

B5
2 of.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGIA

" El muérdago enano Arceuthobium vaginatum
(Willd) Presl. subsp. vaginatum (Viscaceae) en
Pinus hartwegii Lindl.: Aspectos de fenología y
Distribución en el Desierto de los Leones, D.F. "

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A

LORENIA HELADIA GUTIERREZ VILCHIS

MEXICO, D.F.

1990

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

INDICE

	pag.
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
GENERALIDADES	
Definición del concepto fenología. Biología y ciclo de vida de <u>Arceuthobium</u> spp.....	4
ANTECEDENTES.....	10
DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	
Descripción de las condiciones del área: Principales aspectos climáticos. Caracterización geológica y topográfica. Tipifica ción hidrológica. Condicioner edáficas. Vegetación. Aspecto - fitosanitario.....	13
MATERIAL Y METODOS	
Establecimiento de sitios de muestreo. Toma de datos por si-- tío. Establecimiento de puntos de observación del proceso fe- nológico. Caracterización ambiental.....	16
RESULTADOS Y DISCUSION	
Descripción de la parásita. Fenología. Magnitud de parasitis- mo. Distribución del muérdago onano. Efectos sobre el arbola- do. Relación del grado de disturbio y presencia del parasitis- mo.....	19
CONCLUSIONES.....	41
GLOSARIO.....	43
BIBLIOGRAFIA.....	45

INTRODUCCION

Desde hace mucho tiempo el bosque ha constituido una fuente inmensa de beneficios para el hombre, no solo por el aprovechamiento que se hace de el sino por la importancia que presenta desde el punto de vista ecológico como lugar productor de oxígeno, hábitat de gran cantidad de plantas y animales, así como por ser un sitio captador de agua que permite la recarga de los mantos freáticos asegurando el suministro de agua de los poblados vecinos. Los bosques además constituyen sitios de recreación y esparcimiento permitiendo el contacto con la naturaleza.

No obstante, los múltiples beneficios que brindan las zonas boscosas están han sufrido graves daños originados por el uso inadecuado e irracional de los recursos; la tala inmoderada y los incendios han contribuido fuertemente a romper el equilibrio que alguna vez los caracterizó, dando como resultado la proliferación de plagas y enfermedades hasta alcanzar niveles alarmantes, sin que hasta el momento se cuente con técnicas o planes de manejo que permitan reducir las pérdidas. Esta situación caracteriza a los bosques mexicanos no siendo excepción el del Desierto de los Leones, D.F., lugar que en los últimos años ha sufrido graves disturbios originados por el derribo excesivo de arbolado, dando lugar a una masa arbórea muy abierta en donde las condiciones ambientales han cambiado considerablemente y en donde las plagas y enfermedades han encontrado condiciones óptimas para su desarrollo; éste es el caso del muérdago enano, una fanerógama parásita que ha alcanzado una distribución amplia en esa zona, la cual precisamente por la apertura de la masa arbórea ha tenido una amplia diseminación ya que al no tener una barrera natural de arbolado que limite el avance de las semillas éstas han cubierto distancias considerables, de modo que la parásita es encontrada frecuentemente en la zona.

Además de tener una amplia distribución en el arbolado adulto, se observa que parte del renuevo presenta ya un grado leve de parasitismo y como ese renuevo será el que sustituya al arbolado adulto actual provocará de esta manera una infección ciclica, zonalmente muy localizada restringida a la población de Pinus hartwegii y de dispersión continua.

Por desgracia se desconocen algunos aspectos del ciclo de vida de la parásita y en especial de su fenología para poder plantear un posible control; por otra parte se carece de los medios necesarios que permitan llevar a cabo labores de saneamiento y si a esto se agrega que nuestros bosques se ubican en terrenos muy accidentados de difícil acceso, será aún todavía más difícil plantear métodos prácticos que detengan o limiten el avance del muérdago y los efectos de su parasitismo.

Por esto, se requiere poner especial atención en los muérdagos enanos a fin de obtener la información básica necesaria para procurar la planificación de medidas que limiten la dispersión, teniendo en cuenta que los muérdagos enanos así como los árboles que parasitan son parte integral del ecosistema boscoso y que resultaría sumamente costoso y difícil lograr su erradicación, sin tener que eliminar a sus hospedantes y sin riesgo de que resulte infructuosa la aplicación de algunas medidas que detengan su avance en el bosque.

Poco se sabe acerca de las posibilidades de éxito que pudiera ofrecer algún procedimiento de control biológico o integrado, para la planificación de cualquiera de ellos es requerimiento esencial conocer el comportamiento de la parásita, siendo de primordial importancia el conocimiento de su fenología a fin de determinar los momentos críticos de su desarrollo en que se tengan las mejores condiciones que aseguren éxito en la aplicación del método de manejo pretendido.

Conforme a las consideraciones anteriores, en el planteamiento del estudio que se presenta se tuvo en cuenta el desconocimiento de las características del ciclo de vida del muérdago enano en cuanto a relaciones con las condiciones ambientales prevalecientes en el Desierto de los Leones, D.F., México; de aquí que fueran planteados los siguientes objetivos.

determinar conforme a fechas aproximadas, el periodo de ocurrencia de las fases fenológicas (floración, fructificación, dispersión de semillas y fase vegetativa) de los muérdagos presentes en el pinar que se ubica arriba de los 3000 m snm en el Desierto de los Leones D.F., México.

visualizar algun posible efecto de factores ambientales (humedad y temperatura) y de las características de sitio (altitud, pendiente y orientación) sobre el establecimiento y proliferación del parasitismo.

realizar una cuantificación de arbolado parasitado.

GENERALIDADES

El Concepto FENOLOGIA

La fenología se describe generalmente como las fases del ciclo de vida o actividades de plantas y animales en su ocurrencia temporal a través del año (Leith, 1970).

Los cambios que ocurren en el ciclo de vida de plantas y animales se encuentran relacionados con cambios en el ambiente físico, aparte de que en el caso de vegetales puede haber algún mecanismo interno general, regulador de la fenología que determina cierto grado de independencia de los eventos climáticos circunstanciales.

En la mayoría de los casos los estudios fenológicos descriptivos se han basado en las características morfológicas, anatómicas o de comportamiento, las cuales son relativamente fáciles de observar en la naturaleza (Bollo, 1983).

El estudio de las variaciones que ocurren en las plantas es de suma importancia para conocer la dinámica de las comunidades vegetales y la respuesta de las plantas a las condiciones climáticas actuales.

En lo concerniente a los estudios fenológicos, éstos permiten elaborar calendarios circunstanciales y sobreponerlos convenientemente ya sea a un calendario astronómico o a uno civil, de tal forma que las estaciones del año no estén estrictamente marcadas por fechas determinadas sino por lapsos marcados de incidentes biológicos, refiriendo éstos incidentes como fenofases; cada una de las fases dentro del ciclo de vida de una especie determinada y traducida a lapsos de calendario; la forma en que transcurre la secuencia completa de esas fenofases a lo largo del año, constituye la fenodinámica de la especie.

Biología de Arceuthobium

Debido a sus hábitos parasíticos los muerdagos enanos han sufrido reducciones morfológicas extremas, presentando una marcada dependencia hacia sus hospedantes.

Cada muerdago se encuentra constituido por una porción aérea reproductiva, representada por un tallo articulado, ramificado, con hojas reducidas a pequeñas escamas. Una estructura especializada equiparable a una raíz conocida como sistema endofítico o haustorial que se desarrolla dentro de los tejidos del hospedante, constituye un eficiente mecanismo de absorción que transloca las sustancias alimenticias hasta la porción aérea de la planta parásita.

Con respecto a sus hábitos nutricionales, poseen algún grado de autotrofismo; aunque algunos autores mencionan que estas plantas absorben únicamente agua y sales minerales, otros opinan que no hay síntesis de carbohidratos. No obstante que los tallos del parásito contienen clorofila lo que las capacita para elaborar algunos carbohidratos, sin embargo no lo son en la cantidad suficiente para satisfacer los requerimientos de la planta. Experimentos para determinar la capacidad fototrófica de Arceuthobium indican que esta planta es capaz de realizar alguna actividad fotosintética (Miller y Tocher, 1975), pero requiere de cierta cantidad de compuestos de carbono del hospedante. Es pues posible que durante algún estado de desarrollo o durante períodos en los cuales se reduce la translocación de carbohidratos, la actividad fotosintética de la parásita adquiere particular importancia.

El hecho de que los efectos del parasitismo sobre los árboles varíe dependiendo de la interacción de las especies involucradas (relación hospedante-parásito), hace pensar en la posibilidad de que los requerimientos nutricionales de Arceuthobium varíen de acuerdo a los hospedantes (Miller y To-

cher, op. cit.).

Al parecer las "formas sistémicas" de Arceuthobium, es decir, aquellas en las que el sistema endofítico se desarrolla protusamente dentro de los tejidos del hospedante, presentan una mayor dependencia en relación a la obtención de carbohidratos, no sucediendo esto en las formas no sistémicas o locales en las que la mayor parte del tejido parásito se encuentra constituyendo brotes aéreos. El muérdago en la fase sistémica es de hecho totalmente parásito y está capacitado para vivir indefinidamente sin necesidad de emitir tallos (Valdivia, 1964).

