

# FENOLOGÍA DEL MUÉRDAGO ENANO EN EL DESIERTO DE LOS LEONES, D.F.

Gutiérrez Vilchis Lorenia H.\*  
Reséndiz Martínez José Francisco\*\*

## RESUMEN

El conocimiento que se tiene en nuestro país acerca de los aspectos biológicos y ecológicos del muérdago enano (*Arceuthobium vaginatum vaginatum*) es limitado, particularmente en le Serranía Sur del Distrito Federal, los radios de infestación por esta parásita se han incrementado, haciéndose urgente la planificación de un método de control que limite el avance del parasitismo y sus efectos sobre el arbolado. Con base en lo anterior y considerando que el éxito en la aplicación de cualquier control requiere del conocimiento del ciclo de vida de la parásita, en el presente estudio se propuso determinar las fechas aproximadas de ocurrencia de las fases fenológicas (floración, fructificación y dispersión de semillas) de los muérdagos enanos presentes en el pinar que se ubica arriba de los 3 000 msnm en el Desierto de los Leones, Distrito Federal.

Para cumplir con dicho objetivo, se trazaron y marcaron transectos altitudinales sobre los cuales se ubicaron sitios de muestreo equidistantes, eligiéndose en éstos, dos árboles como puntos de observación del proceso fenológico, los cuales se visitarán cuatro veces por mes para registrar los cambios ocurridos en el desarrollo de las parásitas.

En términos generales el período fenológico determinado comprendió un lapso de 24 meses, de noviembre de 1987 a octubre de 1989.

La floración se presentó de febrero a mayo; las plantas con frutos se observaron de abril a octubre y la dispersión de semillas se inició a finales de julio y culminó en octubre.

---

\* Bióloga, ex-tesista del Laboratorio de Patología Forestal del CENID COMEF, INIFAP, SARH.

\*\* Biólogo, Investigador Titular del Laboratorio de Patología Forestal del CENID COMEF, INIFAP, SARH.

En relación a los eventos fenológicos del muérdago enano, los resultados indican que éstos son coincidentes pero presentan mayor amplitud que en otras localidades.

Palabras clave: Muérdago enano, *Arceuthobium vaginatum*, fenología, Desierto de los Leones, Distrito Federal.

## ABSTRACT

The knowledge about the biological and ecological aspects of dwarf mistletoe (*Arceuthobium vaginatum vaginatum*) is limited. At the south mountains of Mexico City the infection ratio has increased, making urgent to implement control methods to stop the advance and its effects on trees. Considering the success in control measures, the purpose of this study was to determine the approximate occurrence dates of its phenological phases (flowering, fructification and seed dispersal) of the dwarf mistletoe on pines located above the 3 000 meter above sea level at Desierto de los Leones, Distrito Federal.

Altitude lines were marked and drawn on each sampling plot were established, two specific trees were visited four times a month to check changes on parasites development.

Generally speaking, the determined phenological period were from November 1987 to October 1989, that is 24 months. The flowering took place from February to May; fruits were first seen in April, gradually increasing development until October when this phase was finished. Seed spread began in late July and was finished in October.

The phenological aspects of dwarf mistletoe show that they are coincidental though showing a greater amplitude than in other countries.

Key words: Dwarf mistletoe, *Arceuthobium vaginatum vaginatum*, Phenology, Desierto de los Leones, Distrito Federal.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo el bosque ha constituido una fuente inmensa de beneficios para el hombre, no sólo por el aprovechamiento que se hace de él, sino por la importancia que presenta desde el punto de vista ecológico como fuente productora de oxígeno, habitat de plantas y animales, así como por ser un captador de agua que permite la recarga de los mantos freáticos, con los que se asegura el suministro de agua a los

poblados vecinos. Los bosques además constituyen sitios de recreación y esparcimiento, ya que permiten el contacto con la naturaleza.

