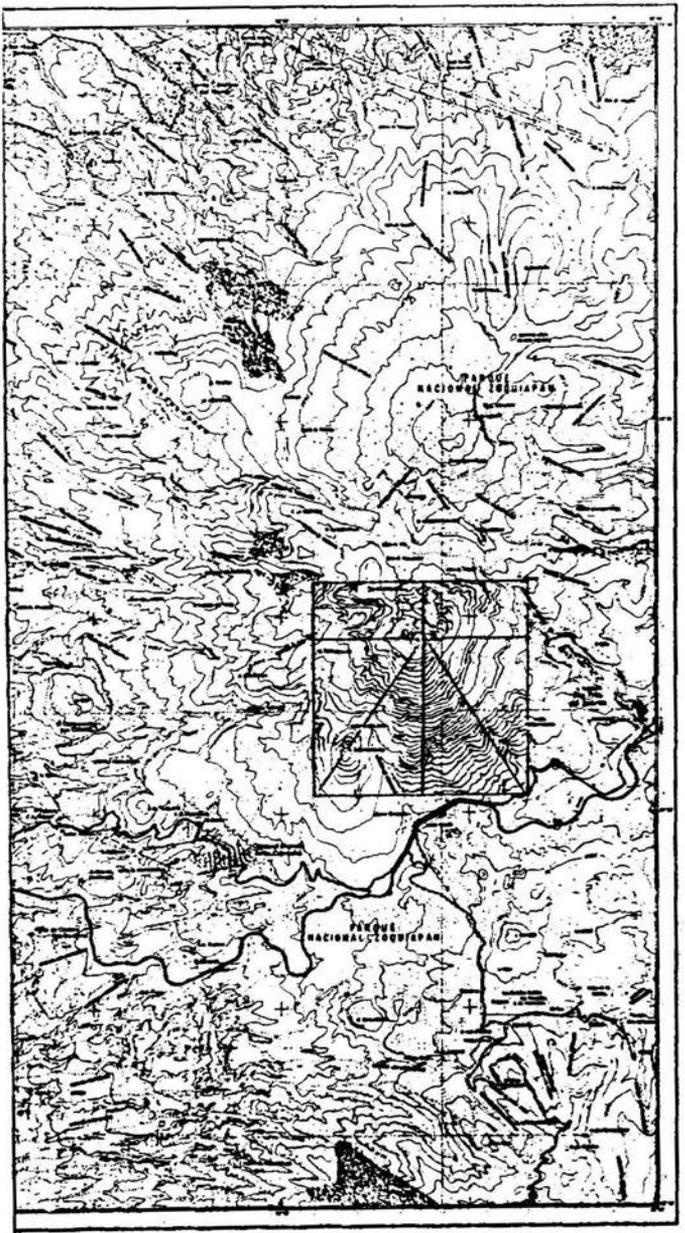
El Cerro Telapón se encuentra ubicado a la altura del km. 62 de la Carretera Federal México-Puebla, dentro del área del Parque Nacional de Zoquiapan, Edo. de México, en la parte limítrofe con el Estado de Puebla, en la zona de la Cordillera Neovolcánica al noroeste del volcán Iztaccíhuatl (Susano, 1981).

Las coordenadas geográficas de esta zona corresponden a los paralelos $19^{\circ}20'12''$ y $19^{\circ}23'28''$ latitud norte y los meridianos $98^{\circ}41'51''$ y $98^{\circ}45'09''$.

El área experimental muestreada corresponde a una extensión de 2000 hectáreas. (Ver mapa).

La descripción más reciente (Susano, aut. cit.) señala la siguiente caracterización topográfica, geológica, climática y edafológica.

Mapa que muestra la ubicación de la zona de muestreo.



Reducción de Mapa Escala 1:50,000.

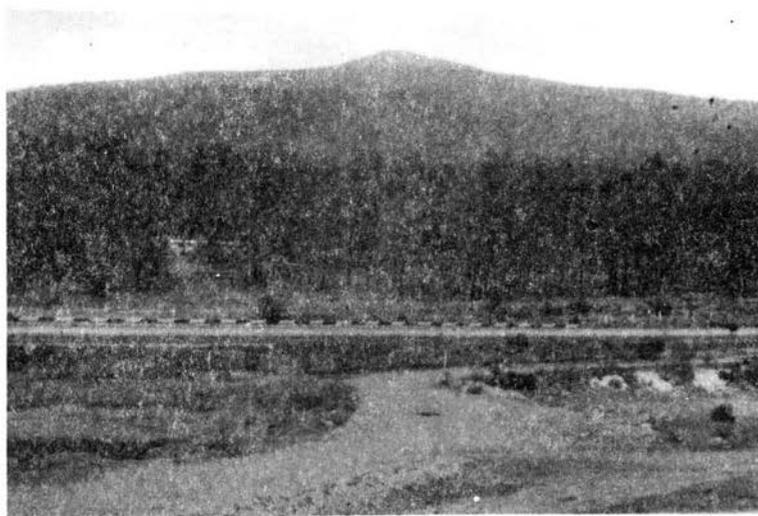


Foto 1. Panorámica general del área de muestreo (Cerro Telapón)

Topografía.

El relieve predominante en la zona es montañoso, con excepción de los llanos intermontanos. En general el Cerro Telapón presenta una exposición norte, pero dentro del mismo se encuentran exposiciones variables que llegan a constituir diferente microhabitats. Las pendientes varían desde 2% hasta más del 50%.



Foto 2. Aspecto topográfico predominante en el área de muestreo.

Geología.

El área de estudio se encuentra ubicada en la zona montañosa conocida como Sierra Nevada, geológicamente correspondiente a la era cenozoica media volcánica. Se puede decir en forma general que las rocas son andesitas de hiperstena y hornblenda de la formación tarango inferior, con horizonte de pomez y tobas volcánicas de la era plioceno, período cuaternario.

Clima.

Los datos climatológicos registrados en la estación meteorológica de Río Frío, localizada a 3300 msnm. y a una distancia de 7 km. del área muestreada definen al clima como templado subhúmedo (Cwibg), con lluvias en verano; precipitación media anual sumando 1169 mm, de abril a octubre y disminuye en los meses restantes; temperatura máxi-

ma entre los meses de julio a agosto, mínima en noviembre a febrero; y media anual de 11.1°C.; humedad relativa media anual de 49.4%; vientos predominantemente provenientes del sureste; velocidad media anual de 2.7 m/seg. con granizadas generalmente de corta duración pero intensas, ocurriendo entre los meses de abril a septiembre; nevadas generalmente en los meses de enero a marzo.

Suelo.

Los suelos del sistema orográfico de la Sierra Nevada se clasifican ricos en materia orgánica y derivados de cenizas volcánicas, teniendo alto contenido de N, Ca, y Mg., con bajo contenido de P. Se consideran en general perteneciendo al grupo andosoles y al orden lceptisol, poseedores de alta capacidad de retención de humedad y baja estabilidad aunque con buena porosidad y aereación debido a su textura dominante franco-arenosa, sin estructura definida o granular fina. Su pH oscila de 5 a 6.5.

Vegetación.

El tipo de vegetación predominante en la zona de acuerdo con una de las referencias más recientes (Obieta, 1978), está constituido por una comunidad de alta montaña, florísticamente pobre, en su mayor parte dominando Pinus hartwegii Lindl., especie que marca el límite altitudinal de la vegetación arbórea. Se citan otras especies arbóreas como Pinus montezumae, P. leiophylla, P. ayacahuite, P. pseudostrobus, Abies religiosa, Cupressus lindleyi y Alnus firmifolia entre otras. El estrato herbáceo se señaló constituido principalmente por Festuca sp., -

Muhlenbergia sp., Stipa sp., Lupinus campestris, Achillea canulosa, -
Penstemon campanulatus, Senecio cinerarioides, Gnaphalium volcanicum, -
Alchemilla procumbens, Geraneum potentillaefolium, Eryngium carlinae y
otras especies más.

Aspecto fitosanitario.

El Cerro Telapón, como otras zonas del Parque Nacional de Zoquiapan, se encuentran sujetas a la acción de diferentes plagas de insectos y agentes de enfermedades (Obieta, aut. cit.; Susano, aut. cit.), entre las primeras destacan por su importancia los descortezadores Dendroctonus adjunctus y D. valens; entre los segundos destacan los muerdagos enanos Arceuthobium globosum y A. vaginatum y la roya de tallos y conos Cronartium sp., materia del estudio.



Foto 3. Infección de muerdago enano (Arceuthobium vaginatum).



Foto 4. Agalla de roya implantada en tallo de Pinus hartwegii.

Descripción del método de muestreo.

Muestreo por transectos.

Al inicio del trabajo de campo fué necesario determinar el tipo de muestreo más adecuado para el Cerro Telapón, con el propósito de determinar la distribución topográfica de la roya en pinos. Para ello se realizó una revisión bibliográfica, encontrándose diferentes tipos de muestreo, cuyo análisis de eficacia permitió la elección del método de muestreo por transectos (Clements 1950).

Para aplicarlo se utilizaron mapas y cartas topográficas con el fin de apreciar condiciones del terreno, y determinar dimensiones y número de transectos factibles de trabajar.

Posteriormente se hicieron recorridos terrestres en diversos lugares de la zona de trabajo, para corroborar los puntos y sitios previstos en los mapas de referencia; además de llevar a cabo la localización de focos de infección por roya y la realización de correlaciones y anotaciones cartográficas.



Foto 5. Panorámica de la delimitación de transectos y sitios de muestreo.

El muestreo por transectos se realizó mediante el trazado y marcado de 6 transectos altitudinales, con exposición Norte, Sur, Este, Oeste, Sureste, Suroeste, respectivamente, iniciándolos a una altitud origen de 3900 m. correspondiente a la cima del Cerro Telapón, para rematar a una altitud promedio de 3050 m. Mediante cinta métrica de 50 m. el - auxilio de estacas y un cordel de 150 m. de longitud, quedaron establecidos 86 sitios para muestreo y observación, con dimensiones de 50x20 m. cada uno y espaciamiento de 50 m. de altitud, sobre cada una de las líneas de los 6 transectos mencionados.

Teniendo como referencia las actividades precedentes, la información a levantar quedó enfocada a los siguientes puntos: Aspectos de la epidemiología, caracterización ambiental, anotaciones florísticas y descripción de los perfiles ecológicos e índice.



Foto 6. Implementos de trabajo, utilizados en el muestreo.

Aspectos de la epidemiología.

Para este aspecto se procedió a contar el número total de árboles en cada sitio de muestreo y observación; considerando el estado de desarrollo de los pinos, con tres opciones a escoger; jóvenes, maduros y sobremaduros.

Fue determinado el número total de árboles infectados, el número de ataques en cada individuo en los sitios de muestreo; identificadas y anotadas las especies de pinos atacadas mediante el auxilio del Laboratorio de Botánica del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.

Correlativamente se realizó una descripción sintomatológica en los pinos hospederos, la que consistió en la toma de datos sobre la forma de las agallas, coloración de su corteza y estado de desarrollo, tomando en cuen

ta en este último caso, cuatro situaciones probables de desarrollo de lesiones, recientes, maduras, sobremaduras y en rebrote; así mismo se determinó la posición de estas lesiones en el arbolado, conforme a una división de órganos (frutos, ramas y tallos) además de anotarse la presencia o ausencia de esporulación. En casos de manifestación de pústulas, se determinó su forma, coloración y presencia de peridio. Para observaciones de morfología microscópica, se recurrió a la confección - de preparaciones de esporas extraídas de pústulas, montadas entre lámina y laminilla con colorante azul algodón-lactofenol, examinados mediante microscopio de contraste de fases, para conocer formas, coloraciones y presencia de ornamentaciones de las esporas.

Por otra parte se hicieron anotaciones sobre observaciones de conurrencia de algunos organismos relacionables en alguna forma en árboles distintos, o en un mismo individuo, en cada uno de los sitios indicados, - tomando como referencia la sintomatología de cada grupo, tal como se resume en el Cuadro 5 de resultados.

Caracterización ambiental

Para este aspecto se determinaron algunos factores ambientales en los - sitios de muestreo y observación previamente seleccionados. Estas determinaciones se asentaron en hojas de registro de campo, definiendolas como:

Altitud.- Se define como la elevación del terreno sobre el nivel del mar. Se determinó mediante altímetro, indicándose en metros.

Pendiente.- Se refirió como la inclinación del plano del terreno y fué

determinada mediante clisímetro, anotándose en porcentaje.

Posición topográfica.- Se consideró referida a la ubicación del sitio respecto a algún elemento del relieve local.