El síntoma típico de infección por muérdago enano lo constituye un hinchamiento fusiforme en el sitio de implantación de la semilla, así como la formación de "escobas de bruja", que es una proliferación de ramas distorsionadas. Este último síntoma no es exclusivo de muérdago ya que puede ser causado por otros patógenos y factores abióticos, su formación puede asociarse con Arceuthobium cuando se presentan brotes sobre las ramas, pero sería riesgoso asegurar que el muérdago enano provocó su formación, dado que quizá, la implantación ocurrió cuando la "escoba" estaba ya presente. Al parecer estas ramas infestadas sobreviven varios años más a las que están libres del parásito, absorbiendo gran cantidad de nutrientes que normalmente irían hacia la parte superior de la copa. Estas ramas hipertróficas con hábitos de crecimiento anormal son de follaje muy denso alcanzando un diámetro superior al de ramas no parasitadas.

No todas las especies de muérdago enano originan la formación de escobas de bruja, sino que ciertas combinaciones de especies hospedante-parásito determinan su presencia; así en los árboles donde se formaron puede haber un efecto negativo mayor sobre las condiciones generales de estos, ya que presentan un avanzado proceso de decrepitud, en contraste la rama

hipertrófica se presenta vigorosa y con follaje muy denso.

Ciclo de Vida

Según las apreciaciones de diferentes autores, los muérdagos enanos - presentan características como las siguientes:

El fruto normal de Arceuthobium contiene una sola semilla con un -- embrión (Hawksworth y Wiens, 1972). Las semillas presentan una cubierta vis cosa que les permite adherirse a cualquier superficie que las intercepte en su recorrido. Las agujas de las coníferas son particularmente efectivas en la intercepción de semillas en vuelo. Estas semillas interceptadas perman cen en las agujas hasta que las primeras lluvias lubrican su cubierta vis cosa provocando su deslizamiento a la base de las hojas. La germinación de la semilla se manifiesta por la emergencia, de una estructura rojiza seme-- jante a una raíz, llamada radícula. Esta estructura se alarga hasta encon- trar algún obstáculo, tal como la base de las agujas, alguna yema foliar o hendiduras en la corteza, donde se inicia la penetración, directamente por acción mecánica de la radícula, seguida por la extensión de finisimos fila mentos que se desarrollan bajo la corteza en direcciones longitudinal y la teral circundando ramas y troncos, a éstos filamentos se les conoce como - "haustorios corticales" a partir de los cuales se forman los "haustorios - penetrantes", que crecen en forma centripeta; tanto los tallos como las ra mas del hospedante al crecer forman anualmente capas o anillos de madera - que cubren en forma sucesiva a los haustorios penetrantes.

La susceptibilidad es mayor en los tejidos jóvenes que en los viejos, por lo que los pinos son más susceptibles cuando tienen de 4 a 6 años de - edad, conforme ésta aumenta la susceptibilidad disminuye (Rodríguez, 1983).

Al año de infección el muérdago puede estar totalmente establecido, aumentando el área de infección y el tamaño de las células del hospedante, -- originando una tumoración visible, fusiforme en ramas y un poco más globosa en troncos. El período de incubación, dependiendo de las especies, puede ser de 2 a 5 años (Paranyay y Smith, 1972).

Los tallos de muérdago emergen generalmente al segundo o tercer año -- después de ocurrida la implantación de la semilla. Las estructuras aéreas -- no viven más de siete años y casi siempre tienen un promedio de dos a tres años. Estas estructuras mueren y caen, pero nuevos brotes emergen reemplazando a los que van desapareciendo. Excepcionalmente los tallos son deciduos -- al término de la floración (Hawksworth y Wiens, 1965). Estructuralmente los tallos son articulados y con el tiempo producen ramificaciones verticiladas o flaveladas.

Son plantas dioicas que generalmente uno o dos años después de la aparición de sus primeros brotes cada uno produce por separado flores estaminadas o pistiladas. La estaminada es trómera cuando ocupa posición axilar o tetrómera cuando tiene posición terminal. En cualquier caso la flor tiene una antera sésil en cada lóbulo del perianto y un nectario central. La flor pistilada es inconspicua, bilobulada con pistilo central; a excepción del estigma obscuro, toda la estructura floral tiene la misma coloración que los tallos.

El período de floración en la mayoría de los casos es de 4 a 6 semanas (Rodríguez, op. cit.).

La polinización puede ser anemófila o entomófila, transcurre un tiempo aproximado de 18 meses desde la polinización hasta la producción de frutos maduros.

El período de maduración de frutos es variable, dependiendo de la

especie involucrada; puede ser tan corto como 5 meses o tan largo como 18, como ocurre en algunas especies mexicanas (Rodríguez, 1983). El fruto es -- ovoide, bicoloreado, sostenido por un pedicelo recurvado. La dispersión de semillas tiene lugar a mediados de verano o al final de las lluvias, dependiendo de la especie.

Cuando el fruto alcanza su madurez, ocurre la descarga de semillas, un mecanismo explosivo permite que las semillas sean lanzadas a velocidades - considerables; se ha mencionado que la velocidad inicial es de 24 a 27 cm/seg (Valdivia, 1964). La distancia que puede recorrer la semilla depende tanto de la ubicación del muerdago en el árbol como de la velocidad del viento y la densidad de la masa arbórea. El recorrido horizontal promedio de las - semillas es de 4 a 6 metros pero en algunas ocasiones se desplaza hasta 30 metros (Rodríguez, op. cit.).

ANTECEDENTES

Es un hecho conocido que en términos generales los muérdagos enanos se encuentran ampliamente distribuidos en los bosques mexicanos, sin embargo, el conocimiento de estas plantas parásitas es limitado.

El género Arceuthobium fue conocido por primera vez en México por especímenes colectados en el Cofre de Perote, Veracruz, por Humboldt y Bonpland en 1804, designándole el nombre específico de Arceuthobium vaginatum. Esta especie fue considerada por largo tiempo como la única del género existente en nuestro país; en la actualidad el número de especies es de 19 con 3 subespecies (Hawksworth y Wiens, 1989).

Las investigaciones realizadas en México sobre muérdagos enanos se enfocaron principalmente a su distribución geográfica (Hawksworth y Wiens, 1965, 1972, 1984, 1989) y en la evaluación de daños en los hospedantes; así algunos autores como Gutiérrez (1970), Andrade (1981), Uribe (1985) y Vera (1985) indicaron que los árboles parasitados presentan dimensiones menores de diámetro, altura y longitud foliar respecto a las de árboles libres de parásitos. Estos autores han concluido que los efectos del muérdago tienen un carácter negativo sobre el crecimiento individual del hospedante, así como la incidencia lo tiene sobre el arbolado.

En relación con la biología de Arceuthobium se cuenta con pocos datos. En estos se hace referencia a las épocas de floración, así como a la de dispersión de semillas; algunas de estas informaciones son resultado de visitas fortuitas, por lo que se desconocen las fechas precisas de ocurrencia y duración de los eventos fenológicos, ya que únicamente se hace referencia al mes en que se realizó la determinación. Esencialmente se carece de calendarios de floración y otros aspectos de su ciclo biológico. La información disponible en este sentido corresponde a literatura extranjera, --

refiriendo condiciones geográficas, topográficas, altitudinales y de especies completamente distintas a las de la zona propuesta para el estudio.

En lo concerniente a México se tiene la siguiente información:

Valdivia (1964) realizó una recopilación bibliográfica sobre diversos aspectos biológicos y ecológicos del género; incluyó además un estudio de los muérdagos enanos de Michoacán haciendo referencia a su distribución en la zona noreste del estado, donde según apreciaciones de este autor la -- abundancia de luz solar (condición que se presenta en montes aclarados) es favorable para el desarrollo y diseminación de la parásita; así mismo que las infecciones se desarrollan mejor en terrenos con pendientes moderadas y se ubican de preferencia en las partes medias de las cañadas; indica que la época de floración de A. vaginatum se registró de febrero a abril.

Cibrián et al. (1980) publicaron nuevos registros de distribución de A. vaginatum vaginatum, incluyeron además un estudio histológico de las principales estructuras del sistema endofítico.

Una revisión del género (Rodríguez, 1983) incluyó la descripción botánica de las especies que inciden en nuestro país, así como su distribución. Menciona que A. vaginatum en Zoquiapan, Estado de México, florece de marzo a abril y que la dispersión de semillas ocurre de finales de julio a principios de agosto. En 1985 el mismo autor evaluó la situación de parasitismo en el repoblado de pino en Zoquiapan, reportando que ese arbolado presenta ya un grado leve de parasitismo.

La maduración de frutos de A. vaginatum en el centro de Veracruz y -- Puebla según Chazaro (1987) se presenta entre los meses de mayo y septiembre, teniendo como hospedantes a Pinus rudis y P. oaxacana.