En la serranía sur del Distrito Federal, se pueden encontrar varias especies de coníferas: pinos, oyameles y cedros blancos, en los primeros se ha detectado la presencia de diversos agentes de enfermedad, entre los que destaca el *Arceuthobium vaginatum vaginatum* del que actualmente se tiene un conocimiento mínimo sobre sus características biológicas, ecológicas y en relación a su fenología se desconocen muchos datos.

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 todavía más complicado plantear métodos prácticos que detengan o limiten el avance del muérdago enano y los efectos de su parasitismo.

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 y así aplicar el método de control más adecuado.

El conocimiento que se tiene en México sobre la fenología del muérdago enano es escaso, debido principalmente a que hace falta personal calificado, además de una verdadera planificación sobre este tipo de investigaciones.

En función de lo anterior, el planteamiento del estudio que se presenta tuvo como objetivo: Determinar de acuerdo a fechas aproximadas el período de ocurrencia de las fases fenológicas (floración, fructificación, dispersión de semillas y fase vegetativa) de los muérdagos enanos presentes en los pinares que se ubican arriba de los 3 000 msnm en el Desierto de los Leones, D.F.

## REVISIÓN DE LITERATURA

**Concepto de Fenología.** 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)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Leith, H. 1970. "Phenology in productivity studies". pp. 290-295.

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 fenológicos descriptivos, se han basado en la características morfológicas, anatómicas o de comportamiento, las cuales son relativamente fáciles de observar en la naturaleza (Bello, 1983)<sup>2</sup>.

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, estos incidentes se conocen como fenofases y corresponden a 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 (Leith, *op.cit.*)

**Biología del Género *Arceuthobium*.** Debido a sus hábitos parasíticos, los muérdagos enanos han sufrido reducciones morfológicas extremas, presentando una marcada dependencia hacia sus hospedantes.

Cada muérdago está 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 transtoca las sustancias alimenticias hasta la porción aérea de la planta parásita (Hawksworth y Wiens, 1972)<sup>3</sup>.

Con respecto a sus hábitos nutricionales, poseen cierto 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 sus requerimientos. Experimentos para determinar la capacidad fototrófica de *Arceuthobium* indican que esta planta es capaz de realizar alguna actividad

<sup>2</sup>Bello, G. 1983. *Estudio Fenológico de especies de Pinus en la región de Uruapan, Mich., México.*

<sup>3</sup>Hawksworth y Wiens. 1972. "Biology and classification dwarf mistletoes (*Arceuthobium*)". pp. 213-234.

fotosintética (Miller y Tocher, 1975)<sup>4</sup>, pero requiere de cierta cantidad de compuestos de carbono del hospedante. Es posible que en una etapa de su desarrollo o durante períodos en los cuales se reduce la translocación de carbohidratos, la actividad fotosintética de la parásita adquiera particular importancia.

El hecho de que los efectos del parasitismo sobre los árboles, siguieran dependiendo de la interacción de las especies involucradas (relación hospedante-parásito), hace pensar en la posibilidad de que los requerimientos nutricionales de *Arceuthobium* varían de acuerdo a los hospedantes (Miller y Tocher, *op.cit.*).

Al parecer las "formas sistemáticas" de *Arceuthobium*, es decir, aquellas en las que el sistema endofítico se desarrolla profusamente dentro de los tejidos del hospedante, presentan una mayor dependencia en relación a la obtención de carbohidratos, lo cual no sucede en las formas no sistemáticas o locales en las que la mayor parte del tejido parásito se encuentra constituyendo brotes aéreos. El muérdago en la fase sistemática es de hecho totalmente parásito y está capacitado para vivir indefinidamente sin necesidad de emitir tallos (Valdivia, 1964)<sup>5</sup>.

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 del 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 las ramas infestadas sobreviven varios años más a las que están libres de parásito, absorben gran cantidad de nutrientes que normalmente irían hacia la parte superior de la copa. Estas ramas hipertróficas con hábitos de crecimiento normal son de follaje muy denso y alcanzan un diámetro superior al de las ramas no parásitas.