Relieve.- Anotación referida a la ubicación de accidentes fisiográficos generales o locales del área de muestreo.

Microrrelieve.- Se anotó en base a los accidentes fisiográficos, específicamente en cada uno de los sitios de muestreo y observación.

Exposición.- Tomada en terminos de la orientación cardinal del plano de la superficie del terreno donde se localizaron los sitios de muestreo; su denominación se refirió al dato de lectura directa en brújula topográfica.

Humedad del suelo.- Referida a la existente en el suelo del sitio, en el momento de hacer las observaciones. Se determinó de una manera organoléptica (tacto) sobre el suelo, señalándose en el registro de campo, tres posibilidades; seco (SE), húmedo (HU) y muy húmedo (MH).

Agéntes de disturbio.- Los agéntes que supuestamente han actuado y causan disturbio en la vegetación, siendo muy variados, pueden estar actuando aislada o concurrentemente, son por tanto registrables algunos de esos agéntes, refiriéndolos al hombre (Ho), animales (Ani), fuego (Fue), plagas (Pla), enfermedades (Enf) y fenómenos metereológicos (Fe-M).

Grado de perturbación.- Cualquiera que sea la naturaleza de la comunidad vegetal primaria o secundaria, elegida como muestra, existe la probabilidad de que hay diferentes grados o intensidades de cómo actúan los agentes de disturbio, asentándose estas situaciones, para cada sitio, en las formas base para registro de datos de campo, con cuatro posibilidades; no perturbado (Np), perturbado (P) y muy perturbado (Mp).

Cobertura.- Tomada en términos de la proyección vertical del follaje (área de sombra) de la copa sobre la superficie del suelo y se delimitó por medio de una cinta métrica de 20m. indicándose las dimensiones en metros cuadrados.

Para el cálculo de las coberturas, se aplicó la fórmula

$$C = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2$$

Donde:

C = cobertura

π = constante de la circunferencia (3.1416)

d = diámetro

La cobertura arbórea de cada sitio se obtuvo al multiplicar la cobertura calculada de un individuo por el número total de individuos. El porcentaje se determinó aplicando una regla de tres, donde se tomó la superficie del sitio muestreado (SSM), la cobertura total del mismo (CTS) y el 100% correspondiente al porcentaje ideal. Las clases porcentuales utilizadas fueron: 0 a 20, 21 a 40, 41 a 60, 61 a 80, y 81 a 100%. La

fórmula apreciable corresponde a ,

SSM -- 100

CTS -- X

Anotaciones florísticas. De cada sitio de muestreo se anotó el tipo de vegetación y de asociación; además se realizó un levantamiento florístico, registrándose las especies vegetales conocidas, aparte de colectarse muestras botánicas de las plantas no conocidas, las que fueron enviadas al Laboratorio de Botánica del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, para su determinación e incorporación al Herbario (INIF).

Perfiles ecológico e índice. Para la integración de la información obtenida, se elaboraron tablas, donde se agruparon y relacionaron la incidencia de la roya con los factores ambientales y las especies vegetales.

A los datos obtenidos les fueron aplicados los tratamientos estadísticos de Perfil Ecológico (Godron 1965) y del Perfil Índice (Gauthier et al, 1977), que aunque usados normalmente para estudios fitoecológicos, se adoptaron para los requerimientos de este estudio.

En un sentido amplio se entiende por el perfil ecológico la distribución de frecuencias de una especie en función de los grados o clases de la variable; por tanto, este método se aplicó con la finalidad de describir las relaciones entre la incidencia de la roya con los factores ambientales y la vegetación. La tabla 1 ilustra en forma objetiva el concepto:

Tabla 1. Esquema del procedimiento de los perfiles ecológico e índice.

	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5	Clase 6	Forma de cálculo
Perfil de ensamble (NE)	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N
Perfil de frec. absolutas (FA)	FA_1	FA_2	FA_3	FA_4	FA_5	FA_6	$FA = \frac{S(x)}{N}$
Perfil de frec. relativas	FR_1	FR_2	FR_3	FR_4	FR_5	FR_6	$FR = \frac{FA}{NE}$
Perfil de frec. corregidas	FC_1	FC_2	FC_3	FC_4	FR_5	FR_6	$FC = \frac{FA}{NE} \times \frac{S(x)}{N}$
Perfil ponderado	PP_1	PP_2	PP_3	PP_4	PP_5	PP_6	$PP = \frac{CM}{CT} \times FC$
Perfil Índice	Probabilidad de Fisher $P = \frac{ab \cdot cd \cdot ac \cdot bd}{N \cdot a \cdot b \cdot c \cdot d}$						

En esta tabla las anotaciones horizontales representan el factor ambiental estudiado, ejemplo: altitud, exposición, pendiente, etc., y sus límites de clase en que se puede dividir. Las columnas verticales caracterizan a seis perfiles que son:

Perfil de ensamble: Se refiere al número de sitios que se encuentran en cada clase del factor ambiental estudiado y se representa como NE y el número total de sitios muestreados se simboliza como N.

Perfil de frecuencias absolutas: Se define como el número de sitios - donde la roya está presente en cada clase y se denota como FA. Al número total de sitios donde la roya está presente se representa con S (x).

Perfil de frecuencias relativas; Es la relación que resulta al dividir el perfil de frecuencias absolutas (FA) entre el perfil de ensamble (NE) para cada una de las clases del factor ambiental, representándose de la siguiente forma:

$$FR = \frac{FA}{NE}$$

Donde:

FR = perfil de frecuencias relativas

FA = perfil de frecuencias absolutas

NE = perfil de ensamble

Perfil de frecuencias corregidas: Se interpreta como la relación que existe entre la frecuencia relativa de la roya en cada clase del factor ambiental estudiado y la frecuencia relativa en el conjunto de inventarios y se denota:

$$FC = \frac{FA}{NE} \times \frac{S(x)}{N}$$

Siendo:

FC = perfil de frecuencias corregidas

FA = es la frecuencia absoluta, es decir el número de sitios -
donde la roya está presente en cada clase.

NE = número de sitios en cada clase del factor ambiental.

S(x) = se refiere al número total de sitios, donde la enfermedad está presente

N = significa el número total de sitios muestreados.

Perfil ponderado. Es la relación que resulta de dividir el número promedio de ataques del patógeno en cada clase del factor ambiental entre el número promedio total de ataques, multiplicándose el resultado por la frecuencia corregida. Se calcula mediante la fórmula:

$$PP = \frac{CM}{CT} \times FC$$

Donde:

PP = perfil ponderado

CM = número promedio de ataques en cada clase

CT = número promedio total de ataques

FC = frecuencia corregida

Perfil índice. Se establece a partir del cálculo de la probabilidad exacta de Fisher y se utiliza para hacer resaltar con más rigor la ligazón que existe entre la enfermedad y cada uno de los factores ambientales.

Con esta información y mediante tablas de contingencia (Tabla 2) se calcula el grado de significación; es decir, el grado de correlación entre la roya, utilizando la fórmula de la probabilidad exacta de Fisher.

Las tablas de contingencia se utilizan para probar la significación de una diferencia entre dos muestras (ejem: atacados y no atacados), si éstas vienen dadas en términos del número de individuos que se sitúan en una u otra característica:

Tabla 2. Tabla de contingencia

Roya	FACTOR AMBIENTAL		
	Clase (1)	Otras clases	Total
Atacados	a	b	m= a+b
No Atacados	c	c	n= c+d
Total	r= a+c	s= b+d	N=m+n+r+s

Mediante esta tabla es posible conocer, por una parte, la presencia o ausencia del patógeno; por otra, la clase de factor ambiental estudiado. En el ejemplo las literales corresponden a:

a = número de sitios donde la roya se presentó en una de las clases elegidas.

b = número de sitios con roya en las clases restantes del factor ambiental estudiado.

c = sitios muestreados donde no se presentó la roya, en la clase seleccionada.

d = número de sitios donde la enfermedad no se presentó, en las demás clases del factor ambiental.

m = número total de sitios donde la roya está presente.

r = número de sitios de muestreo donde el factor ambiental, se encuentra dentro de la clase.

N = número total de sitios muestreados.

Conforme a las definiciones procedentes, se determinó el grado de aso

ciación entre la roya y los factores ambientales, mediante la fórmula de la probabilidad de Fisher, cuyos valores llenan el renglón designado como Perfil Índice, en la Tabla No. 1 y se calcula mediante la fórmula:

$$P = \frac{(a+b) ! (c+d) ! (a+c) ! (b+d) !}{N_i a_i ! b_i ! c_i ! d_i}$$

Los niveles de significancia tienen como finalidad establecer o indicar el grado de significación que ocurre entre los factores del ambiente y el patógeno. Los niveles utilizados fueron conforme a la siguiente denominación:

- + = 0.02 a 0.05 ó debilmente significativo
- ++ = 0.01% ó regularmente significativo
- +++ = menor de 0.01% ó altamente significativo

- = 0.02 a 0.05% ó debilmente significativo
- = 0.01% regularmente significativo
- = menor de 0.01% altamente significativo

cuyo simbolismo significa que una relación positiva (+, ++, o +++) ocurre cuando el factor ambiental estudiado favorece la presencia de la roya; en contraste, las situaciones negativas (-, -- ó ---) son indicadoras de que el factor ambiental no favorece la incidencia de la enfermedad.

Para determinar la relación factor ambiental - especie vegetal, se utilizó el perfil ecológico (Godron, aut. cit.), y el perfil índice (Gauthier, aut. cit.) , anteriormente descritos.

R E S U L T A D O S

Los resultados de los muestreos realizados en el Cerro Telapón, fueron analizados con objeto de evaluar algunas características de la enfermedad causada por roya, con ciertos factores ambientales.

Los datos que se obtuvieron se refieren como sigue:

Aspectos de la epidemiología.

Por lo que toca a este aspecto, la información que se obtuvo sobre el impacto de la roya en el arbolado se encuentra condensada en la Tabla 3, donde se registra el número total de árboles muestreados en cada transecto, así como el número total de árboles infectados y el porcentaje de infección.

Del número total de árboles muestreados, que fué de 5,439, se encontraron 241 infectados por roya, representando éstos un 4.47% de infección.

Tabla 3. Datos que muestran el ataque de la roya en Pinus hartwegii.

NUMERO DE TRANSECTO	NUMERO TOTAL DE ARBOLES MUESTREADOS.	NUMERO TOTAL DE ARBOLES INFECTADOS.	PORCENTAJE DE INFECCION
I (Sur)	852	38	4.46
II (Este)	1,400	43	3.07
III (Sureste)	1,061	74	6.97
IV (Oeste)	375	5	1.33
V (Suroeste)	663	62	9.30
VI (Norte)	1,088	19	1.74
TOTAL	5,439	241	

Fu  evidente que los porcentajes de infección más altos, en los seis transectos establecidos, se presentaron en forma descendente en los transectos V, III y I con 9.30%, 6.97% y 4.46% de infección respectivamente en sus exposiciones correspondientes Suroeste, Sureste y Sur. Correlativamente la infección mínima se registró en el transecto IV con 1.33% localizado en la parte oeste del área muestreada. Estos datos son más evidentes en la Gráfica 1, donde han sido esquematizados con el objeto de visualizar el porcentaje de infección en cada uno de los transectos.

Con relación al estado de desarrollo del pino (Tabla 4) la determinación se hizo de una forma cualitativa, tomando como puntos de referencia, diámetro del tallo y altura del arbolado muestreado, estableciéndose así tres categorías a saber; joven, maduro y sobremaduro. De este modo se definió que de las tres categorías mencionadas, los pinos sobremaduros fueron lo que presentaron el mayor ataque de la roya con 59.2% de infección, siguiendo en importancia los maduros con 28.9%, siendo el joven el que presentó el menor porcentaje con 11.9%. Del análisis de la información para cada transecto, se observó que para la característica de árboles sobremaduros el transecto más afectado correspondió al III con 36.1%, mientras que para maduro y joven el mayor daño se localizó en el transecto II con 31% y 28.5% de infección. La menor incidencia en las tres categorías consideradas se presentó en los transectos IV con 2.06% y en el VI con 8.23% respectivamente.

GRAFICA 1. PORCENTAJE DE INFECCION DE ROYA RESPECTO A LA EXPOSICION CARDINAL DE LOS TRANSECTOS.