En contraste con lo que sucede en nuestro país, en el extranjero se han realizado estudios intensos, especialmente en aquellos países con recur

sos maderables considerables, en los que el muérdago enano es considerado - una plaga forestal. Entre ellos destacan los realizados por Hawksworth y - Wiens (1965) quienes incluyeron aspectos de los muérdagos enanos mexicanos dando noticias de las especies norteamericanas que se distribuyen en nues-- tro país, algunas de las cuales fueron descritas como especies nuevas. Refi-- rieron las fechas aproximadas de antesis y dispersión de semillas de esas especies indicando que A. vaginatum vaginatum presenta su antesis de marzo a abril y su dispersión en agosto.

Los muérdagos se encuentran ampliamente distribuidos en México y apa-- rentemente son de los agentes de enfermedad más serios de las coníferas -- mexicanas. El principal daño parece ser la reducción del crecimiento, aun-- que también puede causar mortalidad sobre todo en arbolado joven. Esta si-- tuación al parecer se presenta con menor frecuencia en México que en el sureste de E.U.A. (Hawksworth y Wiens, op. cit.).

De los tres lapsos de floración que se consideran establecidos para el género Arceuthobium, en el correspondiente a especies que florecen en - primavera se ubica a A. vaginatum.

Un taxón generalmente florece en un periodo determinado cada año, aun-- que es normal que ocurran variaciones altitudinales, latitudinales y esta-- cionales. Para las especies que florecen en verano, esta usualmente inicia primero a mayor elevación, mientras que lo opuesto parece ser cierto para las especies que florecen en primavera (Scharpf, 1965 en Hawksworth y Wiens, 1972).

Se considera que A. vaginatum vaginatum florece de febrero a abril y que ocurre su dispersión en el mes de septiembre (Hawksworth y Wiens, op.cit.).

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubicó en el límite suroeste del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones, situado al sur de la Ciudad de México, en la Delegación Cuajimalpa, localizado entre las coordenadas geográficas de latitud norte 19°20'08" y 19°15'40" y longitud oeste 99°17'45" y 99°20'00". Pertenece geográficamente a la Sierra de las Cruces, cerca de la vertiente que se forma con la Sierra del Ajusco, ambas pertenecientes al sistema montañoso conocido como Eje Neovolcánico Transversal.

PRINCIPALES ASPECTOS CLIMATICOS

De acuerdo con García (1981) el tipo de clima para el Desierto de los Leones corresponde a C (W₂)(W)(b')ig; templado con lluvias en verano, semifrío con verano fresco y largo; forma parte del más húmedo de los subhúmedos. La temperatura máxima se presenta en mayo con un promedio anual de 12.7°C (Servicio Meteorológico SARH, 1954 a 1982).

La temporada húmeda se verifica durante siete meses, iniciando en abril con lluvias moderadas, alcanzando las máximas precipitaciones de julio a septiembre, en el mes de octubre decrece, iniciando la época seca que se prolonga hasta el mes de marzo.

CARACTERIZACION GEOLOGICA Y TOPOGRAFICA

El Parque se encuentra en la vertiente central de la Sierra de las Cruces a más de 2700 m snm. Esta vertiente está constituida por dos ramales de dirección noroeste-noreste; el Cerro San Miguel es el punto de origen común a ambos ramales que están separados por una cañada central.

El origen geológico de la zona se remonta a la era Cenozoica, período terciario superior, caracterizado por una alta actividad volcánica.

En cuanto a su geología, está constituida por rocas volcánicas extrusivas (andesitas y piroclastos).

La geomorfología se debió a procesos endógenos resultado de manifestaciones volcánicas. Dicha morfología por consecuencia es abrupta, en donde destaca la cabecera de la red fluvial formada por los cerros San Miguel, -- El Caballete, Los Hongos, Cruz de Colica y Xometla.

La porción sur es la de mayor elevación (Cerro San Miguel, 3700 m snm) la norte es la de menor elevación (hacia donde corre el río San Borja, 2700 m snm); la pendiente promedio es de 25.9 % (Comisión de Ecología, 1984).

TIPIFICACION HIDROLOGICA

Cerca del área de estudio corre el río Arroyo de Agua de Leones, ubicado en la cañada del mismo nombre y formado por varios arroyos. Un pequeño conjunto de afluentes forman el río San Borja, que constituye la corriente principal del Parque, la cual al unirse con el arroyo Agua de Leones forman el río Santo Desierto.

En los límites del Parque está situada la red de abastecimiento de agua potable que suministra agua a gran parte de la delegación Cuajimalpa.

CONDICIONES EDAFICAS

Los suelos de la Cañada de Agua de Leones son suelos delgados con un espesor menor a los 60 cm; color café rojizo a café oscuro; textura franco limosa a franco arenosa; relieve ligeramente hondulado (laderas); pendientes mayores al 10 %, con pedregosidad superficial y en el perfil. Drenaje super

ficial moderado a rápido, drenaje interno moderado y sin problemas del manto freático, pH moderadamente ácido a muy ácido (5.4 - 4.5), ricos en materia orgánica. De acuerdo con las unidades FAO-UNESCO se ubican dentro de los -- Andosoles (Trigo, et al., 1985).

CARACTERIZACION DE LA VEGETACION

El estrato arbóreo está representado por Pinus hartwegii Lindl.; el sotobosque tiende a ser monoclípico caracterizado por el pastizal, destacando los géneros Festuca y Muhlenbergia; otras especies que se encuentran en la zona son Senecio cinerarioides HBK., S. gerberifolius Sch., Lupinus montanus HBK., Penstemon gentianoides Don. y Eryngium sp.

La masa de pino se mezcla en el ecotono con Abies religiosa (HBK) Schl. et. Cham., en el estrato inferior destacan las gramíneas, algunas especies de Senecio y Acaena elongata L. entre otras.

ASPECTO FITOSANITARIO

Como principales problemas fitosanitarios presentes en el pinar de estudio pueden mencionarse la presencia de royas en conos, ramas y troncos, -- enfermedades foliares causada por hongos de la familia Hipodermataceae: la presencia de escarabajos descortezadores (Dendroctonus adjunctus Bldf.) y el parasitismo por muérdago enano, este último motivo del presente estudio.

MATERIAL Y METODOS

ESTABLECIMIENTO DE SITIOS DE MUESTREO

Al inicio del presente trabajo se realizaron recorridos por la zona con el propósito de elegir áreas apropiadas para estudio.

Una vez ubicados los focos de infestación se procedió a la elección de un método de muestreo que permitiera conocer por una parte la distribución de la parásita y por otra la concurrencia de factores de sitio y climáticos favorecedores del desarrollo de la infección en algunos sitios y limitadores de su establecimiento en otros. Partiendo de estos principios y de los resultados de experiencias en el Cerro Telapón, Estado de México (Resendiz, -- 1987) se decidió realizar un muestreo por transectos (Clements, 1950) con la variante de que fueron trazados altitudinalmente.

En recorridos posteriores fueron trazados y marcados los transectos, determinando las respectivas orientaciones por medio de una brújula. Sobre cada transecto y con auxilio de un altímetro quedaron ubicados los sitios permanentes de muestreo. A partir de un punto de origen (altitud origen) fue iniciado el marcaje, en distribución equidistante dejando una distancia de separación de 25 m de altitud entre un sitio y otro. Cada sitio fue delimitado con cordel y estacas, habiendo casos en que los árboles mismos sirvieron para marcar los límites del sitio, quedando señalados con pintura de aceite blanca, aplicada en la parte media de los troncos.

En total fueron trazados seis transectos altitudinales, cuatro en la parte alta del Desierto de los Leones (Cruz de Colica, punto de origen 3550 m snm) con orientaciones N, NW, S y SW; dos restantes a lo largo de la Cañada de Agua de Leones, en el límite SW (punto de origen 3510 m snm), uno sobre la ladera A con exposición 10° NE y otro sobre la ladera B, 25° NE.

En total se establecieron 25 sitios con dimensiones de 31.6 x 31.6 m (área equivalente a 1/10 de hectarea).

TOMA DE DATOS POR SITIO

En cada sitio se registraron datos de pendiente y exposición.

Con respecto al arbolado se determinó el número total de árboles por si tio y el total de ellos que presentaron parasitismo.

Individualmente se consideraron datos de diámetro a la altura del pecho (D.A.P.), altura, presencia de muérdago y principales problemas causados por otros factores (insectos, incendios, actividades del hombre principalmente).

PUNTOS DE OBSERVACION DEL PROCESO FENOLOGICO

En los sitios en los que se encontró el parásito, fueron elegidos dos árboles, designados como puntos de observación permanente del proceso fenológico. Considerando que algunos sitios estuvieron poco arbolados y que en ocasiones las plantas parásitas se implantaron en las partes altas de los árboles dificultando su observación, se decidió escoger a los árboles pilotos aludidos en función de la buena visibilidad que pudieran ofrecer, y facilitar en esta forma el seguimiento fenológico. Los árboles designados para -- tal fin fueron marcados en la parte media del tronco con pintura de aceite color naranja.

La realización de visitas periódicas (cuatro veces por mes) permitió registrar los cambios ocurridos en el desarrollo de Arceuthobium distinguiéndose así las siguientes situaciones:

1. Fase vegetativa. En la que solo se observan los tallos de las plantas.
2. Floración. Etapa que se inicia en el momento que se observan las estructuras florales, desde las precoces hasta la marchitez de las más tardías.
3. Fructificación. Se consideró desde el momento en que se observó el primer fruto inmaduro hasta la culminación de su desarrollo, poco antes de ini-

ciar la dispersión de semillas.