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 éstos, ya que presentan un avanzado proceso de decrepitud, en contraste la rama hipertrófica se presenta vigorosa y con follaje muy denso.

<sup>4</sup>Miller, J. y Tocher R. 1975. "Photosynthesis and respiration of *arceuthobium tsugense* (*Loranthaceae*)". pp. 765-769.

<sup>5</sup>Valdivia, S. J. 1964. El muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en los bosques de la zona noroeste de Michoacán

**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, *op. cit.*). Las semillas presentan una cubierta viscosa que les permite adherirse a cualquier superficie que las intercepte en su recorrido. La agujas de las coníferas son particularmente efectivas en la intercepción de semillas en vuelo. La semillas interceptadas permanecen en la agujas hasta que las primeras lluvias lubrican su cubierta viscosa provocando su deslizamiento a la base de las hojas. La germinación de la semilla se manifiesta por la emergencia de una estructura rojiza semejante a una raíz, llamada radícula. Esta estructura se alarga hasta encontrar 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, surgida por la extensión de finísimos filamentos que se desarrollan bajo la corteza en direcciones longitudinal y lateral 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 centrípeta; tanto los tallos como las ramas 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.

Al año de infección, el muérdago puede estar totalmente establecido, aumentando el área de infección y el tamaño de las células del hospedante, lo que origina 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 (Baranyay y Smith, 1972)<sup>6</sup>.

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 remplazando a los que van desapareciendo. Excepcionalmente los tallos son deciduos al término de la floración (Hawksworth y Wiens, 1965)<sup>7</sup>. Desde el punto de vista estructural los tallos son articulados y con el tiempo producen ramificaciones verticales o flaveladas.

<sup>6</sup>Baranyay, J. y Smith, R. 1972. "Dwarf mistletoes terms.", pp. 1-18

<sup>7</sup>Hawksworth, F. y Wiens D. 1965. "*Arceuthobium* in México". pp. 213-238.

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 flor estaminada es trímera cuando ocupa posición axilar o tetrámera cuando es 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 (Hawksworth y Wiens, *op. cit.*).

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 de muérdago involucrada; puede ser tan corto como 5 meses o tan largo como 18, como ocurre en algunas especies mexicanas (Rodríguez, 1983)<sup>8</sup>. El fruto es ovoide, bicolorado, sostenido por un pedicelo recurvado. La dispersión de semillas tiene lugar a mediados del 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 éstas sean lanzadas a velocidades considerables; se ha mencionado que la velocidad inicial es de 24 a 27 cm/seg (Valdivia, *op. cit.*). La distancia que puede recorrer la semilla depende tanto de la ubicación del muérdago 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 m (Rodríguez, *op. cit.*).

**Estudios Fenológicos.** El género *Arceuthobium* fue conocido por primera vez en México a través de los especímenes colectados en el Cofre de Perote, Veracruz, por Humboldt y Bondpland 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)<sup>9</sup>.

En relación con la biología de *Arceuthobium* se cuenta con poca información. Así se tienen datos que hacen referencia a las épocas de floración y a la dispersión de

<sup>8</sup>Rodríguez, A. 1983. "Muérdago enano sobre *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga* de México". 7-45 pp.

<sup>9</sup>Hawksworth, F. y Wiens D. 1989. "Two new species, nomenclatural changes and range extentions in mexican *Arceuthobium* (*Viscaceae*)". pp. 5-11

semillas; algunos de estos informes 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 mención al mes en que se realizó la determinación. Esencialmente se carece de calendarios de floración y otros aspectos de su ciclo biológico. Los datos disponibles en este sentido corresponden a la literatura extranjera, refiriendo condiciones geográficas, topográficas, altitudinales y de especies completamente distintas a las de la zona propuesta para el estudio.