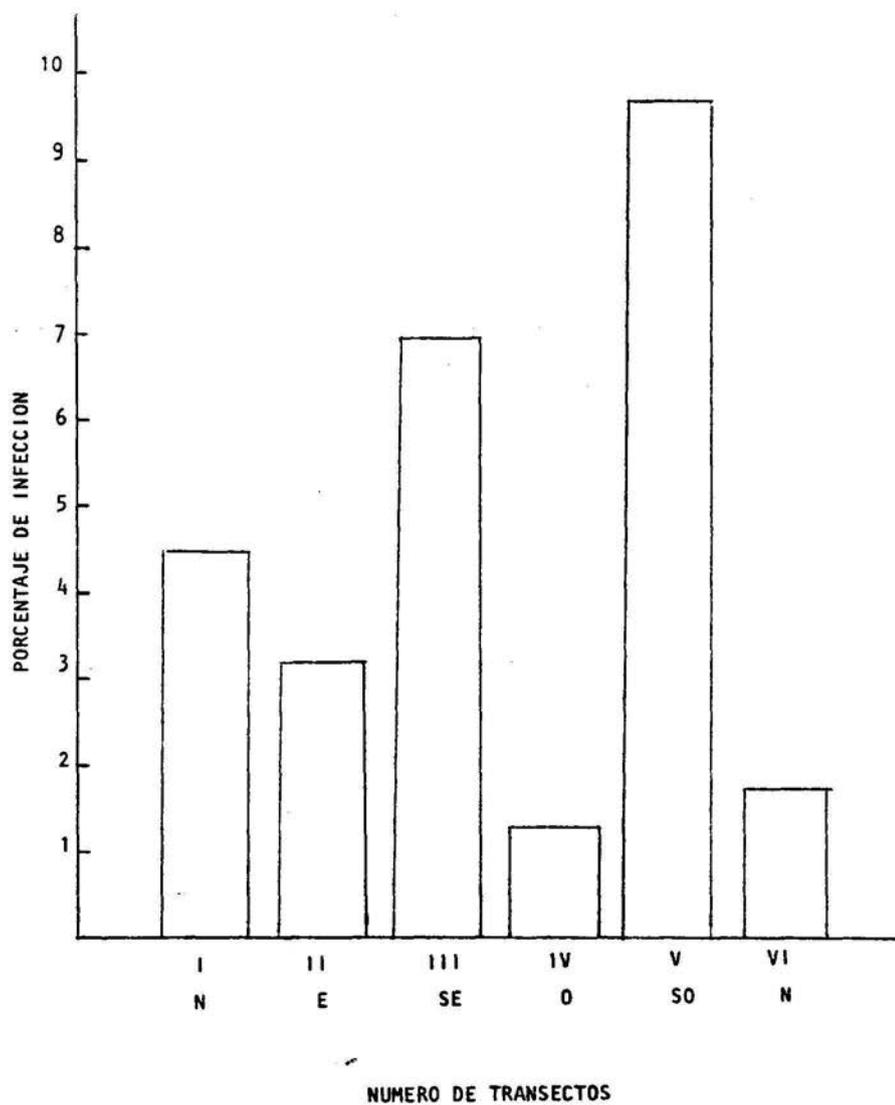


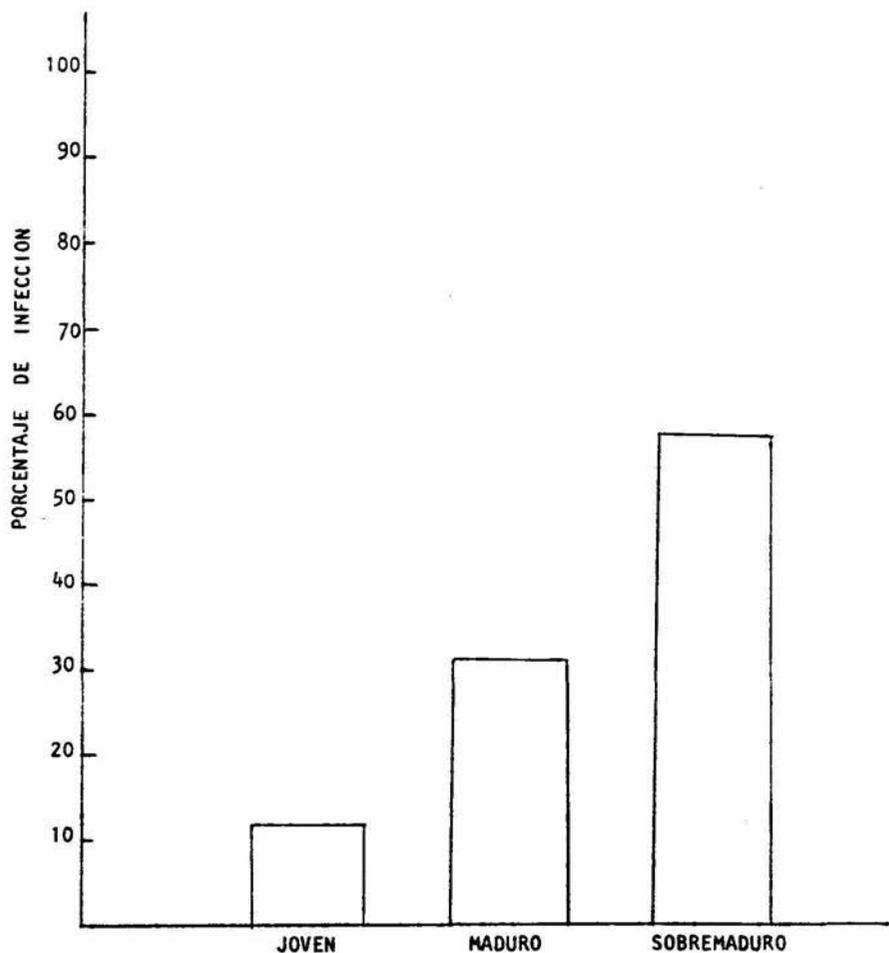
Tabla 4. Relación entre el estado de desarrollo del pino y la infección por *Cronartium* sp.

ESTADO DE DESARROLLO DEL PINO	TRANSECTO I		TRANSECTO II		TRANSECTO III		TRANSECTO IV		TRANSECTO V		TRANSECTO VI		T O T A L	
	N.A.	%	N.A.	%	N.A.	%	N.A.	%	N.A.	%	N.A.	%	N.A.	%
JOVEN	7	24.13	9	31.03	5	17.24	-		4	13.80	4	13.80	29	11.9
MADURO	8	11.43	20	28.57	17	24.29	1	1.42	17	24.29	7	10	70	28.9
SOBRE MADURO	23	15.97	14	9.72	52	36.11	4	2.78	42	29.17	8	29.17	143	59.2
TOTAL	38	15.63	43	17.70	74	30.46	5	2.06	63	25.92	19	8.23	242	100

+ N.A. Se refiere al número de árboles encontrados en cada transecto.

En la Gráfica 2 se ilustra claramente el estado de desarrollo de los pinos, donde se manifiesta que en el bosque prevalece la condición de arbo lado sobremaduro, siguiendo el maduro y existiendo poco renuevo.

GRAFICA 2. ESTADO DE DESARROLLO DEL PINO RESPECTO AL % DE INFECCION POR ROYA.



Al analizar el estado de los tumores se observó (Tabla 5) que la condición que más prevaletió fué la de agallas maduras con 73.6 % de incidencia, manifestándose los tumores viejos o seniles con 23.3% de incidencia, las infecciones nuevas se presentaron con 1.8% y la menor ocurrencia se manifestó en los rebrotes, con 1.3%. Por lo que respecta al examen para cada transecto se advirió que el mayor porcentaje de tumores maduros ocurrió en el transecto V, con 46.2%, correspondiendo el mínimo a los transectos IV y VI, con cero porciento. En la etapa vieja o senil la incidencia se acentuó más en el transecto III mostrando un porcentaje de 29.4% y la menor en el IV con 2.3%. Para la condición de tumores nuevos, la máxima ocurrencia se manifestó en el transecto III teniendo un porcentaje de 87.5%, la mínima se encontró en 4 transectos (II, IV, V y VI) con cero porciento de infección. En los rebrotes, la mayor proporción se mostró en el transecto II con 41.6% mientras que la menor se localizó en el transecto IV carente de infección.

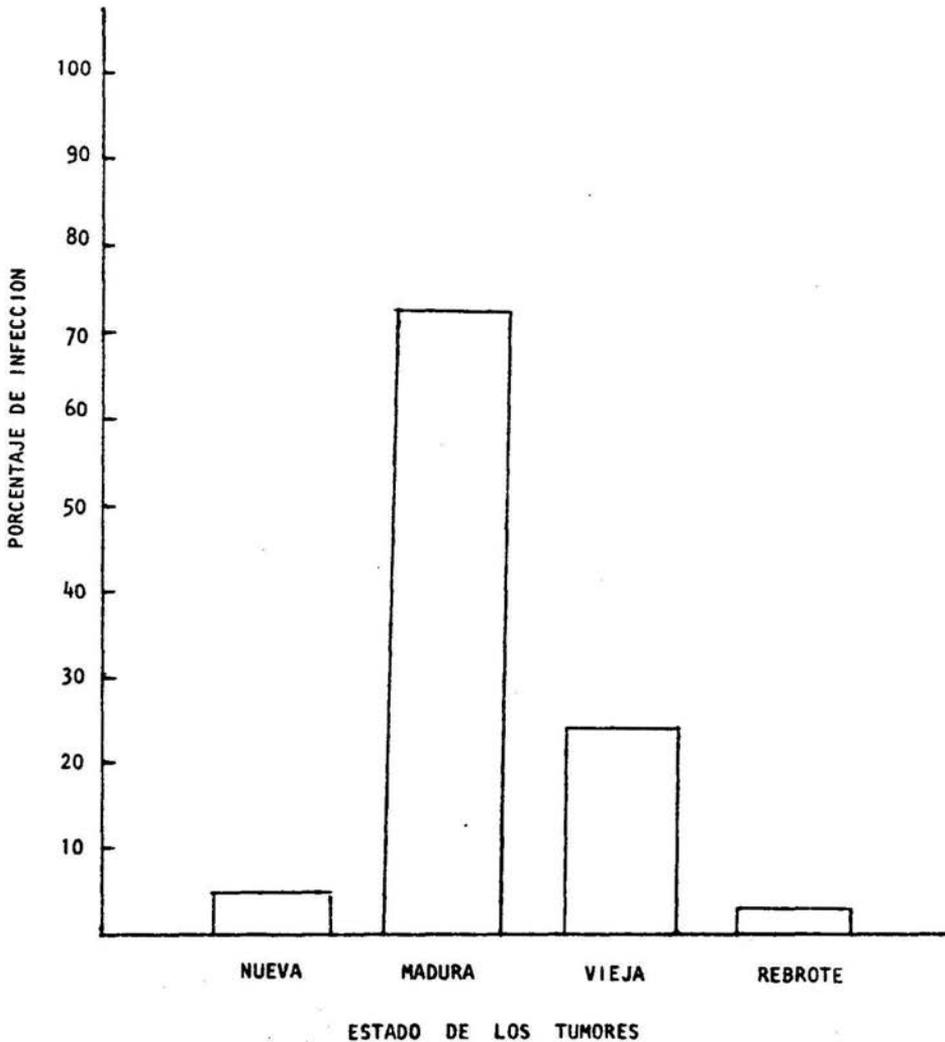
Tabla 5. Estado de desarrollo de los tumores en el arbolado de Pinus hartwegii.

ESTADO DE LOS TUMORES	TRANSECTO I		TRANSECTO II		TRANSECTO III		TRANSECTO IV		TRANSECTO V		TRANSECTO VI		T O T A L	
	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%
RECIENTE	2	12.5	--		14	87.5	--		--		--		16	1.8
MADURA	91	13.62	19	2.84	249	37.2	--		309	46.2	--		668	73.6
SENIL	49	23.22	54	25.6	62	29.4	5	2.36	22	10.42	19	9	211	23.3
REBROTE	3	25	5	41.67	1	8.33	--		2	16.67	1	8.33	12	1.3
TOTAL	145	16	78	8.6	326	35.94	5	0.55	333	36.71	20	2.2	907	100

N.L. + Significa número de lesiones en cada transecto.

En la Gráfica 3 se exponen en forma clara los valores de incidencia para los tumores, donde un gran número de ellos se manifestó en estado de madurez, siendo menor la proporción de seniles, nuevos y rebrotes.

GRAFICA 3. PORCENTAJES DE INFECCION DE LOS DIFERENTES ESTADOS DE TUMORES CAUSADOS POR ROYA,



En los datos obtenidos sobre la ubicación de las lesiones (Tabla 6) se comparan los porcentajes de la infección para tallos, ramas y frutos - en los seis transectos muestreados. Las estructuras que presentaron mayores daños fueron los conos, en 80.6%; en segundo término las ramas, con 13.9% y finalmente los tallos con 5.5% de infecciones.