1. Dispersión de semillas. Se consideró esta etapa, desde el momento en que se observó el primer pedicelo carente de la capsula que contenía la semilla, hasta el momento en que se observaron los últimos frutos.

CARACTERIZACION AMBIENTAL

Tomando en cuenta que las variaciones morfológicas o de comportamiento (fenología) se encuentran íntimamente relacionadas con las condiciones -- ambientales, se consideró indispensable incluir en éste estudio el registro de factores ambientales. Así fueron determinados los cambios en temperatura, humedad, velocidad y dirección de vientos. La ocurrencia de heladas y nevadas quedó también incluida.

RESULTADOS Y DISCUSION

La determinación botánica de los ejemplares de muérdago enano colectados en el lugar de estudio, indicó que corresponden a Arceuthobium vaginatum -- (Willd) Presl. susp vaginatum.

La especie A. vaginatum incluye tres subespecies distinguibles entre sí por el color del brote, tallos, flores estaminadas, frutos, tiempo de antesis y distribución geográfica.

La subespecie A. vaginatum vaginatum se distingue de las dos restantes por presentar las siguientes características:

Altura promedio de los brotes hasta 20 cm; en ocasiones superior a 50 cm. Brotes de coloración café oscuro a negro. Diámetro basal de los brotes -- dominantes de 4 a 20 mm (en promedio 7 mm). Tercer internodo de 5 a 30 mm -- (14.4 ± 6.01 mm en promedio) de largo y 2.5 a 8.5 mm de ancho (5.0 mm en -- promedio). Flores estaminadas de 3.0 mm de ancho, la mayoría trímeras, algunas veces tetrámeras, segmentos del perianto de 1.6 mm de largo por 1.1 mm de ancho. Diámetro promedio de la antera 0.6 mm. Fruto maduro de 5.5 mm de largo por 3.5 de ancho. Meiosis en febrero. Antesis generalmente de marzo a abril. Las semillas maduran en agosto del año siguiente a la polinización, el período de maduración es en promedio de 16 a 17 meses (Hawksworth y Wiens, 1972).

Esta subespecie es una de las más ampliamente distribuidas en México: en la Sierra Madre Occidental, del oeste de Chihuahua al sur de Durango, Sinaloa, Nayarit y Jalisco; en la Cordillera Central abarcando los estados de Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, México y Distrito Federal; en la Sierra Madre Oriental comprendiendo de Coahuila a Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz y Oaxaca -- (Hawksworth y Wiens, 1984).

FENOLOGIA

Las observaciones efectuadas a lo largo de 18 meses permitieron establecer las fechas aproximadas de ocurrencia de los eventos fenológicos de Arcuobium vaginatum vaginatum en el Desierto de los Leones, D.F. (fig. 1).

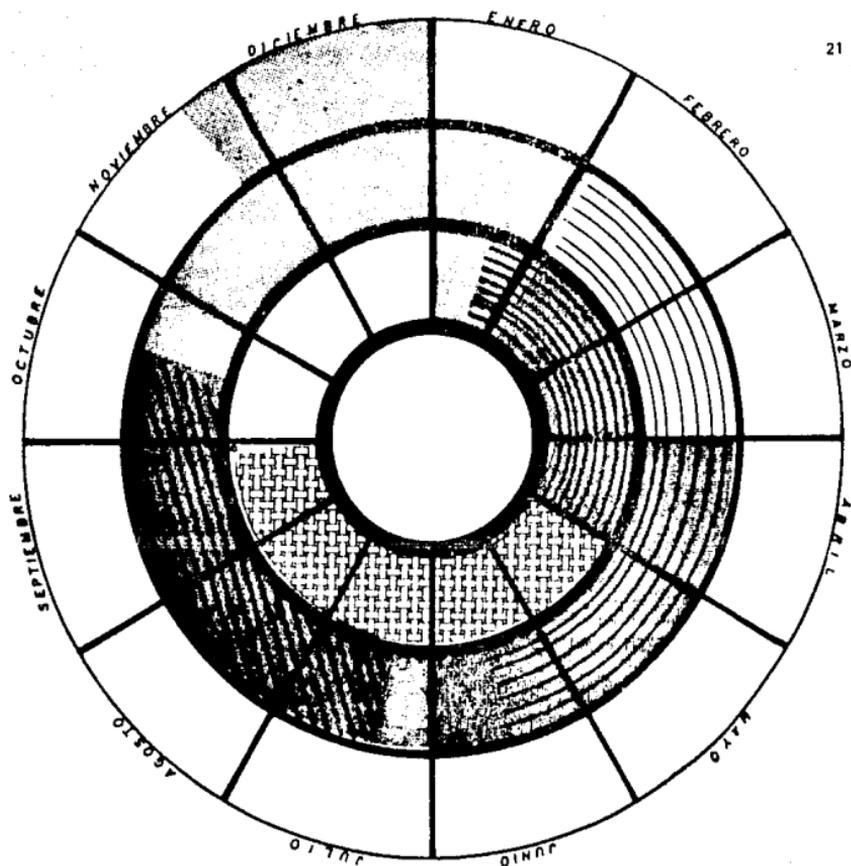
FASE VEGETATIVA

En el último tercio del mes de noviembre (1987) en que se inició el trabajo de campo, las plantas parásitas se encontraron en su fase vegetativa -- cuando se evidencian solamente los tallos del muérdago, la cual se prolongó durante enero y principios de febrero del siguiente año 1988, en el que se encontró esta misma fase iniciándose a mediados de octubre y culminando a principios de febrero de 1989.

FLORACION

Inició en el mes de febrero (1988) presentando su plenitud en abril, mes en que se observó sobre los brotes el polen una vez que fue liberado de las anteras, dando un aspecto pulvero-amarillento. Esta fase se continuó durante mayo y a mediados de junio, cuando se observaron las últimas plantas con flores.

En el tiempo en que se realizó el trabajo de campo no fue posible observar flores pistiladas; el hecho de que la estructura floral femenina presente igual color que el resto de los tallos, dificultó su observación, lo que no sucedió con las estaminadas, ya que en el momento de apertura quedan expuestas las anteras, que presentan una coloración muy brillante. Considerando que existe una sincronía en la floración de plantas estaminadas y pistiladas, la apertura de la estructura floral femenina debe ocurrir dentro de un




FASE VEGETATIVA


FLORACION


FRUCTIFICACION


FRUCTIFICACION


DISPERSION DE SEMILLAS

 1989

 1990

 1987

Fig.1 DIAGRAMA FENOLOGICO DE *Arceuthobium vaginatum* subsp. *vaginatum*
EN EL DESIERTO DE LOS LEONES D. F.

lapso semejante al de las estaminadas; pudiera ser posible que la apertura - de las primeras ocurra antes, para que las flores estén receptivas en el momento de liberación del polen.

La floración inició primero en aquellas plantas que se ubicaban (ya sea en ramas o troncos) en sitios con mayor exposición a la radiación solar. En un mismo árbol se pudo observar tanto plantas con flores como sin éstas, no dependiendo esto de que su ubicación sea en ramas altas, bajas o troncos sino de la recepción solar.

En sitios en donde la masa arbórea fue más densa, la floración se retar do respecto a las ubicadas en zonas abiertas; por consiguiente en los primeros se observaron las últimas flores de la temporada.

Para el siguiente año, 1989, esta fase se presentó desde finales de enero a abril. No habiendo sido posible determinar su duración, pues en ese mes - se concluyó el trabajo de campo.

Como puede verse en la figura 1, para el segundo año de observación -- (1989) la floración sufrió un ligero adelanto en relación al primero. En el primer año de estudio el invierno se prolongó, registrándose nevadas aún en el mes de marzo, para el siguiente la temporada cálida se presentó un poco antes con respecto al año anterior, ese ligero adelanto climático provocó -- que las fases de floración y fructificación ocurrieran antes; así, es posible que las variaciones a lo largo del año determinen adelantos o retrasos en las fases; sin embargo, a pesar de esos ligeros cambios, una especie generalmente florece en un período determinado cada año.

Concluida la floración algunos brotes estaminados murieron y cayeron al suelo. Si esta condición fuera generalizada, puede ser que ocurra algo se mejante a lo que según Hawksworth y Wiens (1965) se presenta en Arceuthobium verticilliflorum Engel., especie con brotes estaminados deciduos una vez --

que ha concluido la floración. Estas fanerógamas han sido definidas como -- plantas perennes; así que el hecho de que los brotes caigan una vez concluída la etapa reproductiva no excluye el carácter, sobre todo si se considera que solo la porción aérea muere y el sistema haustorial sigue desarrollándose dentro de los tejidos hospedantes, pudiendo originar en su oportunidad la emergencia de nuevos brotes.

FRUCTIFICACION

Las primeras plantas con frutos se observaron en abril de 1988. Los frutos se encontraron en un estado de inmadurez evidente, aumentando gradualmente su desarrollo, para culminar con la dispersión de semillas. En un principio los frutos presentaron igual coloración que el resto de los tallos; con el paso del tiempo se hicieron globosos y brillantes, diferenciándose en -- ellos una coloración clara y brillante en la parte central, en contraste con la violácea oscura de los extremos.