Por lo que respecta a México, (Valdivia *op. cit.*), realizó una recopilación bibliográfica sobre diversos aspectos biológicos y ecológicos del género; incluyó además un estudio de los muérdagos enanos de Michoacán haciendo énfasis en su distribución en el noreste del estado, donde según apreciaciones del autor la abundancia de la luz solar (condición que se presenta en montes aclareados) 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 *Arceuthobium vaginatum* se registró de febrero a abril.

Una revisión llevada a cabo por Rodríguez (*op. cit.*) 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 este mismo autor evaluó la situación de parasitismo en la población de pino en Zoquiapan y registró que el arbolado presenta ya un grado leve de parasitismo.

La maduración de frutos de *A. vaginatum* en el centro de Veracruz y Puebla según Cházaro (1987)<sup>10</sup> se presenta entre los meses de mayo y septiembre, los hospedantes son *Pinus rudis* y *P. oaxacana*.

Por lo que respecta a los estudios realizados en el extranjero, es importante señalar que se han efectuado estudios intensos, especialmente en aquellos países con recursos maderables, en los que el muérdago enano es considerado una plaga forestal. Entre ellos destacan los realizados por Hawksworth y Wiens (*op. cit.*) quienes incluyeron aspectos de los muérdagos enanos mexicanos y proporcionan datos de las especies norteamericanas que se distribuyen en nuestro territorio algunas de las cuales fueron descritas como especies nuevas. Además citan las fechas aproximadas de antesis y dispersión de semillas, e indicando que *A. vaginatum* presenta su antesis de marzo a abril y su dispersión en agosto.

<sup>10</sup>Cházaro, B. M. y Oliva, R. H. 1987 "Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla". 55-60 pp.



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

Un taxón generalmente florece en un período determinado cada año, aunque es normal que ocurran variaciones altitudinales, latitudinales y estacionales. Para las especies que florecen en verano, ésta usualmente inicia primero a mayor elevación, mientras que lo opuesto parece ser cierto para las especies que florecen en primavera (Scharpf, 1984)<sup>11</sup>

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

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Descripción del área 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". Corresponde 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 cordillera neovolcánica.

**Clima.** De acuerdo con García (1981) el tipo de clima para el Desierto de los Leones corresponde a C (W<sub>2</sub>) (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 tiene lugar durante siete meses, se inicia en abril con lluvias moderadas, alcanza las máximas precipitaciones de julio a septiembre, en el mes de octubre decrece, y se inicia la época seca, que se prolonga hasta el mes de marzo.

**Características geológicas y topográficas.** El Parque se encuentra en la vertiente central de la Sierra de las Cruces a más de 2 700 msnm. 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.

<sup>11</sup>Scharpf, F. 1984. "Host resistance to dwarf mistletoes". pp. 70-76.

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 (Comisión de Ecología, 1984)

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; 3 700 msnm), la norte es la de menor altitud (hacia donde corre el río San Borja, 2 700 msnm); la pendiente promedio es de 25.9 % .

**Hidrología.** En las inmediaciones 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 forma el río Santo Desierto.

En los límites del Parque esta situada la red de abastecimiento de agua potable que suministra agua a gran parte de la delegación Cuajimalpa (Trigo *et al.*, 1985)<sup>12</sup>.

**Condiciones Edáficas.** Los suelos de la Cañada de Agua de Leones son delgados con un espesor menor a los 60 cm; color café rojizo a café oscuro; textura franco limosa a franco arenosa; relieve ligeramente ondulado (laderas); pendientes mayores al 10 %, con pedregosidad superficial y en el perfil. Drenaje superficial de moderado a rápido, el interno es moderado y sin problemas del manto freático, pH de ligeramente 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.*, *op.cit.*).