Del examen de datos en cada transecto (Tabla 6) se desprende que la mayor infección en conos se localizó en el transecto V (Suroeste) con - 41.7% y la menor ocurrió en los transectos IV y VI (Oeste y Norte) con cero porciento.

Por lo que respecta a las ramas, los daños más severos se manifestaron en el transecto II (Este) con 30.1% y la menor incidencia se encontró en el transecto IV, mostrando un porcentaje de infección de 2 % . En tallos, el mayor ataque se presentó en el transecto II con 26%, mientras que los daños mínimos se localizaron en el transecto IV con 4% de incidencia. Es importante señalar que para los tres caracteres analizados el menor daño se presentó en los transectos IV y VI con 0.55% y 2.2%

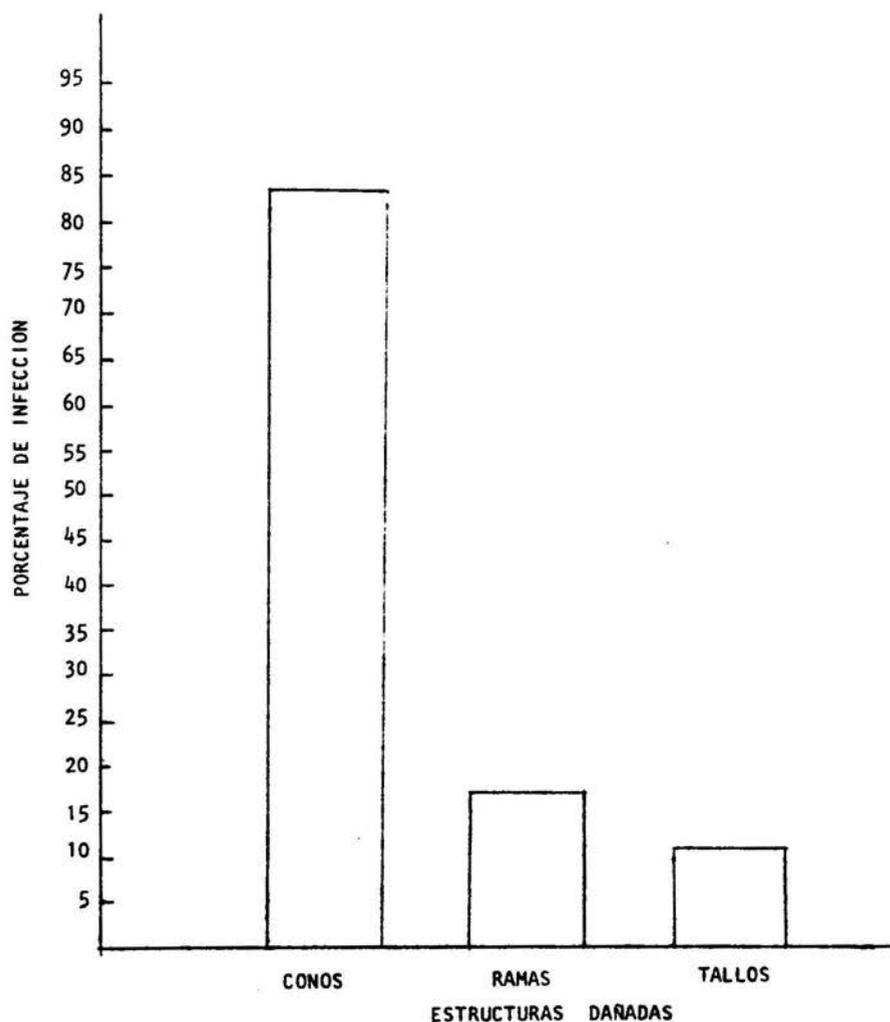
Tabla 6. Ubicación de los tumores en las estructuras del arbolado.

UBICACION DE LAS LESIONES	TRANSECTO I		TRANSECTO II		TRANSECTO III		TRANSECTO IV		TRANSECTO V		TRANSECTO VI		T O T A L	
	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%	N.L.	%
TALLOS	9	18	13		12	24	2	4	7	14	7	14	50	5.5
RAMAS	15	11.90	38	30.15	36	28.58	3	2.39	21	16.67	13	10.31	126	13.9
FRUTOS	121	16.55	27	3.70	278	38.0	--		305	41.7	--		731	80.6
TOTAL DE TUMORES	145	16	78	8.60	326	35.94	5	0.55	333	36.7	20	2.20	907	100

N.L. + Equivale al número de lesiones, encontradas en cada transecto.

Al graficar los datos sobre el porcentaje de incidencia contra las estructuras dañadas, se determinó que existe una fuerte relación entre el patógeno y los conos, siendo menos frecuente los efectos en ramas y tallos (Gráfica 4).

GRAFICA 4. UBICACION DE LA LESION.



De las observaciones llevadas a cabo sobre las descripciones relacionadas con la morfología macroscópica y microscópica de las lesiones y estructuras del patógeno, se tiene: los aspectos más sobresalientes de las infecciones en conos se refieren al síntoma hiperplásico (incremento en tamaño), alcanzando dimensiones varias veces mayores que las de los conos sanos. En estos conos no se encontraron semillas y sus brácteas fueron reconocibles solo como simples protuberancias; otros frutos se observaron parcialmente infectados, conservando parte de su estructura original y las porciones no afectadas aún conservando su capacidad de producir semillas, según el estado de desarrollo del hongo puede observarse la presencia de pústulas de color amarillo claro o naranja, con disposición cerebroide, mostrando estar formadas por un peridermio blanquecino, conteniendo un material pulverulento, de la misma coloración de las pústulas; o bien la fase "Caemoide" sin estructuras definidas, donde las esporas se encuentran libres, cubriendo la superficie de los conos.

Microscopicamente el peridermio está formado por un mosaico de células amarillentas o hialinas, cuya morfología es similar a la que integran el contenido pulverulento amarillo, caracterizándose por contener células piriformes, ovoides, elipsoides, redondeadas, fusiformes de extremos apuntados o romos, arriñonadas o triangulares; presentan superficialmente, como las estructuras pulverulentas, un aspecto ornamentado de tipo equinulado (espinoso).

Por lo que respecta a las agallas en ramas, éstas se presentaron como hinchazones globosas, con diámetros aproximados de 12x16 cm. aunque pueden ser más grandes, rodeando completamente la rama enferma; pre-

sentan un aspecto multilobulado y con profundas hendiduras, separando los lóbulos; su consistencia es leñosa pero no maciza, presentando interiormente aspecto esponjoso. La epidermis de estas tumoraciones, al madurar se desprende y levanta fácilmente en forma de escamas, que en algunas partes dejan al descubierto pústulas caprichosamente confluentes y en disposición también cerebroide, reptante, cerradas o abiertas, constituidas por un peridermio conteniendo abundante material polvoso amarillento, el cual microscópicamente está integrado por células individuales, de diversas formas, desde la esférica, hasta la fusiforme y con ornamentaciones de tipo equinulado.

En los tallos la primera señal de la enfermedad se manifiesta como una dilatación del tejido parenquimatoso no mayor de 1 cm. de diámetro; - conservando la coloración de la corteza en el primer estado, percibiéndose solo algunas grietas en la superficie de la corteza. A través - del tiempo el tumor se desarrolla diametralmente, invadiendo solo una porción longitudinal de los tallos y adquiriendo una forma globosa constituida por pequeñas lobulaciones en su superficie y con una epidermis rugosa y áspera, mostrando el tejido afectado una coloración café claro con áreas más oscuras, alcanzándose de esta forma la maduración de la primera etapa (picnial). La capa de hifas que se encuentra en las tumoraciones, formada por filamentos entrelazados y anastomosados en la corteza, por debajo de la epidermis, contiene esporas ovaladas o alargadas embebidas en un líquido azucarado y aromático, de color anaranjado o ambarino que resuma en forma de pequeñas gotas sobre la superficie del tumor, en donde es frecuente observar algunos insectos - (microlepidopteros) alimentándose de él.

Posteriormente, a mediados de la primavera y principios de verano, se observó, el desarrollo de cuerpos fructíferos (aecios) formando su camino a través de la corteza, la que forzada a levantarse, por efecto de la presión interna, finalmente deja aparecer vesículas o ampollas errumpentes de color blanco o amarillo, provistas de una membrana blanca (peridio) que encierra las masas amarillentas y pulverulentas de esporas (aeciosporas), las cuales son liberadas al sobrevenir el rompimiento de la membrana, por el efecto de la lluvia, o actividad de aves e insectos, quedando inmediatamente estas esporas en condiciones de ser esparcidas por el viento, hasta alcanzar una nueva planta receptora.

En cuanto a la diferenciación sintomatológica de organismos coincidentes con royas (Tabla 7), se observó que el síntoma de escoba de bruja es muy común de infección por roya y muérdago, aunque hay ciertas diferencias entre ambas situaciones; así, la roya provoca hiperfoliación y excesiva producción de yemas, en tanto que el muérdago incita el incremento del número de ramas. Por otra parte, la roya produce agallas globosas, mientras que la fanerogama parásita, causa hiperplasia fusiformes. Por lo que toca a los insectos, se encuentra que las infestaciones por descortezador (Dendroctonus sp.) se delatan por la presencia de grumos en forma de tubo; la palomilla resinera, a su vez desarrolla grumos en forma de plasta irregular. Esta descripción obedece a que en ocasiones se ha observado concurrencia de algunos de estos organismos, en árboles distintos o en un mismo individuo, habiéndose registrado en los 86 sitios de muestreo y observación una mayor asociación del muérdago con la roya.

Tabla 7. Diferenciación sintomatológica de organismos coincidentes con Cronartium sp.

SINTOMAS ORGANISMOS	ESCOBA DE BRUJA	HIPERTROFIA FUSIFORME	AGALLA GLOBOSA	GRUMO EN FORMA DE TUBO	GRUMO EN FORMA IRREGULAR
ROYA	XX		XX		
MUERDAGO	XX	XX			
DESCORTEZADORES (<u>Dendroctonus</u> sp.)				XX	
PALOMILLA RESINERA					XX

CARACTERIZACION AMBIENTAL

Los parámetros ambientales altitud, pendiente, exposición y cobertura, contemplados para este estudio; se correlacionaron con la incidencia del patógeno mediante el análisis estadístico conocido como Perfil Ecológico (Godron, 1965).

Altitud.

Los resultados correspondientes a la variable altitud se encuentran agrupados en la Tabla 8, en donde se pone de manifiesto que de los 4 intervalos establecidos, el que presentó mayor grado de significancia fue el de 3000 a 3300 m.s.n.m. en el cual de los 15 sitios de muestreo y observación establecidos, los 15 mostraron arbolado con lesiones de roya, el número de árboles enfermos correspondió a 82 individuos, comprendiendo 376 lesiones, por lo que puede inferirse que esta altitud se manifiesta ser más favorable al desarrollo de la enfermedad. Comparativamente, en los límites entre 3300 a 3600 no se observó grado alguno de significancia, aún cuando de los 29 sitios instalados, sólo en 24 se detectaron 457 tumores, en 92 árboles, lo que indica que si cualitativamente no hay significancia, desde el punto de vista de presencias de roya, sí es importante este intervalo altitudinal como zona potencial de infección.

Por lo que respecta a la altitud de 3600 a 3900 m. de manera semejante como en la anterior, no se determinó significancia aunque en este caso el número de sitios de muestreo fijado fuera de 36, de los cuales en

26 se hallaron 68 pinos con 74 lesiones; así que el número de presencias de roya fue muy bajo, ocasionando por consiguiente una disminución en el potencial de infección de la zona.

Finalmente, en el intervalo de 3900 a 4200 m. no se registró grado de significancia, pues de los 6 sitios muestreados, en ninguno hubo ataque del patógeno. Esta ausencia de ataques al parecer se debe a que algunos factores ambientales como la altitud, temperatura, humedad e insolación, entre otros, restringen la distribución de la enfermedad.

Tabla 8. Influencia de la altitud sobre la propagación de la roya

ALTITUD PERFIL	3000-3300	3300-3600	3600-3900	3900-4200	FORMA DE CALCULO
PERFIL DE CONJUNTO	15	29	36	6	86
PERFIL DE FREC. ABSOLUTAS	15	24	26	0	65 $86/65 = 1.32$
PERFIL DE FREC. RELATIVAS	1.0	0.82	0.72	0	-
PERFIL DE FREC. CORREGIDAS	1.32	1.08	0.95	0	-
PERFIL PONDERADO	2.37	1.47	0.19	0	$907/65 = 13.95$
PERFIL INDICE	0.009 (+++)	0.11	0.16	0.17	

Pendiente.

