

CIENCIA FORESTAL

en México

ISSN 0185-2418

REV. CIEN. FOR. EN MÉX. VOL. 19 NÚM. 75 136 P. MÉXICO, D.F. ENE-JUN 1994



DIVISIÓN FORESTAL
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS

La Revista **Ciencia Forestal en México**, es el órgano divulgativo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, que tiene como finalidad difundir resultados parciales o finales de las investigaciones forestales realizadas por su personal científico, existiendo la posibilidad de presentar artículos de investigadores externos, nacionales o extranjeros.

COMITÉ EDITORIAL FORESTAL.

Presidente y Director de la Revista:	Ing. Carlos E. González Vicente.
Secretaria Técnica:	Sra. María de Jesús Barrios Núñez.
Vocales:	Ing. Gonzalo Novelo González. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, SARH.
	Dr. Daniel Piñero Dalmau. Centro de Ecología, UNAM
	Ing. Victor E. Sosa Cedillo. Dirección General de Protección Forestal, SFFS, SARH.
	Dr. Alejandro Velázquez Martínez. Programa Forestal, Colegio de Postgraduados.
	Ing. Avelino B. Villa Salas. Academia Nacional de Ciencias Forestales, A.C.
Coordinador Editorial:	Ing. Avelino B. Villa Salas.
Editores:	Dr. José Daniel Garza y Rueda. Lic. Javier Sosa Cedillo.

Los originales de los artículos de este número de la Revista **Ciencia Forestal en México**, fueron elaborados por el Dr. José Daniel Garza y Rueda y el Lic. Javier Sosa Cedillo, quienes contaron con la colaboración de la Sra. Ma. Benita Zuñiga Tovar.

Certificado de Licitud de Contenido Núm. 677

Certificado de Licitud de Título Núm. 1151

Número de la Serie Estándar Internacional (ISSN) : 0185-2418

CIENCIA FORESTAL

en México

VOL. 19

ENE-JUN 1994

NUM. 75

CONTENIDO

Pag.

FENOLOGÍA Y BIOLOGÍA DEL DESARROLLO DE CINCO
ESPECIES DE *Quercus* EN PARACHO Y URUAPAN,
MICHOCÁN.

Miguel Ángel Bello González.

3

FENOLOGÍA DEL MUERDAGO ENANO EN EL DESIERTO DE
LOS LEONES.

Lorenia H. Gutiérrez Vilchís y José Francisco Reséndiz Martínez.

41

EFFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD SOBRE LA
VIABILIDAD DEL POLEN DE TRES ESPECIES DE
CONÍFERAS.

Felipe Nepamuceno Martínez y Pilar de la Garza López de L.

63

ENSAYO DE OCHO ESPECIES FORESTALES PARA ÁRBOLES
DE NAVIDAD EN EL CAMPO EXPERIMENTAL FORESTAL
"BARRANCA DE CUPATITZIO".

Martín Erasmo Lara Rubio.

77

ENSAYO DE PROCEDENCIA DE *Eucalyptus microtheca* EN EL
ALTIPLANO POTOSINO: DIEZ AÑOS DE CRECIMIENTO.

J. Armando Ramírez García y Felipe Nepamuceno Martínez.

89

SITIOS DE DIMENSIONES FIJAS CONTRA SITIOS DE
DIMENSIONES VARIABLES.

Martín Erasmo Lara Rubio y Josué Manuel Espinosa Domenzain.

105

Cupressus Dupreziana ENDÉMICO DE TAŠSILI Y TESTIGO DE
TIEMPOS ANTIGUOS EN EL SAHARA CENTRAL.

Joroslav Dobry.

125

CUERPO CONSULTIVO

131

FENOLOGÍA Y BIOLOGÍA DEL DESARROLLO DE CINCO ESPECIES DE *Quercus*, EN PARACHO Y URUAPAN, MICHOACÁN.

Bello González Miguel Ángel*

RESUMEN

Durante el periodo 1982-1984 se reunió información sobre observaciones fenológicas para elaborar un calendario anual de desarrollo de cinco especies de *Quercus*: *Q. resinosa*, *Q. rugosa*, *Q. glaucooides*, *Q. obtusata* y *Q. crassipes*.

Los eventos fenológicos en estado vegetativo, floración y fructificación fueron descritos en relación a los factores climáticos. Los patrones de fructificación fueron descritos también en relación a los factores climáticos y bióticos, tales como insectos y aves.

Las observaciones fenológicas se realizaron en rodales naturales y subdivididas a su vez, en sitios permanentes en las regiones de Uruapan y Paracho, Michoacán. Asimismo se calculó el número de bellotas por unidad de superficie de suelo en cada sitio permanente, así como su producción en kilogramos.

Se obtuvieron valores promedio sobre germinación y desarrollo de plántulas, en relación a las variables tiempo y temperatura en condiciones de invernadero. Se realizaron análisis estadísticos para los resultados obtenidos en el desarrollo de plántulas para cada especie.

Palabras clave: Encinos, *Quercus*, Fenología, Biología del desarrollo, Michoacán.

*Biólogo Investigador Titular del Campo Experimental Uruapan, CIR. Pacífico-Centro, INIFAP. SARH.

ABSTRACT

During the 1982-1984 period, information was gathered upon phenological observations, in order to work up a yearly development calendar on five *Quercus* species: *Q. resinosa*, *Q. rugosa*, *Q. glaucoides*, *Q. obtusata* and *Q. crassipes*.

The phenological events in vegetative phase, flowering and fructification, were described in relation to climatological elements. The fructification patterns were found to be related to biotic factors such as insects and birds.

The phenological observations were carried out in natural stands divided for better results in five permanent plots in the Uruapan and Paracho regions, Michoacan. The number of acorns was calculated by surface unit of soil in every permanent plot, as well as its production in kilograms.

Germination and seedling development were related to the variables time and temperature within greenhouse conditions. Statistical analysis was made for seedling development for each specie.

Key words: Oaks, *Quercus*, Phenology, Biology of Development, Michoacán, México.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con mayor número de especies de *Quercus*, un género tal vez con 600 especies, de las cuales mas de 150 se distribuyen ampliamente en nuestro país Lawrence (1951)¹ y Rzedowski (1978)². De estas, 30 se localizan en el estado de Michoacán. Muchas crecen y se pueden desarrollar en diversos tipos de habitat, pudiéndose observar en montañas, valles y cañadas, formando bosques puros o mezclados en climas fríos, templados y tropicales.

Muchas de ellas se explotan actualmente con fines de producción maderable, artesanal, comestible y medicinal (fruto y corteza) y otras se utilizan en la protección del recurso forestal y en los aspectos escénicos y de recreación Bello y Labat (1987)³.

¹Lawrence G.,H. 1951. Taxonomy of vascular plants.

²Rzedowski J. 1978. Vegetación en México.

³Bello G.,M.; Labat J.,N. 1987. Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México.

Con respecto a la ecología y al ciclo de vida de las especies de *Quercus*, puede decirse que su conocimiento es muy incompleto. Por lo tanto resulta importante el estudio de las variaciones climáticas prevalecientes, y en ello participa vigorosamente la fenología.

El presente estudio constituye una contribución al estudio fenológico y a la biología del desarrollo de cinco especies de encinos que habitan en Michoacán y cuyos resultados podrán ser orientados a un mayor y eficaz aprovechamiento del recurso.

Con base a lo anterior se plantearon los siguientes objetivos:

Determinar la época en la que se desarrolla cada uno de los procesos fenológicos, así como los factores ambientales que influyen sobre ellos.

Evaluar el desarrollo de las yemas terminales en función de las condiciones climatológicas (temperatura y precipitación).

Cuantificar la cantidad de bellotas en los suelos de los sitios permanentes de observación biológica establecida y su número por unidad de peso.

Obtener la información sobre germinación con registros de temperatura máxima y mínima en condiciones de invernadero.

Evaluar el desarrollo de plántulas (longitud de tallo y primordios vegetativos) en función del tiempo y las temperaturas registradas en invernadero.

ANTECEDENTES

La información referente a la fenología de *Quercus* en México es muy escasa. Los pocos trabajos que existen están orientados a aspectos de productividad del ecosistema y principalmente sobre fenología de la producción de biomasa (hojas, flores y partes vegetativas), permitiendo con esto conocer datos cuantitativos de los eventos fenológicos de algunas especies de clima templado incluyendo entre otras las del género *Quercus* Carreón (1983)¹, Bracho (1984)².

¹Carreón A., Y. 1983. Producción de hojarasca en un bosque mesófilo de montaña del estado de Michoacán (México).

²Bracho R. 1984. "Productividad y fenología del Bosque mesófilo de montaña de Gómez Farías, Tamaulipas". pp. 279.

Para estudios específicos de fenología de *Quercus* está el trabajo de Isidro (1984)⁶ sobre la fenología reproductiva de *Quercus germana* Schl. & Cham., en un bosque caducifolio en Xalapa, Ver. En este estudio se señalan dos objetivos: observar la época de la ocurrencia de las fases fenológicas; y conocer los factores ambientales relacionados. Entre estos factores, cabe citar las fluctuaciones del fotoperíodo en la respuesta de la semillación en *Quercus macrocarpa* Michx., Vaartaja (1961)⁷, así como también la influencia de la temperatura ligada a la ocurrencia de la floración en *Quercus robur* L. Chalupa (1964)⁸.

Existen otros trabajos que solo señalan la época de floración, citando para ello factores climáticos de la localidad; así por ejemplo *Quercus dumosa* (en las montañas de Santa Mónica, California), florece durante los meses de abril y mayo Bauer (1936)⁹.

Para *Quercus rubra*, Flint (1972)¹⁰ relaciona la presencia de determinado evento fenológico con los cambios climáticos y su origen geográfico. Por otro lado hay patrones de variación, como son las bajas altitudes con climas específicos para la presencia o ausencia de yemas en *Quercus rubra* Kriebel (1965)¹¹.

Dada la necesidad de conocer los aspectos de producción de semillas y germinación de *Quercus* spp.; se revisaron los trabajos de Francis (1983)¹² y Mincler y McDermott (1960)¹³ quienes señalan datos de producción de semillas de *Quercus nuttalli* Palmer y de *Q. palustris* Muench, respectivamente.

Por lo que se refiere a la germinación, Bonner (1982)¹⁴ cita datos de la determinación óptima de temperatura para la germinación de semillas de *Quercus alba*, y por otro lado Thompson *et al.* (1977)¹⁵ estudian la respuesta de la germinación a las fluctuaciones diurnas de temperatura de *Quercus* spp.

⁶Isidro V.,M. 1984. Fenología reproductiva de *Quercus germana* Schl & Cham.

⁷Vaartaja D. 1961. "Demonstration of photoperiodic ecotypes in *Liriodendron* and *Quercus*". pp. 69-654.

⁸Chalupa V., 1964. "The Flowering of forest tree". pp. 139-173.

⁹Bauer H. 1936. "Moisture relations in the chaparral of the Santa Monica Mountains". pp. 409-454.

¹⁰Flint H.,L. 1972. "Cold hardiness of twigs of *Quercus rubra* L. as a function of geographic origin". pp. 1163-1174.

¹¹Kriebel H.,B. 1965. "Parental and provenance effects on growth of red oak seedlings". pp. 19-25.

¹²Francis J.,K. 1983. A corn production and tree growth of nuttall oak in a green-tree reservoir.

¹³Mincler L.,S. & R.,E. Mc Dermott. 1960. Pin oak acorn production and regeneration as affected by stand density.

¹⁴_____ 1982. "Determining optimum germination temperatures for *Quercus* on a two-way thermogradient plate". pp. 255-261.

¹⁵Thompson K.,Grime, J.P., and G. Mason. 1977. "Seed. Germination to diurnal fluctuations of temperature". pp. 147-149.

Finalmente se reportan los mecanismos de latencia que adoptan las semillas de *Quercus* spp., durante los procesos de germinación Thompson (1970)¹⁶ y Peterson, (1983)¹⁷ y el contenido óptimo de humedad en semillas para su adecuada germinación Krajčiček (1968)¹⁸ y Bonner (1974)¹⁹.

Resulta entonces que la experiencia en el extranjero es profunda y por lo tanto se parte de una base completa para iniciar estudios como el que se presenta a continuación para nuestro país.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

Localización.

El área de estudio corresponde a los bosques de la Cordillera Neovolcánica, la cual pertenece a una de las 15 Provincias Fisiográficas de México, Rzedowski (1978)²⁰, que para los fines de estudio se dividió en 5 sitios permanentes, ubicados de la siguiente manera:

- Sitios I y II - La Tinaja Verde, Uruapan.
- Sitio III - San Lorenzo, Uruapan.
- Sitios IV y V - Paracho, Paracho.

Estos se localizan en la región central del estado de Michoacán, entre los paralelos 19°18' y 19°37' de latitud norte y los meridianos 102°03' y 102°07' de longitud oeste de Greenwich. (Figura No. 1).

Geología y topografía.

El área tuvo su formación a partir del periodo terciario y específicamente en el Plioceno Demant, et al. (1976)²¹. Los materiales geológicos principales son basalto, andesita, riolita y tobas feldespáticas, así como material clástico como arenas, cenizas, tobas finas, brechas y bombas.

¹⁶Thompson D.,H. 1970. "An investigation of delayed germination of cherry bark oak (*Quercus falcata* var. *pagodaefolia*) acorns", pp. 21-23.

¹⁷Peterson J.,K. 1983. "Mechanisms involved in delayed germination of *Quercus nigra* L. seeds". pp. 81-92.

¹⁸Krajčiček J.E. 1968. A corn moisture content critical for cherry bark oak germination.

¹⁹Bonner F.,T. 1974. "Determining seed moisture in *Quercus*". pp. 399-405.

²⁰Rzedowski J. 1978. Vegetación de México.

²¹Demant A. et al. 1976. El eje Neovolcánico Transmexicano.

También por la distribución heterogénea del material a causa de la erupción del Parícutín, se presentan sobre todo en los sitios 3, 4 y 5 la presencia de pedregales o "malpais".

Los volcanes más importantes en cada sitio permanente son los siguientes: Sitio I y II, Cerros El Tecolote y las Chivas; Sitio III, Cerros Tzintzutzagua, Horno, Janamo y Santa Cruz; Sitio IV y V, Cerros Marijuata, Chato y Quinceo.

Los sitios de estudio presentan en función de sus relieves topográficos, pendientes que varían del 3 al 15%, distribuidas de la siguiente manera: Sitio I y II, 6 y 15%; Sitio III, 7%, y Sitios IV y V, 3 a 10%.

Clima.

En el área se registran dos tipos de climas, determinados sobre todo por la diferencia altitudinal. En los sitios permanentes I y II que se encuentra en la parte sur de la Ciudad de Uruapan, Mich., el clima es el cálido subhúmedo con temperatura media anual de 19.3°C., con la máxima y mínima registrada de 22.6°C en agosto y de 15.8°C en enero, y la precipitación de 1 283.6 mm de promedio anual, registrándose la mayor cantidad de lluvias de junio a octubre.

Los sitios III, IV y V que se encuentran hacia el norte de la misma ciudad, el clima es templado subhúmedo, con temperatura media anual de 12.4°C, con la máxima y mínima registradas de 13.1°C, en mayo y de 9.3°C en enero y la precipitación de 1 339.5 mm de promedio anual, la mayor cantidad de lluvias se registra de junio a octubre. (Cuadro No. 1 y Figs. No. 2 y 3).

Suelos.

Según el mapa de suelos de DETENAL (1980)²², información recabada del laboratorio de suelo del Campo Experimental Forestal Uruapan, INIFAP, SARH, en el área de estudio dominan los suelos llamados Andosoles, que corresponden en este caso a suelos forestales ácidos de color pardo.

Las observaciones realizadas en el campo y laboratorio, indican variación en cuanto a la profundidad, textura y color de los suelos para cada uno de los sitios, esto se explica por las diferentes condiciones topográficas, geológicas y climáticas existentes.

²²DETENAL. 1980. Carta Edafológica. Uruapan E 13B39. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.

En términos generales y en función de las características del sitio existen 3 tipos de suelos diferentes:

Sitios I y II: textura migajón-arcilloso, color pardo grisáceo oscuro, rojo amarillento, pardo rojizo y pardo claro, en las diferentes capas (material seco). El porcentaje de materia orgánica es de 4.7 en la capa superficial y con pH ácido, de 5.4 a 5.7. Con base en los resultados de este análisis y las características de campo, se puede concluir que estos suelos corresponden al Luvisol.

Sitio III: textura arena-migajosa, color pardo oscuro y pardo amarillento (material seco). El porcentaje de materia orgánica es de 1.17 y 1.48 en la capa superficial y media, pH ácido, de 6.10 a 6.40, con base en los resultados de este análisis y las características de campo corresponden al Andosol.

Sitios IV y V: textura arenosa, color pardo (material seco). El pH es ácido, de 6.20 los resultados indican que estos suelos corresponden al Andosol. (Cuadros Nos. 2, 3 y 4).

Vegetación.

La vegetación en el área de estudio corresponde al bosque de pino-encino Rzedowski y McVaugh (1966)²³.

Sin embargo en los sitios de observación se aprecia el bosque de encino limitando con vegetación de pino y selva baja caducifolia en cañadas y barrancas.

Sitios I y II: Estos sitios presentan una comunidad de encinos constituida por elementos caducifolios con el dosel superior formado por copas poco o nada entrelazadas. Existen dos niveles en el estrato arbóreo, de los 3 a 6 m de altura y el otro abajo de aproximadamente 1 a 2 m.

Dentro de este estrato destacaron las siguientes especies:

Pinus oocarpa Schl

Guazuma ulmifolia Lam.

Quercus resinosa Liebm.

Spondias mombin L.

Quercus glaucoides Mart. & Gal.

Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.

²³Rzedowski J., R. McVaugh. 1966. La vegetación de la Nueva Galicia.

Acacia farnesiana (L.) Willd
Psidium guajaba L
Lysiloma acapulcensis (Kunth)
Bursera bippinaata (DC.) Engl.

Dentro de las especies arbustivas se encuentran las siguientes:

Dodonaea viscosa (L.) Jacq.
Eupatorium mairretianum Dc.
Verbesina sp.
Senecio salignus Dc.
Heimia salicifolia (HBK.) Link.
Rumfordia floribunda Dc.
Stevia sp.
Salvia lavanduloides Kunth
Montanoa speciosa Dc.

De las especies herbáceas destacan por su abundancia:

Setaria geniculatas (Lam.) Beauv.
Adiantum sp.
Leonotis nepetifolia (L) R. Brown.
Polypodium sp.
Muhlenbergia robusta (Fourn.) Hitchc.
Paspalum sp.
Lupinus campestris Cham. et Sch.
Eragrotis sp.
Mimosa albida Humb. & Bonpl.
Crotalaria sp.
Asclepias sp.

Sitio III: Desde el punto de vista estructural el sitio de estudio lo constituye un bosque poco denso, con el dosel superior formado por capas poco entrelazadas. En el estrato arbóreo pueden diferenciarse dos niveles, uno superior más o menos a los 10 m de altura y otro abajo de aproximadamente 3 a 5 m.

Dentro de los elementos del estrato superior destacan las siguientes especies:

Quercus crassipes Humb. & Bonpl.
Quercus rugosa Née

Quercus crassifolia Humb. & Bonpl.
Alnus firmifolia Fern
Pinus leiophylla Schlecht. & Cham.
Pinus teocote Schl. & Cham.

Entre las especies del estrato arbóreo inferior se encuentran las siguientes:

Arbutus xalapensis H.B.K.
Arctostaphylos arguta DC.

En el estrato arbustivo se encuentran las siguientes:

Eupatorium mairetianum DC.
Mulhenbergia robusta (Fourn) Hitchc.
Cestrum terminales Dum.
Salvia lavnduloides Kunth.
Rumfordia floribunda DC.
Baccharis pteronioides DC.
Lopezia racemosa Cav.
Baccharis heterophylla H.B.K.
Cirsium pinetorum Greenm.
Satureja macrostema (Benth) Bricq.

En el estrato herbáceo cuya altura va hasta 1 m aproximadamente, se presentan las siguientes especies:

Tagetes micrantha Cav.
Helianthemum glomeratum Lag.
Commelina coelestis var. *bourgeaui* C.B. Clarke
Castilleja tenuiflora Benth
Loeselia coerulea (Cav.) Don
Erigeron pubescens H.B.K.
Pteridium sp
Gnaphalium bourgovii A. Gray.
Crusea longiflora Anderson
Stevia ovata Willd.
Heterotheca inuloides Cass.
Crotalaria sp
Bromus sp.
Oxalis sp.

Geranium aristisepalum Moore.

Cyperus sp.

Sitios IV y V: Existen en estos sitios una comunidad vegetal constituida por un bosque de encino denso, con el dosel superior formado por copas entrelazadas.

Se observan dos niveles en el estrato arbóreo, uno superior más o menos a los 15 m de altura y otro abajo de aproximadamente 2 a 4 m.

Dentro del estrato arbóreo superior destacan por su abundancia las siguientes especies:

Quercus obtusata Humb. & Bonpl.

Pinus leiophylla Schlecht. & Cham.

Pinus douglasiana Martínez

Pinos pseudostrabus Lindl.

Entre las especies del estrato inferior se encuentran las siguientes:

Cornus disciflora Sessé & Moc.

Crataegus mexicana Dc.

Clethra mexicana A.D.C.

Symplocos prionophylla Hemsl.

Arbutus xalapensis H.B.K.

Ehretia latifolia DC.

De las especies arbustivas cabe señalar a:

Salvia lavanduloides Kunth.

Montanoa speciosa DC.

Coriaria thymifolia H & B.

Solanum sp.

Baccharis heterophylla H.B.K.

Clusia aff. *salvinii* Donn.

Rubus sp.

Senecio salgignus DC.

Eupatorium mairetianum DC.

Rumfordia floribunda DC.

Cestrum terminale Dum.

Las herbáceas cuya altura va hasta 1 m tenemos a:

Bromus sp.

Lopezia racemosa Cav.

Piqueria trinervia Cav.

Pteridium sp.

Polypodium sp.

METODOLOGÍA

Obtención de datos. Los sitios permanentes para las observaciones fenológicas fueron seleccionados de acuerdo a su grado mínimo de disturbio, su fácil acceso y la capacidad de los árboles para producir abundante floración y fructificación.

Se seleccionaron 10 árboles por especie, con las siguientes características: buen vigor, dominante, de buena conformación, copas y ramificaciones regulares, buena floración y fructificación así como libres de plagas y enfermedades.

De los árboles elegidos, se tuvo cuidado de que tuviesen una cierta separación entre ellos, de tal manera que representaran las mayores variaciones genéticas de la especie en el área. Bello (1983)²⁴ y Bello (1985)²⁵.

Posteriormente los árboles fueron marcados con pintura blanca en la parte media del tronco, para su fácil localización. Para las observaciones fenológicas, se utilizaron binoculares 7 x 50 durante el tiempo que duró el estudio; en ocasiones fue necesario cortar algunas ramillas que contenían las fases, para poder verificar lo observado.

Para el registro fenológico mensual de cada árbol, se llenaron formas especiales tomando en cuenta 4 fases: yema (Y), fase vegetativa (V) floración (Fl) y fructificación (Fr). Cada una de estas fases excepto la yema, fueron subdivididas en 3 categorías: inicio (1), plenitud (2) y final (3) del desarrollo.

El procedimiento para caracterizar cada fenofase, consistió en dar seguimiento a su estado de desarrollo durante 3 años y que comprende los siguientes aspectos:

²⁴Bello G.,M. 1983. Estudio Fenológico de cinco especies de *Pinus* en la región de Uruapan, Mich

²⁵ 1985. Consideraciones metodológicas para estudios fenológicos en bosques templados de coníferas

Fase vegetativa: esta fenofase incluyó desde la presencia de una yema vegetativa, hasta el desarrollo total de las hojas. Cuando se observó un vástago rudimentario que se forma habitualmente en las axilas de las hojas y suele estar protegido por una serie de catáfolios y encierra la futura hoja; esta fase es conocida como yema (Y). La fase vegetativa se consideró activa cuando mostró la emisión de los primordios vegetativos (V_1). Cuando se observó la mitad en la longitud del desarrollo normal de la hoja, se caracterizó como plenitud de la fase (V_2). Cuando alcanzaron su máximo desarrollo (longitud máxima de la hoja) se registró como fin de la fase (V_3).

Floración masculina: para caracterizar esta fase se partió de sus 3 categorías, inicio ($F1_1$), plenitud ($F1_2$) y final ($F1_3$), con las siguientes características.

Cuando los amentos se presentaron encerrados en catáfolios se consideró como yema (Y), cuando se presentó la emisión de los amentos colgantes, así como el desarrollo parcial y total de las estructuras de la flor, tales como, estambres con sus filamentos y anteras, se caracterizó como inicio de la floración ($F1_1$), cuando se observó la liberación de los granos de polen, se clasificó como plenitud de la fase ($F1_2$). Finalmente, cuando concluyó la liberación del polen y se observó la marchitez en los amentos, se consideró como fin de la fase ($F1_3$).

Para la fase de yema, se midió su incremento en longitud cada mes durante 2 años. En este lapso de tiempo fue preciso marcar las ramillas que contenían las yemas, con listones de colores vistosos, para ser visibles a distancia y así tener mayor control en la medición de las mismas. Esto sirvió para correlacionar el máximo y mínimo incremento de la yema con las condiciones climatológicas prevaletentes y la expresión final de éstas hacia la fase vegetativa, flor o fruto.

Fructificación: la fase de fructificación se consideró desde la presencia de la flor pistilada (Fr_1), el desarrollo gradual del fruto (Fr_2), hasta la maduración y caída del fruto (Fr_3).

Para lo anterior se realizaron algunas observaciones con la siguiente secuencia:

Al observar la presencia de la flor femenina dentro de un involucre, se consideró como inicio de la fase Fr_1 . Cuando se observó el desarrollo gradual de la bellota y su colaboración se presentó verdosa, se consideró como plenitud de la fase Fr_2 . Cuando el fruto alcanzó su máximo desarrollo y su coloración se tornó café, se consideró como fin de la fase Fr_3 .

Producción y análisis de frutos y semillas.

Para las actividades concernientes a la producción y análisis de frutos y semillas, consistió, en primera instancia seleccionar en los sitios de estudio, 10 árboles por especie con las características ya señaladas con anterioridad. Fueron cosechadas las bellotas de estos árboles, para después ser colocadas en bolsas con capacidad de 2 Kg, para cada bolsa se utilizó una etiqueta con el nombre de la especie y datos de campo como: localidad, municipio, habitat y altitud.

Para el conteo de bellotas por m², se colocó una estructura de madera de 1 m² (Fig. No. 4) en 10 puntos estratégicos y al azar del sitio.

Terminada la cosecha y la estimación se transportaron las bolsas conteniendo las bellotas al laboratorio para calcular algunos datos como: número de bellotas por Kg, medición del largo y ancho de la bellota y del involucro.