Al igual que en la floración, las plantas pistiladas ubicadas en lugares expuestos a abundante luz maduraron antes que las desarrolladas a la -- sombra.

Las plantas pistiladas de la parte alta del Desierto (Cruz de Colica, 3500-3600 m snm) iniciaron y culminaron primero su fructificación que las de sitios bajos (Agua de Leones, 3330 m snm).

La fase de fructificación comprendió un lapso de 26 semanas, iniciando en abril tuvo su culminación en octubre. El proceso de formación del fruto no inició estrictamente en abril, ya que comprende desde la polinización -- hasta que el fruto ha alcanzado la madurez, debiendo transcurrir un tiempo aproximado de 16 meses, sólo que fue hasta ese mes cuando se hizo evidente.

En el siguiente año esta fase inicio en el mes de febrero coincidiendo

con la floración. Las plantas pistiladas que presentaron frutos en esta época debieron ser polinizadas un año antes y tomando en cuenta la idea de que el tiempo requerido para la maduración de frutos comprende de 16 a 17 meses (Hawksworth, 1972), se explica que haya sido posible observar simultáneamente tanto plantas con flores como con frutos inmaduros. En un mismo árbol ocurrieron los dos eventos al mismo tiempo.

Esta fase continuó hasta mayo (1989) y por visitas posteriores no periódicas fue posible notar que aun en el mes de septiembre se presentaba esta fase señalada en la figura 1 como "FRUCTIFICACION".

DISPERSION DE SEMILLAS

La dispersión se inició en el mes de julio de 1988, ocurriendo primero en los sitios de la parte alta (3550 m snm) ubicados en zonas en donde el pinar es muy abierto y los árboles reciben abundante radiación solar. Por el contrario en sitios con altitudes menores (3330 m snm) la masa arbórea es más densa y la dispersión inició y culminó tiempo después.

En el caso de plantas pistiladas implantadas en un mismo árbol, la dispersión no presentó sincronía en cuanto al lapso de descarga. Así sucedió que la dispersión de semillas de las plantas localizadas en las partes del árbol expuestas a abundante radiación solar, se iniciara aproximadamente 30 días antes que en las plantas localizadas en ramas bajas y resguardadas de la acción del sol.

Esta fase continuó en agosto y septiembre para culminar a mediados de octubre de 1989, comprendiendo un lapso de 12 semanas.

Fue evidente que el período de dispersión de semillas está relacionado con un aumento en la humedad ambiental, puesto que ocurrió en los meses de mayor precipitación que en la zona corresponden a julio, agosto y septiem-

bre, haciendo posible la idea expresada por Escudero y Cibrián (1985) de que " la absorción de agua por parte del árbol y el parásito hace más turgentes - los tejidos del fruto, acumulando mayor cantidad de energía cinética que suma do a un incremento en la temperatura provoca la descarga de semillas ".

La dispersión efectuada durante 12 semanas señala que Arceuthobium vaginatum vaginatum tiene en la zona de estudio, una amplitud de esta fenofase re lativamente grande en comparación con la de especies del sur de E.U., referi do por Escudero y Cibrián (op. cit.) en que la dispersión ocurre durante sólo 3 semanas. Esta diferencia en tiempo es considerable, pudiendo acrecentar el riesgo de parasitismo y avance de la infección, sobre todo en condiciones en que los individuos parasitados son árboles residuales que constituyen el do sel superior de áreas de renuevo.

El papel que pudieran tener los vientos como agente de dispersión de -- semillas contribuyendo a ampliar radios de diseminación, no es claro, maxime si se tiene en cuenta que fue septiembre el mes en que se acentuaron los -- vientos, cuando la mayoría de las plantas parásitas habían concluido ya la dispersión de semillas.

El seguimiento de observaciones de las semillas adheridas a la corteza de algunos árboles y hasta sobre las mismas plantas de muérdago, permitió -- corroborar que la germinación ocurre poco tiempo después de ser dispersadas las semillas (septiembre-octubre). Estas semillas pueden ser interceptadas - por cualquier superficie e iniciar la germinación aún sobre rocas; si las se millas se adhieren a la superficie de un árbol el éxito de su establecimiento dependera de encontrar una hendidura por la cual pueda penetrar la radícula antes de que se agote el endospermo.

Los cambios ocurridos en el desarrollo de las plantas parásitas están relacionados con cambios en las condiciones ambientales. Así en diciembre y

enero las plantas de muérdago se encontraron en estado vegetativo, cuando las temperaturas bajas y los vientos fríos influyen sobre la parásita induciendo que su cubierta protectora se vuelva rígida como respuesta a las condiciones ambientales adversas. La elevación de temperaturas en febrero y marzo propician la emergencia de nuevos brotes y el inicio del desarrollo de nuevas plantas; estos brotes paulatinamente crecen volviéndose más flexibles y empiezan a producir los primeros indicios de floración cuya plenitud se tiene en abril. A partir de este mes sucede un aumento en el tamaño de los frutos; su grado de madurez se hace cada vez más evidente, conforme se alcanzan temperaturas mayores (mayo-junio), hasta llegar a su máximo desarrollo en julio. En ese momento se inicia la dispersión de semillas relacionada con el aumento en la humedad ambiental, propio de la temporada de lluvias (julio, agosto y septiembre) en la zona. Es posible que la disponibilidad de agua por parte del árbol aumente la del muérdago y esto se refleje en los tejidos del fruto haciéndolos turgentes y ejerciendo mayor presión interna sobre sus paredes que determina la descarga explosiva de las semillas; es posible que las temperaturas altas que se registran en esos meses causen aumento en la presión interna del fruto que provoque un incremento en la energía cinética y haga que las semillas sean fuertemente expelidas. En los meses siguientes la humedad y temperatura disminuyen, algunas plantas mueren luego de concluir su etapa reproductiva, mientras otras se preparan para soportar bajas temperaturas engrosando su cutícula que además habrá de evitar la pérdida de agua por transpiración, ya que se inicia la temporada seca.

En el segundo año de estudio (1989) fue posible observar como los cambios en las condiciones ambientales determinaron adelantos o retrasos en los eventos fenológicos. En ese año la temporada cálida se presentó un poco antes respecto al año anterior siendo causa de que la floración y la fructifica--

ción sufrieron un ligero adelanto.

En conjunto los muérdagos observados presentaron diferencias en relación al tiempo en que exhibieron sus rasgos fenológicos; aunque estos eventos se presentaron en la misma época del año, la comparación de fechas en que ocurrieron en los diferentes sitios indicó situaciones de retraso o adelanto de cada fase. De hecho las condiciones de sombra retrasan las fases, mientras que éstas ocurren primero en sitios que reciben abundante radiación solar.

Los datos reportados por otros autores sobre las fechas aproximadas de ocurrencia de los diferentes sucesos fenológicos de Arceuthobium vaginatum para otras localidades, hacen referencia a los meses en que se -- visitaron esos lugares, y al parecer no se tienen antecedentes de algún seguimiento fenológico a lo largo del tiempo estableciendo puntos de observación permanente y por lo tanto se desconoce la duración de los eventos fenológicos

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que las fases - fenológicas no son del todo coincidentes o sincrónicas con otras localidades ya que en el caso presente tienen mayor amplitud (duración a lo largo del -- tiempo). Los datos obtenidos (fig. 1) muestran el tiempo completo durante el cual se desarrolla cada una de las fenofases; aportando información que puede servir de base a futuras investigaciones que tengan como finalidad limitar la dispersión del parasitismo en esa y otras zonas de infestación de muér-- dago enano.

La fase de dispersión de semillas se efectuó durante un período amplio (12 semanas). Comparativamente estudios realizados sobre el género Arceutho-- bium en Colorado, E.U. han referido que en esa zona el evento se efectúa -- durante aproximadamente 3 o 4 semanas (Hawksworth y Johnson, 1989). Evidentemente la diferencia en tiempo es considerable y esta situación pudiera estar propiciando que las semillas producidas en ese lapso tengan mayores posibili--

dades de implantación, puesto que tienen condiciones ambientales diferentes (humedad y temperatura) algunas de las cuales pueden ser favorables para el desarrollo del parasitismo.

El conocimiento de las fechas de ocurrencia y duración de cada fase puede indicar momentos críticos en el desarrollo de la parásita; estos momentos deberán ser aprovechados para desarrollar acertadamente la implementación de alguna medida para limitar, obstaculizar o evitar la dispersión en una de terminada área.

Conforme a esta intención, es evidente que cualquier plan de manejo deba de tener en cuenta cuándo se efectúa la fase de dispersión de semillas, con el fin de centrar esfuerzos por lo menos, sino antes, en el momento en que las parásitas se encuentren en su etapa precedente, para poder asegurar la nulificación de la descarga de semillas.

CUANTIFICACION DE ARBOLADO PARASITADO

El conocimiento único de los aspectos de floración y fructificación -- resultan insuficientes para conocer el grado de importancia de la presencia de A. vaginatum vaginatum en la comunidad de Pinus hartwegii en el Desierto de los Leones, D.F. De aquí que se viera la necesidad de hacer cuantificaciones y establecer relaciones e inferencias para clarificar las situaciones de estado del arbolado y la incidencia del agente de disturbio. Conforme a este principio se registraron datos de la cantidad de árboles parasitados, con -- objeto de tener la base de estimación de magnitud de parasitismo en cada una de las diferentes condiciones de sitios, y según las ubicaciones en los árboles y las tallas o edades de éstos.