**Vegetación.** Con base en las colectas realizadas en el área de estudio se determinó que el estrato arbóreo esta representado por *Pinus hartwegii* Lindl. El sotobosque tiende a ser monotípico caracterizado por el pastizal, destacando los géneros *Festuca* y *Muhlenbergia*; otras especies que se encuentran en la zona son *Senecio cinerarioides*

<sup>12</sup>Trigo, N.; S. Urbina y S. Márquez. 1985. Actualización del Proyecto Inventario y Diagnóstico del Desierto de los Leones.

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 estudiado 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, éste último motivo del presente estudio.

**Establecimiento de sitios de muestreo.** Al inicio del presente trabajo se realizaron reconocimientos par la zona con el propósito de elegir áreas apropiadas para el 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 algunas áreas y limitadores de su establecimiento en otras. A partir de estos principios y de los resultados de experiencias en el Cerro Telapón, Estado de México (Reséndiz, 1987)<sup>13</sup>, 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, las orientaciones se determinaron por medio de una brújula. Sobre cada línea y con auxilio de un punto de origen (altitud origen) fue iniciado el marcaje, en distriibución equidistante dejando una separación de 25 m de altitud entre un sitio y otro. Cada uno fue delimitado con cordel y estacas, en algunos casos los árboles mismos sirvieron para marcar los límites, y se marcaron 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 3 550 msnm) con orientaciones N, NW, S y SW; dos restantes a lo largo de la Cañada de Agua de

<sup>13</sup>Reséndiz, M. F. 1987. Distribución topográfica de royas en pinos en el cerro El Telapón, Estado de México.

Leones, en el límite SW (punto de origen 3 510 msnm), 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 hectárea).

**Toma de datos.** En cada sitio se registraron datos de pendiente y exposición, se determinó el número total de árboles y la cantidad de individuos parasitados.

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 observación del proceso fenológico.** En los sitios en los que se encontró el parasitismo se eligieron dos árboles, designándolos como puntos de observación permanente del proceso fenológico. Se escogieron los árboles pilotos aludidos en función de la buena visibilidad que pudieran ofrecer, para facilitar en esta forma el seguimiento de las etapas de desarrollo. Los individuos 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, durante 18 meses) permitió registrar los cambios ocurridos en el desarrollo de *Arceuthobium* distinguiéndose así las siguientes situaciones:

1. **Fase vegetativa.** En la que sólo se observan los tallos de las plantas.
2. **Floración.** Etapa que inicia en el momento en que se presentan las estructuras florales, desde las más precoces hasta la marchitez de las tardías.
3. **Fructificación.** Desde el momento en que se observó el primer fruto inmaduro hasta la culminación de su desarrollo, poco antes de iniciar la dispersión de semillas.
4. **Dispersión de semillas.** Esta fase se inició en el momento en que el primer pedicelo carente de la cápsula que contenía la semilla, hasta que se observaron los últimos frutos.

**Caracterización ambiental.** Dado que las variaciones morfológicas o de comportamiento (fenología) están íntimamente relacionadas con las condiciones ambientales, se consideró indispensable incluir en el estudio el registro de factores ambientales. Así fueron determinados los cambios en temperatura, humedad, velocidad y dirección de los vientos. La ocurrencia de heladas también se incluyó.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La identificación de los ejemplares de muérdago enano colectados en el lugar de estudio, indicó que corresponden a *Arceuthobium vaginatum* (Willd) Presl. subsp *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 ( $14.4 \pm 6.01$  mm en promedio) de largo y 2.5 a 8.5 mm de ancho (5.0 mm en promedio). Flores estaminadas de 30 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 periodo 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 Neovolcánica, 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)<sup>14</sup>.

<sup>14</sup>Hawksworth, F. y Wiens D. 1984. "Biology and classification of *Arceuthobium*: an update". pp. 2-17.

Las observaciones efectuadas a lo largo de 24 meses (1987-1989) permitieron establecer las fechas aproximadas de ocurrencia de los eventos fenológicos de *Arceuthobium vaginatum vaginatum* en el Desierto de los Leones, D.F. (cuadro No. 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.