Poco después, se llevaron al invernadero del Campo Experimental Forestal " Barranca de Cupatitzio" (CEFBC), ubicado en Uruapan, Mich., para ser sometidas a pruebas de germinación y poder obtener algunos datos como: inicio de la germinación, desarrollo a partir de la siembra, incremento del tallo y primordios vegetativos, todo esto en relación a la temperatura máxima y mínima registradas durante el tiempo que duro el experimento.

Con los resultados obtenidos se realizaron análisis estadísticos tales como: varianza y regresión lineal para el desarrollo del tallo y primordios vegetativos.

RESULTADOS

Ciclo anual de desarrollo. Para una mejor comprensión del ciclo anual de desarrollo de las cinco especies de *Quercus* estudiadas, se describen a continuación las fases del ciclo para cada una de las especies:

Actividad vegetativa. Gran parte de las especies mexicanas de *Quercus* son caducifolias, sin embargo el periodo en la carencia de follaje para las cinco especies es breve, regularmente menos de un mes, como en el caso de *Quercus crassipies* y mayores de un mes, como en *Quercus rugosa*.

Cabe mencionar que los cambios en la caída de las hojas para cuatro de las cinco especies, se presentaron durante los meses más secos (febrero y marzo), es decir a finales de invierno y a principios de primavera.

A diferencia de estas cuatro, *Quercus glaucooides* presentó esta tendencia durante el inicio de las precipitaciones pluviales (a mediados de mayo y principios de junio).

Inicio del estado vegetativo. La periodicidad con que se presentó el inicio del estado vegetativo para las cinco especies es más o menos homogénea: marzo para *Quercus obtusata*, *Q. rugosa* y *Q. crassipes*; abril *Q. resinosa* y en junio *Quercus glaucooides*.

Estas relaciones coinciden con la estación de primavera, en donde la precipitación es muy baja, excepto en junio para *Quercus glaucooides*, mes en que se inició el periodo de lluvias.

Sin embargo este mes también presentó las temperaturas más altas en la región, por lo que se podría pensar que fue uno de los factores que originó el desarrollo del brote vegetativo para esta especie.

Actividad de la floración. En la mayoría de los casos la fase de la floración se observó en estrecha relación, con el inicio de la fase vegetativa.

Periodicidad de la floración masculina. La fase de la floración masculina se observó durante los meses de marzo a julio, es decir durante la primavera y mediados de verano.

Se pudo observar que durante marzo, uno de los meses más secos, *Quercus obtusata*, *Q. rugosa* y *Q. crassipes* presentaron la fase inicial de la floración, mientras que *Q. resinosa* y *Q. glaucooides* la presentaron durante los meses secos de abril y mayo respectivamente.

Floración femenina. La presencia de la flor pistilada se observó durante los meses de abril a agosto, es decir durante la estación seca de primavera y húmeda de verano.

Por lo que respecta al *Quercus rugosa* la presentó en los meses de abril a junio, es decir, durante primavera; mientras que *Quercus obtusata* en mayo y *Q. resinosa* de mayo a julio, a finales de primavera y principios de verano; *Quercus glaucooides* de junio a agosto y *Q. crassipes* en julio (durante el verano).

Fructificación. Los periodos que comprenden el desarrollo gradual del fruto (Fr_2) y la maduración y caída del fruto (Fr_3) se observaron durante junio de cada año a mayo del año siguiente, cubriendo en su totalidad las cuatro estaciones del año, es decir las estaciones húmedas y secas.

El periodo de la plenitud de la fase (Fr_2) se presentó durante los meses de junio a julio para *Quercus resinosa*; de julio a diciembre para *Q. rugosa*; de agosto a noviembre para *Q. crassipes*; en septiembre y octubre para *Q. glaucoides* y de octubre a diciembre para *Q. obtusata*.

Cabe señalar que esta fase (Fr_2) se presentó asociada particularmente a la plenitud de la fase vegetativa (V_2) y a meses con una alta a moderada precipitación, como ocurre durante las estaciones de verano y otoño.

Desarrollo de las yemas terminales. El desarrollo de las yemas terminales en relación a las condiciones climatológicas (temperatura) están dadas en las figuras No. 5 y 6.

Dentro de los resultados obtenidos se observó que en los meses de junio, octubre, abril y mayo, *Quercus obtusata*, *Q. crassipes* y *Q. rugosa* mostraron el mayor desarrollo de sus yemas terminales.

Sin embargo el mes en el que se observó el mayor desarrollo para estas tres especies, fue durante el mes de marzo, coincidiendo éste, con la presencia del inicio de la floración y también con la estación más seca.

Por su parte el *Quercus glaucoides* y *Q. resinosa* presentaron su mayor desarrollo, durante los meses de abril a julio, es decir, meses con una tendencia gradual de baja a alta precipitación pluvial, pero con altas temperaturas registradas durante los dos años de observación.

Producción y análisis de frutos y semillas. Los resultados concernientes a la producción y análisis de frutos se indican en las figuras No. 7 y 8.

En relación a la producción de bellotas por superficie muestreada (m^2) durante cuatro años de evaluación se obtuvieron los siguientes resultados:

Quercus resinosa tuvo un promedio de 25 bellotas por m^2 ; *Q. rugosa* 578, *Q. glaucoides* 35; *Q. obtusata* 18 y *Q. crassipes* 103 bellotas.

Se pudo observar que la mayor producción de bellotas fue variable entre especies, ya que *Quercus rugosa* tuvo una alta producción durante 1984, mientras que *Q. obtusata* la presentó baja en ese mismo año.

Los meses durante los cuales se realizaron las estimaciones fueron a finales de julio para *Quercus resinosa* y *Q. rugosa*, a finales de septiembre para *Q. obtusata* y a principios y finales de octubre en *Q. glaucooides* y *Q. crassipes* respectivamente, por corresponder estas fechas a las épocas de su fructificación.

En cuanto al número de bellotas por kilogramo durante 1983 a 1985, se obtuvieron los siguientes resultados: *Quercus resinosa* presentó 95 bellotas por kilogramo, *Q. rugosa* 390, *Q. glaucooides* 626, *Q. obtusata* 220 y *Q. crassipes* 473.

Germinación de semillas y desarrollo de plántulas. La información sobre germinación de semillas y el desarrollo de plántulas en condiciones de invernadero se indican en los Cuadros No. 5, 6 y 7 y la Figura No. 9.

El número de días requeridos para el inicio de la germinación a partir de la siembra fue variables entre especies:

Quercus resinosa 14 días, *Q. rugosa* 80 días, *Q. obtusata* 26 días, *Q. crassipes* (c-2) 56 días, *Q. crassipes* (c-1 y c-3) 71 días y *Q. glaucooides* 41 días.

Por lo que se refiere a los porcentajes de germinación se obtuvieron los siguientes resultados:

Quercus resinosa presentó un 80% de germinación en la 8a. semana a partir de la siembra; *Q. crassipes* (c-1, c-2 y c-3) del 28 al 50% de germinación durante la 20a. semana; *Q. obtusata* y *Q. rugosa* obtuvieron porcentajes del 1.5% en la 18a. semana y 12.5% en la 16a. semana respectivamente y *Q. glaucooides* de 12% en la 8a. semana.

Las temperaturas registradas durante estas pruebas fueron de 11 a 18°C como mínimo y de 29 a 32°C como máxima.

Para evaluar el desarrollo de las plántulas, se obtuvieron mediciones del incremento del tallo y los primordios vegetativos en relación a las variables tiempo y temperatura, con los siguientes resultados:

Quercus resinosa obtuvo un incremento promedio en la 8a. semana a partir de la siembra, de 8.9 cm de longitud del tallo y de 7.3 cm de longitud en los primordios vegetativos; *Q. rugosa* obtuvo un incremento en la 22a. semana de 5.5 cm de longitud

del tallo y 4.2 cm de longitud en los primordios vegetativos; *Q. obtusata* en la 14a. semana de 3.8 cm de longitud del tallo y 4.2 cm de longitud en los primordios vegetativos; *Q. crassipes* (c-2 y c-3) en la 20a. semana de 6.2 y 8.5 cm de longitud del tallo y 3.8 y 4.3 cm de longitud en los primordios vegetativos y *Q. glaucoides* en la 12a. de 2.2 cm de longitud de tallo y de 3.1 cm de primordios vegetativos.

De acuerdo con estos resultados se realizaron pruebas de correlación para la regresión lineal:

Longitud de tallo contra longitud de primordios vegetativos para cada especie con los siguientes resultados:

Quercus crassipes (c-1) obtuvo una correlación (r) de .38; *Q. crassipes* (c-2) de .12 y *Q. crassipes* (c-3) de .29; *Q. rugosa* de .75, *Q. obtusata* de .26, *Q. resinosa* de .09 y *Q. glaucoides* de .39.

Al analizar estos valores podemos observar que la mayor correlación la alcanzó *Quercus rugosa*, seguida de *Q. glaucoides*.

Sin embargo solamente se podría generar una ecuación para *Q. rugosa*, por considerar que su correlación se encuentra en el límite inferior de aceptabilidad para hacer confiable dicha relación en la predicción del desarrollo del tallo.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos se observó que cada fase fenológica se encuentra en estrecha relación con los patrones estacionales y principalmente con las condiciones climáticas. (temperatura media mensual y precipitación mensual).

Fase vegetativa.

Esta relación está mejor explicada en el período de máxima caída de hojas durante la estación seca, por lo que se considera que los diferentes patrones considerados coinciden con los factores abióticos (condiciones climáticas).

Algunos otros trabajos señalan que a medida que aumenta la intensidad de la estación seca, aumenta en la misma proporción la caída de las hojas Baker (1936)²⁶ y Beard (1946)²⁷.

Cabe considerar que los diferentes patrones temporales de la caída de las hojas, pueden favorecer la productividad del bosque a través del abastecimiento de nutrientes al suelo Kunkel-Westphal y Kunkel (1979)²⁸.

También se observó que el inicio de la fase vegetativa corresponde de igual forma, con la estación de secas (marzo, abril y junio).

De acuerdo con Frankie *et al.* (1974)²⁹ en un bosque seco, señalan que el periodo de esta fase se presenta durante el mes de abril y mayo, coincidiendo con las observaciones realizadas.

Floración masculina.

El inicio de la floración masculina se detectó estrechamente relacionado con el inicio de la fase vegetativa. Se pudo observar que la época en la caída de las hojas para cada especie, está fuertemente ligado con su período reproductivo. Las flores aparecieron en los árboles cuando estos perdieron completamente sus hojas. Estas observaciones coinciden con las de Janzen (1967)³⁰ y Daubenmire (1972)³¹. Este último hace notar que la pérdida de las hojas y la floración están claramente desfazadas. Esto parece ser una estrategia adaptativa ya que al reducirse el número de hojas en los árboles, favorece que los dispersores y el viento no encuentren ningún obstáculo hacia las flores. Por su parte Janzen *op. cit.* establece que la alternancia de fases (estado vegetativo y floración) trae ventajas para la planta, ya que toda la energía se canaliza hacia el crecimiento o hacia la reproducción. Este mismo autor, señala que la presencia de la fase de floración en meses secos, presenta una serie de ventajas en su actividad reproductiva, ya que las lluvias tendrían un efecto destructivo en las flores y consecuentemente menor capacidad de dispersión de los granos de polen.

²⁶Baker L.R. and Baker. 1936. "The seasons in a tropical rain forest" pp. 507-517.

²⁷Beard S.J. 1946. The natural vegetation of Trinidad.

²⁸Kunkel-Westphal L. y P. Kunkel. 1979. "Latter fall in a Guatemala primary forest, with details of leaf shedding by some common tree species". pp. 665-686.

²⁹Frankie G., W. H. G. Baker and P. A. Opler. 1974. "Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica", pp. 881-919.

³⁰Janzen H.D. 1967. "Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America" pp. 620-637.

³¹Daubenmire R. 1972. "Phenology and other characteristic of tropical semi-deciduous forest in North-western, Costa Rica" pp. 147-170.

Floración femenina.

La presencia de la flor pistilada se observó desde abril a agosto. Esta fase está estrechamente sincronizada a la plenitud de la floración masculina (marzo a junio). Esta relación es claramente conocida por todo lo que implica el proceso de polinización. La dispersión del polen y la receptividad de las flores femeninas están ligadas a las condiciones climáticas, especialmente a la temperatura. Esto resulta evidente debido a que el desprendimiento del polen debe ir acompañado de una temperatura adecuada y una baja humedad. Sarvas (1962)³² señala que la polinización en *Pinus* está vinculada con altas temperaturas y una baja humedad, comprobando con ello, que el día de máxima polinización coincide con el mes más caluroso de la estación.

Fructificación.

El periodo de plenitud de la fase de fructificación en los sitios permanentes estudiados dependen de los factores climáticos, principalmente en meses con una humedad alta o moderada y de factores bióticos (competencia y depredación).

Los patrones de fructificación se adaptan a los diferentes dispersores, ya que se observó durante estos meses una gran cantidad de bellotas parcialmente consumidas por el carpintero *Melanerpes formicivorus* Salas (1986)³³ y otras más perforadas plagadas por insectos del género *Curculio* (Det. Del Río Mora A.).

De lo anterior se puede determinar la siguiente relación, la cantidad de frutos que produce un árbol puede estar adaptada a la efectividad de sus agentes dispersores. Un árbol que produce una cantidad limitada de frutos basa su distribución a un agente dispersor eficiente y que se alimenta obligadamente de semillas Mc Key (1973)³⁴.

Producción y análisis de frutos y semillas.

Semillas en el suelo. Existen pocas investigaciones sobre la cantidad de semillas en los suelos de los bosques templados; sin embargo los trabajos que hay en selvas, muestran la gran importancia que tienen estos propángulos para definir los caminos que va a seguir la sucesión. Este hecho ha sido comprobado por los trabajos de Guevara y

³²Sarvas R. 1962. "Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*". pp. 1-198.

³³Salas P.M. 1986. Aves de la Sierra Purepecha, estado de Michoacán.

³⁴Mc Key D. 1973. The ecology of coevolved seed dispersal systems.

Gómez- Pompa (1972)³⁵ quienes observan una producción muy grande de especies secundarias en forma de semilla en el suelo de la selva.

Por esta razón al estimar la producción de bellotas en una superficie determinada de suelo, nos proporcionaría la información básica necesaria para realizar algunas prácticas de utilidad en la regeneración del bosque.

Germinación. Cada especie exhibe diferentes patrones de germinación: especies con germinación y desarrollo epigeo e hipógeo.

Las plantas con desarrollo hipógeo tienen grandes cotiledones suculentos que permanecen bajo tierra durante su desarrollo y que están recubiertos por el pericarpio (*Quercus* spp.)

La gran cantidad de reservas alimenticias almacenadas favorecen extensivamente el desarrollo de la raíz antes que el de los brotes aéreos y el sistema de las hojas. Este hecho ha permitido conocer los cambios que ocurren en las semillas de encinos en relación con la temperatura y su expresión final en el porcentaje o en la velocidad de germinación.

Lang (1965)³⁶ hace notar que la temperatura es uno de los factores más importantes en los procesos de germinación. Estos resultados no pueden ser totalmente extrapolados a condiciones naturales, porque dentro de los invernaderos existen condiciones particulares de humedad y temperatura y probablemente de la incidencia de luz, por tal motivo el desarrollo de la plántula se restringe a un área determinada; sin embargo los resultados pueden ser interesantes desde el punto de vista de manejo de los primeros estadios de su desarrollo.

Las condiciones ecológicas bajo las cuales se encuentran las semillas, tienen profundos efectos sobre su viabilidad, latencia y finalmente sobre su crecimiento y desarrollo en estado de plántula Maguire (1972)³⁷.

Bajo las condiciones de ausencia de vegetación o de un dosel, pueden ser factores capaces de disparar la germinación.

³⁵Guevara S. y Gómez-Pompa, A. 1972. "Seeds from surface soils in a tropical region of Veracruz, México". pp. 312-335.

³⁶Lang A. 1965. "Effects of some internal and external conditions on seed germination". pp. 848-893.

³⁷Maguire W.,P. 1972. "Physiological disorders in germination seeds induced by the environment". pp. 289-309.

En estas condiciones la especie que mejor se desarrolló fue *Quercus resinosa*, especie que por sus características en la germinación, crecimiento rápido y en forma masiva, es una especie muy agresiva que completa su ciclo vital a los 14 días después de la siembra. Esta especie a partir de los 14 días no sufre cambios posteriores a lo largo de los días. Las cuatro especies restantes, tampoco sufrieron cambios en los días subsecuentes a la última evaluación.

CONCLUSIONES

1.- El calendario fenológico, los resultados sobre producción y análisis de semillas, así como los aspectos en el desarrollo de plántulas, en condiciones de invernadero, serán de gran apoyo en los trabajos concernientes a la recolección, estudios genéticos y al manejo de ecosistemas forestales.

2.- Con base en las observaciones fenológicas y los antecedentes revisados, se deduce que los factores abióticos más importantes para la expresión final de cada fase fenológica, el desarrollo de yemas terminales y plántulas, son la temperatura y la humedad.

3.- De la información fenológica obtenida se deriva lo siguiente:

Las cinco especies de *Quercus* tienen ciclos fenológicos distintos entre sí.

Se observó variación en tiempo y duración de las fases fenológicas entre árboles de cada una de las especies de *Quercus* estudiada.

4.- Los patrones de fructificación están ligados a condiciones climáticas y a factores bióticos, tales como humedad y temperatura e insectos y aves respectivamente.

5.- La estimación en la cantidad de semillas en los suelos de los bosques, nos proporciona la información básica para estudios posteriores sobre regeneración de áreas boscosas.

6.- Cada especie estudiada exhibe diferentes patrones generales de germinación, así como su expresión final en el porcentajes y/o velocidad de germinación.

7.- La germinación de semilla y el desarrollo de plántulas en condiciones de invernadero, no pueden ser extrapolados a condiciones naturales, por las condiciones inherentes del medio en las que se realizaron las pruebas.

8.- La confrontación de resultados en los sitios de estudio con los que se encuentran fuera de ellos, sería de suma utilidad, ya que seguramente existirían otros factores diferentes a los citados en el presente estudio.

9.- Significado silvícola de estos resultados:

Tradicionalmente los encinos se aprovechan en menor escala que los pinos, ya que los primeros tienen menor valor comercial. Esta situación está proporcionando un cambio en la composición de las especies a favor del género *Quercus* en los bosques de pino-encino. Por esta razón es muy importante y necesario conocer los hábitat de las especies de *Quercus* que con frecuencia son considerados como invasores del bosque de coníferas; con el objeto de regular su manejo silvícola y que las mismas cumplan su función en el ecosistema, en forma controlada y económica no solo como productora de madera; sino también como protectoras del suelo, abastecedora de materia orgánica, alimento para la fauna silvestre y de manera muy especial como inductores culturales de un mejor desarrollo de las especies de pino. Esto no es desde luego ninguna novedad ya que en los países europeos algunas especies de encino y otras hojosas son utilizadas como "acompañantes" en rodales de coníferas y de "hojosas" de una alta calidad.

RECONOCIMIENTOS

El autor hace patente su sincero agradecimiento a los señores: Elías Casillas Tinoco e Ismael Mora Carbajal por su valiosa colaboración.

Al señor Octavio Romero Calderón y a la señora Ma. del Refugio Corona González, por su labor en los dibujos lineal y de imitación respectivamente.

También al Departamento de Cómputo y Estadística de este Centro, por su importante ayuda en los análisis numéricos y estadísticos correspondientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Baker J.,R. and Baker. 1936. "The seasons in a tropical rain forest". (New Hebrides). Partz. Botany. J.Linn Soc. (Zool.). 39: pp. 507-517.
- Bauer H. 1936. "Moisture relations in the chaparral of the Santa Monica Mountains". California Ecol. Monograph. 6. pp. 409-454.
- Beard S.,J. 1946. The natural vegetation of Trinidad. Oxf. For. Mem. 20. Clarendon Press. Oxford. 152 p.
- Bello G.,M. 1983. Estudio Fenológico de cinco especies de Pinus en la región de Uruapan, Mich. Bol. Tec. No. 96 INIF.
- _____ 1985. Consideraciones metodológicas para estudios fenológicos en bosques templados de coníferas. INIFAP (En prensa).
- Bello G.,M. Labat J.,N. 1987. Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México. INIFAP-EMCA. México, D.F., 100 p.
- Bonner F.,T. 1974. "Determining seed moisture in *Quercus*". Seed Science and Technology 2, pp. 399-405.
- _____ 1982. "Determining optimum germination temperatures for *Quercus* on a two-way thermogradient plate". U.S. Dept. Agric., For. Serv. Pap. pp. 255-261.
- Bracho R. 1984. "Productividad y fenología del Bosque mesófilo de montaña de Gómez Farias, Tamaulipas". Resumen 221. IX Congreso Mexicano de Botánica. México. D.F. pp. 279.
- Carreón A. Y. 1983. Producción de hojarasca en un bosque mesófilo de montaña del estado de Michoacán, (México). Tesis profesional. escuela de Biología. UMSNH. Morelia, Mich.
- Chalupa V. 1964. "The Flowering of forest tree". Práce VyzKum Ust. Lesn. CSSR No. 28. pp. 139-173. (1964); Abstr. in For Abstr. 26. pp. 537. (1965).
- Chávez H.,Y. 1981-1984. Análisis de suelos. Reporte interno. Centro de Investigaciones Forestales de Occidente. INIFAP. SARH. Uruapan, Mich.

- Daubenmire R. 1972. "Phenology and other characteristic of tropical semi-deciduous forest in North-western, Costa Rica". *Journal of Ecology* 60: pp. 147-170.
- Demant A. et al. 1976. El eje Neovolcánico Transmexicano. III Congreso Lat. Geol., Excursión No. 4. Inst. Geol. UNAM. 70 p.
- DETENAL. 1980. Carta Edafológica. Uruapan E 13B39. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- Flint H.,L. 1972. "Cold hardiness of twigs of *Quercus rubra* L. as a function of geographic origin". *Ecology* 54, pp. 1163-1174.
- Francis J.,K. 1983. A corn production and tree growth of nuttall oak in a green-tree reservoir. U.S. Dep. Agric. For. Serv. Res. Note. SO-289. 4 p.
- Frankie G.,W., H.,G. Baker and P.,A. Opler. 1974. "Comparative phenological studies of trees in tropical lowland wet and dry forest sites of Costa Rica". *Journal of Ecology*. 62 (3): pp. 881-919.
- Guevara S. y Gómez-Pompa, A. 1972. "Seeds from surface soils in a tropical region of Veracruz, México". *J. Arnold Arbor.* 53 (3): pp. 312-335.
- Isidro V.,M. 1984. Fenología reproductiva de *Quercus germana* Schl & Cham. Resumen 267. IX Congreso Mexicano de Botánica. México, D.F. 279 p.
- Janzen H.,D. 1967. "Synchronization of sexual reproduction of trees within the dry season in Central America". *Evolution*. 21: pp. 620-637.
- Krajčiček J.,E. 1968. A corn moisture content critical for cherrybark oak germination. U.S. Forest Service. Research Note NC-63. 2 p.
- Kriebel H.,B. 1965. "Parental and provenance effects on growth of red oak seedlings". *in: Proc. 4th Central States Forest. Tree Improvement Conf.* pp. 19-25.
- Kunkel-Wesrphal I., y P. Kunkel. 1979. "Litter fall in a Guatemala primary forest, with details of leaf-shedding by some common tree species". *Journal of Ecology*. 67: pp. 665-686.

- Lang A. 1965. "Effects of some internal and external conditions on seed germination". *Encyl. Plant Physiol.* 15: pp. 848-893.
- Lawrence G.H. 1951. Taxonomy of vascular plants. The MacMillan Co., New York. 823 p.
- Maguire W.P. 1972. "Physiological disorders in germination seeds induced by the environment". In: W. Heydecker (Ed.) *Seed Ecology*, Butterworths, London. pp. 289-309.
- Mc Key D. 1973. The ecology of coevolved seed dispersal systems. in: Lawrence E. Gilbert and Peter H. Raven (eds.) *Coevolution of animals and plants*. Univ. Texas Press, Austin.
- Mincler L.S. & R.E. Mc Dermott. 1960. Pin oak acorn production and regeneration as affected by stand density. Structure and flooding. Missouri Agric. Exp. Stn. Res. Note. 750. 24 p.
- Peterson J.,K. 1983. "Mechanisms involved in delayed germination of *Quercus nigra* L. seeds". *Annals of Botany* 52. pp. 81-92.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México.
- Rzedowski J.,R. McVaugh. 1966. La vegetación de la Nueva Galicia. Contr. Univ. Mich. Herb. 9(1): Ann. Arbor, Michigan, 123 p.
- Salas P.,M. 1986. Aves de la Sierra Purepecha, estado de Michoacán. Tesis Profesional, Fac. de Ciencias UNAM. México, D.F.
- Sarvas R. 1962. "Investigations on the flowering and seed crop of *Pinus silvestris*". *Comm. Inst. For. Fenn.* 53: pp. 1-198.
- Thompson D.,H. 1970. "An investigation of delayed germination of cherry bark oak (*Quercus falcata* var. *pagodaefolia*) acorns". Thesis, Mississippi State University, pp. 21-23.
- Thompson K.,Grime, J.P., and G. Mason. 1977. "Seed Germination to diurnal fluctuations of temperature". *Nature* 267: pp. 147-149.
- Vaartaja D. 1961. "Demonstration of photoperiodic ecotypes in *Liriodendron* and *Quercus*". *Can. J.Bot.* 39: pp. 69-654.