La información correspondiente a efecto de pendientes, se aprecia concentrada en la Tabla 9, donde se expresa el grado de significancia para cada una de las tres clases establecidas.

De esta manera se tiene que, para la primera clase (0-20%), se ubicaron 36 sitios, de los cuales 28 presentaron 122 árboles con 554 ataques de roya; desde el punto de vista estadístico esta pendiente no registra significancia, pero es importante por el número de presencias de roya, pues pudiera influir en algún grado en la propagación del patógeno.

En pendiente de 21 a 40%, de 42 sitios establecidos solo en 34 se registraron 110 pinos, con 311 lesiones, no habiéndose determinado grado de significancia, por lo que se puede considerar como un intervalo de pendiente poco favorable para el desarrollo de la enfermedad.

Finalmente, para la inclinación de 41 a 60% se fijaron 8 sitios de muestreo, de los cuales en 3 se encontraron 10 árboles con un total de 10 agallas. El grado de significancia resultó "regular" con signo negativo, lo que indica que de las 3 pendientes consideradas, esta última es la que menos favoreció en la propagación de la enfermedad.

Tabla 9. Relación entre la pendiente y la enfermedad, en zona de muestreo.

PENDIENTE PERFIL	0 - 20	21 - 40	41 - 60	FORMA DE CALCULO
PERFIL DE CONJUNTO	36	42	8	86
PERFIL DE FREC. ABSOLUTAS	28	34	3	65 $86/65 = 1.32$
PERFIL DE FREC. RELATIVAS	0.77	0.80	0.37	--
PERFIL DE FREC. CORREGIDAS	1.01	1.05	0.48	--
PERFIL PONDERADO	1.43	0.68	0.48	$907/65 = 13.95$
PERFIL INDICE	0.18	0.10	0.016	--

Exposición.

La siguiente variable es la exposición, cuyos datos aparecen en la Tabla 10, en donde se delimitaron sus clases y se correlacionaron con la incidencia de la roya, señalá que para la orientación norte (N) en donde se muestrearon 8 sitios, sólo en 4 se detectó al patógeno, atacando a 19 árboles y ocasionando 20 tumores; razón por la cual no se encontró grado de significancia, pero cualitativamente constituye una zona con un potencial bajo de infección.

En la orientación sur (S), donde se establecieron 17 sitios, 14 presentaron infecciones por roya en 38 pinos, con 145 ataques. No registró grado de significancia y el número de presencias fué relativamente bajo, indicando también baja posibilidad de propagación.

De la exposición este (E) se muestrearon 14 sitios, registrándose la presencia del hongo en 12 de ellos, afectando a 43 individuos y ocasionándoles 78 tumores, registró esta exposición un grado de significancia nulo y por consecuencia un potencial de infección mínimo.

La orientación oeste (O) se caracterizó por tener arbolado enfermo en 4 sitios de los 11 originalmente muestreados, correspondiéndole un grado de significancia alto de signo negativo (---) indicador de que las características ambientales de esta exposición son las que menos favorecen la propagación del patógeno, en la región estudiada.

En el lado sureste (SE), donde se delimitaron 18 sitios, en 16 se encontraron infecciones por roya, dañando 74 árboles y causando 326 agallas.

Estadísticamente en esta clase no se determinó grado alguno de significancia, pero en cuanto a presencia se puede considerar como una zona importante en potencial de infección.

Finalmente, en la exposición suroeste (S0) de los 18 sitios establecidos, en 15 se determinó presencia del patógeno infectando a 63 individuos con 333 lesiones. No se encontró grado de significancia, aunque por el número de tumores se le puede considerar como zona propicia como foco de dispersión de la enfermedad.

En síntesis; de las 6 exposiciones estudiadas las más favorables para la propagación de la roya en el Cerro el Telapón fueron la Sureste y Suroeste, tomando como criterio la presencia de lesiones en el arbolado. En contraste, la orientación que más restringió el desarrollo de la enfermedad fue la Oeste (0), desde el punto de vista de grado de significancia y de presencias del agente patógeno.

Tabla 10. Efecto de la exposición sobre la incidencia de la roya.

EXPOSICION PERFIL	NORTE	SUR	ESTE	OESTE	SURESTE	SUROESTE	FORMA DE CALCULO
PERFIL DE CONJUNTO	8	17	14	11	18	18	86
PERFIL DE FREC. ABSOLUTAS	4	14	12	4	16	15	65 $86/65 = 1.32$
PERFIL DE FREC. RELATIVAS	0.50	0.82	0.85	0.36	0.88	0.83	---
PERFIL DE FREC CORREGIDAS	0.66	1.08	1.12	0.47	1.16	1.09	---
PERFIL PONDERADO	0.23	0.80	0.52	0.042	1.70	1.73	$907/65 = 13.95$
PERFIL INDICE	0.076	0.20	0.18	-0.003	0.089 (---)	0.17	---

Cobertura.

Finalmente, para la variable cobertura se establecieron 5 clases, de cuyo examen se determinaron grado de relación con el patógeno (ver Tabla 11). Así para la primera cobertura (0-20%) se fijaron 34 sitios de muestreo, observándose en 19 de ellos ataques de roya en 51 árboles con 208 tumores. Correspondió a esta clase, un grado alto de significancia, por lo que las características de esta cubierta indicaron ser favorables para la transmisión de la enfermedad.

En segundo término, en la clase 21 a 40%, de 28 sitios muestreados, en 24 se encontraron 140 pinos, mostrando 411 lesiones en sus diferentes estructuras. No se determinó grado de significancia, pero el número de tumores (presencias) conduce a considerar que esta cobertura resulta ser importante o propicia para la propagación del patógeno.

Para la cobertura 41 a 60%, de los 15 sitios delimitados, en 14 se manifestó la roya dañando a 48 árboles y produciendo 127 agallas, sin que se haya observado grado de significancia; pero por el número de presencias, se puede decidir que este intervalo resulta relativamente poco favorable a la dispersión de la enfermedad.

Por lo que se refiere a la clase 61 a 80%, se inventariaron 8 sitios, de los cuales en 7 se registraron problemas de roya en 31 pinos conteniendo 131 lesiones. No se definieron grados de significancia, aunque por la cantidad de tumores, esta cobertura amerita ser considerada propicia para la propagación del hongo.

La última cobertura, 81 a 100%, se caracterizó por contener un solo sitio de muestreo, donde se hallaron dos árboles con un ataque cada uno. No fué definido algún grado de significación, pero el número de presencias indica contundentemente que esta cobertura no favorece el desarrollo de la enfermedad.

En resumen: de las coberturas examinadas, la que significativamente presentó mejores condiciones para el desarrollo del patógeno fué la de 0 a 20%. Por el número de presencias puede considerarse a los intervalos 21 a 40% y 61 a 80% con probabilidades de favorecer la propagación del patógeno, en tanto que la cubierta que presentó menor incidencia de lesiones fué la de 41 a 60% en el área estudiada, lo que demuestra que esta condición favorece poco a la roya.

Tabla 11. Grado de asociación de la cobertura sobre la dispersión del patógeno.

COBERTURA	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	FORMA DE CALCULO
PERFIL DE CONJUNTO	34	28	25	8	1	86
PERFIL DE FREC. ABSOLUTAS	19	24	14	7	1	65 86/65=1.32
PERFIL DE FREC. RELATIVAS	0.55	0.85	0.93	0.87	1	
PERFIL DE FREC. CORREGIDAS	0.72	1.12	1.22	1.14	1.32	
PERFIL PONDERADO	0.57	1.45	0.79	1.54	0.18	907/65=13.95
PERFIL INDICE	0.00065	0.07	0.057	0.27	0.59	

ANOTACIONES FLORISTICAS

Para examinar este aspecto se relacionó por una parte a las especies vegetales muestreadas y por otra parte al factor ambiental, considerado éste mediante el Perfil Ecológico (Godron et al 1965).

El levantamiento florístico en las cuatro categorías: altitud, pendiente, exposición y cobertura, registró un total de 64 especies, en los 86 sitios de muestreo. De ellas sólo 20 estuvieron presentes con mayor abundancia en los 65 sitios donde se encontró la roya.

De esta manera se determinó que para el factor altitud (Tabla 12) la clase que mostró una mayor significancia en relación al número de especies vegetales presentes en cada una de las cuatro originalmente establecidas, fue la de 3000 a 3300 m. siguiéndole en orden de importancia las comprendidas entre los 3300 a 3600 y 3600 a 3900 m.; la clase que se reveló como débilmente significativa fue la de 3900 a 4200 m. Del análisis de cada clase de las mencionadas se observó que para la primera descrita (3000 a 3300 m) las especies que se presentaron como altamente significativas fueron: Pinus hartwegii, P. montezumae, Alnus firmifolia, Senecio cinerarioides, Senecio sinautus y Stachys sp.; las especies débilmente significativas correspondieron a Eryngium carlinae. Para la segunda clase (3300 a 3600 m) Senecio cinerarioides, Malva sp., Geraneum potentillaefolium, Trifolium amabilis y Arceuthobium sp., se presentaron como altamente significativas, en tanto que Pinus hartwegii, Alnus firmifolia, Baccharis conferta, Penstemon gentianoides, Stachys sp. y Lithospermum distichum tuvieron significancia moderada. En la

tercera clase (3600-3900 m) Baccharis conferta, Senecio cinerarioides, Stachys sp. y Geraneum potentillaefolium mostraron un grado de significación alto; Arceuthobium spp., se manifestó como moderadamente significativo; Pinus hartwegii tuvo un grado de significativamente débil. En la última clase Senecio rosei fue moderadamente significativo.

Las especies vegetales que se distribuyeron en más de una clase fueron: Senecio cinerarioides de 3000 a 3300, 3300 a 3600 y de 3600 a 3900, con nivel de significancia alto; Stachy sp. se presentó en los mismos intervalos que el Senecio, pero con una significación de "alta" para la primera clase, "moderada" para la segunda y "alta" en la tercera; Pinus hartwegii, en altitud de 3000 a 3300 m. mostró significancia alta y en 3300 a 3600 m. regularmente significativa; Geraneum potentillaefolium se localizó en los márgenes de altitud de 3300 a 3600 m. y de 3600 a 3900 m. con orden de alta significancia. Alnus firmifolia se distribuyó entre los 3000 a 3300 m.s.n.m. y 3300 a 3600 m.s.n.m. teniendo grados de significación respectivamente alto y moderado; Penstemon gentianoides, se presentó también en los márgenes altitudinales 3000 a 3300 m. y 3300 a 3600 m. con orden de significación alta y moderada respectivamente; Arceuthobium spp., se situó en alturas entre 3300 a 3600 y 3600 a 3900 m.s.n.m., con ordenes de significación alta y moderada en sus casos; finalmente Baccharis conferta se ubicó en altitudes entre 3300 a 3600 m. y 3600 a 3900 m. presentando grados de significación correspondientemente moderado y alto.

Por lo que respecta a la relación roya-altitud, se observó que la mayor asociación se presentó en la franja o clase altitudinal entre 3000 a 3300 m.

El grado de asociación entre las especies vegetales y la pendiente se ilustra en la Tabla 12, en donde la clase que corresponde a 0 a 20% de pendiente presentó a Pinus hartwegii y Arbutus sp., con significancia débil; por lo que respecta a la clase 21 a 40 %, se observó a Pinus hartwegii con significancia alta, mientras que Penstemon gentianoides, Malva sp., Lithospermum distichum y Trifolium amabilis, se manifestaron en los sitios de muestreo con significancia débil; finalmente, en la clase 41 a 60% Penstemon gentianoides manifestó significancia débil.

En cuanto a la disposición de los vegetales a diferentes pendientes señaló la localización de Pinus hartwegii en condiciones de pendiente de 0 a 20 y de 21 a 40%, con un grado de significancia débil y alto, respectivamente, mientras Penstemon gentianoides se presentó en pendientes de 21 a 40 y de 41 a 60%, con significancia débil. Por último, se advirtió que la incidencia de roya fué significativamente moderada en la clase de pendiente 41 a 60%, no observándose asociación con el resto de las clases.

En la relación existente entre las especies vegetales y las diferentes exposiciones (ver Tabla 12), se notó que en la exposición norte la especie Muhlenbergia quadridentata se presentó con significancia alta; con nivel de significancia débil se revelaron Penstemon gentianoides y Arceuthobium spp.; para la exposición sur se encontró altamente significativa la presencia de Muhlenbergia quadridentata y con nivel de significancia débil las de Penstemon gentianoides y Arceuthobium spp.; en la exposición este se observó con significancia alta a Arbutus sp., Malva sp. y Trifolium amabilis; con significancia débil, Eupatorium sp.