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

En el tiempo en que se realizó el trabajo de campo no fue posible ver flores pistiladas; el hecho de que la estructura floral femenina presente igual color que el resto de los tallos, dificultó su reconocimiento, 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 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 se inició primero en aquellas plantas ubicadas en ramas, troncos o en lugares con mayor exposición a la radiación solar. En un mismo árbol se pudieron observar tanto plantas con flores como sin ellas, no dependiendo esto de que su localización fuera en ramas altas, bajas o troncos, sino de la recepción solar.

En áreas en donde la masa arbórea fue más densa, la floración se retardó con respecto a las ubicadas en zonas abiertas; por consiguiente en las primeras se observaron las últimas flores de la temporada.

Para el siguiente año (1989) esta fase se presentó desde finales de enero hasta abril. No fue posible determinar su duración, pues en ese mes se concluyó el trabajo de campo.

En el segundo año de observación (1989) la floración sufrió un ligero adelanto respecto a 1988, 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 meteorológicas 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 semejante a lo que según Hawksworth y Wiens (*op. cit.*) 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 concluida la etapa reproductiva no excluye el carácter, sobre todo si se considera que sólo 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.

**Fructificación.** Las primeras plantas con frutos se observaron en abril de 1988, las frutas se encontraron en un estado de inmadurez evidente ya que sólo se percibía un ligero abultamiento en la parte terminal de los brotes a manera de racimo, los frutos aumentaron gradualmente su desarrollo, para culminar con la dispersión de semillas. En un principio presentaban 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 localizadas en "Cruz de Colica a 3500-3600 msnm" iniciaron y culminaron primero su fructificación que las de sitios bajos como "Agua de Leones, 3 330 msnm", (aproximadamente 30 a 40 días).

La fase de fructificación comprendió un lapso de 26 semanas, empezó en abril y 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.

<b>FENOFASES</b>	<b>Primera Etapa</b>	<b>Segunda Etapa</b>
Fase vegetativa	Nov. 87- Feb. 88	Oct. 87 a Feb 89
Floración	Feb. 88- Jun. 88	Ene. 89- Abr. 89
Fructificación	Abr. 88- Oct. 88	Feb. 89- Sep. 89
Dispersión de semillas	Jul. 88- Oct. 88	Jul. 89- Oct. 89

Cuadro No. 1 Proceso fenológico de *Arceuthobium vaginatum* subsp *vaginatum* en el Desierto de los Leones D.F.



En el siguiente año esta fase inició 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, se explica que haya sido posible observar simultáneamente tanto plantas con flores como con frutos inmaduros. En un mismo árbol se presentaron los dos eventos al mismo tiempo.

La fructificación continuó hasta mayo (1989) y por visitas posteriores, no periódicas, fue posible notar que aún en el mes de septiembre se presentaba esta fase (cuadro. No. 1).

**Dispersión de semillas.** La dispersión se inició en el mes de julio (1988), primero en los sitios de la parte alta (3550 msnm) 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 msnm) la masa arbórea es más densa y la diseminación 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. La liberación de semillas de las plantas localizadas en las partes del árbol, expuestas a abundante radiación solar, se inició aproximadamente 30 días antes que las 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 1988, comprendiendo un lapso de 12 semanas.

Fue evidente que este período estuvo relacionado con un aumento en la humedad ambiental, puesto que coincidió con los meses de mayor precipitación, en la zona son julio, agosto y septiembre, lo que coincide con la idea expresada por Escudero y Cibrián (1985)<sup>15</sup> 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 sumado a un aumento en la temperatura provoca la descarga de semillas".

La dispersión efectuada durante 12 semanas implica que *Arceuthobium vaginatum vaginatum* tiene en la zona de estudio, una amplitud de fenofase relativamente grande en comparación con especies del sur de E.U., Escudero y Cibrián (*op cit*), en donde esta fase ocurre durante solamente tres semanas. Esta diferencia en tiempo es considerable, pudiendo acrecentar el riesgo de parasitismo y avance de la infección,

<sup>15</sup>Escudero, M. y Cibrián D. 1985. "Determinación del período de dispersión de *Arceuthobium globosum grandicaule*, en la región central de México"

sobretudo en condiciones en las que los individuos parasitados son árboles residuales que constituyen el dosel superior de las áreas de renuevo.