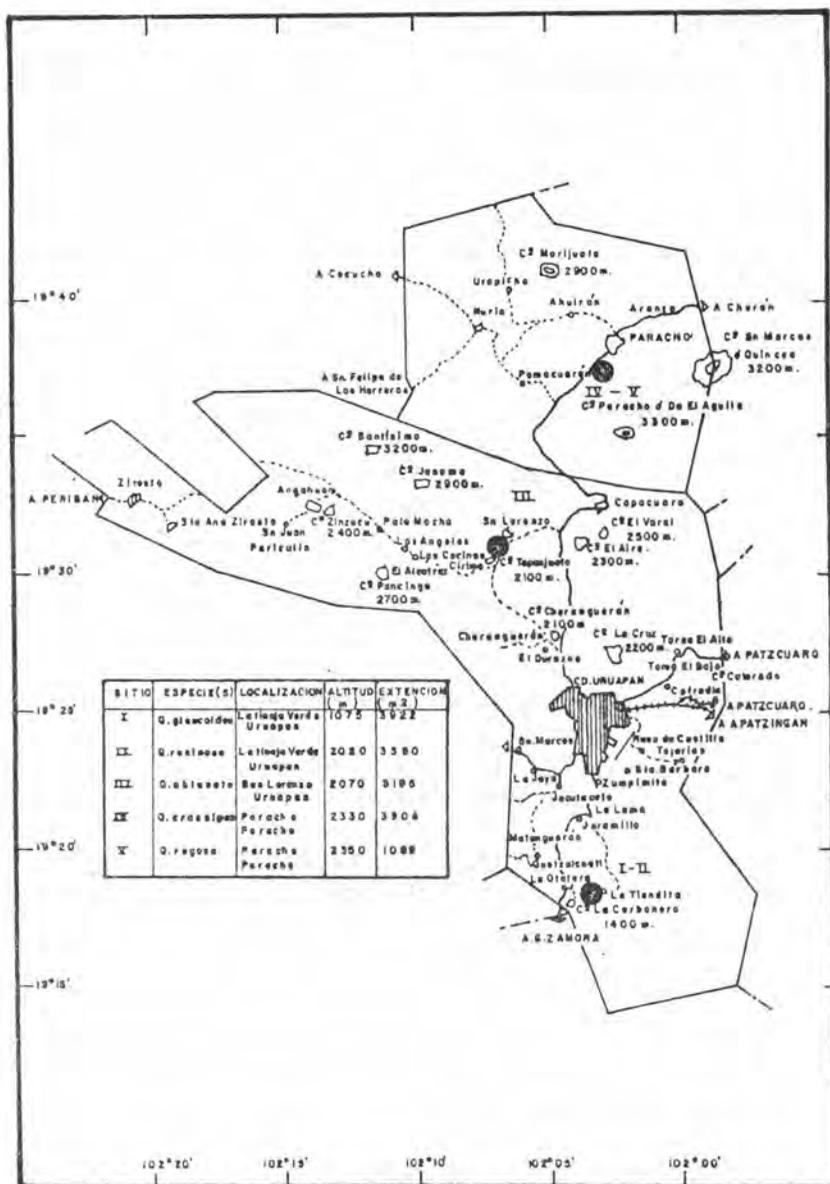


Figura No. 1 Ubicación de los sitios permanentes para los estudios fenológicos de cinco especies de *Quercus*.

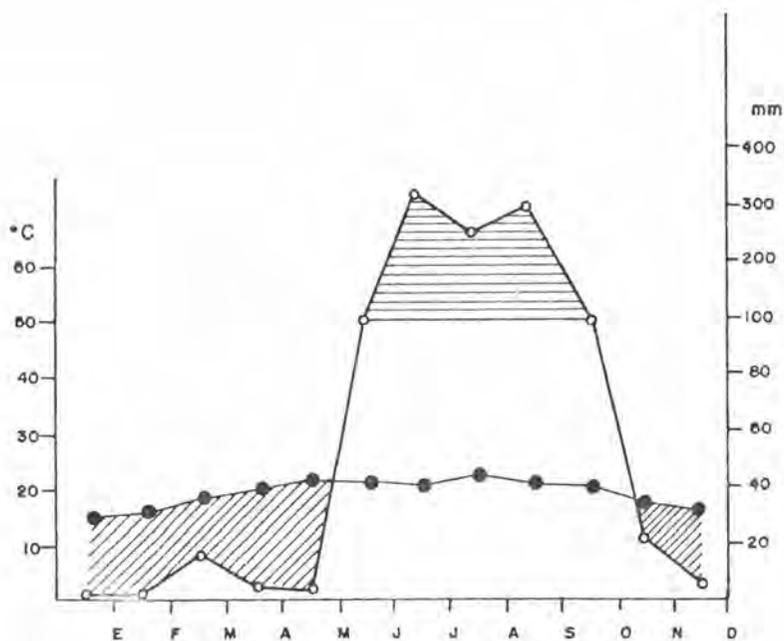


Figura No. 2 Climograma ombrotérmico. Estación meteorológica de Charapendo. Datos promedio de 4 años.

●—● Temperatura media

▨ Precipitación mayor de 100 mm

○—○ Precipitación mensual

▩ Escasa precipitación y temperatura por debajo del promedio

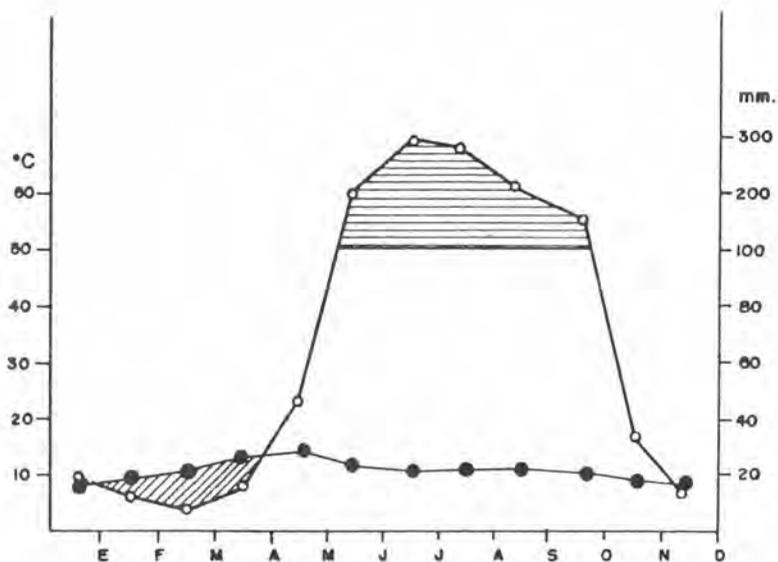


Figura No. 3 Climograma ombrotérmico. Estación meteorológica de Charapan. Datos promedio de 10 años.

●—● Temperatura media

▨ Precipitación mayor de 100 mm

○—○ Precipitación mensual

▧ Escasa precipitación y temperatura por debajo del promedio

DATOS CLIMATOLÓGICOS Y DE UBICACIÓN	SITIOS	
	I Y II	III, IV Y V
Estación climatológica	Chaparendo	Charapan
Altitud msnm	1 070	2 200
Precipitación anual mm	1 283	1 339.5
Temperatura media ° C	19.3	12.4
Temperatura Máxima ° C	22.6	13.1
Temperatura mínima ° C	15.8	9.3
Clima (Köpen)	Aw (w)	C (w2) (w) b' ig

Cuadro No. 1 Datos climatológicos de los sitios de estudio.

CONCEPTO	PROFUNDIDAD DEL SUELO (cm)			
	0-20	20-30	30-66	66-105
Fracciones Texturales:				
Arena (%)	44	24	22	24
Limo (%)	28	24	18	18
Arcilla (%)	28	52	60	58
Textura	Migajón arcilla	Arcilla	Arcilla	Arcilla
Color:				
Seco	10 yr 4/2	5 yr 5/6	5 yr 5/3	7.5 yr 6/4
Húmedo	10 yr 3/1	5 yr 4/6	5 yr 3/4	7.5/ yr 5/4
Materia orgánica (%)	4.7	1.6	0.7	0.5
C.I.C.T. meq/100	13.5	18.3	19.3	23.0
K+ meq/100	0.3	0.1	0.2	0.3
P P.P.M.	2.1	0.9	0	0
Na meq/100	0.3	0.1	0.2	0.3
Mg meq/100	2.9	2.9	1.8	1.9
Ca meq/100	5.3	4.7	4.1	3.8

Cuadro No. 2 Análisis Físico-Químico de un perfil de suelo en los sitios I y II, Mantanguaran (Detenal, 1980).

CONCEPTO	PROFUNDIDAD DEL SUELO (cm)			
	0-37	37-84	84-133	133-200
Fraciones Texturales:				
Arena (%)	76	76	70	70
Limo (%)	22	22	28	26
Arcilla (%)	2	2	2	4
Textura	Arena migajón	Arena mig.	Arena mig.	Arena mig.
Color:				
Seco	10 yr 3/3	10 yr 5/4	10 yr 5/4	10 yr 5/6
Húmedo	10 yr 2/2	10 yr 2/2	10 yr 2/2	10 yr 3/4
Densidad apte. g/cm ³	1.12	0.94	1.05	0.92
Densidad real g/cm ³	2.59	2.48	2.49	2.33
Profundidad	56.75	62.09	57.83	60.51
Materia orgánica (%)	1.17	1.48	0.47	0.33
P.H.	6.10	6.10	6.25	6.40
C.I.C.T. meq/100	14.56	33.12	14.56	21.84
K+ meq/100	0.10	0.19	0.19	0.70
NO ₃ p.p.m.	2.75	2.25	3.00	2.25
P p.p.m.	1.15	1.50	1.50	1.50
NA meq/100	0.15	0.27	0.28	0.92

Cuadro No. 3 Análisis Físico-Químico de un perfil de suelo en el sitio III, San Lorenzo (Chávez, 1984).

CONCEPTO	PROFUNDIDAD 0 (cm)
Fraciones texturales:	
Arena (%)	52
Limo (%)	41
Arcilla (%)	7
Textura	Arenoso
Color:	
Seco	10 yr 5/3
Húmedo	7.5 yr 3/2
Densidad aparente g/cm ³	0.81
Densidad real g/cm ³	2.39
Porosidad	66.17
C.I.C.T.	31.92
p.h.	6.20
K+ meq / 100	0.51
P p.p.m.	3.50
No ₃ p.p.m.	5.00
Na meq /100	0.76
Mg meq /100	1.35
Ca meq /100	5.35

Cuadro No. 4 Análisis Físico- Químico de un perfil de suelo en los sitios IV y V. ARANZA (Chávez, 1984).

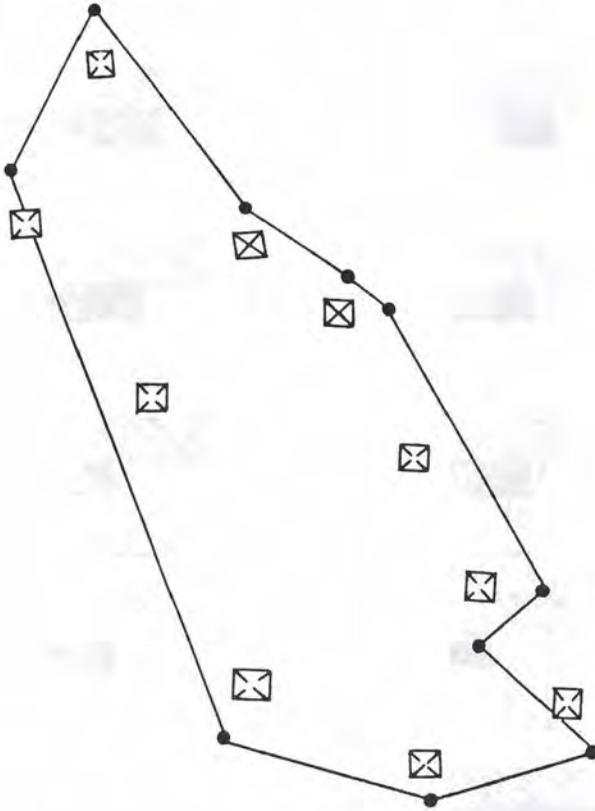


Figura No. 4 Ubicación de los puntos para la estimación del número de bellotas por m² en el sitio permanente de *Quercus crassipes*.

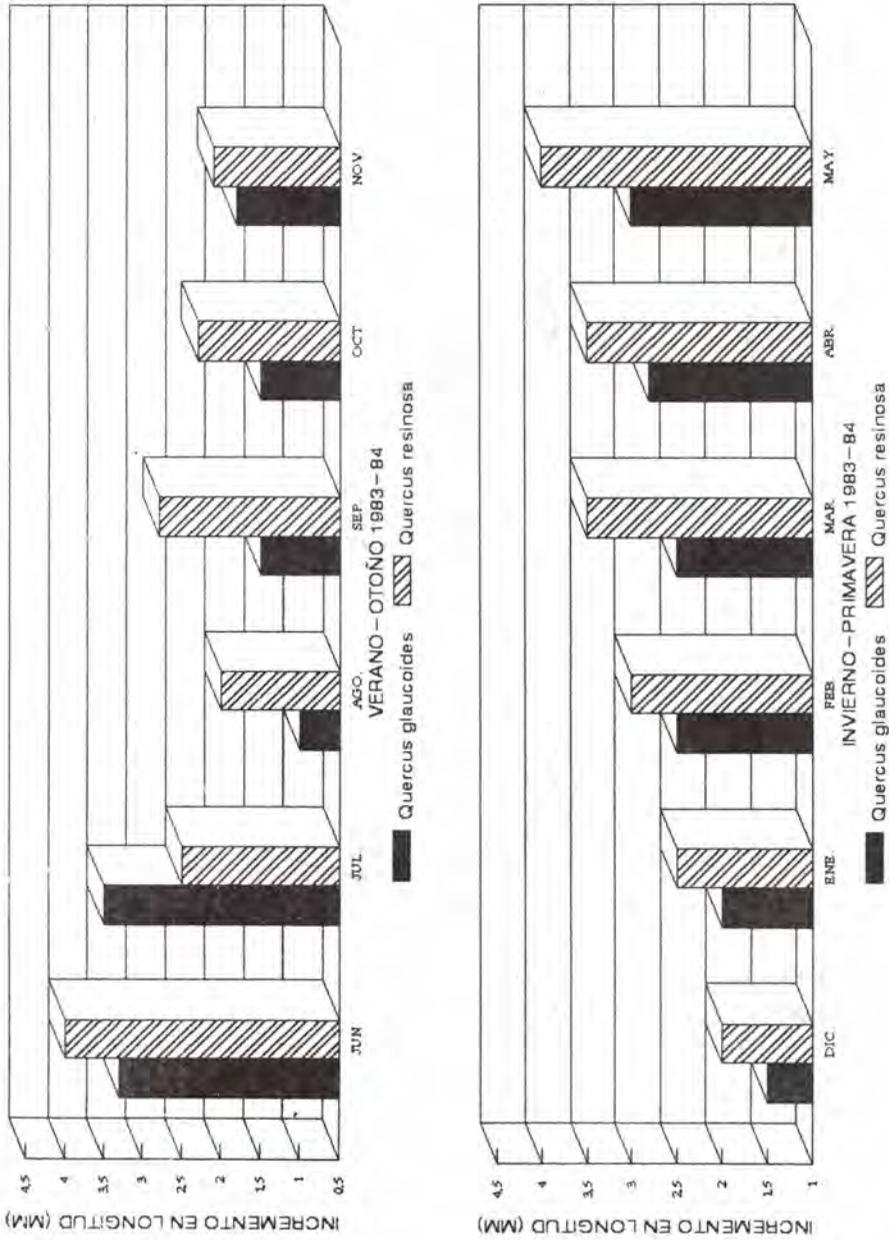


Figura No. 5 Fenología del desarrollo en yemas terminales de dos especies de *Quercus*.

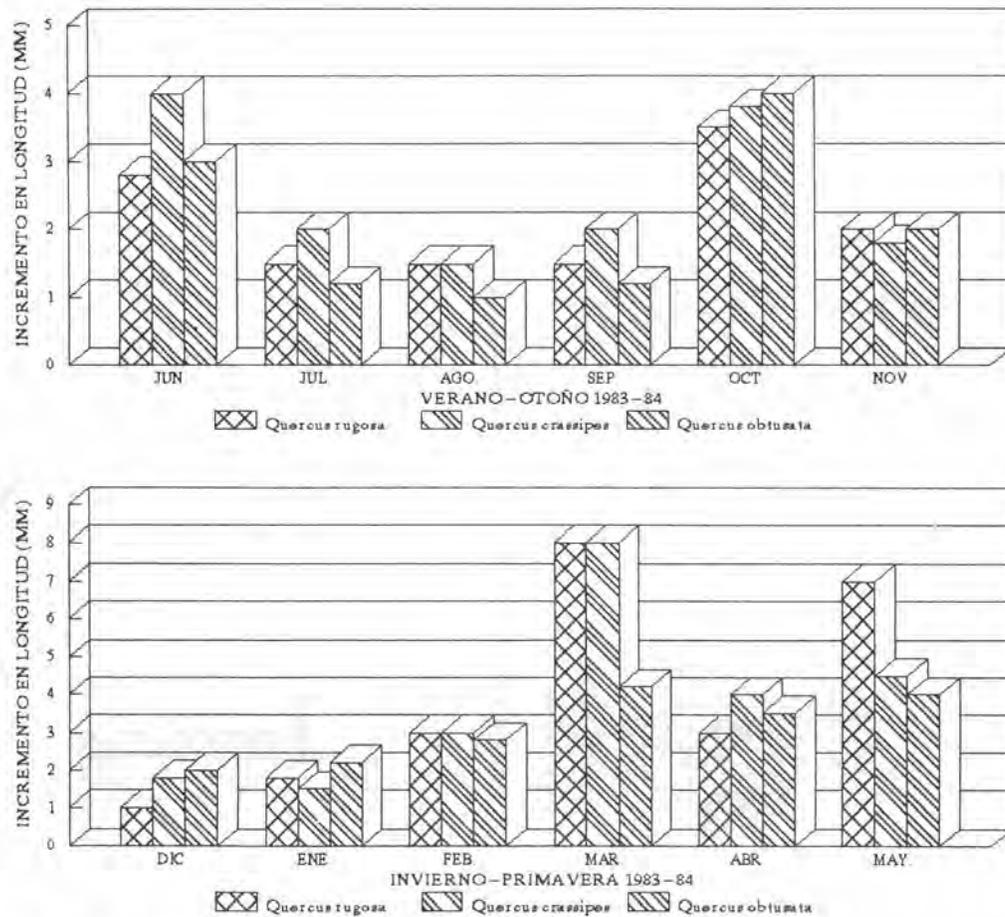


Figura No. 6 Fenología del desarrollo en yemas terminales de tres especies de *Quercus*.



Figura No. 7 Producción de bellotas por m² de superficie en un periodo de 4 años.



Figura No. 8 Estimación del número de bellotas por kg durante 3 años.

ESPECIE	INICIO GERMINACIÓN	Germinación a partir de la siembra (%) semanal.											
		2a	4a	6a	8a	10a	12a	14a	16a	18a	20a	22a	24a
1. <i>Quercus resinosa</i>	10-VIII-84	29	61	73	80	80							
2. <i>Quercus rugosa</i>	15-X-84				1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2		
3. <i>Quercus glaucooides</i>	12-XI-86			2.5	11	13	13.5						
4. <i>Quercus obtusata</i>	06-XI-85		2.5	8.5	11	12	12	12	12.5				
5. <i>Quercus crassipes</i>	C1 09-I-85				3	5	5	5	18	24	25	26	28
	C2 07-III-85				11	19	29	33	36	41	41		
	C3 22-III-85					3	8	13	28	46	50		

Especie*	Número de semillas	Temperatura		
		Max.	Min.	
1. <i>Quercus resinosa</i>	200	32	18	
2. <i>Quercus rugosa</i>	200	30	16	
3. <i>Quercus glaucooides</i>	200	31	13	
4. <i>Quercus obtusata</i>	200	29	11	
5. <i>Quercus crassipes</i>	C1	100	31	14
	C2	100	30	14
	C3	100	30	14

Cuadro No. 5 Porcentaje de germinación de semillas en cinco especies de *Quercus*.

*Lugar y fechas de Siembra: Invernadero del Campo Experimental Forestal "B" de C. Uruapan, Mich. Especies 1 y 2 27-VIII-84, especie 3 2-X-86, especie 4 11-X-85 y especie 5 12-XI-84 y 14-I-85.

*Lugares y fechas de Cosecha: Especie 1, Km 95 carretera Uruapan-Lombardía; 26 -VII-84. Especie 2, Km 48 carretera Uruapan-Paracho; 26-VII-84. Especie 3, Los Tanques, Uruapan; 2-X-86. Especie 4, Sn. Lorenzo, Uruapan, Mich.; 8-X-85. Especie 5 Km 48 carr. Uruapan-Paracho; C1 30-X-84, C2 10-I-85 y C3 10-I-85.

ESPECIE	Desarrollo estimado a partir de la siembra (cm) / semana																			
	Tallo										Primordio vegetativo									
	2a	4a	6a	8a	10a	12a	14a	16a	18a	20a	22a	2a	4a	6a	8a	10a	12a	14a	16a	18a
<i>Quercus resinosa</i>	2.2	5.4	8.8	8.9								3.8	6.9	7.3						
<i>Q. rugosa</i>					0.4	2.9	3.8	4.0	4.5	4.8	5.5				1.3	2.4	2.3	2.7	3.0	3.6
<i>Q. glaucooides</i>			1.5	2.0	2.2	2.2							0.2	1.8	2.2	3.1	3.1			
<i>Q. obtusata</i>		1.2	1.8	2.5	2.8	3.4	3.8					1.0	2.1	2.6	3.3	4.0	4.2	4.6		
<i>Q. crassipes</i> (C-2)				2.8	4.9	5.8	6.9	7.7	7.9	8.5				1.8	2.4	3.6	3.8	3.8	4.2	4.3
(C-3)				2.4	5.0	5.0	5.07	5.21	5.8	6.2				1.3	2.3	2.5	2.6	2.7	3.7	3.8

CONCEPTO	<i>Quercus resinosa</i>	<i>Q. rugosa</i>	<i>Q. glaucooides</i>	<i>Q. obtusata</i>	<i>Q. crapisses</i>
Fecha de colecta	26-VII-84	26-VII-84	2-X-86	8-X-85	10-I-85*
Fecha de siembra	27-VII-84	27-VII-84	2-X-86	11-X-85	14-I-85
No. de semillas	200	200	200	200	100
Temperatura °C:					
Máxima	32	30	31	29	30
Mínima	18	16	13	11	14

Cuadro No.6 Desarrollo de tallo y primordios vegetativos en condiciones de invernadero de 5 especies de *Quercus*. Lugar de siembra Invernadero del Campo Experimental Forestal "B" de "C" Uruapan, Mich.

ESPECIE	Fecha de siembra *	Temp.°C		Longitud de tallo (X) por longitud de prim. vegetativo (Y)											
		Máx.	Mín.	No. observ.	\bar{X}	\bar{Y}	s (X)	s (Y)	sd (X)	sd (Y)	cv% (X)	cv% (Y)	r	r ²	
<i>Quercus crassipes</i> (C-1)	12-XI-84	31	14	835	4.8	3.3	5.9	1.9	2.4	1.4	50.0	41.5	0.38	0.15	
	(C-2) 14-I-85	30	14	333	7.7	3.8	12.0	2.4	2.4	1.5	44.8	40.4	0.12	0.01	
	(C-3) 14-I-85	30	14	937	5.9	3.3	6.9	2.5	2.6	1.6	44.4	47.3	0.29	0.08	
<i>Quercus rugosa</i>	27-VII-84	30	16	123	4.4	3.0	1.2	2.5	1.1	1.5	24.5	53.2	0.75	0.57	
<i>Quercus glaucooides</i>	2-X-86	31	13	1178	2.2	2.6	0.75	1.4	0.86	1.2			0.39	0.01	
<i>Quercus obtusata</i>	8-X-85	29	11	267	2.7	2.3	1.2	2.3	1.1	1.5	40.9	65.0	0.26	0.07	
<i>Quercus resinosa</i>	27-VII-84	32	18	80	6.7	9.0	7.5	12.0	2.7	3.4	40.4	38.3	0.09	0.008	

Cuadro No. 7 Regresión lineal para la estimación del desarrollo de tallo y primordios vegetativos.

* Lugar de siembra Invernadero del Campo Experimental Forestal "B" de "C" Uruapan, Mich.

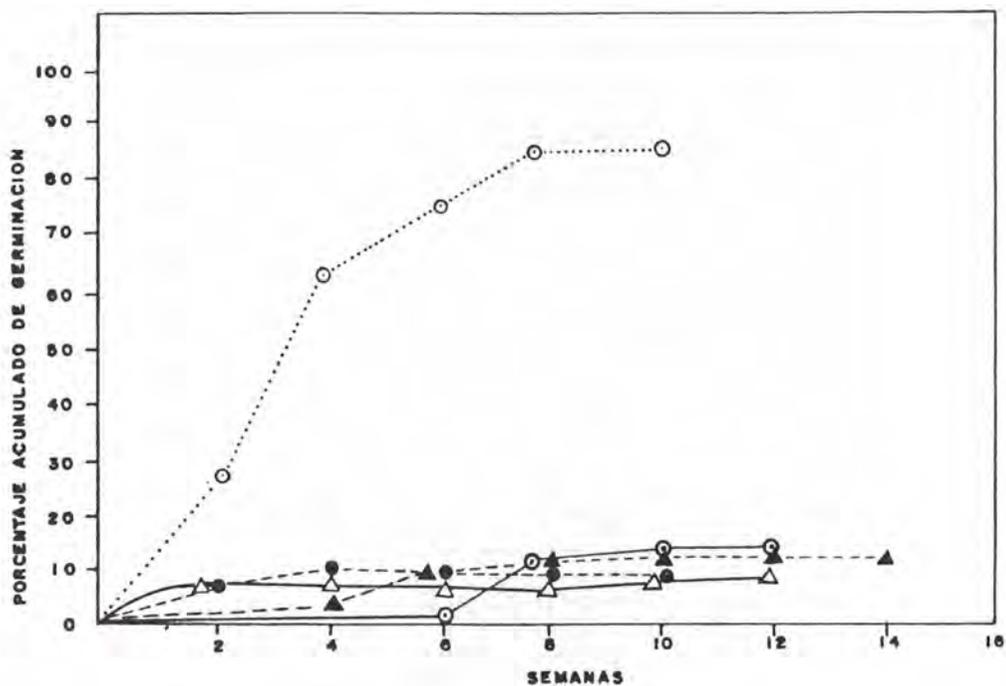


Figura No. 9 Porcentaje acumulado de germinación de semillas de *Quercus*.

- *Quercus glaucooides* (100 semillas)
- ▲-- *Quercus obtusata* (200 semillas)
- ...○... *Quercus resinosa* (200 semillas)
- *Quercus rugosa* (200 semillas)
- △- *Quercus crassipes* (350 semillas)

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 infestation 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, fructivication 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)¹.

¹Leith, 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)².

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)³.

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

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

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

fotosintética (Miller y Tocher, 1975)⁴, pero requiere de cierta cantidad de compuestos de carbono del hospedante. Es posible que en una etapa de su desarrollo o durante periodos 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)⁵.

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.

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

⁵Valdivia, S. J. 1964. El muérdago enano (*Arceuthobium* sp.) en los bosques de la zona noreste 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 interceptación 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 centripeta; 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)⁶.

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)⁷. Desde el punto de vista estructural los tallos son articulados y con el tiempo producen ramificaciones verticales o flaveladas.

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

⁷Hawksworth, 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 trómera cuando ocupa posición axilar o tetrómera 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)⁸. El fruto es ovoide, bicoloreado, 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)⁹.

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

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

⁹Hawksworth, 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)¹⁰ 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.

¹⁰Cházaro, 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)¹¹

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 (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 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.

¹¹Scharpf, 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)¹².

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*

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

HBK., *S. gerberifolius* Sch., *Lupinus montanusanus* 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 por 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)¹³, 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 distribución 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

¹³Reséndiz, 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 ± 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)¹⁴.

¹⁴Hawksworth, 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.