Respecto a la posición oeste sólo se encontró con significancia débil a Arceuthobium spp. En la exposición sureste se manifestaron moderadamente significativas Pinus hartwegii, Senecio cinerarioides y Muhlenbergia quadridentata; con nivel de significancia débil Pinus montezumae, Alnus firmifolia, Baccharis conferta y Geraneum potentillaefolium. En exposición suroeste se observó como significativamente alto la presencia de Muhlenbergia quadridentata y Stachys sp.; moderadamente, Oxalis sp., y con significancia débil Senecio cinerarioides y Malva sp.

Las especies vegetales que se distribuyeron en más de una exposición fueron; Arceuthobium spp., en las orientaciones norte, sur y oeste, con niveles de significancia débil, moderada y débil, respectivamente; Muhlenbergia quadridentata, en exposición norte, sureste y suroeste mostró significancia alta, moderada y alta; finalmente Senecio cinerarioides se presentó en el sureste y suroeste con significancia moderada y débil, en su caso.

Del análisis de la asociación vegetación-cobertura (ver Tabla 12) se desprende que en la clase de 0 a 20% Penstemon gentianoides ocurrió debilmente significativa; mientras que Arceuthobium spp., se presentó significativamente alto cuando la cobertura correspondió 21 a 40%; de 41 a 60% Malva sp., se manifestó con grado de significancia débil; Stachys sp. y Trifolium amabilis en la clase de 61 a 80% se encontraron con niveles de significancia débil; en la clase 81 a 100% no se presentaron especies vegetales representativas. De la vegetación analizada ninguna especie se distribuyó en más de un rango de cobertura.

Tabla 12. Extracto de los factores ambientales sobre la vegetación de los sitios de muestreo.

FACTORES AMBIENTALES	ALTITUD (m)				EXPOSICION						PENDIENTE %			COBERTURA %				
	3000 3300	3300 3600	3600 3900	3900 4200	S	E	SE	O	SO	N	0 20	21 40	41 60	0 20	21 40	41 60	61 80	81 100
<i>Arceuthobium</i> sp.		+++	++		++			+		+					+++			
<i>Penstemon gentianoides</i>	+++	++								+		+	+	+				
<i>Pinus hartwegii</i>	+++	++					++				+	+++						
<i>Senecio cinerarioides</i>	+++	+++	+++				++		+									
<i>Stachys</i> sp.	+++	++	+++						+++									
<i>Cronartium</i> sp.	+++							---					--	+++				
<i>Trifolium amabile</i>		+++				+++						+					+	
<i>Alnus firmifolia</i>	+++	++					+											
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>							++		+++	+++								
<i>Geraneum potentillaefolium</i>		+++	++				+											
<i>Baccharis conferta</i>		++	+++				+											
<i>Malva</i> sp.						+++						+					+	
<i>Eryngium carlinae</i>	+				+++													
<i>Lithospermum distichum</i>		++										+						
<i>Arbutus</i> sp.						+++					+							
<i>Oxalis</i> sp.									++								+	
<i>Senecio sinautus</i>	+++																	
<i>Ribes ciliatum</i>					+++													
<i>Senecio rosei</i>				++														
<i>Eupatorium</i> sp.						+												

Simbolismo: + = Debilmente significativo.

++ = Regularmente significativo

+++ = Altamente significativo

La relación existente entre la incidencia o presencia de roya y la vege-
tación, puso de manifiesto que la cobertura que probablemente favore-
 ció más al desarrollo de la enfermedad fue la de 0 a 20%, en que la ro-
 ya presentó un nivel de significancia alto, comparativamente con las -
 restantes clases de cobertura en que no se determinó algún nivel de sig-
 nificancia.

En cuanto a la posible correlación entre la roya y la flora registrada
 (Tabla 13) las especies que mostraron una mayor vinculación o signifi-
 cancia alta con el patógeno fueron Pinus hartwegii, Alnus firmifolia,
Senecio cinerarioides, Senecio sinautus, Senecio rosei, Arceuthobium spp.
Stachys sp. y Geraneum potentillaefolium; con relación moderada sólo
 se presentó Lithospermon distichum; con ligazón débil se mostraron -
Pinus montezumae, Penstemon gentianooides, Muhlenbergia quadridentata,
Arbutus sp., Baccharis conferta, Eupatorium sp., Ribes ciliatum, Oxalis
 sp., Trifolium amabili y Eryngium carlinae.

Tabla 13. Especies vegetales que se presentaron con mayor frecuencia y con diferente grado de significación, en los sitios de muestreo.

VEGETACION	GRADO DE SIGNIFICANCIA
<u>Pinus hartwegii</u>	+++
<u>Alnus firmifolia</u>	+++
<u>Senecio cineraroides</u>	+++
<u>Senecio sinautus</u>	+++
<u>Senecio rosei</u>	+++
<u>Arceuthobium sp.</u>	+++
<u>Geraneum potentillaefolium</u>	+++
<u>Stachys sp.</u>	+++
<u>Lithospermon distichum</u>	++
<u>Penstemon gentianoides</u>	+
<u>Muhlenbergia quadridentata</u>	+
<u>Arbutus sp</u>	+
<u>Baccharis coferta</u>	+
<u>Eupatorium sp.</u>	+
<u>Ribes ciliatum</u>	+
<u>Oxalis sp.</u>	+
<u>Trifolium amabile</u>	+
<u>Malva sp.</u>	+
<u>Eryngium carlinae</u>	+

Simbolismo: + = Debilmente significativo.
 ++ = Regularmente significativo.
 +++ = Altamente significativo.

DISCUSION

A pesar de que se considera que las royas constituyen en los bosques de México algunas de las causas de enfermedad más dañinas, que afectan a varios grupos taxonómicos de pinos nativos, el conocimiento que se tiene es exiguuo acerca de descripciones sintomatológicas, de relaciones con factores ambientales y respecto a su asociación con la vegetación, entre otros aspectos.

Los bajos porcentajes de infección encontrados en el área de estudio (4.4%) en Pinus hartwegii y en una colindante a ésta ocupada por arbolillos de regeneración natural, con 9.5% de infecciones (Resendiz y Salinas, 1985) también en P. hartwegii, sugieren un estado de estatismo del patógeno, debido probablemente a las condiciones ambientales poco favorables, prevaecientes en la época de muestreo, situaciones que habrán de discutirse en detalle, más adelante.

De las especies de pinos registradas por Peterson y Salinas (1967) como hospederas de Cronartium conigenum, coincidieron con las encontradas en la zona de estudio Pinus hartwegii, P. montezumae, P. leiophylla, P. teocote y P. patula. En las tres últimas no se encontraron ejemplares enfermos, pero se recogieron noticias que revelaron probable existencia del problema en esos pinos. No obstante de haber semejanza de las especies hospederas indicadas en los estudios, mencionados en los párrafos precedentes, se encontraron en ambas, notorias diferencias; en la primera información (Resendiz y Salinas, aut. cit.) no se registraron da-

tos concernientes a distribución geográfica y de requerimientos ecológicos propios de cada especie de hospedera, datos que sí fueron tomados en el estudio, motivo de este informe, del Cerro Telepón. En ningún caso se manifiesta certidumbre de que la especie de roya que afecta a los pinos sea Cronartium conigenum solo se consideraron daños en las estructuras de esos pinos hospederos, en los Pinus hartwegii particularmente, debido a ser ésta la especie de pino predominante en la zona de estudio, aún cuando se conocieron casos de infecciones en conos en esta especie, en diferentes localidades del Estado de México (Peterson, 1967) y aún en una área más restringida correspondiente a un predio, denominado El Guarda, en el propio Parque Nacional de Zoquiapan, donde se encontraron además infecciones en ramas y tallos, en arbolado de diferentes edades (Resendiz y Salinas, aut. cit.)

Por lo que respecta al área de estudio, también se presentaron daños en esas mismas estructuras, situación que permite considerar a Pinus hartwegii como especie muy receptiva de infecciones por Cronartium sp.

En el estudio realizado se determinó que los daños por roya mostraron - importancia decreciente de conos a tallos y de tallos a ramas.

Este comportamiento probablemente se explique mediante las siguientes - consideraciones:

Se ha observado que el patógeno por lo regular ataca a tejidos jóvenes, y puesto que los conos en sus etapas iniciales están constituidos por

tejidos suculentos, esta condición puede propiciar la infección, al tener el hongo mayores oportunidades de entrada e invasión durante la fase de formación y maduración de las estructuras florales femeninas; o bien cuando éstas han madurado hasta cerca de la época de polinización que es la etapa en que esas estructuras se encuentran más receptivas a las esporas y con menos elementos de protección, haciéndose posteriormente evidentes los daños en los conillos nuevos.

En cuanto a las infecciones en ramas y tallos, su disminución porcentual quizás se debiera a la presencia de mecanismos de protección propios de la planta, siendo ejemplo de ello la corteza, que en ramas es tenue pero consistente, formando una barrera limitante de la implantación del hongo. La infección en estas partes de los árboles pudiera suceder en tejidos nuevos (nudos) de brotes, o en porciones normalmente delgadas y un tanto tiernas de las cortezas de ramas y ramillas; mientras que en troncos es gruesa, donde la corteza es dura y constantemente se está renovando, así que las infecciones tendrán oportunidad de ocurrir sólo en la etapa de renuevo, cuando la corteza puede presentar agrietamientos en cuyo fondo hay corteza delgada, blanda y hasta turgente. El arbolado entonces se encuentra en un momento de alta receptividad para favorecer el establecimiento de la infección.

Cabe mencionar que en la dispersión del patógeno el viento juega un papel importante en la diseminación de esporas; su circulación en regiones montañosas, tal como el área de estudio, se desplaza ascendentemente durante el día y en sentido descendente por la noche, siendo este movimiento

to nocturno de particular interés, ya que puede determinar que la humedad relativa de la zona se mantenga a un nivel alto, favoreciendo de esta manera la dispersión de las esporas, su germinación y la subsecuente colonización de los primordios de conos, de las ramas y tallos. Es factible considerar que por la mínima dimensión de las esporas el movimiento del aire nulifique el efecto de gravedad y retarde su deposición, - manteniéndolas suspendidas indefinidamente, lo que explicaría la mayor incidencia de infecciones en conos, pues las corrientes de aire permitirían que las esporas ocuparan una posición de mayores posibilidades de encuentro con las partes altas del arbolado, y por consecuencia llegar a tener el máximo de oportunidades para infectar las estructuras florales femeninas, maduras.

En lo que concierne al estado de los tumores, el haberse encontrado mayor número en su fase de madurez y en franca declinación respectivamente, y una menor proporción de agallas en etapas calificadas como recientes y rebotes, constituyen hechos que indican que en la actualidad las condiciones meteorológicas (humedad, temperatura, viento, entre otros) aun existiendo fuentes de suministro de abundantes esporas, son poco favorables para el desarrollo y establecimiento del patógeno en el área de estudio.

Observaciones cualitativas han indicado que las condiciones propicias para la propagación de la roya no ocurren anualmente; por el contrario los principales ataques se presentan una sola vez en intervalos de 3 a 5 años, así pues, en el caso que nos ocupa en la época de muestreo los requerimientos ambientales fueron poco favorables para la formación de tumores, explicando en esta forma el estado de estatismo observado, del

patógeno.

En los sitios de muestreo y observación, los pinos sobremaduros y maduros, en este orden de importancia, fueron los estados de desarrollo - que presentaron el mayor número de agallas maduras en conos, mientras que los pinos jóvenes fueron los menos afectados. Esta condición de relación de presencia de roya, respecto al desarrollo de los pinos, indicó predominancia de arbolado sobremaduro y maduro sobre el renuevo, reflejando así una condición de bosque declinante o en vías de desintegración siendo sospechable que en este bosque afectado conjuntamente por factores prevaecientes de perturbación, como pastoreo, resinación, ocoteo, talas clandestinas, plagas, otras enfermedades y efectos de fenómenos meteorológicos, están limitando la producción de conos y la viabilidad de las semillas. Fenómeno al que coadyuva decididamente la presencia de la roya Cronartium sp. en su forma de infecciones en conos, restringiendo así significativamente la producción de semillas y por consecuencia las oportunidades de regeneración natural de la población de pinos. De los agentes de perturbación anteriormente citados - los incendios que anualmente ocurren en esta zona fueron los que más afectaron tanto a las semillas que se encontraron en el suelo, como a la planta de regeneración natural, ocasionándole una alta mortalidad y debilitamiento. Esto último dió como resultado en el arbolado de renuevo la formación de individuos poco vigorosos y muy receptivos principalmente al ataque de agentes de enfermedades como muérdagos enanos (Arceuthobium spp.) que es un problema de los más frecuente en el área de estudio.