Los vientos, como agentes de diseminación de semillas, amplían los radios de infección; sin embargo, en el área de estudio esto no es claro, sobre todo si se tiene en cuenta que fue el mes de septiembre cuando se acentuaron los vientos, la mayoría de las plantas parásitas habían concluido ya esta fase.

El seguimiento de las observaciones de las semillas adheridas a la corteza de algunos árboles y sobre las mismas plantas de muérdago, permitió corroborar que la germinación ocurre poco tiempo después de ser dispersadas (septiembre-octubre). Las semillas pueden ser interceptadas en cualquier superficie e iniciar la germinación aún sobre rocas; si éstas se adhieren a la corteza de un árbol el éxito de su establecimiento dependerá 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 las variaciones en las condiciones ambientales. Así, en diciembre y enero cuando las temperaturas bajas y los vientos fríos inducen a que la cubierta protectora de la parásita se vuelva rígida, las plantas de muérdago se encontraron en estado vegetativo. La elevación de temperaturas en febrero y marzo propician la emergencia de brotes y el inicio del desarrollo de nuevas plantas; los brotes paulatinamente crecen volviéndose más flexibles y empiezan a producir sus 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 enano, lo cual se refleja en los tejidos del fruto haciéndolos turgentes y ejerciendo mayor presión interna sobre sus paredes, lo que determina la descarga explosiva de las semillas: Probablemente las temperaturas altas que se registran en esos meses causen un aumento en la presión interna del fruto que provoca a su vez un incremento en la energía cinética y ésta hace 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 con respecto a 1988, lo que determinó que la floración y la fructificación sufrieran un ligero adelanto.

En conjunto los muérdagos enanos 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 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 registrados 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 ningún seguimiento fenológico a lo largo del tiempo en puntos de observación permanente y por lo tanto se desconoce la duración de estos eventos.

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

La fase de dispersión de semillas se efectuó durante un período amplio (12 semanas), comparativamente, estudios realizados sobre el género *Arceuthobium* en Colorado, Estados Unidos de América, han referido que en esa zona el evento se presenta durante 3 ó 4 semanas. Evidentemente la diferencia en tiempo es considerable y ésta situación pudiera estar propiciando que las semillas producidas en ese lapso tengan mayores posibilidades 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; los cuales deberán ser aprovechados para desarrollar acertadamente la planificación de algunas medidas para limitar, obstaculizar o evitar su dispersión en un área.

Conforme a esta intención, es evidente que cualquier plan de manejo debe tener en cuenta cuando 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.

## CONCLUSIONES

1. La especie de muérdago enano que parasita a *Pinus hartwegii* en el Desierto de los Leones, corresponde a *Arceuthobium vaginatum* (Willd) Presl. subsp *vaginatum*.
- 2- La fase de floración duró de enero a junio.
3. La fructificación se hizo evidente en febrero y se prolongó hasta octubre.
- 4 . La dispersión de semillas comprende un lapso de 12 semanas .
5. La dispersión se relacionó con un aumento en la humedad ambiental.
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* subsp. *vaginatum* en el Desierto de los Leones , D. F. , los resultados obtenidos indicaron poca coincidencia con otras localidades, ya que evidenciaron tener mayor amplitud.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alosi, C. y Calvin C. 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 Experimental Station. General Technical Report RM-111: 40-52 pp.