En relación a el arbolado parasitado, el inventario realizado arrojó -- los siguientes datos:

El número total de árboles en los 25 sitios establecidos fue de 1173 individuos. De estos 973 (83 %) corresponden a arbolado de renuevo (de 0.20 a 6.0 m de altura), los 200 restantes (17 %) fueron considerados como arbolado adulto (de 6.01 hasta 30 m de altura). Del total de individuos tanto renuevos como adultos 217 (18.5 %) presentaron problemas de parasitismo por muérdago enano. 151 renuevos se encontraron parasitados, representando un -- porcentaje de 15.5; de los adultos, 66 presentaron muérdago enano, correspondiendo este número a un porcentaje de 33 (en la tabla 1 se indican los porcentajes de parasitismo por sitio).

En el levantamiento del inventario de arbolado, se consideraron todos los individuos de cada uno de los sitios, incluyendo muertos en pie y los -- introducidos por plantación. Posteriormente al realizar el análisis de resultados se descartaron algunos.

La categoría mínima considerada para incluir el arbolado en el análisis

TABLA 1. MAGNITUD DE PARASITISMO DE MUERDAGO ENANO EN LOS SITIOS DE MUESTREO ESTABLECIDOS EN EL DESIERTO DE LOS LEONES, D.F. MEXICO.

Nº Transecto	Nº Sitio	Nº total de árboles	Nº de árboles parasitados	Porcentaje de parasitismo
1	1	18	8	44.4 %
	2	54	25	46.3 %
	3	35	0	0.0 %
2	1	15	0	0.0 %
	2	5	0	0.0 %
	3	5	0	0.0 %
	4	6	2	33.3 %
	5	12	7	58.3 %
	6	26	15	57.7 %
3	1	28	9	32.0 %
4	1	13	4	30.7 %
5	1	62	0	0.0 %
	2	48	0	0.0 %
	3	29	23	79.3 %
	4	106	0	0.0 %
	5	57	24	42.1 %
	6	37	19	51.3 %
	7	50	8	16.0 %
6	1	209	0	0.0 %
	2	86	0	0.0 %
	3	95	0	0.0 %
	4	49	37	75.5 %
	5	26	11	42.3 %
	6	36	11	30.5 %
	7	66	14	21.2 %
TOTAL	6	25	1173	217

fue de 3 cm, debido a que árboles con diámetro menor no presentaron infestación por muérdago. No se descarta la posibilidad de que en diámetros menores se presente, pero en los sitios de estudio esto no fue evidente.

Únicamente se incluyó el arbolado de regeneración natural, no considerándose el de plantaciones ya que este rara vez logra progresar en la zona, por tal razón no llega a presentar problemas de muérdago. Otra razón por la cual no se tomó en cuenta este arbolado fue por que generalmente en las actividades de reforestación se emplean especies diferentes a las nativas, cuya sobrevivencia aún sin la influencia del parasitismo puede ser problemática.

Los árboles muertos en pie aunque se incluyeron en el inventario se descartaron en el momento de realizar el análisis de resultados, pese a que algunos de ellos presentaron evidencias o signos de muérdago (copas o discos basales sobre ramas o troncos) y pudieron ser incluidos como árboles parasitados, sin embargo se descartó la opción por el hecho de ser poco claras las causas de muerte, resultando sumamente riesgoso atribuir su muerte al parasitismo, dado que pudo haber acción de otros factores indeterminables, sin dejar fuera de consideración la posibilidad de que el muérdago contribuyera a ella.

Con respecto a la frecuencia de infestaciones en ramas, troncos o ambos órganos, se obtuvo un 70.5 % de los casos con infestaciones ocurriendo en ramas, 7.7 % en troncos y el 21.7 % correspondiendo a infestaciones dobles (ramas y troncos).

Se observó una marcada preferencia del muérdago enano por las partes bajas de los árboles. En este sentido el análisis de incidencia sobre los tercios de las copas reveló que en el 54.5 % de los casos las infestaciones se ubicaron en el tercio inferior, 38.8 % en el medio y 6.7 % ocurrieron en el tercio superior. Con respecto a las infestaciones en tronco, resultó que

en el 90 % de los casos se presentan en la base y en menor porcentaje (5 %) en las porciones del tronco que se ubican en el tercio medio e inferior de la copa.

En la zona de estudio es frecuente observar árboles pequeños (de 1 a 7 m de altura) ubicados bajo un dosel superior de árboles residuales parasitados circunstancia que pudiera dar lugar a considerar lógico que al ocurrir la descarga de semillas de la parásita, estas quedarían atrapadas en las copas de los árboles jóvenes del nivel inferior, siendo posible la deposición de semillas en cantidad mayor en los tercios superiores, el análisis correspondiente, sin embargo demostró lo contrario.

Como al ocurrir la dispersión de semillas éstas quedan adheridas a ramas y troncos y poco tiempo después se inicia la germinación, si esas semillas se adhieren a lugares muy expuestos, la insolación provocará su rápida desecación y causará que las infecciones no prosperen. Por el contrario si supuestamente las semillas se adhieren a ramas o troncos ubicados en lugares protegidos de la acción del sol y hay además condiciones ambientales óptimas para la germinación, esta habrá de ocurrir exitosamente, quedando así asegurado el curso de la implantación y por consecuencia el de nuevas infecciones. Es entonces posible que las condiciones microambientales de los sitios de implantación determinen que las infecciones prosperen o no; asimismo que ciertas condiciones de sitio como sería la pendiente, el ángulo de descarga de semillas, la altura en que se ubican las parásitas en los árboles más el hecho de tratarse de un bosque incoetáneo pudiera estar determinando el patrón de infestación que se presenta, sin que por ello se elimine la posibilidad de que las infecciones pueden fracasar en las partes superiores de los árboles debido a factores térmicos, lumínicos y de deshidratación.

La posible influencia de ciertos factores de sitio (pendiente, altitud, y exposición) sobre la ocurrencia del parasitismo en algunos sitios y no en otros, se considera en los siguientes conceptos (ver tabla 2).

INFLUENCIA DE LA PENDIENTE

Los sitios que presentaron problemas de muérdago enano se ubicaron preferentemente en lugares con pendientes del 10 y 15 %.

Aunque el terreno presenta una variada topografía de zonas con pendientes ligeras, hasta zonas con 40 % de declive, esta condición no pareció afectar sensiblemente la incidencia de muérdago, si bien su mayor frecuencia -- (tabla 2) correspondió a ubicaciones con pendientes de 15 %.

Estos resultados coinciden con los indicados por Valdivia (1964) obtenidos de la zona noreste de Michoacán, donde según conclusiones de este autor las infecciones se desarrollaron mejor en terrenos con pendientes moderadas.

La pendiente determina ciertas características en el arbolado; así los sitios que presentan mayor declive tienen escaso arbolado; son sitios pedregosos con suelos someros donde la regeneración del arbolado se dificulta; -- por lo tanto, aquellos árboles que lograron establecerse y crecer en esas condiciones y que se encuentran parasitados podrán dispersar sus semillas a mayor distancia que los que se ubiquen en pendientes leves, teniendo en cuenta la concurrencia de situaciones de la planta parásita como serían el ángulo de descarga y el mecanismo explosivo de dispersión; la baja densidad de arbolado por su parte disminuye las probabilidades de intercepción de semillas por algún árbol y sólo aquellas semillas que lleguen a recorrer -- mayores distancias podrán implantarse en áreas alejadas. Por otra parte nuevos bosques presentan una topografía abrupta en donde son poco frecuentes las pendientes leves. Estos aspectos pudieran estar relacionados con el --

TABLA 2. RELACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO Y PORCENTAJES DE PARASITISMO DE MUERDAGO ENANO EN EL DESIERTO DE LOS LEONES, - D.F., MEXICO.

Transecto	Sitio No	Pendiente %	Altitud m snm	Exposición	Total de árboles	Arboles c/ muérdago	% de parasitismo.*
I	1	10	3460	20° NE	18	8	44.4
	2	20	3400	10° NE	54	25	46.3
	3	30	3380	35° NE	35	0	0.0
III	1	10	3670	90° NE	15	0	0.0
	2	30	3650	50° SE	5	0	0.0
	3	15	3625	20° SE	5	0	0.0
	4	40	3600	40° SE	6	2	33.3
	5	10	3575	40° SE	12	7	58.3
	6	5	3550	75° SE	26	15	57.7
III	1	25	3510	S	28	9	32.0
IV	1	5	3500	90° SE	13	4	30.7
V	1	10	3500	25° NW	62	0	0.0
	2	10	3485	25° NW	48	0	0.0
	3	20	3470	45° NW	29	23	79.3
	4	20	3435	50° NW	106	0	0.0
	5	25	3410	25° NW	57	24	42.1
	6	15	3385	40° NW	37	19	51.3
	7	10	3350	15° NE	50	8	16.0
VI	1	10	3510	10° NE	209	0	0.0
	2	15	3480	30° NE	86	0	0.0
	3	15	3455	40° NE	95	0	0.0
	4	15	3430	60° NE	49	37	75.5
	5	30	3400	40° NE	26	11	42.3
	6	15	3360	80° NE	36	11	30.5
	7	15	3335	45° NE	66	14	21.2
TOTAL	25				1173	217	

$$* \% \text{ de parasitismo} = \frac{\text{No. total de árboles}}{\text{No. árboles parasitados}} \times 100$$

hecho de que en ésta y otras zonas el parasitismo es más frecuente en sitios con pendientes moderadas.