En síntesis, puede indicarse que las evidencias señalan que las infecciones por roya se inician en las etapas jóvenes de los pinos; que estos al desarrollarse manifiestan diferentes fases del ciclo del hongo evidentes por distintos aspectos morfológicos de las tumoraciones formadas en individuos del arbolado maduro y sobremaduro; así mismo, que los síntomas en conos, ramas y tallos pueden corresponder a infecciones de etapas juveniles; finalmente, que existe un proceso periódico de reinfección endógena, particularmente observable en tallos.

Las características macro y microscópicas de la roya, observadas en el área de estudio, se semejan a las descritas por Peterson y Salinas (1967) para el género Cronartium sp., entre las que sobresalen por su importancia: la producción de aeciosporas en estructuras fructíferas cubiertas, ampuliformes de forma peridermoide, son morfológicamente idénticas a las de conos, tallos y ramas. Cabe agregar que estos mismos autores consideran que estas infecciones en conos y tallos frecuentemente ocurren a la vez, lo que hace admitir por lo pronto que Peridermium mexicanum y Caeoma (Peridermium) conigenum, sean sinónimos de Cronartium conigenum.

A este respecto es importante aclarar que en la zona de estudio, las infecciones en estas estructuras no necesariamente ocurren simultáneamente, debido probablemente a la ocurrencia de períodos desfavorables de varios años para la roya, que determinaron que no coincidiera la fase infectiva del hongo con el estado de desarrollo de tejidos de los conos, ramas y tallos, o tampoco con el momento de receptividad de los

árboles al ataque del patógeno.

La sintomatología de la roya en el Cerro Telapón, se aproxima a la descrita para Cronartium conigenum especie que se menciona atacando varios pinos nativos de México, de los que son de interés botánico para este estudio los de la sección diploxylon, donde se encuentra al Pinus hartwegii, que es la especie que predomina en el área de estudio. Han surgido dudas acerca de la identidad de las royas en cuestión, debido a que no se encontró durante el muestreo, ejemplares infectados de follaje de encinos (Quercus spp). considerados comunmente como los hospederos de C. conigenum como roya heteroica. Así pues, se piensa en la posibilidad de que las infecciones en el Cerro Telapón puedan corresponder a la actividad de una roya autoica cuya propagación se efectua directamente de pino a pino.

La importancia del clima sobre la epidemiología de la roya en pinos ha sido reconocida con anterioridad en forma cualitativa (Van Arsdel et. - al. 1961); sin embargo en México no se han realizado estudios formales acerca de la caracterización ambiental de los sitios en que la roya ocasiona mayores daños y de aquellos en que los daños son mínimos, o donde definitivamente no hay incidencia de roya, aún existiendo alguna posibilidad de infección.

El estudio realizado condujo a conocer que las condiciones ambientales que más favorecieron al patógeno fueron la altitud de 3000 a 3300 m donde las condiciones microclimáticas más propicias para el establecimien-

to de la enfermedad son referibles a la presencia de una sucesión de humedad en forma de lluvia, seguida de un ambiente de humedad relativa alta, condición necesaria para la germinación de esporas infectantes y la complementación del ciclo biológico de la roya; pero se ha observado - que las condiciones favorables de humedad para la óptima infección ocurren al parecer en lapsos de 3 a 5 años. Los requerimientos de temperatura más propicios para la implantación del hongo, es posible que sean entre los 6°C y 19°C, que son las temperaturas promedio óptimas, en que el patógeno complementa su ciclo de vida (James W. Kimmey, 1961), - condición que coincide con la prevaleciente, en términos de promedios - de temperatura máxima y mínima que se registran en el área de estudio.

Dentro de la franja altitudinal referida (3000 a 3300 m.) las pendientes suaves (0 a 20%), fueron las más favorables para la roya, debido a que el viento en esta condición encuentra menos obstáculos para transportar las esporas, y las fluctuaciones térmicas y de humedad resultan las más propicias para el patógeno.

Considerando exposiciones, se encuentra en general un bajo porcentaje - de infecciones, siendo las orientaciones suroeste, sureste y sur las - que favorecieron ligeramente el desarrollo de la enfermedad debido probablemente a que la parte sur es por lo regular más cálida que las restantes y que el gradiente de humedad se desplaza de sur a norte en el área de estudio; sin embargo, en la época de muestreo este gradiente - se vió alterado, lo que originó una actividad moderada de la roya.

Conjuntamente la cobertura 0 a 20% fue la que más facilitó la dispersión e implantación de las esporas en los sitios de muestreo y observación, - evidentemente porque el arbolado en esta condición ofreció poca obstrucción al paso de las esporas transportadas por el viento, contrariamente a situaciones de amplias coberturas que interponen barreras o pantallas más cerradas, causando que un gran número de esporas queden interceptadas por el arbolado expuesto al frente del viento, resultando así una disminución del número de elementos infectantes viajeros hacia el interior de la masa de hospederos. En base a estas reflexiones pueden comentarse que la roya se encontró confinada en pequeñas aberturas del bosque, en pendientes suaves (0 a 20%) y cobertura de 0 a 20%.

La correlación de la vegetación con Cronartium sp. señala que aquella juega un papel muy importante, como reguladora meso y microclimático, que al ser alterada tanto en su densidad como en su composición causa - cambios en los niveles de humedad y grados de insolación, que inciden y mantienen el recurso.

Esta relación, siendo recíproca, explica que al existir cambios climáticos de cualquier orden en alguna zona, la vegetación tiende a cambiar también (Enriquez, 1976), e indudablemente habrá de inducir a una repercusión favorable o desfavorable sobre el comportamiento de la roya.

Existen datos climáticos que indican que el aire saturado (100% de humedad relativa) y la temperatura son fuertemente influenciados por la vegetación, aún en condiciones de topografías accidentadas (Van Arsdell et. -

al. 1961).

Así se menciona que fuertes densidades de árboles y arbustos, en lugares con pequeñas aberturas en el bosque, crean condiciones de largos períodos de mayor porcentaje de aire saturado de humedad y de temperaturas templadas que oscilan por debajo de los 20°C, resultando así, que estos sitios y sus condiciones climáticas son las más favorables para el desarrollo de la infección.

Por lo que toca al área de estudio y particularmente a la franja altitudinal de 3000 a 3300 m.; donde el patógeno presentó su mayor incidencia, se observaron pequeñas aberturas en el bosque con vegetación compuesta principalmente por Pinus hartwegii, Alnus firmifolia, Senecio cinerarioides, Senecio sinautus, Penstemon gentianoides, Stachys sp., Pinus montezumae y Baccharis conferta. La relación entre esta vegetación y los factores ambientales, indica que se han formado sitios con niveles de humedad y temperatura, que definitivamente coinciden con los requerimientos para colonización y desarrollo de Cronartium sp.

Otra función de la vegetación en los ecosistemas forestales, se refiere a que algunas especies de plantas participan en el comportamiento del ciclo biológico de la roya, actuando como huéspedes alternantes, siendo - tal el caso de los pinos y de ciertas especies de arbustos y hierbas. - Así para el caso en México se menciona que Cronartium conigenum ha sido encontrado infectando hojas viejas de cuatro encinos no identificados, - uno de ellos semejante a Quercus depressipes y otro a Quercus reticulata

(Peterson, R.S. 1964, comunicación personal a Salinas Quinard). Las observaciones anotadas durante el desarrollo de este trabajo, de los distintos estratos vegetales en diferentes épocas, sugieren la posibilidad de que especies diferentes a encinos pudieran estar actuando como huéspedes alternantes de la roya, siendo sospechables especies de Castilleja, Rubus, Ribes y Senecio, aparte de otras compuestas (Salinas Quinard, comunicación personal, 1984). Un intento de comprobación al respecto, conducido en el predio Guarda, próximo al área de estudio, donde se localizó una franja de encinos, resultó negativo; los encinos no manifestaron infecciones uredo-teliales de roya en su follaje; pero se encontraron pústulas sospechosas en el envés de las hojas de Alnus firmifolia y Salix paradoxa.

No fué posible realizar comprobaciones experimentales concernientes a ensayos de inoculación, para definir el papel real de estas especies vegetales como huéspedes alternantes de la roya.

De la vegetación muestreada en el Cerro Telapón, las especies que mostraron fructificaciones de roya en el envés de las hojas fueron: Alnus firmifolia, Cinna cœformis, Lupinus campestris y Salix paradoxa, observándose en ellas estructuras en forma de pústulas, de coloración anaranjada, lo que plantea la alternativa de que alguno o varios de estos vegetales pudiera ser huésped alternante, considerando que durante el muestreo no se encontraron encinos (Quercus spp.) en la zona de estudio. El escaso encinar observado se localizó en una área aledaña, en donde el examen de follaje en diferentes épocas, no reveló la presencia de estruc

tura reproductiva (uredias y telias) de roya.

Evidentemente, para confirmar o desmentir posibilidades, se requiere que se determinen con precisión las identidades de los agentes causales de esta enfermedad, con objeto de contar con material conocido, confiable, para utilizarse en pruebas de inoculación en campo e invernadero, con el fin de conocer y comprender el ciclo biológico de las royas que afectan al arbolado de pinos, por lo menos en el área del Parque Nacional Zoquiapan y Anexas.

Las observaciones macro y microscópicas de lesiones y estructuras reproductivas de las royas encontradas en Pinus hartwegii, condujeron solo a la determinación genérica del hongo, correspondiente a Cronartium, acerca del cual no es de momento posible dar su calificativo específico, - por carecer de las bases taxonómicas apropiadas, aparte de considerar que en lo que corresponde a las royas registradas para México, se incluye como hospedera a esta especie de pino, sin embargo la información - concerniente no apoya consistentemente que Cronartium conigenum sea la especie de roya involucrada en la infección de conos, ramas y tallos. - La falta de hallazgos de infecciones en follaje de Quercus, sp., que indicarían relación directa con la roya, tal como se señala en la bibliografía especializada, hace cuestionable la presencia de C. conigenum, o de C. quercuum (Gibson, I.A. y Salinas Q.R., 1985), aunque no se excluyan posibilidades de que el huésped alternante sea otra especie diferente al encino, como pudiera ser Alnus firmifolia, Senecio cinerarioides, Senecio sinautus, Salix paradoxa o algún Ribes, o por otra parte - que se trate de una forma autoica de roya.

Por lo que respecta a influencias de factores ambientales se encontró - que Cronartium sp. se distribuyó con mayor incidencia en la franja altitudinal de 3000 a 3300 m. en la época y zona de muestreo, donde se determinó la interacción de la pendiente, exposición y cobertura, y donde la temperatura y humedad pudieran ser factores determinantes, las que - se sabe afectan la germinación y propagación de esporas.

Las condiciones climáticas prevaecientes en la zona de estudio, no han

sido favorables para el patógeno, por lo menos en un período de 5 años, pues la precipitación pluvial ha sido irregular en ese lapso, 3 años con bajo nivel de precipitación y 2 con buena precipitación; concurrentemente la temperatura se registró baja, siendo por tanto perjudicial, conforme a los requerimientos de la roya. Estas condiciones evidentemente están limitando la propagación del hongo.

El método de muestreo y de análisis estadístico de perfiles ecológico e índice, empleados comunmente en estudios fitoecológicos, al ser adaptados para este estudio indicaron definitivamente ser útiles para lograr los propósitos planteados; pero debe aclararse que es necesaria la realización de ajustes que permitan obtener mayores conocimientos sobre éste y otros problemas de enfermedades, lesivos al recurso forestal.

CONCLUSIONES

A pesar de que en la época de muestreo se encontraron signos de Cronartium sp., sólo en estado de estatismo o no esporulante, el hecho sin embargo representa un peligro, puesto que en cualquier momento un cambio en las condiciones ambientales puede actuar como factor "detonante" y causar el disparo o brote dispersivo, generalizado de elementos infectantes del hongo.

En México las informaciones acerca de la taxonomía, ciclos biológicos, fisiología y requerimientos ambientales de royas en especies forestales es exigua, por cuyo motivo importa y urge la planificación de estudios que definan tales conocimientos, y las alternativas para prevenir y controlar a la enfermedad.

Pinus hartwegii es definitivamente una de las especies de pino receptoras al ataque de la roya, en sus diferentes estructuras, siendo las más dañadas los conos y en grado menor sus ramas y tallos.