FENOFASES	Primera Etapa	Segunda Etapa
Fase vegetativa	Nov. 87- Feb. 88	Oct. 87 a Feb 89
Floración	Feb. 88- Jun. 88	Enc. 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 *Arcuathobium 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)¹⁵ 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,

¹⁵Escudero, 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 Uruapapan, 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 ecosistems. 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.

EFECTO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD SOBRE LA VIABILIDAD DEL POLEN DE TRES ESPECIES DE CONÍFERAS.

Nepamuceno Martínez Felipe.*
De la Garza López de L. Pilar.**

RESUMEN

Un factor importante para la conservación prolongada del polen es su contenido de humedad. Se evaluó el efecto del contenido de humedad (c.h.) sobre la viabilidad en almacenamiento de 300 a 375 días, en frascos herméticos a 4°C. El control de la humedad se efectuó a través de la aplicación de vacío (0.1 mm de presión) a distintos tiempos (0, 10, 30 y 60 minutos). En *Pinus pseudostrobus*, los altos valores de c.h. inicial (27.9%) no permitieron su reducción aceptable aún con 60 minutos de vacío, perdiendo la viabilidad. En *Pinus teocote* con un c.h. inicial de 6% el vacío alteró poco este valor y después de 300 días la viabilidad permaneció alta y sin diferencias significativas entre 0, 10 y 30 minutos de vacío; solamente 60 minutos (c.h.=5%) provocó una mayor viabilidad. Para *Abies religiosa* con c.h. y viabilidad inicial de 14.5 y 90.4% respectivamente, se obtuvieron diferencias significativas entre los cuatro tiempos de vacío y sus correspondientes contenidos de humedad después de 375 días de almacenamiento: desde 4.5% de viabilidad con un c.h. de 14.5% (0 minutos) hasta 69.4% de viabilidad con 7.2% de c.h.(60 minutos). Los contenidos de humedad entre 5 y 7% son efectivos para mantener la viabilidad del polen almacenado.

Palabras clave: Coníferas. *Pinus pseudostrobus*, *P. teocote*, *Abies religiosa*, viabilidad de polen, genética forestal.

ABSTRACT

Moisture content is an important factor for pollen storage. The moisture content of pollen of *Pinus teocote*, *P. pseudostrobus* and *Abies religiosa* were evaluated after 300

* Biólogo Investigador Titular del CENID-COMEF, INIFAP-SARH.

** Bióloga Investigador Titular del CENID-COMEF, INIFAP-SARH.

and 375 days of storage in sealed containers at 4°C. The moisture content was monitored through vacuum application (0.1 mm of pressure) at different time intervals (0, 10, 30 and 60 minutes). Pollen of *Pinus pseudostrabus* showed high values of moisture content, even at the minutes vacuum pressure, causing a reduction of pollen viability. On the other hand *Pinus teocote* maintained high viability at 6% moisture content. This moisture content did not change after 300 days with variation in vacuum pressure period (0, 10 and 30 minutes), besides, there was an increase in pollen viability when moisture content decrease to 5% at 60 minutes vacuum pressure. *Abies religiosa* showed significant differences in pollen viability among the different period of vacuum application and among pollen moisture content. Moisture contents between 5 and 7% were the most effective for maintaining pollen viability during storage conditions.

key words: Conifers, *Pinus pseudostrabus*, *P. teocote*, *Abies Religiosa*, pollen viability, forest genetics.

INTRODUCCIÓN

La conservación de los recursos genéticos es posible por medio de reservas naturales o estableciendo colecciones; estrategias que se denominan de conservación "in situ" o "ex situ" respectivamente. En esta última se sitúan los bancos de polen, los cuales resultan esenciales en los programas de mejoramiento genético. La conservación por sí misma cumple una importante función, no obstante el material genético aumenta su valor si se prosigue una cuidadosa evaluación del mismo, tanto para valorar su calidad como las técnicas implicadas.

En México, son escasos los estudios sobre el manejo de polen de coníferas y más aún los referidos al almacenamiento prolongado, por lo que en el presente estudio se propone evaluar la viabilidad del polen almacenado de tres especies de coníferas y la relación con sus contenidos de humedad.

ANTECEDENTES.

Experiencias extranjeras

Shoenike y Calvin (1981)¹ mencionan las ventajas de la conservación de genes en forma de polen:

a) El espacio de almacenaje se reduce. Cerca de 1 000 frascos de polen pueden ser almacenados en un espacio pequeño dentro de un cuarto, en comparación con 100 árboles que requieren de 0,4 ha o más.

b) El almacenamiento es económico. Un refrigerador doméstico puede guardar fácilmente grandes cantidades de colecciones vivas y el costo es muy bajo.

c) El almacenaje es eficiente. Se puede seguir un control fácil durante el almacenamiento y preservar muestras de todo el rango natural de una especie.

d) El manejo de registros es simplificado. Un solo registro es suficiente para contener toda la información de polen almacenado.

La desventaja del uso de los bancos de germoplasma polínico, es principalmente la conservación de la viabilidad en el almacenamiento y la renovación del polen a intervalos establecidos.

Sprague y Johnson (1977)² mencionan que los bancos de polen eliminan la dificultad de usarlo durante el mismo año de colecta, de manera que las polinizaciones controladas pueden realizarse con mejor resultado en años subsecuentes.

La producción de semillas como resultado del manejo y almacenaje del polen ha sido poco estudiada, pero autores como Livingston y Ching (1967)³, establecen que la polinización con material almacenado y fresco no tiene diferencias.

La capacidad del polen para crecer y responder a los ensayos tanto *In vivo* como *In vitro*, son un complemento que han utilizado diferentes autores para determinar la calidad del mismo. Así el método de la gota suspendida, junto con la técnica de formación de semillas, son ensayos muy usuales.

¹ Schoenike, R. E. and F. B. Calvin, 1981. "Conserving genes through pollen" : pp. 84-87.

² Sprague J. R. y V. W. Johnson. 1977. "Extraction and storage of loblolly pine *Pinus taeda* pollen". pp. 20-27.

³ Livingston G. K. y K. K. Ching. 1967. "The longevity and fertility of freeze dried Douglas-fir pollen". pp. 98-101.

Snyder y Clausen (1974)⁴ presentaron un resumen detallado de las pruebas de viabilidad para muchas especies de angiospermas y gimnospermas que incluyen la composición del medio de germinación e incubación.

La calidad del polen para su uso posterior, depende de las condiciones de almacenaje. Para plazos cortos el polen puede ser almacenado (4 a 8 semanas) en envases de plástico dentro de un desecador a 4°C, mientras que el almacenaje a mediano y largo plazo requiere de un control más estricto de las condiciones ambientales para reducir la actividad metabólica del polen y la presencia de hongos y bacterias, Duffield (1954)⁵.

Wang (1975)⁶ enumeró una serie de factores que deterioran la calidad inicial del polen, estos son:

- a) Agotamiento del sustrato respiratorio.
- b) Inactivación de enzimas, hormonas de crecimiento y ácido pantoténico.
- c) Acumulación de productos secundarios metabólicos.
- d) Cambio de lípidos en la exina del polen y su autooxidación.

La mayoría de los autores coinciden en mencionar que el factor de mayor importancia durante el almacenaje es el contenido de humedad, ya que altos contenidos de ésta, promueven gran actividad metabólica, así como actividades destructivas de los hongos y bacterias contaminantes, por lo que acortan la vida fisiológica del polen, Stanley (1974)⁷, Livingston y Ching (1967)⁸ y Sprague y Johnson (1977)⁹.

Una técnica para controlar la humedad ha sido la aplicación de agentes desecadores como el cloruro de calcio o el ácido sulfúrico, que proporcionan buenos resultados, así como el secado al vacío; Snyder y Clausen (1974)¹⁰ establecieron el secado necesario para el almacenaje de varias especies forestales de Estados Unidos y proporcionaron

⁴Snyder. B., E. y K. E. Clausen! 1974. "Pollen Handling". pp. 75-97.

⁵Duffield J., W. 1954. "Studies of extraction, storage and testing of pine pollen". pp. 22-24 .

⁶Wang P. 1975. "Tree seed and pollen, storage for genetic conservation possibilities and limitation". pp.27-40.

⁷Stanley R., E. and H. F. Linskens. 1974. Pollen Biology, biochemistry and managment.

⁸Livingston G., K. y K. K. Ching. 1967. "The longevity and fertility of freeze dried Douglas-fin pollen". pp. 98-101 .

⁹Sprague J., R. y V. W. Johnson, 1977. "Extracion and storage of loblolly pine Pinus taeda pollen". pp. 20-27 .

¹⁰Snyder. B., E. and K. E. Clausen 1974. "Pollen Handling", pp. 75-97.

diferentes métodos de secado que han sido usados para cada uno de los tres tipos de almacenaje:

- a) Contenedores tapados con algodón en cámaras de humedad controladas de 0 a 5°C.
- b) Contenedores herméticos en congelación a -20°C o menos.
- c) Secado en frío o al vacío de polen en ampollas selladas.

Otros autores emplearon el método convencional de almacenaje, que es a bajas temperaturas ambientales controladas con reguladores químicos de humedad, demostrando que la viabilidad del polen de pino no cambia apreciablemente cuando se almacena a temperaturas reducidas en un refrigerador doméstico.

Estudios realizados por Ching y Ching (1964)¹¹, Livingston y Ching (1967)¹² y Wang (1975)¹³, demostraron que el método de liofilización o deshidratación por congelación resulta una técnica útil que mantiene la viabilidad del polen de las coníferas por largos periodos.

En otros trabajos Hesseltine y Snyder (1958)¹⁴, intentaron conservaciones afortunadas con el método de secado al vacío con bajas temperaturas, determinando que es efectivo para muchas especies de pino; el método permite que el polen se almacene por espacio de varios años en cuartos a temperatura ambiente sin control rígido de temperatura y humedad. Actualmente, el almacenaje al vacío resulta positivo para preservar el material polínico durante largo tiempo con resultados confiables.

Experiencias en México.

Los resultados publicados sobre manejo de polen de coníferas en el país son muy escasos. Jasso (1982)¹⁵ desarrolló una investigación que fue uno de los primeros estudios prácticos en el manejo de polen en especies forestales, específicamente en *Pinus montezumae* Lamb.; el autor manejó el polen de la siguiente manera: polinización controlada en cruzamientos de árboles, polinizaciones controladas en autofecundación, así como libres, se colectó polen seco y se almacenó según el método

¹¹Ching T.-N. y K. K. Ching. 1964. "Freeze-drying pine pollen". pp. 705-709.

¹²Livingston G., K. y K. K. Ching. 1967. "The longevity and fertility of freeze dried Douglas-fir pollen". pp. 98-101.

¹³Wang P. 1975. "Tree seed and pollen, storage for genetic conservation possibilities and limitation". pp. 27-40.

¹⁴Hesseltine C., W. y E. B. Snyder. 1958. "Attempts freeze-dry pine pollen for prolonged storage". pp. 134-135.

¹⁵Jasso M., J. 1982. "Ensayos preliminares de selección y cruzamientos en una población natural de *Pinus montezumae* Lamb". pp. 24-32.

estándar para uso inmediato. Se almacenó en frascos no herméticos de 50 ml con rosca y en desecadores a base de carbonato de calcio, en cuartos a temperatura ambiente que fluctuaba de 5 a 16°C; en este trabajo no se obtuvieron los porcentajes de germinación ni los contenidos de humedad debido a que el polen se utilizó inmediatamente.

Nepamuceno y Meneses (1986)¹⁶, propusieron una nueva metodología para la siembra y almacenaje de polen de pinos, mencionando que el polen que se almacene o colecte recientemente requiere de una evaluación de su capacidad de germinación para crecer normalmente, siendo estas pruebas importantes dentro de las estrategias de mejoramiento genético, producción de semillas e investigación forestal. La metodología consistió en la preparación de soluciones peso a volumen de granos de polen y la siembra por succión sobre papel filtro, utilizando el sistema *millipore*, lo que provoca siembras con densidad y distribución homogéneas; el papel filtro ya sembrado se puede colocar sobre sustrato agar o también sobre una laminilla de agua simple. El almacenamiento esencialmente utiliza frascos farmacéuticos de 5 ml que se sellan con tapas de hule más una cinta de metal a los cuales se les puede aplicar vacío.

Jasso y Vargas (1986)¹⁷ investigaron la germinación del polen de *Pinus montezumae* en diferentes soluciones nutritivas y periodos de almacenaje donde se manifestó la existencia de una fuerte variación individual en la calidad inicial del polen medido por el porcentaje de germinación y se concluyó que estas diferencias de la capacidad inicial pueden estar asociadas tanto a diferencias genotípicas como a diferencias fenológicas, o bien a condiciones de almacenaje y extracción. También en *Pinus montezumae*, se ha probado el almacenaje con envases de plástico y de vidrio, con y sin aplicación de vacío, Vargas *et al.* (1987)¹⁸, después de varios meses de almacenamiento se ha encontrado que existe una amplia variación de viabilidad entre árboles y fechas de colecta para cada individuo. Esta variación también se manifestó durante el periodo de almacenamiento donde el polen almacenado en ampollitas selladas al vacío sufrió una reducción inmediata del 30% en su germinación; sin embargo, al transcurrir 10 meses, éste polen presentó una mayor viabilidad (20 a 40%) que el polen almacenado en envases de plástico (15 a 30%).

¹⁶Nepamuceno M., F. y R. A. Meneses P. 1986. "Una nueva metodología para la siembra de polen de pinos en México". pp. 177.

¹⁷Jasso M., J., J. Vargas H. 1986. y a Muñoz O. "Fenología reproductiva de *Pinus montezumae* Lamb". Germinación de polen en diferentes soluciones nutritivas y periodos de almacenamiento.

¹⁸Vargas H., J., J. Jasso M. y A. Muñoz O. 1987. "Fenología reproductiva de *Pinus montezumae* Lamb. II Efecto de la época de colecta y el método de almacenamiento sobre la viabilidad del polen". Fitotecnía: 129-139. pp.

La única evaluación del polen almacenado a largo plazo es referida por Nepamuceno y Gómez (1988)¹⁹ en *Pinus pseudostrobus*, determinando que transcurridos siete años, el polen mantiene de un 13 a 28% de germinación en envases farmacéuticos con y sin vacío a temperaturas de 4°C. Se ha señalado también que ciertos factores ambientales pueden intervenir con el proceso fenológico de formación de polen; con estas condiciones, en *Pinus pseudostrobus* Lindl., se encontró que las bajas temperaturas (menores de 0°C) que ocurrieron durante el tiempo de esporogénesis, provocaron una capacidad germinativa muy disminuida del polen en comparación con los valores de germinación de otros años en que no se presentaron estas temperaturas, asimismo los pólenes que lograron germinar se caracterizaron por su morfología anormal. Nepamuceno (1987)²⁰.

METODOLOGÍA

Este trabajo se elaboró en tres partes, las cuales comprendieron cada una, métodos comunes y específicos como se señala a continuación:

a) Colecta y extracción de polen. Las muestras de polen se obtuvieron de árboles adultos individuales (uno por especie) ubicados en la serranía del Ajusco, D.F. Las colectas se realizaron para *Abies religiosa* y *Pinus pseudostrobus*, los días 17 y 22 de febrero de 1989 respectivamente, y para *Pinus teocote* el día 20 de abril. La extracción de polen se realizó en los días subsiguientes, se utilizaron bolsas de lona con dispositivos y tamiz para conducir el polen a frascos; estas bolsas se colocaron en el sol indirecto y corriente natural de aire. El polen obtenido se tamizó con malla de 0.15 mm con la que se limpió; éste se sometió a los tratamientos de envasado al vacío efectuando simultáneamente determinaciones iniciales del contenido de humedad y de su viabilidad correspondiente según la metodología de Snyder y Clausen (1974)²¹. La aplicación de vacío y envasado se efectuó los días 22 de febrero, 6 y 7 de marzo respectivamente para *Abies religiosa* y *Pinus pseudostrobus*, así como el 2 de mayo de 1989 para *Pinus teocote*.

b) Ensayo y aplicación de vacío. Se utilizaron frascos farmacéuticos de cristal de 10 ml con tapa de hule y con sellado hermético, se envasaron 2 g de polen por frasco. Con

¹⁹Nepamuceno M., F. y L. Gómez de O. 1988. "Viabilidad del polen de pino después de 7 años de almacenamiento" pp. 32.

²⁰Nepamuceno M., F. 1987. "Irregularidades de la germinación de polen *Pinus pseudostrobus* Lindl. por efecto de bajas temperaturas". In Memorias de resúmenes del XXII Congreso de Fitogenética. Soc. Mex. Gen. pp. 376.

²¹Snyder B., F. y K. E. Clausen. 1974. "Pollen Handling", pp. 75-97.

el polen incluido, se procedió a extraer el aire contenido por medio de una bomba de vacío de 1/3 de HP y 0.1 mm de presión. la regulación del contenido de humedad se estableció por el control de los tiempos de vacío (minutos a horas) y cada tiempo constituyó un tratamiento: Los tiempos de vacío aplicados fueron 10, 30 y 60 minutos. Los frascos con polen de cada tratamiento, se almacenaron en refrigeradores domésticos $4 \pm 1^\circ \text{C}$.

c) Siembra de viabilidad del polen. El método de siembra consistió en la aplicación del sistema de succión propuesto por Nepamuceno y Meneses (1986)²², utilizando como medio nutritivo Agar al 2% + sacarosa al 4%, en cajas de Petri de 5 cm donde se sembró el polen sobre papel filtro, grado 615. La incubación fue a $26 \pm 1^\circ \text{C}$ por 5 días, bajo un diseño totalmente aleatorio con 4 repeticiones. En cada repetición la viabilidad se evaluó por determinación de los granos de polen en 10 campos de observación microscópica (10X).

Las evaluaciones de la viabilidad se efectuaron al inicio del almacenamiento, a los dos y a los cuatro meses. La viabilidad inicial se realizó de manera simultánea al envasado y vacío, a excepción de *Pinus teocote*, en donde la primera evaluación de viabilidad se hizo tardíamente. La evaluación de los primeros meses se aplicó sólo al tratamiento de vacío ligero (10 minutos), debido a la imposibilidad de extraer el polen de los frascos de 30 y 60 minutos de vacío respectivamente.

La evaluación final acumuló desde 300 hasta 375 días de almacenamiento. Al concluir este periodo se hicieron verificaciones de los contenidos de humedad. Conviene señalar que las muestras para viabilidad y contenido de humedad correspondieron siempre a un mismo frasco.

RESULTADOS

Pinus pseudostrobus. La viabilidad inicial para la especie fue de 43.7% con un contenido de humedad de 27.8%. En el Cuadro No. 1 se resumen las evaluaciones de viabilidad en los meses siguientes.

Se observó que el contenido de humedad con la aplicación de 60' de vacío, se redujo hasta un 15.5% y que al final del almacenamiento, éste resultó alto para mantener la

²²Nepamuceno M., E. y R. A. Meneses P. 1986. "Una nueva metodología para la siembra de polen de pinos en México". pp. 177.

viabilidad del polen. La variación de los contenidos de humedad al final del experimento, indicaron una alta interacción entre la humedad del polen en niveles extremos, lo que provocó la mortalidad del mismo.

Pinus teocote. El contenido de humedad inicial del polen fue reducido (6.0%) y considerando la evaluación de viabilidad a los 65 días de almacenaje, que fue de 58.1%, como viabilidad inicial, el polen de *Pinus teocote* se consideró como excelente en cuanto a la viabilidad inicial real. La aplicación de vacío redujo ligeramente la humedad del polen donde al final se obtuvieron niveles mínimos. La viabilidad al término del almacenaje se indica en el Cuadro No. 2.

Abies religiosa. La viabilidad del polen de *Abies religiosa* fue inicialmente de 90.4% con un contenido de humedad de 11.9%. La aplicación del vacío disminuyó el contenido de humedad hasta valores de 6.4 y 7.2% en 30 y 60 minutos de vacío.

La evaluación de la viabilidad del polen a los 130 días de almacenamiento con 10 minutos de vacío, contabilizó un 45.5%. La viabilidad al término del período de almacenaje (Cuadro No. 3), que acumuló 375 días fue diferente para cada tratamiento.

Se demostró que existen diferencias significativas en la viabilidad del polen de *Abies religiosa* por el efecto de vacío, y que al aumentar los tiempos del mismo se logra una mayor viabilidad, obteniendo un máximo de 69.4% de viabilidad con 60 minutos de vacío, (Cuadros No.4 y 5).

DISCUSIÓN

Durante el almacenamiento del polen, los factores que se consideraron como fundamentales para mantener su viabilidad son: el contenido de humedad y la temperatura de almacenamiento, Sprage y Johnson (1977)²³ La humedad del polen puede ser controlada durante su proceso de extracción por el uso de agentes desecadores y corrientes de aire seco, así como por aplicación de vacío o por combinación de estos procedimientos. En general se mencionó que el polen alcanza un punto de equilibrio de humedad con su medio ambiente y que los bajos porcentajes de contenido de humedad, son mas adecuados para disminuir la pérdida de viabilidad.

²³Sprague J., R. y V. W. Johnson, 1977, "Extraction and storage of loblolly pine *Pinus taeda* pollen", pp. 20-27.

Tratamiento de vacío (minutos)	Contenido de humedad (% de peso seco)	% De viabilidad a 90 días de almacenamiento	Contenido de humedad al final del almacenamiento	% de viabilidad a 355 días de almacenamiento
Sin vacío	27.8	-----	37.0	0
10 min.	21.0	20.0	29.6	0
30 min.	21.8	-----	24.0	0
60 min.	15.5	-----	27.2	0

Cuadro No. 1 Comportamiento de la viabilidad del polen de *Pinus pseudostrobus* en los tratamientos de vacío y contenidos de humedad.

Tratamiento de vacío	Contenido de humedad inicial (%)	% de viabilidad a 65 días de almacenamiento	Contenido de humedad al final del almacenamiento (%)	% de viabilidad a 300 días de almacenamiento
Sin vacío	6.0	-----	7.2	53.8
10 min.	5.8	58.1	6.6	50.7
30 min.	5.6	-----	5.8	58.5
60 min.	5.0	-----	5.8	69.0

Cuadro No. 2 Viabilidad del polen de *Pinus teocote* en relación con el tratamiento de vacío y contenido de humedad.

Tratamiento de vacío	Contenido de humedad (%)	% de viabilidad a 130 días de almacenamiento	Contenido de humedad al final del almacenamiento	% de viabilidad a 375 días de almacenamiento
Sin vacío	11.9	-----	13.4	4.5
10 min.	12.3	45.5	12.7	34.8
30 min.	6.4	-----	4.6	54.8
60 min.	7.2	-----	6.3	69.4

Cuadro No. 3 Efecto del vacío en la viabilidad del polen de *Abies religiosa* en relación con el contenido de humedad.

Tratamiento de vacío	sin vacío	10 min.	30 min.	60 min.
Contenido de humedad inicial (%)	11.90	12.3	6.4	7.2
	4.55	34.8	54.8	69.4
	a	b	c	d

Cuadro No. 4 El análisis de varianza realizado indica los efectos en la viabilidad debido a los tratamientos (con una p 0.01). Prueba de separación medias (Tukey).

Tratamiento de vacío	Sin vacío	10 min.	30 min.	60 min.
Contenido de humedad inicial (%)	6.0	5.8	5.6	5.0
Viabilidad (X)	50.7	53.8	58.5	69.4
	a	a	a	b

En letras iguales no existen diferencias significativas al 0.05

Cuadro No. 5 El análisis de varianza aplicado, indica que existen efectos de los tratamientos de vacío o contenidos de humedad (p 0.01).

Los resultados de esta investigación, mostraron que con altos contenidos de humedad inicial, como en el caso del polen *Pinus pseudostrabus* con 27.8%, los tratamientos de vacío aunque lograron disminuir la humedad hasta en 15.5% (con 60 minutos de vacío), éste porcentaje resultó alto provocando la pérdida de la viabilidad después de 355 días a 4°C. En *Pinus teocote* la humedad inicial del polen fue baja (6.0%), y la aplicación de vacío disminuyó ligeramente la humedad (5.0% con 60 minutos); en esta especie el polen no disminuyó su viabilidad y después de 300 días de almacenamiento a 4°C, no se detectaron diferencias entre los tratamientos de 30 y 10 minutos con el testigo sin vacío; sólo la aplicación de 60 minutos fue significativamente diferente con una mayor viabilidad.

Para *Abies religiosa*, la aplicación de vacío sí mostró diferencias con respecto al testigo, debido a que el contenido de humedad inicial fue intermedio (11.9%). Para esta especie se encontró una gradual conservación de la viabilidad con el aumento de los tiempos de vacío y consecuente disminución del contenido de humedad. Con 30 y 60 minutos, el contenido de humedad disminuyó hasta 6.4 y 7.2%, manteniendo estos contenidos después del almacenaje. La viabilidad que alcanzó con los tratamientos de mayor vacío fue de 54.8 a 69.4%. El contenido de humedad de 11.9%, en donde no se aplicó vacío, fue perjudicial para mantener la viabilidad del polen.

Los datos de este trabajo confirman lo reportado sobre los efectos perjudiciales de la excesiva humedad Sprage y Jonhson, *op. cit.* La aplicación de vacío promueve una reducción del contenido de humedad y primordialmente mantiene la baja humedad por períodos largos.

En varias especies de pinos, Ahlgren y Ahlgren (1978)²⁴ mostraron que el vacío (2 mm de Hg por 30 minutos) permitió mantener la viabilidad sin cambios apreciables durante un período de 5 años. En el presente trabajo la presión de vacío fue de 0.1 mm, con tiempos mayores y se mostró que 60 minutos resulta un tiempo adecuado para mantener la viabilidad del polen. Conviene señalar finalmente la posibilidad de promover o mejorar la germinación del polen almacenado, por medio de tratamientos de rehidratación previos, tal como se determinó en *Pseudotsuga menziesii*, Charpentier y Bonner-Masimbert (1983)²⁵.

²⁴Ahlgren C., E. y I.F. Ahlgren. 1978. "Viability and fertility of vacuum dried pollen of 5-needle species" pp. 100-102.

²⁵Charpentier J.,P. y M. Bonnet-Masimbert. 1983. "Effect of prior rehydration on the germination *in vitro* of Douglas-fir *Pseudotsuga menziesii* pollen after storage". pp. 309-317.

CONCLUSIONES

Existe un efecto del contenido de humedad en la viabilidad del polen de las tres especies de coníferas estudiadas.

El contenido de humedad inicial entre 6 y 7% para *Abies religiosa*, y del 5 al 6% para *Pinus teocote* son necesarios para mantener una viabilidad aceptable (>50%).