ALTITUD

En la zona de estudio el parasitismo presenta una amplitud altitudinal que va de los 3300 m snm hasta los 3600 m snm cerca del límite de la vegetación arbórea (3700 m snm).

Al parecer no se presenta una altitud definida en la cual el muérdago se distribuya con mayor frecuencia sino que esta ocurre de manera dispersa dentro de la amplitud mencionada (ver tabla 2).

EXPOSICION

En relación a la distribución del parasitismo con respecto a la exposición de cada sitio, ocurrió que el mayor número de sitios parasitados se orientaron hacia el norte particularmente hacia el noreste (tabla 2).

Las barreras geográficas y ecológicas juegan un importante papel en la diseminación de las infecciones favoreciendo su avance en ciertas direcciones y no permitiéndolo en otras, algo similar sucede con los vientos ya que estos también contribuyen a su avance.

En la Cañada de Agua de Leones los vientos son muy cambiantes y apesar de que se encuentra orientada hacia el norte los vientos predominantes no corren en esa dirección, reduciéndose la posibilidad de que contribuyan al avance del parasitismo, en este sentido las barreras ecológicas y geográficas estarían influyendo sobre el patron de distribución que se presenta en esa zona.

En relación a la implantación del muérdago enano sobre troncos y ramas se observó que las infecciones se ubican preferentemente en la parte de --

esas estructuras que se orientan hacia el norte, las semillas que se adhieren a la parte que se ubica hacia el sur corren riesgo de ser deshidratadas por la acción del sol antes de que ocurra la germinación.

EFFECTOS DEL PARASITISMO SOBRE EL ARBOLADO

De acuerdo con Hawksworth y Johnson (1989), los muérdagos enanos afectan a sus hospedantes de diversas maneras, entre las cuales se pueden mencionar:

Declinación en vigor, observable en la parte superior de la copa que es más abierta y tiene agujas pequeñas de coloración verde amarillenta.

Reducción del crecimiento tanto en diámetro como en altura. Conviene recordar que el efecto mayor repercute principalmente sobre el crecimiento en altura, pues el correspondiente al diámetro es engañoso, particularmente cuando hay o hubieron implantaciones en tronco, que produjeron procesos hiperplásicos notables.

Reducción en la producción de conos y semillas, pues los árboles altamente parasitados producen conos más pequeños, pocos conos por árbol con baja producción de semillas; estas manifestando deficiencias de germinación y reducción de tamaño.

Reducción en la calidad de la madera debido a los hinchamientos provocados por el muérdago.

Estos efectos son más severos conforme el grado de parasitismo se incrementa, llegando a ocasionar la muerte del arbolado cuando se presentan altos niveles de infestación (Hawksworth y Johnson, op. cit.).

En nuestro país se carece de datos cuantitativos sobre los efectos del parasitismo, aunque se han realizado algunos estudios enfocados principalmente a evaluar los efectos sobre el crecimiento, se carece de información en relación con su influencia sobre la producción semillera y otros efectos en las plantas hospedantes, individualmente y en sus poblaciones.

Es posible que las condiciones climáticas y topográficas de nuestros bosques estén determinando que el muérdago enano no se comporte agresivamente aniquilando gran número de árboles, como sucede en el sureste de los E.U.

(Hawksworth y Wiens, 1965; Hawksworth y Cibrián, 1985) donde por alguna razón - la muerte del arbolado parasitado se presenta con mayor frecuencia que en México, siendo entonces posible que el efecto general sobre el arbolado haya de ser menor, pero esto de momento no se puede asegurar, en tanto no se realice con estudios al respecto.

A los efectos del parasitismo se suman los causados por otros factores coincidentes sobre el arbolado, y como puede presentarse una sintomatología similar resulta sumamente difícil establecer, en un momento dado, cual es la causa que originó la situación. A modo de ejemplo puede asociarse a efectos de deficiencias en nutrientes, los de sequías, los de contaminación ambiental la acción de otros agentes bióticos y concurrentemente la del muérdago enano. El arbolado que se encuentra libre del parásito similarmente presenta copas abiertas, con follaje amarillento, baja producción de conos y relativa de semillas, siendo difícil precisar que es lo que realmente sucede sobre todo -- cuando en una misma área concurren las dos situaciones.

En el caso que se trata todo parece indicar que en la combinación del muérdago enano con el pino (Arceuthobium vaginatum vaginatum-Pinus hartwegii) existe cierto grado de tolerancia que ha permitido que árboles altamente parasitados no mueran rápidamente ni dominen a sus parásitos. Esta situación es la que está ocurriendo en el bosque de pino en Zoquiapan, Méx. donde gran parte del arbolado estando altamente parasitado manifiesta a simple vista efectos que se reducen a tumoraciones e hinchamientos de tallos y malformaciones de ramas. Este cuadro se observa también en el Desierto de los Leones, D.F.

Así pues, se hace urgente la necesidad de estudios que determinen que otros efectos puede tener el muérdago enano sobre el arbolado, ya que en realidad se desconoce lo que pueda ocurrir a mediano y largo plazo, y si se ha mencionado que el muérdago enano puede causar la muerte del arbolado, esto --

sólo se ha observado en individuos de tallas pequeñas o en aquellos que presentan una infestación excesiva. Se desconoce la naturaleza de efectos de la posible influencia del parasitismo sobre la fenología del pino (floración-fructificación) u otros aspectos de importancia capital, que aseguran la sobrevivencia del arbolado; los puntos anteriores son de primordial importancia ya que su acción pudiera estar limitando la regeneración del bosque.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

RELACION DEL GRADO DE DISTURBIO Y LA PRESENCIA DEL PARASITISMO

Las condiciones ambientales de sitios que han sufrido cierto grado de disturbio varían considerablemente en relación a las que originalmente tenían. Al aumentar la apertura de la masa arbórea la humedad ambiental decrece, se modifica la composición florística y aumenta el número de algunas especies que indican el cambio ocurrido.

En el pinar de Pinus hartwegii del Desierto de los Leones que se ubica arriba de los 3000 m snm, el sotobosque originalmente tendía a ser monotípico, caracterizado por el pastizal; la extracción de arbolado enfermo, así como la apertura de brechas y caminos, ha originado que se incremente el número de algunas especies indicadoras de disturbio.

Existe cierta relación entre el grado de disturbio de cada sitio y la presencia del parasitismo: ocurriendo que en los sitios de mayor altitud -- (3500 m snm) en donde el grado de disturbio es menor, no se presentan problemas de muérdago enano; comparativamente en sitios intermedios (3470 m snm) con un considerable grado de disturbio el parasitismo es mayor, correspondiendo a estos sitios los porcentajes más elevados. Es importante señalar que en ambas laderas de la Cañada de Agua de Leones la situación es similar pues se tienen los porcentajes de parasitismo más elevados en la parte media los que disminuyen conforme decae la altitud, así que ocurren porcentajes menores en los sitios bajos (3335 m snm) y desaparecen casi por completo en la zona del ecotono de Pinus-Abies (3300 m snm).

El grado de disturbio se estableció por la presencia de algunas plantas indicadoras de disturbio como es el caso de Penatemon sp. y Lupinus sp. especies que son particularmente abundantes en lugares alterados, tal como lo es Acaena elongata en el bosque de Abies religiosa.

CONCLUSIONES

El análisis de los datos obtenidos y los comentarios correspondientes - conducen a concluir que:

1. La especie de muérdago enano que se encuentra parasitando a Pinus hartwegii en el Desierto de los Leones, corresponde a Arceuthobium vaginatum (Willd) Presl. subsp vaginatum.
2. Esta especie presentó su fase de floración de enero a junio.
3. La fructificación se hizo evidente en febrero, continuándose hasta octubre, cuando se observaron los últimos frutos.
4. La dispersión de semillas se presentó de julio a septiembre, comprendiendo un lapso de 12 semanas.
5. La dispersión se relacionó con un aumento en la humedad ambiental, coincidiendo con los meses de mayor precipitación.
6. Los cambios ocurridos en el desarrollo de las plantas parásitas estuvieron relacionados con las variaciones de las condiciones ambientales locales.
7. Las condiciones de sombra retrasaron las fenofases. Estas ocurrieron primero en sitios que recibían abundante radiación solar.
8. En relación con el proceso fenológico de A. vaginatum vaginatum en el Desierto de los Leones, los resultados obtenidos indicaron poca coincidencia con otras localidades, ya que evidenciaron tener mayor amplitud.
9. Del total de individuos (1173) el 18.5 % se encontraron parasitados, correspondiendo el mayor número de árboles con muérdago a individuos de renuevo.
10. En la zona de estudio la subespecie A. vaginatum vaginatum se distribuye altitudinalmente de los 3000 a los 3600 m enm.
11. La mayor frecuencia de parasitismo se presentó en sitios con pendientes - del 15 %.