La receptividad no implicó efecto total directo en los pinos afectados. Aparentemente este efecto puede estar complicado con la interacción de otros factores, como los incendios y plagas.

El hecho de haber encontrado la mayor incidencia del patógeno bajo distintas fases de desarrollo sobre conos y tallos, predominantemente en hospederos sobremaduros, indica la condición de senilidad o decadencia del pinar.

Las observaciones macro y microscópicas de lesiones y estructuras reproductivas de las royas encontradas en Pinus hartwegii, condujeron solo a la determinación genérica del hongo, correspondiente a Cronartium; acerca del cual, de momento no es posible dar su calificativo específico, - por carecer de las bases taxonómicas apropiadas, aparte de considerar - que en lo que corresponde a las royas registradas para México, se incluye como hospedera a esta especie de pino, sin embargo la información - concerniente no apoya consistentemente que Cronartium conigenum, sea la especie de roya involucrada en la infección de conos, ramas y tallos. La falta de hallazgos de infecciones en follaje de Quercus, sp., que - indicarían relación directa con la roya, tal como se señala en la bibliografía especializada, hace cuestionable la presencia de C. conigenum, o de C. cuercuum (Gibson, I.A. y Salinas, Q.R., 1985), aunque no se excluyen posibilidades de que el huésped alternante sea otra especie diferente al encino, como pudiera ser Alnus firmifolia, Senecio cinerarioides, Senecio sinautus, Salix paradoxa o algún Ribes, o por otra parte que se trate de una forma autoica de roya.

Por lo que respecta a influencias de factores ambientales se encontró que Cronartium sp. se distribuyó con mayor incidencia en la franja altitudinal de 3000 a 3300 m, en la época y zona de muestreo, donde se determinó la interacción de la pendiente, exposición y cobertura, y donde la temperatura y humedad pudieran ser factores determinantes, las que se sabe afectan la germinación y propagación de esporas.

Las condiciones climáticas prevalecientes en la zona de estudio, no han sido favorables para el patógeno, por lo menos en un período de 5 años pues la precipitación pluvial ha sido irregular en ese lapso, 3 años -

con bajo nivel de precipitación y 2 con buena precipitación; concurrentemente la temperatura se registró baja, siendo por tanto perjudicial, conforme a los requerimientos de la roya. Estas condiciones evidentemente están limitando la propagación del hongo.

El método de muestreo y de análisis estadístico de perfiles ecológico e índice, empleados comúnmente en estudios fitoecológicos, al ser adaptados para este estudio indicaron definitivamente ser útiles para lograr los propósitos planteados; pero debe aclararse que es necesaria la realización de ajustes que permitan obtener mayores conocimientos sobre éste y otros problemas de enfermedades, lesivos al recurso forestal.

GLOSARIO

Aecial (aecidial). Perteneciente a aecium, o el estado de espora en el cual la aecia es formada.

Aecidioide. Parecido a un aecium (en su sentido estricto); teniendo esporas verrugosas, las cuales están dispuestas en cadenas.

Aeciosporas (aecidiospora). Una espora formada en un aecium.

Aecium, pl. aecia (aecidium). Un cuerpo fructífero conteniendo aeciosporas, producido antes del espermogonium y después del uredinium en el ciclo de vida de una roya.

Alternación. Sucesiva ocurrencia de la roya en sus dos huéspedes alternantes durante su ciclo de vida.

Apiculado. Que tiene un apículo.

Apículo (de una espora). Una proyección corta en un extremo.

Autoico (de una roya). Complementando su ciclo de vida en una planta hospedera; lo opuesto de heteroico.

Basidial. Perteneciente a basidio.

Basidiospora. Espora producida por un basidio. En las royas la basidia se desarrolla de la germinación de las teliosporas. Las basidiosporas son diseminadas por el viento y esparcidas causando nuevas infecciones.

Basidium, pl. Basidia. Organó de un grupo de hongos (basidiomicetes) - los cuales producen basidiosporas. En las royas (Uredinales), el basidium crece afuera de la teliospora durante el estado terrenal del ciclo de vida; designado por el número romano IV.

Caecoma, pl. caecomata. Un difuso aecium sin células peridiales con o sin parafices.

Cancer. Sobre un árbol, lesión necrótica relativamente localizada, primariamente de corteza y cambium.

Caulícola. Creciendo sobre tallos.

Cerebroide. Con repliegues o dobleces; parecido a cerebro.

Cuerpo fructífero (cuerpo fructificante). Producción de esporas o estructuras productoras de esporas (ejemplo un aecium, uredinium, telium, etc. de la roya).

Equinulado. Cubierto con pequeñas espinas finamente punteadas.

Etiología. En patología, aquella fase en el estudio de la enfermedad la cual trata con el factor causal, el patógeno y su relación con el hospedero.

Heteroica, (de una roya). Completando su ciclo de vida en dos plantas no relacionadas (huésped alternante), comparada con la autoica.

Micelio. Término colectivo para una agregación o masa de hifas.

Necrosis. Muerte de células, especialmente cuando el tejido se hace oscuro de color; comunmente un síntoma de infección.

Ostiolo, (de un cuerpo fructífero). Un poro, boca, o abertura; frecuentemente en uredinium de Puccinastrum spp., o hifas como en la espermagonia de muchas royas.

Peridermium, pl. peridermio. Un aecium parecida a una ampolla (Cronartium spp), forma de espiga (Puccinastrum spp.) o cilíndrica (Uredinopsis spp.), peridium.

Peridium, pl. peridia (de roya). Lo externo, membrana envolvente de cuerpos fructíferos, tal como la aecia y uredinia, de royas de coníferas.

Roya. Hongos parásitos del orden Uredinales; enfermedad causada por un hongo del orden Uredinales.

Teleutospora. Nombre antiguo para teliospora.

Telial. Perteneciente a telium, o estado de la espora en el cual la telia es formada.

Teliospora. Espora producida en un telium y produciendo basidia, con basidiosporas, por germinación.

Telium, pl. telia. Un cuerpo fructífero conteniendo teliosporas, producidas antes del uredinium y después del espermagonium en ciclo de vida de una roya.

Uredinales. Las royas; nombre científico de un orden taxonómico de hongos de la clase basidiomicetes. Todas las royas son parásitas.

Uredinial (uredial). Perteneciente a uredinium, o al estado de espóra en la cual la uredinia es formada.

Uredinospora (urediospora, uredospora). Espora producida en un uredinium y capaz de infectar el mismo hospedero en el cual se originó. Las uredinosporas son usualmente equinuladas y sostenidas sobre pedicelos.

Uredinium, pl. uredinia (uredium). Cuerpo fructífero conteniendo uredinosporas, producida antes del aecium y después del telium en el ciclo de vida de una roya.

LITERATURA CITADA

- A., Anderson N. 1970. Eastern Galla Rust. U.S. Dep. Agr. Forest Pest. Leaflet. 4pp.
- Agrios, N. George. 1969. Plant pathology. Academic Press New York and London. pag.629.
- Ainsworth, G.C.; Sussmon, A.S. 1968. The fungi. Vol. III. 738pp. Academic Press.
- Alexopoulos, C.J. 1976. Introductory mycology. 2nd Ed. John Willey and Sons. New York.
- Arthur, J.C. 1929. The plant rusts (Uredinales), N.Y., J. Willey and Sons, Inc. 446pp.
- _____ 1934. Manual of the rusts in the United States and Canada. Purdue Research Foundation, Lofayette 438p.
- _____ and F. D. Kern. 1914. North American species of Peridermium on Pine Micologia 6: 109-138p.
- Boyce, J.S. 1961. Forest Pathology. New York Mc, Grow Hill Book Co. Inc. 572p.

- Cummins, G.B.; Hiratsuka, Y. 1983. Illustrated Genera of Rust Fungi.
The American Phytopathological Society.
- Czabator, F. 1971. Fusiform Rust of Southern Pinus a Critical Review
U.S. Dep. Agr. 50-65. 39p.
- Fresse, F. Muestreo Forestal Elemental. Centro Regional de Ayuda Tec-
nica (A.I.D.) Bol. de Agríc. No. 232. México-Buenos Aires.
96p.
- Gibson, I.A.S.; Salinas Q.R. 1985. Notas sobre Enfermedades Forestales
y su Manejo. Bol. Téc. I.N.I.F. No. 106. 196p.
- Hepting, G. 1958. Southern Cone Rust. U.S. Dep. Agr. Leaflet. 27
4p.
- Hepting, G.H. 1971. Diseases of Forest and Shade Trees of the United
States U.S. Department of Agriculture Handbook. No. 386.
- Hiratsuka, Y.; Powell, J.M. 1976. Pine Rusts of Canada Department of
Environment. Canadian Forestry Service. Forestry Technical
Report 4.
- Hiratsuka, Y. 1987. Forest tree diseases of the prairie provinces. Can.
For. Serv., North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. Rep.
NOR -x- 286.

- Kimey, J.W.; Wagener, W.W. 1961. Spread of White Pine Blister Rust from Ribes to Sugar Pine in California and Oregon. U.S. D.A. Forest Serv.
- León-Gallegos, H.; Cummins, G.B. 1981. Uredinales (Royas) de México. INIA. Vol. I y II. Culiacán, Sin.
- Madrigal Sánchez X. 1976. Instructivo para el Estudio Fitoecológico del Eje Neo-Volcánico. Bol. Divul. I.N.I.F. No. 45, 29p.
- Martínez Maximino. 1948. Los pinos mexicanos, 2nd. Ed. Botas. México, D.F. 368p.
- Murray, J.S. 1955. Rusts of British Forest Trees Forestry Commission, Booklet No. 4. Her Majesty's Stationery Office.
- Obieta Obieta, Ma. Cristina. 1978. Estructura y Composición de la Vegetación Herbácea de un Bosque Uniespecífico de Pinus hartwegii Tesis. U.N.A.M. México, D.F.
- Peace, T.R. 1962. Pathology of Trees and Shrubs (With special reference to Britain) Oxford at the Clarendon Press.
- Peterson, R.S. 1962. Notes on Western Rust. Fungi, III. Cronartium, Mycologia. 54: 678-684p.

- Peterson, R.S. 1966. Limb Rust. Damage to Pine U.S. Dep. Agr., For. Serv. Intermountain For. and Range Exp. Sta., Ogden, Utah 10p. illus. - (U.S. Forest Serv. Res. Pap. INT-31).
- Resendiz, M.F. y Salinas, Q. R. 1984. Observaciones Preliminares Referentes a la Roya de Pinos (Cronartium sp) en una localidad del Parque Nacional de Zoquiapan y Anexas, Edo. de Méx. 9° Congreso de Botánica.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432p.
- Salinas, Q.R. 1981. Enfermedades Forestales. Memorias de la Primera Reunión sobre Plagas y Enfermedades Forestales SARH, S.F.F., I.N.I.F.
- Salinas, Q.R. y Peterson, R.S. 1967. Cronartium conigenum: Distribución y efectos en los Pinos. Bol. Téc. I.N.I.F. No. 19 14p.
- Snedecor, G.W.; Cochran, W.G. 1967. Statistical Methods the Iowa State University Press. Ames, Iowa 593p.
- Spurr, Stephen H. 1964. Forest. Ecology. The Ronald Press Co., New York. 351p.
- Susano, Hernández Roberto. 1981. Efectos del Pastoreo de Bovinos sobre la Dinámica de la Vegetación Herbácea en Bosques de Pinus hartwegii Lindl. Tesis. U.A.CH. Chapingo, México, 110p.

- Sutherland, J.R.; T. Miller and R. Salinas Quinard. 1987. Cone and Seed Diseases of North American Conifers. Cofan Publ. No. 1 Victoria, British Columbia, Canada.
- Tattar, T.A. 1978. Diseases of Shade Trees Academic Press, New York.
- Tattar, T.A.; Blanchard, R.O. 1981. Forest and Laboratory Guide to Tree Pathology. Academic Press, New York.
- Van Arsdel, E.P.; A.J. Riker; T.F. Kouba, V.E. Soumi and R.A. Bryson. 1961. The Climatic Distribution of Blister Rust on white Pine in Wisconsin U.S. Dep. Agric. For. Serv. Lake States For. Exp. Sta. Sta. Pap. 87, 34p.
- Verna, L.C. y F.J. Herrero. 1952. Micología Ed. Ateneo Argentina 740p.
- Weaver, J.E., and F.E. Clements (Traducción al Español por Angel L. Cabrera) 1950. Ecología Vegetal. ACME Agency, Soc. Resp. LTDA.
- Ziller, W.G. 1974. The Tree Rusts of Western Canada. Environ. Can., Serv. For. Publ. No. 1329; Victoria.