El contenido de humedad regulado por los tiempos de vacío durante 60 minutos y presión de 0.1 mm, proporcionó los mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahlgren C., E. y I.F. Ahlgren. 1978. "Viability and fertility of vacuum dried pollen of 5-needle species". *Forest Science* 24 (2): pp. 100-102.
- Charpentier J.P. y M. Bonnet-Masimbert. 1983. "Effect of prior rehydration on the germination *in vitro* of Douglas-fir *Pseudotsuga menziesii* pollen after storage". *Annales des sciences Forestieres* 40(3): pp. 309-317.
- Ching T., N. y K. K. Ching. 1964. "Freeze-drying pine pollen". *Plant Physiology* 39(5): pp. 705-709.
- Duffield J.W. 1954. "Studies of extraction, storage and testing of pine pollen". *Silvae Genetic*. 8(1): pp. 22-24.
- Hesfeltine C., W. y E. B. Snyder. 1958. "Attempts freeze-dry pine pollen for prolonged storage". *Bulletin Torrey Botanical Club*. 85(2): pp. 134-135.
- Jasso M.J. 1982. "Ensayos preliminares de selección y cruzamientos en una población natural de *Pinus montezumae* Lamb.". Tesis profesional División de Ciencias Forestales UACH. pp. 24-32.
- Jasso M., J., J. Vargas H. 1986. y A. Muñoz O. Fenología reproductiva de *Pinus montezumae* Lamb. Germinación de polen en diferentes soluciones nutritivas y periodos de almacenamiento. Agrocencia en revisión.

- Livingston G., K. y K. K. Ching. 1967. "The longevity and fertility of freeze dried Douglas-fir pollen". *Silvae Genetic.* 16(3): pp. 98-101.
- Nepamuceno M., F. y R. A. Meneses P. 1986. "Una nueva metodología para la siembra de polen de pinos en México". *In Memoria de resúmenes XXI Congreso de Fitogenética. Soc. Méx. Fit. Gen.* pp. 177.
- Nepamuceno M., F. 1987. "Irregularidades de la germinación de polen *Pinus pseudostrabus* Lindl. por efecto de bajas temperaturas". *In Memorias de resúmenes del XXII Congreso de Fitogenética. Soc. Méx. Gen.* pp. 376.
- Nepamuceno M., F. y L. Gómez de O. 1988. "Viabilidad del polen de pino después de 7 años de almacenamiento". *In Memoria de Resúmenes. I Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Distrito Federal.* pp. 32.
- Snyder B., E. y K. E. Clausen. 1974. "Pollen Handling". Forest Service U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 450. pp. 75-97.
- Sprage J., R. y V. W. Johnson. 1977. "Extraction and storage of loblolly pine *Pinus taeda* pollen". Fourteenth South for Tree improv. Conf. Proc. pp. 20-27.
- Stanley R., E. y H. F. Linskens. 1974. Pollen Biology, biochemistry and management. Springer-Verlag, New York. p. 307.
- Schoenike R., E. y F. B. Calvin. 1981. "Conserving genes through pollen". USDA Forest Service Agriculture Handbook, No. 587, pp. 84-87.
- Vargas H.,J., J. Jasso M. y A. Muñoz O. 1987. "Fenología reproductiva de *Pinus montezumae* Lamb. II Efecto de la época de colecta y el método de almacenamiento sobre la viabilidad del polen". *Fitotécnia:* 129-139. pp.
- Wang P. 1975. "Tree seed and pollen, storage for genetic conservation possibilities and limitation". Food and Agriculture of the United Nations. Report on a pilot study on the methodology of conservation of forest genetic resources. Fo. NISC-75-(8): pp. 27-40.

ENSAYO DE OCHO ESPECIES FORESTALES PARA ÁRBOLES DE NAVIDAD EN EL CAMPO EXPERIMENTAL FORESTAL "BARRANCA DEL CUPATITZIO".

Lara Rubio Martín Erasmo.*

RESUMEN

Tradicionalmente en México, en la época decembrina, se utilizan especies forestales como adornos navideños, ésta es una costumbre que ha perdurado a través de los años. El árbol de navidad generalmente es un producto de importación, dada la escasa producción nacional, por lo que no siempre se presenta al alcance de todas las clases sociales. Una alternativa para la producción de árboles de navidad, es establecer plantaciones con las especies adecuadas para este fin, lo que crearía fuentes de ingresos adicionales para un amplio sector de la comunidad rural.

El presente estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", donde se observaron las especies *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mart, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. patula*, *P. maximartinezii*, *P. rzedowski*, *Cupressus lindleyi*, *C. arizonica* y *Abies religiosa*, con el fin de analizar su adaptabilidad, desarrollo, forma de sus copas, persistencia, apariencia y color de follaje.

Los resultados que se obtuvieron a los 3 años y 1 mes de establecida la plantación fueron que las especies *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mart. y *P. ayacahuite* var. *veitchii*, mostraron las mejores características para ser recomendadas como árboles de navidad. El tipo de copa que predominó en la mayoría de las especies estudiadas fue el normal, lo cual es deseable para el mercado de los árboles de navidad.

Palabras clave: Árboles de navidad, Plantaciones, Michoacán.

* Ingeniero Agrónomo Forestal, Investigador del CIRPAS, INIFAP, SARH.

ABSTRACT

Traditionally in México people use forest trees as ornaments in the christmas season, this is a custom that has endured through the years. The christmas tree in general is an imported commodity this is due to the low national production, and not always at reach of all social classes. One option for christmas trees production, is to establish plantations with the adequate species. It would be an income source for the rural people.

This study was carried out in the Experimental Forest Camp Barranca de Cupatitzio, where the following species were studied *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mart, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. patula*, *P. maximartinezii*, *P. rzedowski*, *Cupressus lindleyi*, *C. arizónica* and *Abies religiosa* with the purpose of analysing their adaptability, growth, crown shape, persistence, appearance and foliage color.

Results after 3 years and 1 month since the plantation establishment shown that *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mart. and *P. ayacahuite* var. *veitchii* demonstrated the best features to be recommended as christmas tree. The prevailing crown shape in most of the studied species, was the normal type, wich is desirable for marketing christmas trees.

Key words: Christmas trees, plantations, Michoacán

INTRODUCCIÓN

En México, durante la época decembrina, existe la tradición de utilizar árboles forestales para adornos navideños, esta es una costumbre que a través de los años ha perdurado. Dichas especies forestales crecen de manera natural, propiciando en algunos casos un ingreso al propietario por concepto de venta.

Actualmente y de acuerdo a la necesidad existente, es conveniente estudiar diferentes especies forestales susceptibles para ser utilizadas como árboles de navidad y así satisfacer la demanda existente, lo que proporcionaría una alternativa de producción que beneficie económicamente al productor. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue probar ocho especies forestales susceptibles de ser utilizadas como árboles de navidad, analizando su sobrevivencia, su desarrollo, la forma de sus copas, así como la persistencia, apariencia y color de follaje.

ANTECEDENTES

El uso de los árboles naturales durante la temporada de navidad, tuvo su origen al oeste de Alemania en Europa, siendo introducida más tarde en Norteamérica (Chapa, 1976).¹

En Estados Unidos de América, se realizaron encuestas en seis ciudades principales para conocer el porcentaje de familias que utilizaban árboles de navidad naturales y su razón, una de las conclusiones fue que se utiliza mayor porcentaje de naturales que artificiales (65.6 y 34.4% respectivamente) y la razón principal de esto es la tradición, aunque la economía es el mejor motivo para los que compran árboles artificiales, ya que estos son de menor precio y mucho más duraderos, Hall (1965)². Para poder obtener el beneficio que se espera de los árboles de navidad es necesario un previo análisis de mercado con la cooperación de productores, intermediarios y vendedores, (Brudage(1965).³ En éste análisis de mercado deben de tomarse muy en cuenta los tiempos y costos de producción para poder hacer una buena planeación (Douglas, 1965).⁴

En México, el aprovechamiento de los árboles de navidad es insuficiente, pues existen únicamente contadas instalaciones de este tipo, esto se debe principalmente a la falta de información del cultivo y al desconocimiento del manejo (Chapa, *op. cit.*)

El árbol de navidad generalmente es un producto de importación dada la escasa producción nacional, por lo que no siempre se presenta al alcance de todas las clases sociales (Elizalde del Castillo, 1979).⁵

Una alternativa para la producción de árboles de navidad es establecer plantaciones con las especies adecuadas para tal fin, que serían fuentes de ingresos para un amplio grupo del sector rural (Chapa, *op. cit.*).

Las características generalmente deseables para la aceptación de un árbol de navidad son:

1. Retención de las hojas desde el tiempo de corta, hasta el final de las fiestas de navidad.
2. Forma regular y simétrica, preferentemente cónica.

¹Chapa B., M. C. 1976. Principales técnicas de cultivo para árboles de navidad.

²Hall, C. W. 1965. "Growing Christmas trees in the south." pp. 59-857.

³Brudage, R. C. 1965. "Marketing Christmas trees shipments." pp. 73-871.

⁴Douglas, B. S. 1965. "Growing Christmas trees in the Western United State." pp.64-862.

⁵Elizalde del Castillo, N. 1979. Uso de preservadores de árboles de navidad.

3. Ramas bien distribuidas a lo largo del tronco principal, sin huecos en el follaje y muy resistentes, adecuadas para soportar diferentes adornos e instalaciones eléctricas.
4. Suficiente follaje no espinoso.
5. Olor fragante.
6. No debe tener ramas secas, sino de un color verde uniforme y que puedan ser amarradas compactamente para su envío sin romperse y recuperar su forma cuando se desempaque (Chapa, *op. cit.*)

Otra característica deseable para que un árbol de navidad sea de buena calidad, es que su follaje debe ser verde oscuro o verde azulado. El follaje amarillento o descolorido va en detrimento de la apariencia del árbol (Chapa, *op. cit.*)

Por otro lado, es necesario realizar programas de investigación para el mejoramiento de las cualidades de los árboles de navidad, dado que si esto no se realiza, el tradicional árbol de navidad puede ser reemplazado por un sustituto artificial (Turner, 1974).⁶

Algunas de las fases más importantes en la producción de árboles de navidad, son las labores culturales, buscando primordialmente el acortamiento del tiempo para producir árboles comerciales, incluyendo en estas labores el control de pastos y malezas, evitar el torcimiento de la base de la planta al momento de la plantación así como el control de insectos que deforman las hojas y puntas, dañando el follaje (Larque, 1976).⁷

La fertilización también es muy importante, pues se ha observado que el suelo pobre, influye determinantemente en el crecimiento y produce árboles de calidad inferior a los que crecen en buen suelo o fertilizado.

Respecto a las especies nativas, se recomienda la propagación de *Cupressus arizonica* Green, pues es una especie que alcanza un buen desarrollo en diferentes ambientes y no requiere de técnicas culturales para tener la forma apropiada para árbol de navidad (Chapa, *op. cit.*).

⁶Turner, N. C. 1974. "Stomatal response to light and water under field conditions in mechanisms of regulation of plant growth." pp. 32-423.

⁷Larque, S. A. y Wain, R. L. 1976. "Absisic acid as genetic character related to drought resistance." pp. 97-291.

El oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham), es una especie que puede competir dentro del mercado nacional de árboles de navidad, con las especies que se importan año con año, causando una fuerte fuga de divisas, siempre y cuando se utilice un tratamiento que impida la pronta caída de las hojas (Elizalde del Castillo, 1979).⁸

METODOLOGÍA

Descripción general del área de estudio.

El estudio se estableció en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", el cual se localiza al noroeste de la ciudad de Uruapan, Mich., con una superficie aproximada de 471 ha, y tiene un clima semicálido sub-húmedo del tipo (A) x (W²) (W), con temperatura media anual de 17.6°C, registrándose las más altas temperaturas en el mes de junio y la del mes más frío en enero. La precipitación del mes más lluvioso es de 443.2 mm, en agosto (Bello, 1983).⁹

Especies utilizadas.

Las especies ensayadas fueron: *Pinus strobus* var. *chiapensis* Mart., *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. patula*, *P. maximartinezii*, *P. rzedowski*, *Cupressus lindleyi*, *Cupressus arizonica* y *Abies religiosa*.

Diseño de la plantación.

La plantación se estableció en un terreno rectangular de 24 por 69 metros, el cual se dividió en 24 parcelas de observaciones de 6 por 6 metros, donde se colocaron en cada una de ellas 16 plantas por especie, esto se repitió tres veces. El espaciamiento entre plantas fué de 2 metros, y la distancia entre parcelas de 3 metros:

⁸Elizalde del Castillo, N. 1979. Uso de Preservadores de árboles de navidad.

⁹Bello G., M. A. 1983. Estudio Fenológico de cinco especies de *Pinus* en la Región de Uruapan, Mich.

Mediciones, cálculo y análisis de los datos de campo.

Una vez establecida la plantación, durante 3 años se evaluó cada 6 meses, la altura total y la sobrevivencia; con esos datos, se calculó el promedio de altura, el porcentaje de sobrevivencia y el incremento medio anual en altura, también al finalizar el experimento se calificó el color del follaje y se midió el ancho y la altura de la copa para obtener el tipo de copa, registrándose el más frecuente.

Por lo que respecta al cálculo del promedio de altura, este se obtuvo sumando las alturas de los árboles por especie y se dividió entre el total de árboles medidos.

El porcentaje de sobrevivencia, resultó de dividir los árboles vivos que quedaban en el momento de la evaluación, entre el total de árboles plantados inicialmente y se multiplicó por 100 para expresar el resultado en porcentaje.

Mientras que el incremento medio anual en altura, se obtuvo dividiendo la altura promedio de la última medición (descontando su altura inicial), entre el tiempo que duró la evaluación.

Para el tipo de copa se utilizó la clasificación presentada por Solís (in Chapa *op. cit.*), de las diversas formas de copa de árbol de navidad. La cual toma en cuenta la relación existente entre el ancho de la copa y la altura, de la manera siguiente:

- a) **Tipo de copa "candelero"**. Es cuando la base del triángulo que proporciona la proyección de la copa en relación con la altura, es de menos del 40% de la misma.
- b) **Tipo de copa "normal"**. Cuando la base del triángulo que da la proyección de la copa en relación con la altura, está entre el 40 y 70% .
- c) **Tipo de copa "flama"**. Es cuando la base del triángulo que proyecta la copa en relación con la altura, está entre el 70 y 90% .

Como datos complementarios a este estudio, se cortaron cinco árboles por especie y se colocaron bajo sombra en una bodega ventilada, posteriormente a los 30 días se tomó información del follaje dividiéndose en persistente y caedizo (aquel que había tirado un 5% estimativo del total de las hojas). La apariencia de las hojas se dividió en seco y verde, ésta última entendiéndolo como aquella apariencia que todavía se nota de color vivo.

En cuanto a las alturas promedio y a la sobrevivencia, se analizó la información con el diseño de bloques al azar, para el caso de la sobrevivencia, sus porcentajes se transformaron a valores del arco seno para su análisis.

RESULTADOS

Por lo que respecta a los resultados que se obtuvieron a los 3 años y 1 mes de establecida la plantación, así como los que se lograron al evaluar la persistencia y apariencia del follaje después de 30 días de haberse cortado los árboles, se aprecian en el Cuadro No. 1.

Especie	Sobrevivencia	Altura (m)	Incremento m/año	Tipo de copa	Persist. follaje	Apariencia follaje	Color follaje
<i>Cupressus lindleyi</i>	90	3.80	1.00	Flama	Caedizo	Seco	Verde oscuro
<i>Pinus patula</i>	85	3.40	0.91	Normal	Caedizo	Seco	Verde claro
<i>P. strobus chiapensis</i>	65	2.45	0.80	Normal	Persistente	Verde	Verde claro
<i>P. ayacahuite</i>	73	2.14	0.53	Normal	Persistente	Verde	Verde oscuro
<i>C. arizonica</i>	82	2.02	0.44	Normal	Caedizo	Seco	Verde
<i>P. radowski</i>	30	1.01	0.27	Normal	Persistente	Verde	Verde claro
<i>P. maximartinezii</i>	76	0.84	0.21	Flama	Persistente	Seco	Verde azulado
<i>Abies religiosa</i>	10	0.80	0.20	Normal	Persistente	Verde	Verde

Cuadro No. 1. Resultados de sobrevivencia, altura, incremento medio anual, tipo de copa, color y apariencia de follaje.

Con los datos de alturas se realizó el análisis por bloques al azar, donde las diferentes fechas de evaluación se tomaron como bloques. Se observó que se presentaron diferencias altamente significativas entre las alturas promedio de las ocho especies estudiadas, por lo tanto, al existir significancia se requirió hacer una prueba de comparación de medias entre los ocho tratamientos y se aplicó la prueba de Tukey, obteniéndose la agrupación siguiente, ésta a un 95 % de confiabilidad.

TRATAMIENTO	VALOR	ESPECIE:
1	1.9614 A	1 = <i>Cupressus lindleyi</i>
2	1.7257 AB	2 = <i>Pinus patula</i>
5	1.4114 AB	5 = <i>C. arizonica</i>
3	1.3043 AB	3 = <i>P. strobus chiapensis</i>
4	1.1557 AB	4 = <i>P. ayacahuite</i>
7	0.5177 CD	7 = <i>P. maximartinezii</i>
6	0.4857 D	6 = <i>P. rzedowski</i>
8	0.4857 D	8 = <i>Abies religiosa</i>

Cuadro No. 2. Valores de la prueba de los 8 tratamientos y las 8 especies estudiadas.

En la prueba de comparación de Tukey se puede observar que en cuanto a la altura promedio, no hay significancia de las diferencias entre las medias de las especies *Cupressus lindleyi*, *Pinus patula*, *Cupressus arizonica*, y *Pinus strobus chiapensis*, lo cual podemos considerar que estas especies mostraron los mejores desarrollos en altura. Por lo que respecta a la especie *Pinus ayacahuite*, ésta no presentó significancia con las especies anteriormente señaladas a excepción del *Cupressus lindleyi*, en la cual hubo diferencias estadísticas. En cuanto a las especies *Pinus maximartinezii*, *P. rzedowski* y *Abies religiosa*, presentaron los más bajos crecimientos en altura con respecto a las demás especies (Cuadro No. 2).

En el análisis de varianza de la sobrevivencia, se observaron diferencias altamente significativas entre las ocho especies forestales estudiadas, para comparar la sobrevivencia media, entre las especies, se realizó la prueba de Tukey.

En la comparación entre las medias de sobrevivencia no se encontró significancia en las especies *Cupressus lindleyi*, *Pinus ayacahuite* y *P. maximartinezii*, los cuales mostraron las mejores sobrevivencias. En un segundo grupo, el cual fue mayoritario, no hubo significancia estadística, esto en las especies *Pinus strobus chiapensis*, *P. ayacahuite*, *P. maximartinezii*, *Cupressus arizonica* y *P. patula*. Por lo que respecta al grupo que presentó la más baja sobrevivencia, fue integrado por las especies *Pinus rzedowski* y *Abies religiosa* (Cuadro No.3).

TRATAMIENTO	VALOR	ESPECIE:
1	86.14 A	1 = <i>Cupressus lindleyi</i>
4	76.85 AB	4 = <i>Pinus ayacahuite</i>
7	73.85 AB	7 = <i>P. maximartinezii</i>
5	73.42 B	5 = <i>C. arizonica</i>
2	72.00 B	2 = <i>P. patula</i>
3	69.14 B	3 = <i>P. strobus chiapensis</i>
6	50.00 C	6 = <i>P. rzedowski</i>
8	43.57 C	8 = <i>Abies religiosa</i>

Cuadro No. 3. Valores de la prueba de la sobrevivencia de las 8 especies estudiadas.

Del análisis de los resultados anteriormente mencionados para cada una de las especies, se puede señalar lo siguiente:

Cupressus lindleyi. Esta especie fue la que presentó la más alta sobrevivencia y el mayor incremento en altura, lo que indica que se desarrolla bien en las condiciones en que se plantó, esto es atractivo para su cultivo. Lo que tiene en su contra es el tipo de copa flama que presentó, debido a que las características que demanda el mercado son del tipo de copa normal; asimismo, otra desventaja es la poca retención de las hojas a los pocos días de cortarse el árbol, además de presentar un follaje áspero.

Pinus patula. En esta especie se observó una alta sobrevivencia y un buen incremento en altura, tiene además copa del tipo normal, la cual predominó en la mayoría de las especies estudiadas, todo lo anterior es requerido para la industria de los árboles de navidad. La desventaja que se observó es lo caedizo y apariencia seca del follaje a los pocos días de haberse cortado, las cuales son contrarias a las clásicas hojas de los árboles de navidad, que son erectas.

Pinus strobus chiapensis. De acuerdo a las pruebas de Tukey, esta especie formó parte del segundo grupo en importancia decreciente en altura y sobrevivencia promedio, y significativamente sólo fue superada por la especie *Cupressus lindleyi*, la cual obtuvo el valor más alto por lo que respecta al tipo de copa, éste fue normal, el follaje persistente y de apariencia verde después de 30 días de haberse cortado. El color del follaje verde claro, y la copa abundante lo hace ser una de las especies más prometedoras, para ser utilizadas como árboles de navidad.

Pinus ayacahuite. Esta especie tuvo una buena sobrevivencia, segunda en orden decreciente, de acuerdo a los valores de la comparación de medias de Tukey; asimismo presentó un alto incremento en altura, el tipo de copa normal, su follaje persistente y apariencia verde. Esta especie al igual que *Pinus strobus chiapensis*, son las más completas para ser seleccionadas como árboles de navidad.

Cupressus arizonica. Presentó también alta sobrevivencia (82%) y medio metro de incremento en altura por año, el tipo de copa fue normal. La única desventaja que se observó fue que el follaje después de cortado el árbol se mostró caedizo y de apariencia seca, lo cual es una característica no deseable para la comercialización de los árboles de navidad.

Cabe mencionar que actualmente hay productos antitranspirantes para evitar la marchitez y la pronta caída de las hojas, estos son empleados cada vez más en la práctica y generalmente en forma de colorantes que formen al mismo tiempo una película antitranspirante proporcionando un color uniforme, conservando de esta forma el buen aspecto y el color de los árboles de navidad; el inconveniente, aparte del costo, es para que provoque los resultados deseados, es necesario que exista una aplicación continua de éstos en el tronco del árbol, siendo este un método obsoleto. (Elizalde del Castillo, *op. cit.*).

Pinus rzedowski. Los resultados del incremento y sobrevivencia de esta especie, al igual que *Abies religiosa* en la prueba de Tukey, mostraron los valores medios más bajos, agrupándose entre sí y presentando a su vez, significancia con el resto de las especies, a excepción de *Pinus maximartinezii*, en la altura. Por lo que respecta al follaje, éste fue persistente y de apariencia verde, aún después de 1 mes de cortado el árbol.

Este pino no es recomendable para el cultivo de árboles de navidad en las condiciones donde se plantó, debido a que presentó un lento crecimiento y una baja sobrevivencia, pero sí tiene muchas posibilidades como especie de ornato, por ser un pino pequeño, de color verde muy vistoso, de abundante follaje y resistente a las podas.

Pinus maximartinezii. Este pino al igual que *Pinus rzedowski*, presentaron menos incremento en altura, el porcentaje de sobrevivencia fue alto, a pesar de haberse presentado la plaga del picudo del cogollo (*Pissodes zitacuarencis*) con un 10% de árboles atacados. Presentó la copa estrecha tipo flama, es decir que fue notorio un ensanchamiento mayor de su base.

Las características que presentó este pino, aunque no son recomendables para árbol de navidad, sí puede utilizarse con éxito como especie ornamental por su color verde

azuloso, el cual es muy llamativo, presenta además abundante follaje resistente a las podas; esto permite que se pueda moldear para algunas formas convencionales, también el bajo incremento y la poca altura que alcanzan es una ventaja para el caso de las especies de ornato.

Abies religiosa. Esta especie fue la que presentó el más bajo desarrollo en altura, así como el más bajo porcentaje de sobrevivencia, ésto debido principalmente a que las condiciones ecológicas donde se plantó no le fueron favorables. Esta especie fue la que presentó la sobrevivencia más baja (10%), el tipo de copa fue normal y el follaje se mantuvo persistente y verde después de 1 mes de cortado el árbol.

CONCLUSIONES

1. Las especies que presentaron las mejores características para ser utilizadas como árboles de navidad fueron: *Pinus strobus chiapensis* y *P. ayacahuite*.
2. La especie que resultó con un mayor incremento en altura y con la más alta sobrevivencia fue: *Cupressus lindleyi*.
3. La especie que mostró el más bajo desarrollo en altura, así como la más baja sobrevivencia fue: *Abies religiosa*.
4. El tipo de copa que predominó en la mayoría de las especies estudiadas fue el tipo normal, lo cual es deseable para el mercado de los árboles de navidad.
5. De acuerdo al incremento medio anual observado para las especies *Pinus strobus chiapensis* y *P. ayacahuite*, a los 3 años podrían alcanzar la altura comercial para el mercado de los árboles de navidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Bello G., M.A. 1983. Estudio Fenológico de Cinco Especies de *Pinus* en la Región de Uruapan, Mich., (México). Tesis UNAM. 67 p.
- Brudage, R.C. 1965. Marketing Christmas tree shipments J. For. 63: pp. 73-871.

- Chapa B., M.C. 1976. Principales técnicas de cultivo para árboles de navidad. Bol., divulgativo No.41. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. S.A.G. México, D.F. 36 p.
- Douglas B., S. 1965. Growing Christmas trees in Western United States J. For 63: pp. 64-862.
- Eguiluz P., T. 1985. Descripción Botánica de los *Pinus Mexicanos*. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Edo., de México. 45 p.
- Elizalde del Castillo N., N. 1979. Uso de preservadores de navidad (*Abies religiosa*, (H.B.K.) Schl. et Cham). Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 110 p.
- Hall, C.W. 1965. Growing Christmas trees in the south. J. For. 63: pp. 59-857 .
- Larque, S. A. y Wain, R. L. 1976. Absisic acid as genetic character related to drought resistance. Ann. app. Biol. 83: pp. 97-291.
- Turner, N.,C. 1974. Stomatal response to light and water under field conditions *in*, Mechanisms of regulation of plant growth. bielecki, R.L. ferguson, A.R. y Gresswell, M. M. Bull 12 Secc. No. sealand: p.p. 32-423 .

ENSAYO DE PROCEDENCIAS DE *Eucalyptus microtheca* F. MUELL. EN EL ALTIPLANO POTOSINO: DIEZ AÑOS DE CRECIMIENTO.

Ramirez Garcia José A.*
Nepamuceno Martinez Felipe.**

RESUMEN

Eucalyptus microtheca F. Muell. ha sobresalido en plantaciones en distintas partes del mundo por su adaptabilidad a condiciones de aridez. En México, se introdujo a nivel experimental en 1982, estableciéndose una plantación de diez procedencias de Australia, en una localidad árida del altiplano potosino (Charcas, S.L.P.). La evaluación del ensayo a través de diez años, muestra que no hay diferencias estadísticas significativas entre las procedencias, excepto el volumen por árbol. Los valores promedio fueron : para diámetro normal (DAP), 5.3 cm; rectitud del tallo, clase 2 ; altura total, 3.7 m; sobrevivencia 83.2 %. El volumen por árbol fue desde 0.0062 hasta 0.0143 m³. El incremento medio en volumen fue de 0.53 m³/ha por año.