12. Con respecto a la exposición se notó mayor incidencia del parasitismo -
en sitios con orientación NW.

GLOSARIO

- Antesis.** Momento de dehiscencia de las anteras; periodo completo de la floración donde el gineceo es receptivo y las anteras están maduras.
- Arboles residuales.** Aquellos árboles que lograron escapar a la acción de incendios, tala y plagas asegurando su sobrevivencia, por lo general se encuentran en número muy reducido, son individuos de edad avanzada que forman el dosel superior de zonas de renuevo.
- Copa basal.** Estructura semejante a una copa que permanece en la corteza de los árboles que alguna vez presentaron muérdago enano, estas estructuras indican el lugar de implantación de los brotes aéreos.
- Escoba de bruja.** Crecimiento anormal de las ramas del hospedante, originando la formación de masas densas de ramas distorsionadas. Es un síntoma -- común de infección por muérdago enano.
- Hospedante.** En botánica y en general en Biología se aplica al organismo que acoge en su seno o en su superficie a un parásito cualquiera.
- Incoetáneo.** Masa arbórea constituida por individuos de diferentes edades. Lo contrario a contemporaneo o coetáneo.
- Infección sistémica.** Una infección en la cual el sistema endofítico encuentra una yema terminal y mantiene su desarrollo con los ápices del árbol hospedante.
- Infección no sistémica.** Infección en la que el sistema endofítico generalmente se restringe a la porción hinchada del hospedante. También se conoce como infección local.
- Parasitismo.** Asociación íntima interna o externa entre dos organismos, perjudicial para uno de los asociados (hospedante) y beneficiosa para el otro - (parásito); este último obtiene su nutrición a expensas del otro.

Sistema endofítico. Estructuras equivalentes a las raíces de otras plantas, con ramificaciones o haustorios que penetran y se desarrollan dentro de los tejidos del hospedante. Constituyen el sistema de absorción de las plantas parásitas.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, V. 1981. Evaluación de los efectos del muérdago enano Arceuthobium globosum Hawk. y Wiens y A. vaginatum Willd. en rodales de Pinus hartwegii Lindl. tesis, UACH, México. 88 p.
- Alosi, C. & C. Calvin. 1984. The anatomy and morphology of the endophytic system of Arceuthobium spp. In Hawksworth & Scharpf, Biology of dwarf mistletoes: proceedings of the symposium. USDA. Forest Service. Rocky mountain. Forest and Range Experiment Station. General Technical Report -- RM-111:40-52.
- Baranyay, J. & R. Smith. 1972. Dwarf mistletoes in British Columbia and recommendations for their control. Can. Forest. Serv. Pacific Forest. Res. Centre. B.C. 1-18.
- Baranyay, J., F. Hawksworth and Smith. 1971. Glossary of the dwarf mistletoes terms. Pacific Forest Research Centre. Can. Forest. Serv. B.C. 42 p.
- Beatty, J. 1982. Integrate pest management guide, southwestern dwarf mistletoes, Arceuthobium vaginatum susp cryptopodum (Engelm.) Gill. in ponderosa pine. USDA. Forest Service. Forest Pest Management State and Private Forestry. Southwestern Region R-3 82-13, 12 p.
- Bello, G. 1983. Estudio fenológico de 5 especies de Pinus en la región de -- Uruapan, Mich. México. Tesis. UNAM, México. 67 p.
- Cibrián, D., R. Campos, C. Pineda, E. Guerrero y V. Olvera. 1980. Aspectos biológicos del género Arceuthobium. Soc. Méx. de Entom. Memoria primera Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Uruapan, Mich. México. -- P. 229-239.
- Clements, F. & J. Weaver. 1950. Ecología vegetal. Ediciones ACME AGENCY. 2da. edición. 667 p.

- Chazaró, M., M. Oliva. 1987. Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla. Cactaceas y suculentas mexicanas 33:55-60.
- Escudero, M. y D. Cibrián. 1985. Determinación del periodo de dispersión de Arceuthobium globosum grandicaule, en la región central de México. Soc. Méx. de Entom. Memoria tercera. Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Saltillo, Coahuila, Méx. p 342-351.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3^a ed., Inst. de Geografía, UNAM, 252 p.
- Gutiérrez, R.M. 1970. Efecto del parasitismo del muérdago enano (Arceuthobium spp.) sobre el desarrollo en grosor del fuste de Pinus montezumae Lamb. y P. hartwegii Lindl. en el Cerro Telapón Edo de Méx. Bol. Tec. 34:1-15 Inst. Nat. Invest. Forest., México.
- Guthrie, P. 1978. Ecological bases for silvicultural prescription for control of dwarf mistletoes in lodgepole pine, in Scharpf & Parmeter, Symposium on dwarf mistletoes control. USDA. Forest Service. Pacific Southwest - Forest and Range Experiment Station, Berkeley, California. Technical Report PSW-31:93-99
- Hawksworth, F. & D. Wiens. 1965. Arceuthobium in Mexico. Brittonia 17:213-238.
- Hawksworth, F. & D. Wiens. 1972. Biology and classification of dwarf mistletoes Arceuthobium. USDA. Forest Service. Agricultural Handbook, 401:213-234.
- Hawksworth, F. & D. Wiens. 1977. Arceuthobium (Viscaceae) in Mexico and Guatemala: additions and range extentions. Brittonia 29:411-418.
- Hawksworth, F. & D. Wiens. 1980. Los muérdagos enanos (Arceuthobium) y su importancia en la silvicultura de México. Soc. Mex. de Entom. Memoria Primera. Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Uruapan, Mich., México. p. 207-228.
- Hawksworth, F. & D. Wiens. 1984. Biology and classification of Arceuthobium: an

- update. In Hawksworth & Scharpf. Biology of the dwarf mistletoes: Proceedings of the symposium. USDA. Forest Service. Rocky mountain, Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-111:2-17.
- Hawksworth, F. & D. Wiens. 1989. Two new species, nomenclatural changes and range extensions in Mexican Arceuthobium (Viscaceae). Phytologia 66(1): 5-11.
- Knutson, M. 1978. Biological and chemical control of dwarf mistletoes, In Scharpf & Parmeter, Symposium of dwarf mistletoe control. USDA. Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Berkeley, California. Technical Report PSW-31:151-155.
- Leith, H. 1970. Phenology in productivity studies. In Reiche, D.F. (ed.) Analysis of temperature forest ecosystems. Springer-Verlag, Berlin. p. 290-295.
- Miller, J. & R. Tocher. 1975. Photosynthesis and respiration of Arceuthobium tsugense (Loranthaceae). Amer. Jour. Bot. 62(7):765-769.
- Reséndiz, F. 1987. Distribución topográfica de roya en pinos en el Cerro Telapón, Estado de México. Tesis, UNAM, México. 90 p.
- Rodríguez, A. 1983. Muérdago enano sobre Abies, Pinus y Pseudotsuga en México. Ciencia Forestal 8(45):7-45.
- Rodríguez, A. 1985. Infestación de muérdago enano Arceuthobium vaginatum (Willd) Presl. subsp. vaginatum en el repoblado de Pinus hartwegii Lindl del Parque Nacional Zoquiapan, Edo. de Méx. Bol. Tec. 122. Rev. Inst. Nal. Inves. Forest., México. 1-27 p.
- Rodríguez, A. 1986. Distribución altitudinal y clasificación del muérdago enano en el Campo Experimental Forestal "San Juan Totla". Ciencia Forestal 11(60):85-112.
- Sánchez, G. 1988. Contribución al conocimiento de las familias Rosaceae, Legu-

- minosae y Compositae del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones. Tesis, ENEP, Zaragoza, UNAM, México 513p.
- Scharpf, F. 1984. Host resistance to dwarf mistletoes. In Hawksworth y Scharpf Biology of dwarf mistletoes: Proceedings of the symposium. USDA. Forest Service. Rocky mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-111:70-76.
- Tocher, D., S. Gustafson and D. Knutson. 1984. Water metabolism and seedling -- photosynthesis in dwarf mistletoes. In Hawksworth & Scharpf, Biology of dwarf mistletoes: Proceedings of the symposium. USDA. Forest Service - Rocky mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-111:62-69.
- Trigo, N., S. Urbina y S. Marquez. 1985. Actualización del Proyecto Inventario -- Diagnóstico del Desierto de los Leones. COCODA. No publicado. 39 p.
- Uribe, I. 1985. Efecto del muérdago enano Arceuthobium sp. (Humboldt) en el crecimiento e incremento de árboles jóvenes de Pinus hartwegii en Zoquiapan, México. Tesis, UACH, México. 82 p.
- Vera, F. 1985. Observaciones dasométricas en un rodal de Pinus hartwegii Lindl atacado por muérdago enano. Soc. Mex. de Entom. 2^a y 3^a memoria Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. México. p. 39-46.
- Valdivia, J. 1964. El muérdago enano (Arceuthobium sp.) en los bosques de la zona noreste de Michoacán. Bol. Com. For. Michoacan 15.67 p.