- Baranyay, J. y Smith R. 1972. "Dwarf mistletoes in British Columbia and recommendations for their control". Can. Forest. Serv. Pacific Forest. Res. Centre. B.C. 1-18 pp.
- Baranyay, J. , Hawksworth F. and Smith.1971. Glossary of the dwarf mistletoes terms. Pacific Forest Research Centre . Can. Forest. Serv. Victoria B. C. 42 p.
- Beatty, J. 1982. Integrate pest management guide, southwestern dwarf mistletoe, *Arceuthobium vaginatum* subsp *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 profesional Fac. Cienc. UNAM, Mexico. 67 p.
- Cházaro, B. M. y Oliva, R.H. 1987. "Loranthaceae del centro de Veracruz y zona limítrofe de Puebla". Cactáceas y suculentas mexicanas. 33: 55-60.
- Clements, F: y Weaver J. 1950. Ecología Vegetal. 2ª edición. Ediciones ACME AGENCY. . edición EUA. 667 p.
- Escudero, M. y Cibrian D. 1985. "Determinación del período de dispersión de *Arceuthobium globosum grandicaule*, en la región central de México". Soc. Méx. de Entom. Tercera memoria. Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Saltillo, Coahuila, Méx. pp. 342-351.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. 3a. edición. Inst. de Geografía, UNAM. México. 252 p.
- Hawksworth, F. y Wiens D.1965. "*Arceuthobium* in Mexico." Brittonia. 17:213-238.
- \_\_\_\_\_ 1972. "Biology and classification of dwarf mistletoes (*Arceuthobium*)". USDA. Forest Service. Agricultural Handbook. 401: 213-234.
- \_\_\_\_\_ 1977. "*Arceuthobium* (Viscaceae) in Mexico and Guatemala: additions and range extentions". Brittonia. 29:411-418.
- \_\_\_\_\_ 1980. "Los muérdagos enanos: (*Arceuthobium*) y su importancia en la silvicultura de México". Soc. Mex. de Entom.

- Memoria. Primer Simposio Nacional sobre Parasitología Forestal. Uruapan, Michoacán, Mex. . 207-228. pp.
- 
- \_\_\_\_\_. 1984. "Biology and classification of *Arceuthobium*: an update". 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. pp. 2-17.
- 
- \_\_\_\_\_. 1989. "Two new species, nomenclatural changes and range extentions in mexican *Arceuthobium* (Viscaceae)". *Phytologic*. 66 (1): 5-11
- Leith, H. 1970 . "Phenology in productivity studies". In Reiche, D.F. (ed) Analisis of temperature forest ecosystems. Springer Verlag, Berlin. pp. 290-295.
- Miller, J. y Tocher R. 1975. "Photosynthesis and respiration of *Arceuthobium tsugense* (Loranthaceae)". *Amer. Jour, Bot.* 62 (7): 765-769.
- Reséndiz, M. F. 1987. Distribución topográfica de royas en pinos en el Cerro El Telapón, Estado de México. Tesis profesional. Fac. Cienc. UNAM, México. 90 p.
- Rodríguez, A. 1983. "Muérdago enano sobre *Abies*, *Pinus* y *Pseudotsuga* de México". *Ciencia Forestal* 8(45): 7-45.
- Scharpf, F. 1984. "Host resistance to dwarf mistletoes". In Hawksworth & Scharpf, Biology of dwarf mistletoes: Preceedings of the symposium. USDA. Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-111 pp. 70-76.
- Tocher, D., S., Gustafson y D. Knutson. 1984. "Water metaholism and seedling photosynthesis in dwarf mistletoes. In Hawksworth & Scharpf", Biology of dwarf mistletoes": Preceedings of the symposium, USDA. Forest Service. Rocky mountain Forest and Range Experiment Experiment Station. General Technical Report RM-111 pp. 62-69.
- Trigo, N, S. Urbina y S. Márquez. 1985. Actualización del Proyecto Inventario y Diagnóstico del Desierto de los Leones. COCODA. 39 p.
- Valdivia, S. J. 1964. "El muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en los bosques de la zona noreste de Michoacán". *Patología Forestal* IVa. pp. 15.-67.