Palabras clave: Eucaliptos, *Eucalyptus microtheca*, procedencias, incremento, San Luis Potosí.

ABSTRACT

One of the outstanding plantations on different locations all over the world is *Eucalyptus microtheca* F. Muell., mostly for the aridity adaptation of this specie. In 1982 as an experimental level, were introduced in Charcas on the high plateau of San Luis Potosí, México, ten provenances from Australia. Through ten years of evaluation, the trial showed that there was no significant statistical differences between the plants origins, except for the tree volume. The average values were: 5.3 cm breast high

* Investigador adjunto del CIR-NORESTE, INIFAP-SARH.

** Investigador titular del CENID-COMEF, INIFAP-SARH.

diameter, class 2 for stem straightness; 3.7 m of total height and 83.2% of survive condition. The tree volume was from 0.0062 to 0.0143 cubic meters. The average volume increment was 0.53 cubic meters per hectare, per year.

Key words: *Eucalyptus*, *Eucalyptus microtheca*, origins, increment, San Luis Potosí.

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional se estima que están en proceso de degradación de suelos 137 millones de ha, que representan casi el 75% de la superficie del país. Asimismo datos para el estado de San Luis Potosí indican que más de 1.1 millones de ha son zonas perturbadas con diversos grados de erosión de los suelos, además de que un promedio de 1 500 ha son destruidas anualmente. La región geográfica del altiplano potosino, es particularmente susceptible a la deforestación, debido a sus características y climas propios, donde se han detectado incluso eventos progresivos de desertificación; agregado a lo anterior, se encuentra el intenso impacto humano sobre los recursos, que provoca su disminución y en consecuencia la presencia del fenómeno de la pobreza. Esta problemática requiere de medidas de solución, dentro de las cuales se consideran como viables, el establecimiento de plantaciones forestales con especies y en sitios adecuados, para que éstas puedan, convenientemente manejadas, proporcionar diversos productos y beneficios.

El género *Eucalyptus* constituye un grupo forestal de amplia utilidad en el mundo el cual comprende un amplio número de especies con características muy diversas que se pueden prestar para muchos propósitos. *Eucalyptus microtheca* es una especie de extensa distribución en Australia, que se utiliza para realizar plantaciones en regiones áridas en varias partes del mundo. Su ensayo en las zonas áridas de México es conveniente debido a la potencialidad que su madera tiene para ser empleada como leña y carbón.

El objetivo de este artículo es presentar la información relacionada con la introducción de *Eucalyptus microtheca* en el altiplano potosino, determinando su adaptabilidad y su patrón de variabilidad fenotípica.

ANTECEDENTES

El género *Eucalyptus* comprende alrededor de 400 especies y es por esta razón uno de los más grandes y complejos. La mayoría de los taxa son endémicos de Australia y Tasmania, siendo algunos otros originarios de Nueva Guinea y de las islas de Indonesia; sólo una especie, *Eucalyptus deglupta* alcanza la isla de Mindanao en Filipinas. La distribución natural del género ocurre desde los 7° de latitud norte hasta los 43°39' de latitud sur y desde el nivel del mar hasta los 1 800 m.

Poyton, (1979)¹ señala que los eucaliptos están adaptados a un intervalo amplio de climas; así, se encuentran en regiones con lluvias en verano, invierno o distribuidas todo el año; en cuanto a la cantidad de esta lluvia, se hayan zonas con 3 000 mm o más por año, hasta regiones semiáridas con 300 mm. Esta amplia diversidad de condiciones ecológicas y sobre todo la rápida velocidad de crecimiento, motivaron el interés en los eucaliptos para propósitos de plantaciones forestales.

Desde principios del siglo XIX fueron introducidas muchas especies de eucaliptos en distintas partes del mundo, comenzando un inusitado entusiasmo por su utilización como especies exóticas para propósitos comerciales posteriores. Para principios de los años 80, se estimaba que las plantaciones de eucaliptos alcanzaban alrededor de cuatro millones de hectáreas en 58 países o regiones, incluyendo Australia, además de que otros 50 tenían plantaciones experimentales u ornamentales; de todos estos países, Brasil contaba con la mayor superficie plantada (más de un millón de hectáreas), con un ritmo de plantación de 37 600 ha/año, principalmente con las especies *Eucalyptus saligan*, *E. grandis*, *E. tereticornis* y *E. robusta* FAO, (1981)².

En México, los eucaliptos fueron introducidos a principios del siglo XX, pero los ensayos controlados se iniciaron hasta los años 50. En 1967 se estableció una pequeña plantación comercial en el estado de San Luis Potosí, Reynders, (1970 a)³. El ensayo más amplio de introducción de especies, data precisamente del año de 1967, en que se probaron en varias regiones más de 20 especies, resultando las más prometedoras *Eucalyptus camaldulnensis* y *E. tereticornis*, Reynders, (1970 b)⁴. Una evaluación posterior y mas detallada de los resultados de estas introducciones fue realizada por Fierros, (1978)⁵.

¹ Poyton R., J. 1979. "Tree planting in Southern Africa. The *Eucalyptus*" pp. 1-15.

² FAO. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal.

³ Reynders M., I. 1970 a. Informe sobre los ensayos de especies en zonas tropicales de México.

⁴ Reynders M., I. 1970 b. FAO Afforestation project. México 1967-70.

⁵ Fierros G., M. A. 1978. Ensayo de la introducción del género *Eucalyptus* en algunas regiones de México.

Las regiones geográficas de México son muy diversas y las condiciones áridas y semiáridas, constituyen una importante porción del país, tanto por su extensión como por las comunidades rurales inmersas, las cuales requieren suministros de productos forestales como la leña, que constituye ya un elemento crítico. Entre 1979 y 1980, el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF), organismo de la FAO, decidió emprender un proyecto de exploración y evaluación de recursos genéticos de especies arbóreas en las zonas áridas y semiáridas, con especial referencia a especies productoras de leñas, FAO, (1980)⁶; México manifestó su participación en este proyecto, atribuyendo interés en la continuación de trabajos con el género *Eucalyptus*, específicamente con *Eucalyptus camaldulensis* y *E. microtheca*.

La introducción de eucaliptos en las regiones áridas y semiáridas de México, se remonta experimentalmente a la década de los 70, donde se establecieron ensayos de especies y procedencias en los campos y áreas experimentales del antiguo Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), como lo reportan Maldonado y Ortega, (1981)⁷ para el Campo Experimental "La Saucedá" en Coahuila. En San Luis Potosí, Cavazos, (1978)⁸ menciona el establecimiento de especies forestales en el Area Experimental "La Pila", en el que se incluyó a *Eucalyptus camaldulensis*. El objetivo de estos ensayos consistió en la determinación de especies útiles para plantaciones en las zonas áridas.

Eucalyptus microtheca, es un árbol de 15 a 20 m de altura, denominado comunmente en Australia como "coolabach" y que pertenece al grupo de eucaliptos conocidos como "ironbarks" (maderas de hierro), debido a que producen una madera sumamente dura; su distribución natural cubre un área amplia de las planicies interiores en el centro y norte de Australia, con intervalos de 14 a 33° de latitud sur y de 20 a 700 msnm. Algunas características ecológicas promedio de su área de distribución son: temperatura media máxima del mes más cálido, 35-38°C; temperatura media mínima del mes más frío, -5°C; precipitación en el verano de 200 a 1 000 mm, con siete meses secos; suelos arcillosos a franco-limosos, frecuentemente alcalinos Poyton, (1979)⁹, FAO, (1981)¹⁰,... La adaptabilidad de la especie a condiciones ecológicas áridas ha sido adecuada, tal como lo muestran las experiencias y plantaciones realizadas en sitios secos y calurosos de Irák, Irán, Kuwait, Tunes, Sudán, Nigeria y Egipto, en los cuales los árboles plantados se utilizan para producir madera para la construcción, como

⁶ FAO 1980. Recursos genéticos de especies arbóreas en las zonas áridas y semiáridas.

⁷ Maldonado L., J. y S. Ortega A. 1981. Proyectos de investigación del Campo Experimental Forestal "La Saucedá", Ramos Arizpe, Coah.

⁸ Cavazos D., J. R. 1978. "Memoria del Ciclo de Conferencias "Algunas experiencias de investigación en los campos experimentales forestales". pp. 73-82.

⁹ Poyton R., J. 1979. "Tree planting in Southern Africa. The Eucalyptus". pp. 1-15.

¹⁰ FAO, 1981 Ensayos internacionales de Eucalyptus microtheca.

cortinas rompevientos y sobre todo como suministradores de leña para las comunidades rurales FAO. 1981. *op cit.* y NAS y CATIE. (1984)¹¹.

Con el propósito de conservación y evaluación genética de *Eucalyptus microtheca*, la División de Investigaciones Forestales de CSIRO, Australia, recolectó semillas en todo su habitat durante el periodo 1978-1979 y reunió 73 lotes conjuntados en 21 grupos de procedencias: estos materiales se distribuyeron a varios países para su evaluación, todo dentro del marco del proyecto de FAO sobre recursos genéticos de especies arbóreas para las zonas áridas y semiáridas FAO. (1980)¹². (1981)¹³.

METODOLOGÍA

Las semillas de *Eucalyptus microtheca* fueron proporcionadas por la División de Investigaciones Forestales de CSIRO, Australia y las procedencias cubren un amplio intervalo de la distribución de la especie (Cuadro No. 1 y figura No. 1). Las procedencias en relación a la precipitación son tanto de sitios secos como húmedos.

La plantación experimental fue establecida en el mes de junio de 1982 con plantas de un año de edad, en la localidad llamada "Los Alamos" del municipio de Charcas, estado de San Luis Potosí, dentro del área de influencia del Distrito de Desarrollo Rural # 28. La localización geográfica del sitio es 23°05'00" de latitud norte y 100°50'00" de longitud oeste. El terreno está ubicado sobre una altitud de 1 940 msnm y se constituye de un suelo de origen aluvial de 50 a 80 cm de profundidad, de textura franca, con un ph de casi neutro a ligeramente alcalino (7.2-7.9), y contenido de materia orgánica de bajo a medio (1.7-3.9%).

El diseño experimental en la plantación, fue de bloques al azar en cuatro repeticiones. Las procedencias ensayadas fueron diez, más un testigo o control formado por un lote de *Eucalyptus camaldulensis* de recolección local. Las parcelas experimentales consistieron de diez plantas, con un distanciamiento de cuatro metros; en total se establecieron 440 plantas. Se construyeron bordos a nivel entre hileras como un sistema de captación de agua, ya que la plantación estaba bajo condiciones de temporal. El clima del sitio, de acuerdo a los datos registrados en la estación de

¹¹ NAS y CATIE, 1984. "Especies para leña. Arbustos y árboles para la producción de energía *Eucalyptus microtheca*", pp. 210-211.

¹²FAO. 1980. Recursos genéticos de especies arbóreas en las zonas áridas y semiáridas.

¹³FAO. 1981. El Eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO.

No de identificación S.I.P.	No de procedencia (CSIRO)	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	No de árboles colectados
15	1	22°18', 24°42'	113°51', 114°22'	10-20	23
5	10	23°51', 25°11'	132°09', 133°48'	457-520	16
13	11	27°18', 29°40'	134°57', 138°23'	20-110	20
12	13	23°21', 24°24'	144°21', 146°07'	193	18
1	15	23°07', 23°23'	150°09', 150°32'	3-40	6
4	16	26°37', 27°58'	144°05', 145°09'	150-213	20
14	17	26°08', 28°02'	145°40', 147°25'	180-320	13
3	18	25°38', 26°59'	148°52', 150°07'	186-280	12
6	19	28°58', 30°03'	144°07', 145°57'	90-150	25
2	20	28°36', 30°05'	148°07', 149°01'	130-180	15

Cuadro 1. Procedencias de *Eucalyptus microtheca* ensayadas en Los Alamos, municipio de Charcas, S.I.P.²

1. Organización de Investigación Científica e Industrial de la Mancomunidad, Camb., Australia.
2. Con el No 10 de identificación S.I.P., se incluyó en un lote de *Eucalyptus camaldulensis* de colecta local, como testigo o control.

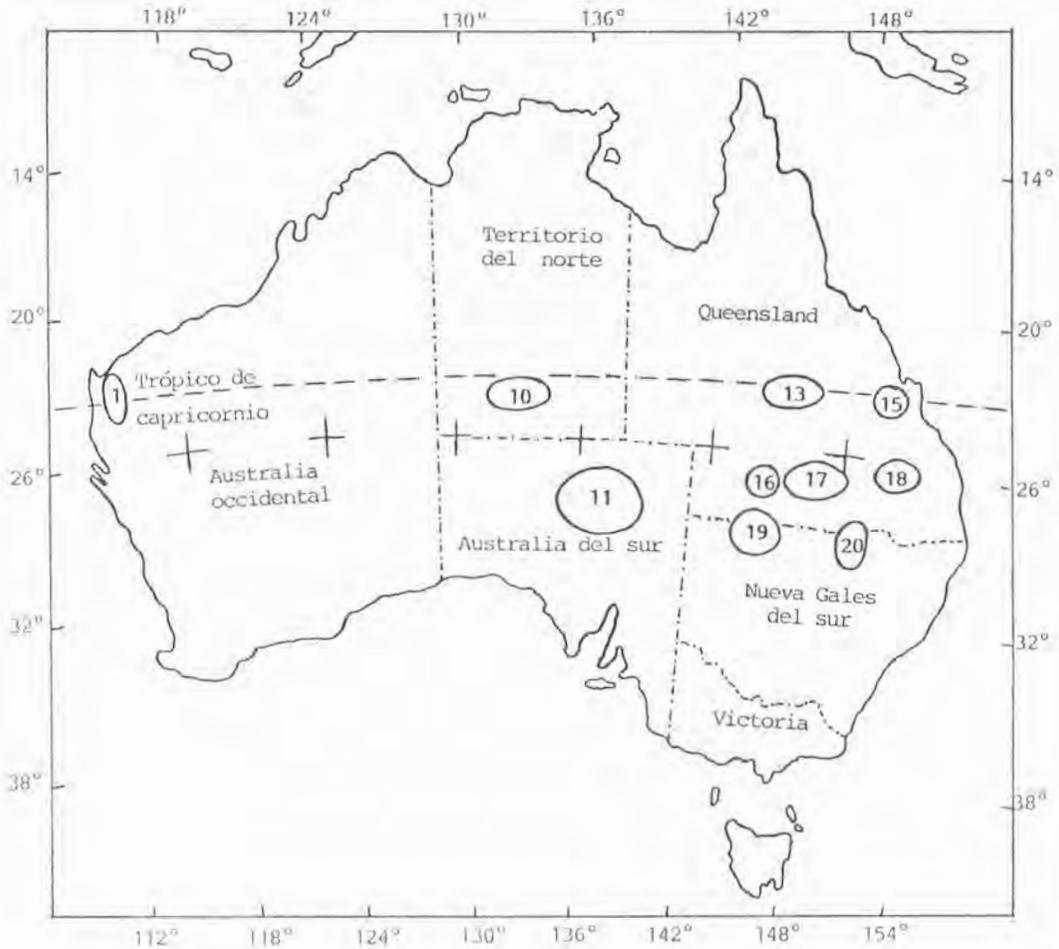


Figura No. 1. Localización geográfica de las procedencias de *Eucalyptus microtheca*. Los números son correspondientes con la identificación de CSIRO (Australia), y la línea encierra la extensión aproximada de la colecta.

Charcas, S.L.P., es BSo Kw¹ (eg), con precipitación de 340 mm anuales y temperatura media al año de 17°C. El tipo de vegetación en la localidad es de matorral espinoso subinermé.

La plantación fue evaluada en octubre de 1989 y en diciembre de 1992, cada una de estas fechas correspondieron a edades de la plantación de siete y de diez años. Se evaluaron variables cuantitativas y cualitativas: las primeras fueron la sobrevivencia, altura, diámetro basal, diámetro normal y el volumen; las segundas fueron la rectitud y persistencia, tamaño de las ramas, floración y sanidad.

La persistencia del tallo se evaluó a través de seis clases: la clase 1 corresponde a tallos dobles o múltiples desde el nivel del suelo o cuarto inferior de la altura total; la clase 6 corresponde a un tallo completamente persistente. La rectitud del tallo se midió por cinco clases: clase 1, que corresponde a un tallo torcido y con más de tres curvaturas graves; clase 5, completamente recto. El tamaño de ramas o copa se determinó por cinco clases: clase 1, copa muy pesada con ramas que cubren 1/2-3/4 del tallo; clase 5, copa ligera, con ramas que cubren menos de 1/4 de tallo. La floración se evaluó con tres clases: clase 1, con abundante inflorescencia; clase 3, sin inflorescencia. La sanidad se evaluó también por tres clases: clase 1, afectación por plagas y enfermedades; clase 3, completamente sano (un detalle completo de la metodología para la evaluación cualitativa se encuentra en Keiding *et al* (1984)¹⁴).

Para sobrevivencia, altura, diámetros y volumen, se realizaron análisis de varianzas y en su caso, la prueba de separación de medias Tukey al 5 %. En el caso de porcentajes, el análisis se hizo con datos transformados. Para la rectitud del tallo, se realizó un análisis de varianza, también con datos transformados; las otras variables cualitativas no fueron sometidas a este análisis, debido a la escasa diferencia entre las procedencias.

En el caso del volumen, se determinó complementariamente las existencias volumétricas totales en la plantación, el incremento volumétrico general en los diez años de crecimiento (incremento medio anual) y el mismo incremento para el período 1990-92 (incremento corriente anual). Para el cálculo del volumen se empleó la fórmula: $V = \text{área basal} \times h/3$, donde V es el volumen y h es la altura total. El área basal se determinó con los datos del diámetro en la base del tallo.

¹⁴Keiding H., E. B. Lauridsen y H. Wellendorf 1984. Evaluation of a series of teak and Gmelina provenance trials.

RESULTADOS

Los valores medios para sobrevivencia, altura y diámetro de las distintas procedencias, a la edad de siete años se muestra en el Cuadro No. 2; el análisis de varianza realizado a estas variables, indicó que no existen diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$) entre las procedencias, incluido el control. La sobrevivencia fue de 56.6 hasta 87.7%, con un valor medio de 75%. Las alturas alcanzadas fueron desde 3.1 hasta 3.2 m, con una altura promedio de 3.1 m. El diámetro normal o a la altura del pecho (DAP) fue de 3.6 a 4.9 cm, con un valor medio de 4.2 cm.

Los resultados de la evaluación cualitativa a los siete años, para rectitud del tallo, tamaño de copa o ramas, persistencia del tallo, floración y estado sanitario, se observan en el Cuadro No. 3; en todas estas características no se aprecian diferencias entre las procedencias y la calidad fenotípica tiende a ser intermedia. Se destaca la persistencia de los tallos con un valor medio de 4, lo que significa un tallo libre hasta el tercer cuarto de la altura, en donde se presentan ramificaciones. La rectitud no es muy buena y los tallos alcanzaron una media de 2, lo que se traduce en la presencia de torceduras en el tallo y una o dos curvaturas graves. En cuanto a la evaluación del florecimiento y el estado sanitario, todas las procedencias presentaron abundantes flores, y la sanidad de los árboles mostró ausencia de plagas y enfermedades. El tamaño de la copa obtuvo un valor medio de 4, lo que significa una copa ligera con una ramificación que se extiende alrededor del cuarto superior del tallo.

Los resultados de la evaluación a los diez años de plantación se aprecian en el Cuadro No. 4. La sobrevivencia, la altura total y el diámetro normal, no presentaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.01$) entre las procedencias, incluido *Eucalyptus camaldulnesis*. La sobrevivencia para *Eucalyptus microtheca*, alcanzó un valor promedio de 83.2%, la altura y diámetro normal obtuvieron valores de 3.7 y 5.4 cm respectivamente. La variable que sí mostró diferencias significativas entre las procedencias fue el volumen por árbol, donde se determinaron a través de la separación de medias (Tukey), diferencias significativas entre el volumen de la procedencia No. 19, que obtuvo la media de volumen por árbol más elevada (0.0143 m³) y el volumen del resto de las procedencias, las cuales presentaron valores medios desde 0.0062 hasta 0.0090 m³, con un promedio de volumen de 0.0079 m³.

El cálculo de la productividad de madera de *Eucalyptus microtheca* en la localidad de "Los Alamos". Charcas, S.L.P., consigna los siguientes resultados:

No de identificación (S.L.P.)	No de procedencia (CSIRO)	Sobrevivencia (%)	Altura (m)	Diámetro normal o DAP (cm)
15	1	57.6	2.9	4.3
5	10	83.2	3.1	3.6
13	11	76.2	3.2	4.9
12	13	87.7	3.1	4.2
1	15	80.5	3.2	4.1
4	16	66.8	3.0	4.4
14	17	80.5	3.0	3.5
3	18	80.5	3.2	3.9
6	19	80.2	3.1	4.7
2	20	56.6	2.8	4.2
10	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	59.0	3.1	3.7
Medias (<i>Eucalyptus microtheca</i>)		75.0	3.1	4.2
Significatividad		NS	NS	NS

NS= no significativo a una $P \leq 0.01$

Cuadro 2. Sobrevivencia y crecimiento de *Eucalyptus microtheca* a 7 años de plantación, en "Los Alamos", Charcas, S.L.P.

No de identificación (S.L.P.)	No de procedencia (CSIRO)	Persistencia del tallo	Rectitud	Tamaño de copa	Floración	Sanidad
15	1	4	2	4	3	3
5	10	4	2	4	3	3
13	11	4	2	4	3	3
12	13	3	3	4	3	3
1	15	4	2	4	3	3
4	16	3	3	4	3	3
14	17	4	2	4	3	3
3	18	4	3	4	3	3
6	19	4	2	4	3	3
2	20	3	3	4	3	3
10	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	3	4	3	3
Medias (<i>Eucalyptus microtheca</i>)		4	2	4	3	3
Significatividad		NS				

NS= no significativo a una $P \leq 0.01$

Cuadro 3. Evaluación fenotípica de las procedencias de *Eucalyptus microtheca* a los 7 años de plantación.

No de identificación (S.L.P.)	No de procedencia (CSIRO)	Sobrevivencia (%)	Altura (m)	Diámetro normal o DAP (cm)	Volumen por árbol (m ³)
15	1	90.5	3.6	5.1	0.0074 a
5	10	81.3	3.4	4.6	0.0062 a
11	11	110.4	3.9	6.0	0.01119 a
12	13	90.9	3.7	5.5	0.0090 a
1	15	88.8	3.5	5.0	0.0064 a
4	16	87.8	3.7	5.5	0.0090 a
14	17	65.4	3.6	4.5	0.0063 a
3	18	75.1	3.7	5.5	0.0089 a
6	19	73.8	4.3	6.6	0.0143 b
2	20	89.4	3.7	5.4	0.0089 a
10 <i>Eucalyptus camaldulensis</i>		93.8	3.5	4.7	0.0061 a
Medias (<i>Eucalyptus microtheca</i>)		83.2	3.7	5.4	0.0085
Significatividad		NS	NS	NS	*

NS= no significativo a P< 0.01 * = significativo a P< 0.05
 En la columna de volumen, letras iguales no hay diferencia significativa, = .05

Cuadro 4. Sobrevivencia y crecimiento de *Eucalyptus microtheca* a 10 años de plantación en "Los Álamos", Charcas, S.L.P.

1. Incremento en volumen (en 8 años, vol x árbol=0.0037 m³)= 0.33 m³/ha/año.
2. Incremento en volumen (en 10 años, vol x árbol=0.0085 m³)= 0.53 m³/ha/año.
3. Incremento en volumen (últimos 2 años: 1990-92)= 1.5 m³/ha/año.
4. Existencias volumétricas totales (1992)= 2.83 m³

DISCUSIÓN

Aunque en varios países se han obtenido resultados muy satisfactorios en la plantación de eucaliptos para el suministro de madera para usos industriales, es necesario enfatizar la importancia que pueden tener para la producción de leña, postes y madera en general, para las comunidades rurales locales. En esta alternativa se dirigen los esfuerzos de FAO en su propuesta para la cooperación en la conservación de recursos genéticos de especies arbóreas para el mejoramiento de la vida rural en las zonas áridas y semiáridas de América, África y Asia FAO, (1980)¹⁵. Las regiones áridas en términos generales, se han calificado como de escasa productividad forestal maderera, y la elección de especies para plantaciones debe considerar la promoción de esta productividad.

Los resultados que se obtuvieron en esta investigación, indican que *Eucalyptus microtheca* se adaptó bien a la localidad árida de San Luis Potosí en que fue ensayado y que la elección de procedencias es en este aspecto, fue irrelevante. En la productividad de madera sí se manifestaron diferencias entre procedencias, por lo que la elección para este propósito es importante. La sobrevivencia a los diez años de plantación es elevada (83%) y se observa un ligero aumento en relación a la obtenida a los siete años (75%); este aumento es explicable porque en esta última edad, algunas plantas habían sobrevivido, pero no se consideraron medibles sino hasta la evaluación de diez años.

La altura media alcanzada a los diez años fue de 3.7 m, lo que significa un crecimiento de 0.4 m por año; esta velocidad, de acuerdo a límites asignados para evaluar crecimientos de eucaliptos FAO, (1980)¹⁶, se puede considerar por abajo del denominado crecimiento medio (0.06 m/año). A su vez las alturas alcanzadas en consecuencia, se sitúan por debajo de las logradas en plantaciones de *Eucalyptus microtheca* en Sudán sobre sitios desfavorables pero sometidos a riego, en los cuales se alcanzaron alturas de 9.8 y 11.8 m a los siete y diez años respectivamente; es

¹⁵FAO. 1980. Recursos genéticos de especies arbóreas en las zonas áridas y semiáridas.

¹⁶FAO. 1980. Recursos genéticos de especies arbóreas en las zonas áridas y semiáridas.

importante señalar que estas plantaciones disminuyeron su ritmo de crecimiento de manera notable, a partir de los diez años, tanto en los sitios desfavorables como en los de buena calidad.

En la productividad de madera, el incremento en volumen de todas las procedencias sobre la base de diez años, 0.53 m³/ha/año, resulta muy bajo en comparación con los 6.73 m³/ha/año reportados en las plantaciones de Sudán, anteriormente mencionadas, sobre sitios desfavorables pero bajo condiciones de riego. Sin embargo, la productividad disminuye notablemente en sitios pobres y secos, así en Israel, la productividad en este tipo de sitios y para *Eucalyptus camaldulensis*, es de 2 m³/ha/año FAO, (1981)¹⁷. Es importante resaltar que el incremento anual de madera por ha en el ensayo de *Eucalyptus microtheca*, aumenta a un valor de 1.5 m³/ha/año, si se consideran los dos últimos años de crecimiento como base, es decir que el mayor aumento en volumen ocurrió después del séptimo año. Si la productividad se calcula con los datos de la mejor procedencia (No 19. CSIRO), el incremento volumétrico asciende a 0.89 m³/ha/año. La procedencia No 19 se ubica en los límites entre Queensland y Nueva Gales del Sur, Australia, en donde se tiene una precipitación de 350 mm anuales y la temperatura media anual es de 18°C. La productividad de cualquier especie en una localidad, se da en relación a sus exigencias climáticas, principalmente temperatura y precipitación, y en el caso particular del sitio de plantación de San Luis Potosí, durante los diez años de evaluación se alcanzó un promedio de precipitación anual de 362 mm, aunque en algunos años la lluvia fue de hasta 590 mm.

En cuanto a la conformación o calidad fenotípica, *Eucalyptus microtheca* exhibió una adecuada persistencia de tallo, pero con problemas de rectitud, lo que concuerda con la información consignada sobre la mala conformación de los tallos en las plantaciones, lo que sugiere la selección de procedencias para resolver este problema FAO, (1981), *op. cit.* De acuerdo con los resultados aquí reportados, la selección de procedencias no es lo mejor para resolver esta situación, y lo que debe intentarse es la selección dentro de las procedencias de los individuos con características superiores de forma.

Eucalyptus microtheca, puede ser una especie útil y recomendable para las plantaciones en las zonas áridas de México y presenta ventajas sobre *Eucalyptus camaldulensis*, porque es más resistente a la sequía y su calidad de madera para propósitos de leña es superior. Una circunstancia desfavorable en *Eucalyptus microtheca*, son sus efectos alelopáticos comprobados sobre las herbacias subyacentes

¹⁷FAO, 1981. El Eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO.

en las plantaciones Al-Mousawi y Al Naib, (1975)¹⁸, aunque este fenómeno no es exclusivo de los eucaliptos y lo pueden presentar otros grupos, debe ser considerado como factor restrictivo en la selección de especies para plantaciones de control de la erosión o en donde el pastoreo es importante.

La conveniencia o no de plantar eucaliptos ha sido discutida ampliamente en la publicación "Efectos ecológicos de los eucaliptos", FAO, (1985)¹⁹, recomendando que la mejor decisión relativa a la silvicultura y uso de la tierra, radica en un análisis cuidadoso de las necesidades de las comunidades y la productividad potencial de los terrenos, necesitando adecuados conocimientos y asesoría técnica para evaluar objetivamente cada situación en particular.

BIBLIOGRAFÍA

- Al Mousawi A., H. y F. A. G. Al Naib. 1975. "Allelopathic effects of *Eucalyptus microtheca* F. Muell". Journal of the University of Kuwait (Sci.) No 2. pp. 59-66.
- El Hourri A. 1977. The silviculture and managment of *Eucalyptus microtheca* in irrigated plantations in the Gezira of the Sudan., Forest Research Institute. Bulletin No 3.
- Cavazos D., J. R. 1978. Area experimental forestal "La Pila" S.L.P. en : "Memoria del Ciclo de Conferencias "Algunas experiencias de investigación en los campos experimentales forestales", 5-9 de dic. de 1977, INIF". Publicación especial No 12. pp. 73-82.
- FAO. 1980. Recursos genéticos de especies arboreas en las zonas áridas y semiáridas. FAO/IBPGR. 136 p.
- FAO. 1981. El Eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO: Montes No 59. 723 p.

¹⁸ Al Mousawi A., H. y F. A. G. Al Naib. 1975. "Allelopathic effects of *Eucalyptus microtheca* F. Muell". pp. 59-66

¹⁹ FAO. 1985. "Efectos ecológicos de los eucaliptos". 59-106 pp.

- FAO. 1981. Ensayos internacionales de *Eucalyptus microtheca* Información sobre recursos genéticos forestales. No 10.
- FAO. 1985. Efectos ecológicos de los eucaliptos. Estudio FAO Montes No 59. 106 p.
- Fierros G., M. A. 1978. Ensayo de la introducción del género *Eucalyptus* en algunas regiones de México. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo. México. 280 p.
- Kciding H., E. B. Lauridsen y H. Wellendorf. 1984. Evaluation of a series of teak and *Gmelina* provenance trials. DANIDA Forest Seed Center. Technical Note No. 15. 40 p.
- Maldonado L., J. y S. Ortega A. 1981. Proyectos de investigación del Campo experimental forestal "La Saucedá". Ramos Arizpe, Coah. INIF. Boletín Divulgativo No 52. 39 p.
- NAS y CATIE. 1984. "Especies para leña. Arbustos y árboles para la producción de energía; *Eucalyptus microtheca*." National Academy of Sciences. Turrialba, Costa Rica. pp. 210-211.
- Poyton R., J. 1979. "Tree planting in Southern Africa. The Eucalyptus". Report The Southern African Regional Commission for the Conservation and Utilization of the Soil (SARCCUS). Department of Forestry, South Africa. Vol. No 2. pp. 1-15.
- Reynders M., I. 1970 a. Informe sobre los ensayos de especies en zonas tropicales de México. Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo. México.
- Reynders M., I. 1970 b. FAO Afforestation project, México 1967-70. FAO Terminal Report.

SITIOS DE DIMENSIONES VARIABLES CONTRA SITIOS DE DIMENSIONES FIJAS.

Lara Rubio Martín Erasmo*
Espinosa Domenzain Josué Manuel**

RESUMEN

Este trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", que se encuentra ubicado en la Cordillera Neovolcánica, localizado al oeste de la ciudad de Uruapan, Michoacán, con el propósito de realizar un análisis de los sitios de dimensiones fijas de 1 000 m² contra los sitios de dimensiones variables basados en el conteo angular, para presentar una alternativa más eficiente en la evaluación de los recursos forestales a través del muestreo. El número de puntos de muestreo que se empleó para dimensiones fijas, fue igual al de dimensiones variables; éstos se levantaron en el mismo punto. Para su análisis se agruparon en tres diferentes tamaños de muestra, los cuales fueron 6, 28 y 55 sitios. En lo que respecta al costo, se evaluó para cada uno de los tipos de sitios, tomando en cuenta el valor de los instrumentos y el sueldo del personal empleado.

Los resultados que se obtuvieron presentan ventajas significativas de los sitios de dimensión variable con respecto a los de dimensión fija.

Palabras clave: Muestreo forestal, inventarios forestales, sitios de muestreo.

ABSTRACT

This study was effected in the Experimental Forest Field "Barranca de Cupatitzio", that it is located in the Cordillera Neovolcánica, located near to the city of Uruapan, in Michoacán state, with the purpose of carrying out an analysis of the sites of fixed

* Ingeniero Agrónomo Forestal, Investigador Titular del CIRPAS, INIFAP, SARH

** Ingeniero Agrónomo Forestal, Auxiliar del Sección de Evaluación de Recursos Forestales, CIRPAS, INIFAP, SARH

size of 1 000 m² with the sites of variable size based on the angular rate (count), in order to introduce a more efficient alternative in the evaluation of the forest resources through the sampling. The number of sampling points that used for fixed size, it was equal to sampling points for the variable size; these got up in the same point. For their analysis it was formed a group three sample size, with 6, 28 and 55 plots. In relation with the cost, it was evaluated for each one of the types of plots, considering the value of the instruments and the salary of the personnel employed. The outputs gotten introduce significant advantages of the plots of variable size with concerning the of fixed size.

Key words: Sampling techniques, forest inventories, sampling plots.

INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales en México ocupan un casillero de gran importancia en su economía, debido a que de ellos se obtienen innumerables bienes y servicios; su conservación y aprovechamiento en forma continua y sostenida, será posible sólo cuando se tenga conocimiento preciso de su cuantía y distribución.

La magnitud de la extensión de estos recursos en los climas templado y frío de México, comprende una cifra aproximada de 29 millones de hectáreas, nos hace recapacitar en la necesidad de minimizar los costos del muestreo para los inventarios forestales.

Por tal motivo, el propósito de este trabajo es realizar una comparación de los sitios de dimensiones fijas de 1 000 m², con los sitios de dimensiones variables basados en el conteo angular, con el fin de presentar una alternativa más eficiente para la evaluación del recurso a través del muestreo.

ANTECEDENTES

La determinación de la forma y el tamaño de los sitios de muestreo más eficientes para fines de inventario, fue una preocupación que mereció especial atención del Inventario Nacional Forestal.

Dentro de los estudios concernientes al problema, es conocido que el tipo de sitio que más se ha empleado en México es el circular de 1 000 m² (Caballero, 1977)¹. Otros tipo de sitios de dimensiones fijas se usan en países como Finlandia , donde el empleo de sitios de 400 m² resultó satisfactorio (Kuusela , 1960)². En los Estados Unidos se estableció que el tamaño del sitio debe ser en lo general lo suficientemente grande como para incluir 20 o 30 árboles medibles, y no mayor, de tal forma que no requiera tiempo excesivo en la medición (Spurr, 1952)³. En Suecia, su inventario nacional forestal utilizó sitios de 138 m² .

Por lo que respecta a los sitios de dimensión variable, su introducción en México se inicio en la década de los 60's (Carreón, 1963)⁴. Estos sitios no tienen una superficie fija y su radio está dado por el diámetro del arbolado y por el factor de área basal a emplear (Grosenbaugh, 1958)⁵; no es necesario medir directamente los diámetros para obtener el área basal o volumen promedio de la madera, estos valores se determinan con ciertos factores de conversión (Sánchez, 1962)⁶ y teóricamente el muestreo con sitios de dimensiones variables es más eficiente que el de dimensión fija debido a que es un muestreo con probabilidad proporcional al área basal (Grosenbaugh, *op. cit.*), y la variabilidad entre los árboles muestreados es menor que con sitios de superficie fija (Zeide y Troxel , 1979)⁷ .

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área.

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", el cual se encuentra ubicado en la Cordillera Neovolcánica, localizado al oeste de la Ciudad de Uruapan , Mich. El tipo de vegetación está formado por bosques de pino y de pino-encino. Las especies más importantes son: *Pinus michoacana* var. *cornuta*, *P. douglasiana*, *P. lawsonii* y *P. leiophylla*. Los encinos que se encuentran son: *Quercus rugosa*, *Q. crassifolia* y *Q. conglomerata*.

¹Caballero D., M. y Villa S., A.B. 1977. Evaluación de cuatro tamaños de sitios circulares en inventario forestal.

²Kuusela, K. 1960. Variation of the site Pattern and growing stock and its effect on the precision of forest inventory.

³Spurr, S.F. 1952. Forest inventory.

⁴Carreón, R. F. 1963. Manual de muestreo de bosques por sitios de dimensiones variables.

⁵Grosenbaugh, L. R. 1958. Point-sampling and line Sampling: Probability theory, geometric implications, synthesis.

⁶Sánchez M., N. 1962. Los sitios de dimensiones variables y sus aplicación en Michoacán.

⁷Zeide, B. y Troxel J., K. 1981. Muestreo de sitios fijos sobre muestreo Puntual.

En este campo experimental, se encuentran trazados dos ejes de coordenadas, orientados magnéticamente (norte-sur y este-oeste) delimitando cuatro cuadrantes. Paralelamente a cada 50 m de estos ejes se trazaron líneas con teodolito, estacando cada 50 m y delimitando parcelas de 2 500 m².

En estas parcelas se han tomado una serie de datos dasométricos y silvícolas que están sirviendo de base para diferentes trabajos que realiza actualmente el Centro de Investigación Regional Pacífico Centro del INIFAP.

El presente trabajo comprendió 55 ha que forman parte del cuadrante I (fig. No. 1).

Inventario total.

En las 55 ha que comprendió el área de este trabajo, se midió en forma directa el diámetro normal o DAP (a 1.3 m del suelo) con forcípula a todo el arbolado que alcanzara como mínimo un diámetro normal de 10 cm.

Diseño de muestreo.

Se realizó tomando como marco al cuadrante I del Campo Experimental, considerándose el tipo de sitios, tamaño de muestra y el método de muestreo.

Tipo de sitios.

Principalmente se utilizan dos tipos de sitios en los inventarios forestales en México, el de 1 000 m² y el de dimensiones variables, los cuales se analizan en este trabajo.

En cuanto al sitio circular de 1 000 m², podemos mencionar que es el que más ha utilizado el Inventario Nacional Forestal de México en sus trabajos de campo para las masas forestales de zonas templadas y frías. Tiene un radio de 17.84 m (fig. No. 2) y se caracteriza porque todos los árboles que entran en él tienen la misma oportunidad de ser seleccionados en la muestra. En este trabajo se puso como límite inferior un diámetro normal de 10 cm para los árboles que fueron inventariados y la medición se realizó en forma directa con forcípula.

Por lo que respecta al sitio de dimensiones variables, es conveniente mencionar que es una técnica de reciente aplicación en México, la cual se basa en el postulado de Bitterlich (Carreón, *op. cit.*)⁸ que dice: "si desde un punto cualquiera en medio de un bosque, observamos los árboles que tenemos alrededor nuestro y contamos aquellos cuyo diámetro a la altura del pecho abarca un ángulo de visión igual o mayor a un

⁸Carreón R., F. 1963. Manual de muestreo de bosques por sitios de dimension variables.

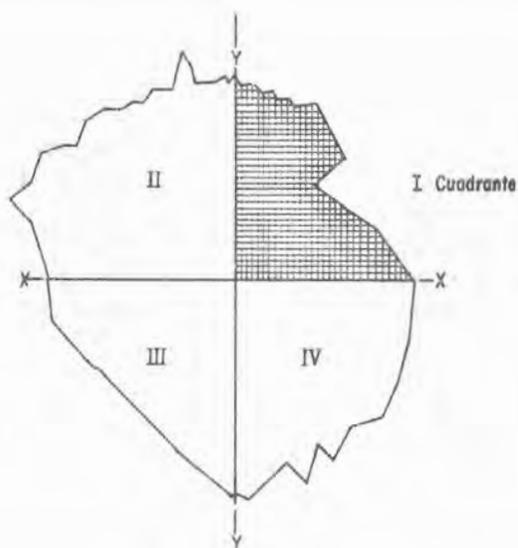


Figura No. 1. Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", mostrando el trazo de la cuadrícula.

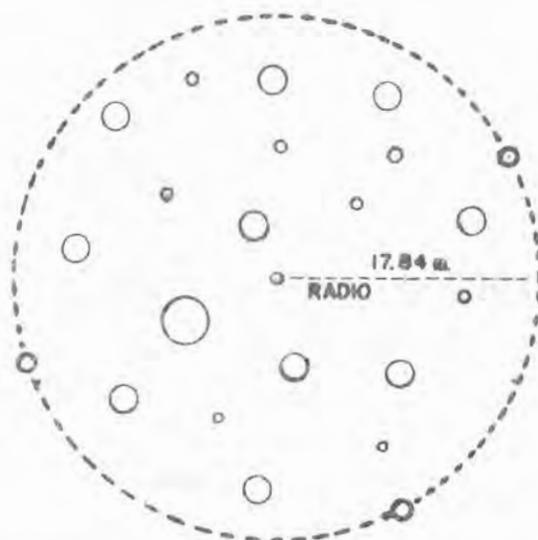


Figura No. 2. Sitios de dimensión fija de 1000 m²

ángulo dado, el número de árboles contados está en relación directa con el área basimétrica por hectárea".

La principal característica de este sitio es que no tiene un radio fijo, el cual depende de los diámetros del arbolado y del factor de área basal que se esté empleando. Otro aspecto importante que lo caracteriza es que los árboles-muestra son seleccionados en forma proporcional a su área basal; por lo tanto, los árboles de mayor diámetro, que suelen ser los más importantes, son también los que mayor oportunidad tienen de ser elegidos; lo contrario es cierto para los sitios de 1 000 m², donde todos los árboles tienen la misma oportunidad de ser contados en la muestra (fig. No. 3).

Instrumento utilizado.

Para la selección de los árboles-muestra, se utilizó el telerrelascopio de Bitterlich, el cual tiene una gran precisión. Entre las características de este instrumento está la compensación por pendiente y un poder óptico de ocho aumentos; con ello, las escalas y el objeto de medición son amplificadas, lo que facilita la visibilidad y claridad en la toma de datos.

El telerrelascopio, además de medir el área basal por hectárea, puede medir las alturas y diámetros a diferentes secciones del árbol, lo que permite obtener el volumen de los árboles, que es una de sus ventajas principales.

La elección correcta del factor de área basal (FAB), es de importancia para la obtención de resultados confiables y depende de las condiciones particulares de cada bosque. En este trabajo, se empleó el FAB 1, debido a que en un estudio previo se observó que fue el que más se adaptó al área de estudio, (Lara, 1981)⁹.

Elección de los árboles muestra en el sitio.

Para determinar si el árbol entra o no en la muestra, se hace un giro de 360° con el telerrelascopio bisectando a la altura del diámetro normal del arbolado con la banda que corresponde al FAB 1 y si se observa que el diámetro es mayor que el ancho de la banda, entonces se considera el árbol en la muestra; si es menor no se toma en cuenta, y si da un ancho igual al de la banda se toma como medio árbol (fig. No. 4).

⁹Lara R., M. 1981. Comportamiento de los diferentes aparatos utilizados en sitios de dimensiones variables con factor de área basal uno.

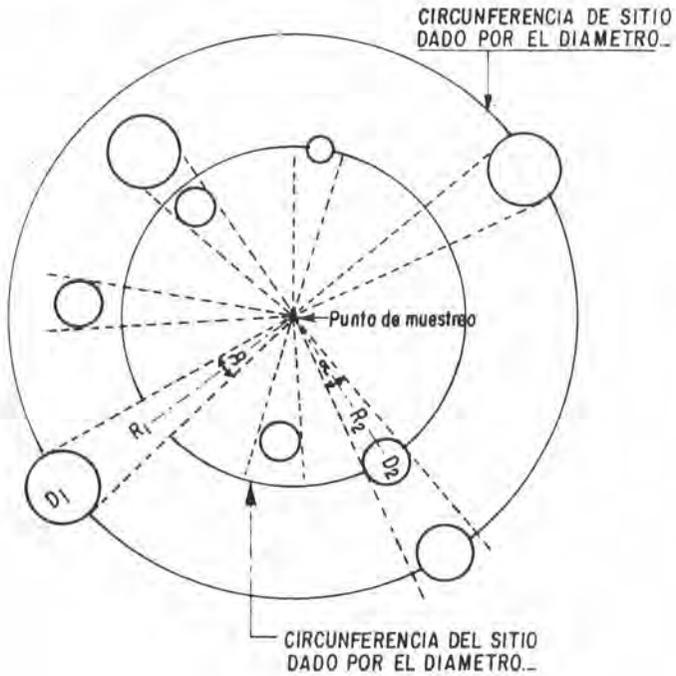


Figura No. 3. Sitio de dimensiones variables.

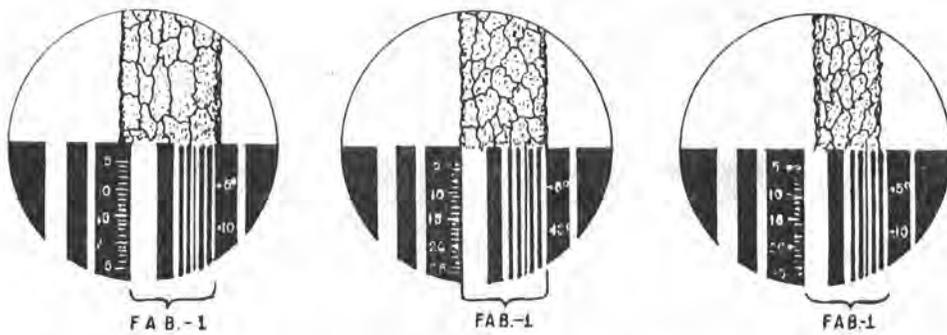


Figura No. 4. Elección de los árboles-muestra en el sitio; a) cuando éste es más grande, b) cuando es más chico y c) tangente a la bisección con la banda FAB 1 .

Tamaño de muestra.

El número de sitios de muestreo que se empleó para dimensiones fijas, fue igual al de dimensiones variables; éstos se levantaron en el mismo punto. Para su análisis se agruparon en tres diferentes tamaños de muestra, las cuales fueron de 6, 28 y 55 sitios que equivale a una intensidad de muestreo de 1, 5 y 10% , únicamente para los de dimensión fija de 1 000 m² .

Técnica de muestreo.

Una vez seleccionada la ubicación del primer sitio, los siguientes se ubicaron en líneas a distancias constantes, en forma sistemática, de acuerdo con un patrón especificado previamente para cada intensidad de muestreo (figs. No.5, No. 6 y No. 7).

Esta técnica de muestreo ha sido ampliamente usado en los inventarios forestales, debido a que la localización de las unidades de muestreo en el campo es más fácil y económica, generalmente se obtiene una mejor distribución de la muestra.

Procedimiento de cálculo.

Para el censo total y los sitio de dimensiones fijas se utilizó la medición directa, en los casos de sitios de dimensiones variables se aplicó la medición indirecta.

a) Medición directa

De acuerdo con la información que se tomó en el censo total, se calculó el área basal de cada árbol con la siguiente formula:

$$AB = 0.7854 D^2$$

donde:

$$\begin{aligned} AB &= \text{área basal} \\ 0.7854 &= \text{constante} \\ D &= \text{diámetro normal} \end{aligned}$$

El área basal total fue la suma de todas las áreas basales de cada uno de los árboles que entraron en el censo.

En cuanto a los sitios de dimensiones fijas, a todos los árboles que cayeron en él y tenían como mínimo un diámetro normal de 10 cm, se les calculó el área basal

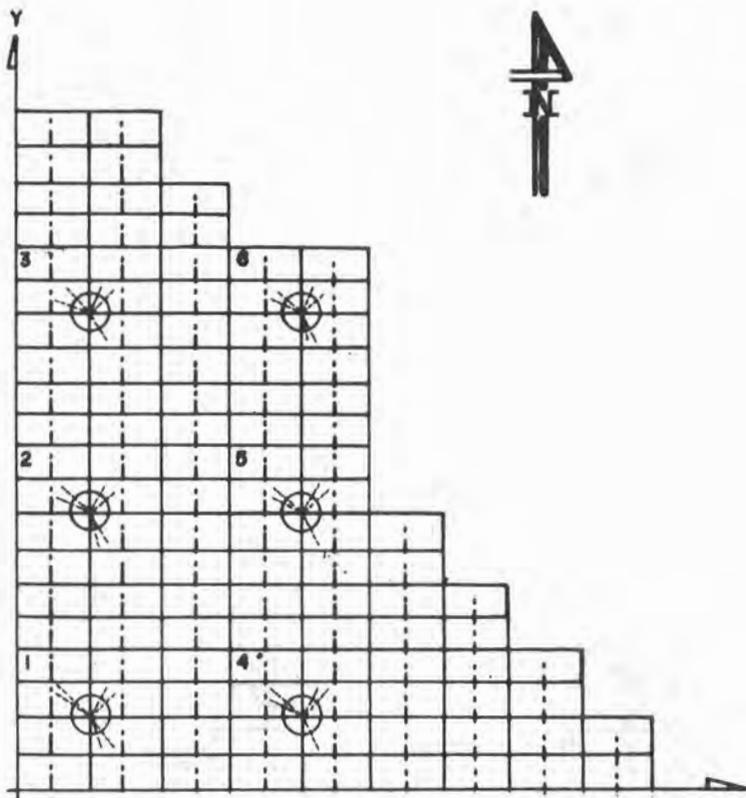


Figura No. 5. Distribución sistemática de los sitios de dimensión variable y fija (1% de intensidad), en el área de estudio.

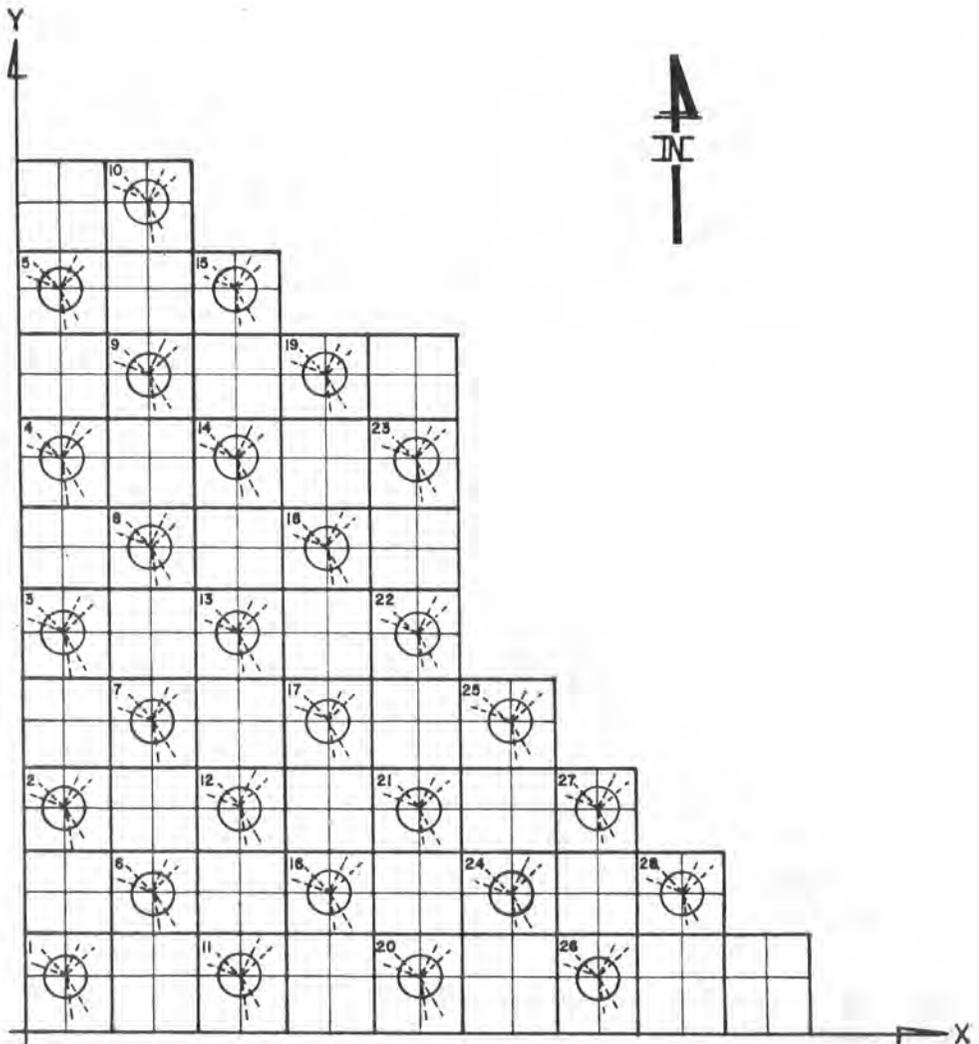


Figura No. 6. Distribución sistemática de los sitios de dimensión variable y fija (5% de intensidad), en el área de trabajo.

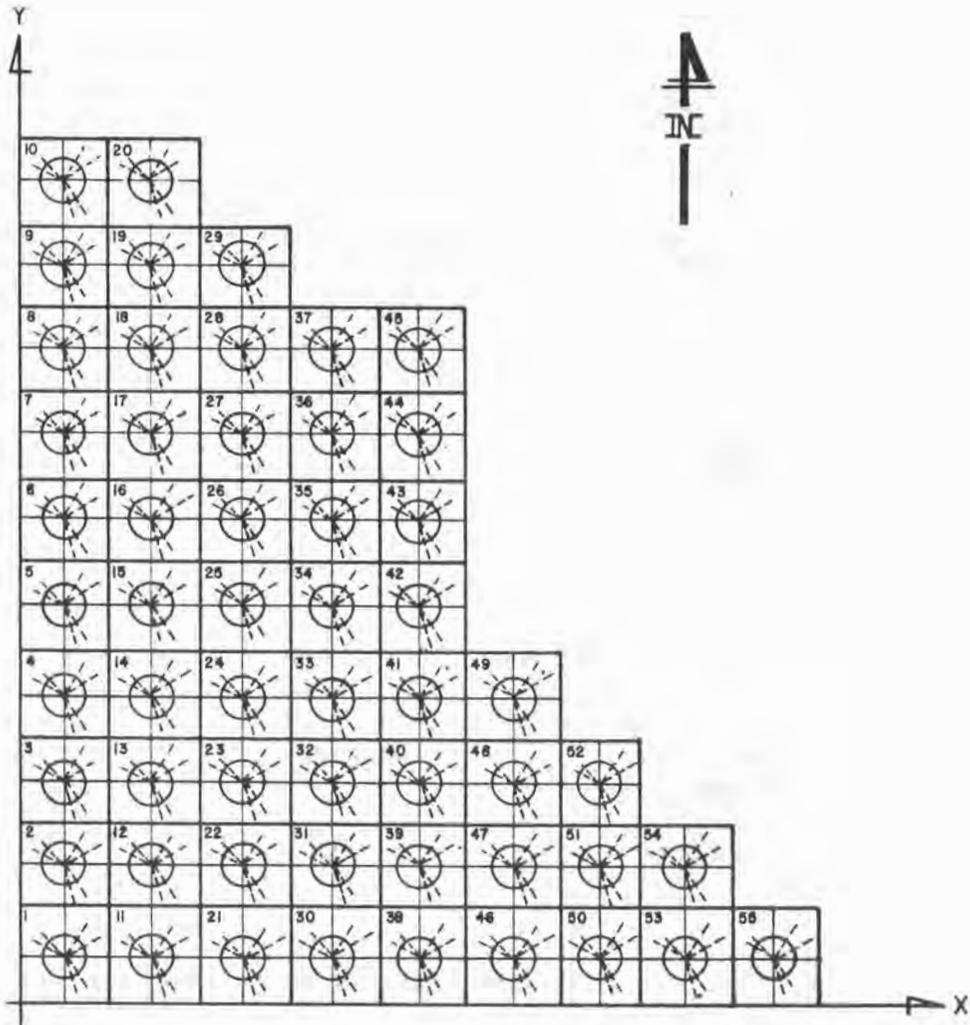


Figura No. 7. Distribución sistemática de los sitios de dimensión variable y fija (10% de intensidad), en el área de trabajo.

mediante la fórmula: $AB = 0.7854 D^2$ y el área basal total del sitio fue la suma de ellas.

El área basal promedio de los sitios de 1 000 m² se estimó para una hectárea, y ésta se multiplicó por 55 hectáreas para conocer el área basal total.

b) Medición indirecta

La medición indirecta se utilizó en los sitios de dimensiones variables, en estos se empleó el FAB 1, en cada sitio de muestreo, por lo cual el árbol que caía dentro de él o en su límite, contaba como 1 y 0.5 m² de área basal por hectárea respectivamente.

En cuanto al área basal total estimada, se obtuvo multiplicando el área basal promedio por hectárea, por la superficie total empleada (55 ha).

Análisis estadístico.

Se utilizó el análisis de comparación de la media muestral y la media del censo cuando la varianza poblacional es conocida, conforme a los siguientes pasos:

1. Se planteó la hipótesis enunciando que los sitios de dimensiones fijas y de dimensiones variables, al ser utilizados en muestreo para calcular área basal por hectárea, dan resultados promedios semejantes a los de la medición directa.
2. Se evaluó la hipótesis conforme con un nivel significativo del 5% (probabilidad de 1 en 20 de llegar a una conclusión errónea).
3. Se eligió el estadístico de prueba

$$Z = \frac{X - M_0}{\sigma / \sqrt{N}}$$

donde:

- Z = Valor de Z calculada
- X = Área basal promedio por hectárea del muestreo.
- M₀ = Área basal promedio por hectárea del censo.
- σ = Desviación estandar de la población.
- N = Número de muestras.

- 4) Se determinó la región crítica para $\alpha = 0.05$ es $Z < -1.96$ y $Z > 1.96$

Se calculó el valor del estadístico a partir de las muestras y se observó si caía o no en la región crítica. Cuando el estadístico tenía un valor en la región crítica se rechazaba la hipótesis, en caso contrario se aceptaba .

Análisis de tiempos y costos.

El tiempo y el costo de operación son factores muy importantes en la determinación del tipo de sitio de muestreo que conviene emplear, el ahorro de ambos redundará en beneficio de la economía de la institución o dependencia que los maneja.

Se consideró el tiempo que se empleó en la toma de la muestra de los sitios de dimensiones fijas y de dimensiones variables, y se obtuvieron los promedios .

No se tomó en cuenta el tiempo empleado en los traslados de los puntos de muestreo, estos fueron iguales para los dos tipos de sitios .

En lo que respecta al costo, se evaluó para cada uno de los tipos de sitios, tomando en cuenta el valor de los instrumentos y el sueldo del personal empleado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inventario total

Los resultados obtenidos por el inventario total en las 55 ha empleadas para este trabajo son:

Área basal total	776.05 m ²
Área basal promedio/ha	4.11 m ² /ha;
Desviación estándar	4.19 ;
Coficiente de variación	29.69 %.

Sitios de dimensiones fijas y de dimensiones variables

Los resultados del análisis de la comparación de la media muestral y la media poblacional en el cálculo del área basal por hectárea de los sitios de dimensiones fijas y variables, se presentan en el cuadro No. 1.

TIPO DE SITIO	SITIO DE DIMENSIONES FIJAS (1000 m ²)			SITIO DE DIMENSIONES VARIABLES			
	No. de sitios / Int. de muestreo	6 / 1%	28 / 5%	55 / 10%	6	28	55
Área basal total estimada m ²		689.70	661.10	729.30	843.15	708.95	760.10
Área basal promedio m ²		12.54	12.02	13.26	15.33	12.89	13.82
Área basal testigo m ²		14.11	14.11	14.11	14.11	14.11	14.11
Desviación estándar		6.96	5.76	6.24	6.30	7.11	6.60
Coef. de var. %		55.5	47.92	47.05	41.09	55.15	47.75
Z Calculada		-0.91	2.63	-1.50	0.71	-1.54	-0.051
Z Tablas $\alpha = 0.05$		1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96
Significancia		N.S.	S	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
S = significativo							
N.S. = No significativo							

Cuadro No. 1. Resultados del análisis de la comparación de la media muestral y de la población en el cálculo del área basal por hectárea.

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron con los sitios de dimensiones fijas y de dimensiones variables, se observan valores muy cercanos al promedio del inventario total, como es el caso del muestreo efectuado con 55 sitios de dimensión variable, donde se obtuvo una diferencia de 0.29 m² área basal con respecto al valor promedio real (promedio por hectárea del inventario total).

La diferencia más grande se obtuvo en la intensidad del 5% con sitios definidos la cual fue de 2.09 m² respecto al valor real.

Ahora bien, como la comparación de los sitios de dimensiones fijas y variables se hizo tomando como base igual número de sitios, los resultados observados dan mayor confiabilidad a los promedios de área basal obtenida con sitios de dimensiones variables.

En cuanto a los resultados del análisis por el método de comparación de medias efectuado a una confiabilidad del 95%, se observó que de los 6 análisis realizados, sólo uno presentó diferencia significativa respecto al testigo, el cual pertenece a los sitios de dimensiones fijas de 5% de intensidad; esto era de esperarse, pues fue el que presentó un área basal media con mayor diferencia respecto al valor del testigo. Tomando en cuenta el análisis estadístico que se aplicó a los resultados promedio de área basal por hectárea, y debido a que el valor de Z tabulada es mayor que la calculada, se acepta la hipótesis. Los sitios de dimensiones fijas de 1 000 m² de superficie a la intensidad de 1 y 10% y los sitios de dimensiones variables en los 6, 28 y 55 sitios de muestreo que se levantaron y que equivalen en número a los que en sitios de dimensiones fijas dieron 1, 5 y 10% de intensidad de muestreo en las 55 ha donde se efectuó esta investigación, presentaron resultados promedios para calcular área basal por hectárea semejantes a la medición total directa.

Con respecto al resultado obtenido en sitios definidos de 1 000 m² a la intensidad de 5%, se encontró evidencia estadística para decir que el resultado promedio de área basal no es confiable para estimar el valor medio real del área basal por hectárea, bajo las condiciones donde se realizó el presente trabajo.

Tiempo y costo

El tiempo y el costo son factores muy importantes que deben de considerarse para seleccionar el tipo de sitio que se debe emplear en los inventarios forestales. Los resultados del análisis de tiempo y costo se presentan en el cuadro No. 2.

Estos resultados presentan algunas ventajas para los sitios de dimensión variable con respecto a los de dimensión fija que son:

RECURSOS	Tipo de sitio	
	S.D.V.	S.D.F.
Tiempo promedio por sitio.	2' 30"	9' 30"
Número de sitios levantados por día.	44	25
Número de personas empleadas por día.	2	3
Costo por sitio.	\$180.00	\$450.00

Cuadro No. 2. Tiempo y costo promedio de operación empleado en la toma de la muestra con los sitios de dimensión variable (S.D.V.) y de dimensión fija (S.D.F.).

SITIO	EQUIPO	COSTO
S.D.V.	Telerrelascopio de Bitterlich	\$3'978,495.00
S.D.F.	Forcípula, cuerda compensada y clinómetro Suunto.	\$ 65,250.00

Cuadro No. 3. Costos del equipo utilizado.

- a) El tiempo utilizado en levantar el sitio de dimensión variable es 3.8 veces menor que en el de dimensión fija.
- b) El número de sitios de dimensión variable levantados por día, fue 76 % mayor que los de dimensión fija.
- c) El número de personas empleadas es de dos por sitio en comparación con el sitio de dimensión fija que utilizó tres.
- d) En consecuencia, el costo por sitio de dimensión fija resulto ser más del doble en comparación con los sitios de dimensión variable.

En los costos no se incluyó el valor del equipo; se consideró que era conveniente separarlo para una mejor comprensión de las diferencias entre los dos tipos de sitio. Los totales del costo del equipo se presentan en el cuadro No. 3.

En este cuadro comparativo se nota claramente una gran diferencia en los costos, teniendo la ventaja los sitios de dimensión fija por su bajo costo en equipo. A pesar de lo anterior se pueden analizar algunos factores que nos hacen recomendar el telerrelascopio. Este aparato tiene una gran precisión, nos sirve, no sólo para obtener área basal, sino también para cubicar árboles en pie, pudiendo obtener tablas de volúmenes, coeficientes mórficos, así como distancias, pendientes y clasificación de productos; eso trae consigo que pueda utilizarse para una amplia gama de trabajos en los inventarios forestales, lo que supera en gran manera a lo que pudiera hacerse con una cuerda, una forcípula y un clinómetro en el monte.

Se obtiene un mayor ahorro en dinero y tiempo al emplear sitios de dimensión variable en superficies extensas donde se requiere un alto número de sitios, únicamente en la estimación del área basal por hectárea, sin tomar en cuenta el demás trabajo que se puede realizar con el telerrelascopio de Bitterlich.

En el caso de que se careciera de un telerrelascopio se podría usar un relascopio de Bitterlich, ya que también se adapta a las condiciones topográficas de los bosques en México. En áreas forestales con poca pendiente es factible utilizar un relascopio simple.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la estimación del área basal promedio del censo total, los sitios de dimensión variable presentaron más exactitud que los de dimensión fija.

2. El área basal promedio por ha obtenida con 6, 28 y 55 sitios de dimensión variable, y con los de 6 y 55 de dimensión fija, no presentaron diferencias significativas con respecto a la del testigo (censo total).

3. El área basal promedio por ha obtenida con 28 sitios de dimensión fija presentó diferencias significativas con respecto al testigo.

4. El tiempo promedio para levantar un sitio de dimensión variable fue 3.8 veces menor que el de dimensión fija.

5. El número de sitios de dimensión variable levantados por día fue 76% mayor que el de dimensión fija.

6. El equipo utilizado en sitios de dimensión fija fue considerablemente más barato en comparación con el empleado en sitios de dimensión variable.

7. Se recomienda el muestreo en sitios de dimensión variable porque en campo ahorra tiempo y gastos de operación, mientras que en gabinete los cálculos son más fáciles y rápidos.

8. El método de los sitios de dimensión variable, es también útil en estudios rápidos de reconocimiento.

LITERATURA CITADA

Caballero D., M. y Villa S., A.B. 1977. Evaluación de cuatro tamaños de sitios circulares en inventario forestal. Publicación No. 18. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. 25 p.

Carreón R., F. 1963. Manual de muestreo de bosques por sitios de dimensiones variables. Boletín No. 12. Comisión Forestal del Estado de Michoacán, Morelia, Michoacán. 64 p.

-
- Grossenbaugh, L. R. 1958. Point-sampling and line sampling: Probability theory, geometric implications, synthesis. Dept. of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans. Occasional paper. 160 p.
- Husch, B. I., Ch. Miller, and W. T. Beers. 1971. Forest Mesuration. Second edition. Ed. Ronald Press Co. New York . 410 p .
- Kuusela, K. 1960, Variation of the site Pattern and growing stock and its effect on the precision of forest inventory. Acta forestalia fennica. Finlandia. 34 p.
- Lara R., M. 1981. Comportamiento de los diferentes aparatos utilizados en sitios de dimensiones variables con factor de área basal uno . Instituto Nacional de Investigaciones Forestales de México, (inédito) .
- Sánchez M., N. 1962. Los sitios de dimensiones variables y su aplicación en Michoacán. Publicación especial No. 1. Comisión Forestal del Estado de Michoacán, Morelia, Mich. 12 p.
- Spurr, S. H. Forest Inventory. Ed. Ronald Press Company, New York. 1952 . 476 p
- Zeide, B . y J. K . Troxel. 1981, Muestreo de sitios fijos sobre muestreo puntual. Traducido por M. Ruíz Altamirano. Mecanografiado . Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. 12 p.

***Cupressus dupreziana*, ENDÉMICO DE TASSILI Y TESTIGO DE TIEMPOS ANTIGUOS EN EL SAHARA CENTRAL.**

Dobry Joroslav*

RESUMEN

El tarout o ciprés de Tassili (*Cupressus dupreziana*) es una conífera endémica del valle de Tamrit, que ahora requiere ser protegida por el número tan limitado de individuos que se encuentran en su lugar de origen.

Palabras clave: Tarout, ciprés de Tassili, *Cupressus dupreziana*, Sahara Central, Argelia.

ABSTRACT

The tarout or Tassili cypress (*Cupressus dupreziana*) is an endemic conifer found in the valley of Tamrit, it use to have important uses in the past, but now it needs to be protected due to the limited number of trees grownig in it origen place

Key words: Tarout, Tassili cypres, *Cupressus dupreziana*, Central Sahara , Algeria.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A mediados del siglo pasado, los investigadores naturalistas examinaron una madera de conífera, que fue utilizada como componente de armas, de utensilios y para

* Doctor en Ciencias. Instituto de Botánica de la Academia de Ciencias, Praga.

construcción de casas por los habitantes de la región de Tassili y Hoggar en Argelia, Sahara Central. Esta madera, muy aromática, parecía ser del género *Juniperus*, *Thuya* o *Tetraclinis*, pero ningún naturalista pudo encontrarla en el área. Se suponía que debería provenir de los bosques de coníferas en las montañas de Tassili, casi inaccesibles para el hombre; pero muchos naturalistas pusieron en duda esta idea.

Todavía en el año de 1920, algunos naturalistas europeos escribieron que no era posible que una conífera pudiera existir en las condiciones climáticas contemporáneas del Sahara Central.

Unos sesenta años duró la búsqueda del árbol hasta que en el año de 1924 el comandante de la guarnición del Oasis de Djanet, el capitán Duprez, fue el primer europeo quien vió los maravillosos árboles en la Altiplanicie de Edehi, ubicados en el valle de Tamrit.

Un año después, el naturalista Lavauden colectó algunas muestras del árbol y la bióloga Camus, especialista en el género *Cupressus*, lo describió como una especie nueva y la designó, en honor al descubridor, como *Cupressus dupreziana*.

Posteriormente, con base en otras muestras de Tassili, el profesor Gaussen describió una nueva especie. Pero pronto fue evidente de que se trataba de la misma especie, que presenta mucha variación, y la segunda muestra era más representativa. La Bióloga Camus publicó una nueva descripción más amplia y en el año de 1957 el segundo autor reconoció y recomendó que el nombre válido es *Cupressus dupreziana*.

El "Ciprés de Tassili" es llamado por los tuaregs como el "tarout". Se distingue del *Cupressus sempervirens* del mediterráneo, ante todo, por los más grandes granos de polen, lo que posibilita determinar sin duda *Cupressus dupreziana* en sedimentos de la época de piedra. Según las investigaciones palinológicas, este árbol se reconoce como un elemento de origen mediterráneo, que creció hace unos seis mil años en las regiones montañosas de África del Norte, desde Túnez hasta Níger y Chad.

NOTAS ECOLÓGICAS

El resto de la población del tarout, el endémite de Tassili, comprende unos 150 ejemplares vivos, casi todos muy viejos. Crecen en valles de la altiplanicie sobre el Oasis de Djanet. El tarout es una especie que está registrada en el Libro Rojo de las plantas amenazadas de extinción. Todo este territorio está incluido dentro del Parque Nacional de Tassili, que en el año de 1982 fue decretado Patrimonio Mundial por la

UNESCO. Tassili se hizo famoso por las pinturas rupestres que ahí se encuentran, fechadas de la época de piedra.

Para entender el destino del tarout, tenemos que tomar en cuenta los cambios climáticos y la influencia del hombre desde el tiempo cuando apareció como un elemento importante de modificación de la naturaleza.

En el último millón de años, el desierto de Sahara ocupó más o menos la misma región de África del Norte. En relación con cambios climáticos del hemisferio boreal, alternaron en el Sahara épocas húmedas con épocas secas. La última época favorable fue aproximadamente de ocho mil hasta tres mil años antes de la Era Cristiana. En aquel tiempo, las montañas del Sahara Central abundaban en plantas y animales. El hombre de entonces, nos dejó el testimonio de esta riqueza en la forma de dibujos rupestres, mostrándonos los animales que ahí habitaban.

Según los dibujos rupestres y los conocimientos sobre el clima en los lugares donde estos animales viven hoy, por ejemplo, en condiciones de unos 250 mm de precipitación anual para hipopótamos y elefantes, unos 100 a 150 mm para jirafas y unos 50 mm para gazelas, se puede reconstruir el clima de Tassili de la época de piedra.

Hoy la situación es muy grave; durante los últimos 100 años, el promedio de las precipitaciones anuales en el territorio del Sahara Central bajó más del 30%. En el Oasis de Djanet, el promedio de precipitación anual de los últimos decenios es de unos 20 mm anuales, lo que significa un déficit de agua enorme.

Pero muchas cosas indican que junto con los cambios desfavorables del clima, fue el hombre mismo quien con el sobrepastoreo y uso excesivo de las plantas, contribuyó significativamente en la destrucción de los ecosistemas de Tassili.

Existen pruebas de que en el territorio del Sahara Central hubo épocas más secas que la época de hoy; por ejemplo, antes de la época subpluvial mencionada. A pesar de ello, hasta este siglo sobrevivieron, muchas especies de plantas y animales de Tassili; en tiempos desfavorables sobrevivieron en sus refugios. Como un ejemplo, se puede mencionar la presencia de pesca en los lagos de Tassili, a pesar de que muchos cientos de kilómetros alrededor no hay ríos.

¿Y el hombre? Aquí tienen un ejemplo triste: bajo la orden del comandante de la Guarnición de Djanet, el último cocodrilo en el valle de Inhérir fue matado en el año de 1854. Como irreal me pareció la narración del taureg Quant hace tres años, sobre los cocodrilos que habitaban en el valle de Inhérir.

Un ejemplo más: Una de las expediciones checoslovacas, la Expedición Sahara '75, recomendó que se hiciera una reserva rigurosa en un pequeño lago cercano a Djanet, el lago Ifri, con pájaros acuáticos y muchas especies de plantas y animales. Seis años después, nosotros encontramos este milagro de la naturaleza casi totalmente destruido. Los últimos tres individuos de los árboles *Tamarix* que antes formaron un bosque alrededor del lago, estaban talados hace poco tiempo, porque la savia todavía salía de sus troncos.

Esto es una ilustración de la difícil tarea que tiene el director del Parque Nacional de Tassili junto con sus ayudantes indígenas.

LA EXPEDICION TAROUT '81

Los participantes de la Expedición Sahara '75, encontraron en los cipreses de Tassili, del sitio Tamrit, conos con semillas; los colectaron y llevaron a Praga. En el Instituto de Botánica de la Academia de Ciencias logramos cultivar unas cien plantas, a pesar de que la germinación de semillas fue menor del uno por ciento. En el año de 1981 los árboles tenían una altura promedio de un metro treinta centímetros.

El director del Parque Nacional de Tassili expresó su interés en nuestros cipreses, y así, bajo un Convenio Cultural fue acordado el transporte de ellos, de Praga a Tassili. Todos los árboles fueron multiplicados vegetativamente y los sesenta individuos en buenas condiciones fueron empaquetados por avión (de Praga a Argel) al jardín de la Dirección del Parque Nacional de Tassili; desde este lugar, después de haberse empaquetado cuidadosamente, viajaron con nosotros en un camión militar a través del Sahara hasta Tassili.

En el Oasis de Djanet, nos sorprendió el gran interés de los empleados del Parque Nacional y de todos los tuaregs del oasis, en los cipreses traídos desde Checoslovaquia.

Pensábamos plantar una parte de los cipreses en el valle de Tamrit, abajo de los árboles viejos. Sin embargo, debido a la gran actividad turística, el pequeño lago de Tamrit fue vaciado por los burros, que los tuaregs usan como medio de transporte. Por eso, solamente hemos plantado quince de los árboles, al final del camino para automóviles en Akba Tafelalet, a donde se puede llevar agua para regarlos.

Plantámos otros árboles en varios jardines del Oasis de Djanet, en ocasión de la visita de la delegación del gobierno argelino.

Es necesario decir que no fuimos los primeros en lograr los cipreses de Tassili; pero nuestra acción debía de mostrar que el hombre, que sin duda contribuyó a la amenaza de esta especie, para su provecho, tiene que conservarla con prioridad en sus habitat naturales.

Como resultado de nuestra acción, dos años después de la plantación, el 90% de los árboles vivos estaban en muy buenas condiciones. Algunos alcanzaron la altura mayor de 2 m (siendo la altura máxima de 2.25 m).

Durante nuestra visita al valle de Tamrit encontramos evidencias de daño a los tarouts causada por el hombre, aunque en algunos casos el desarrollo posterior de los árboles indica una gran capacidad de resistencia y regeneración a los efectos de estos daños.

Hay que mencionar el problema de la determinación de la edad de los cipreses. En algunos libros (por ejemplo en el libro de Knapp, Vegetación de Africa) se escribe que los tarouts de Tassili tienen hasta unos 4,700 años de edad. Pero ¿Quién calculó la edad y de qué manera?

La existencia de árboles más jóvenes, como los que yo tuve oportunidad de ver, contribuye a no creer en lo que se ha escrito sobre la edad de los mismos. El Dr. Kerzabi utiliza el argumento para justificar la edad de los árboles, que los viejos tauregs afirman que desde los tiempos de sus abuelos, los tarouts han estado igual que hoy.

Lo curioso es que yo fui presionado para afirmar que los individuos de Tamrit son de los más viejos árboles del mundo, al igual que el pino *Pinus longaeva*, a lo que me resistí.

Recuerdo la historia de la investigación sobre la edad de los individuos de *Dracaena drago* de las Islas Canarias. Alejandro de Humboldt estimó su edad hasta de unos seis mil años. Pero la investigación detallada del crecimiento confirmó su edad en unos 300 a 400 años.

Aquí podemos también mencionar las discusiones sobre la edad del famoso ahuehuate de Oaxaca (el árbol de Tule), que tiene de dos mil a cuatro mil años de edad, o más.

Como veremos, no se puede creer en todo lo que está escrito en libros. Por ejemplo, en el libro de Grecuss sobre la xilotomía de coníferas desde el año de 1972, se escribe

sobre *Cupressus dupreziana* que "en la región entre Djanet y Chat, forma densos bosques".

Me parece como aceptable la indicación de la edad de cerca de dos mil años de los tarouts de Tassili, que aparece en el Libro Rojo.

Con el permiso del director Kerzabi, saqué 20 virutas de cinco tarouts (de troncos y ramas) para la evaluación del crecimiento en diámetro.

Nuestro trabajo en el Parque Nacional de Tassili fue filmado por el operador, señor Rabia Benmokhtar. Sus películas llamadas "Parque Nacional Tassili", "Huellas en la arena" y "Tarout, el árbol milenario", ganaron el reconocimiento y premios en algunos festivales de películas documentales sobre historia natural. Este año fue completada una nueva versión de la película sobre esta especie, que contiene la plantación de los tarouts de Checoslovaquia, el trabajo en el valle de Tamrit y también el trabajo en nuestro laboratorio.

Durante nuestra estancia en Djanet, tuvimos muchas discusiones con el director del Parque, Dr. Kerzabi, y con el director del Parque Nacional de Djurdjura, Sr. Muller, quien también estuvo presente en Djanet. Estos señores me pidieron escribir mis opiniones como dictamen pericial para el tratamiento ministerial sobre los problemas de la protección de la naturaleza en el Parque Nacional Tassili. Esto hemos hecho con esta idea principal: es muy importante que el desarrollo industrial turístico de lugares como el Oasis de Djanet con sus alrededores, esté adecuado a las condiciones naturales.

PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

Quisieramos continuar con nuestro trabajo dendrocronológico a pesar de que afrontamos dificultades serias. Es de esperar que en la combinación de este método con la evaluación de edad de muestras de madera por el medio del carbono radioactivo, con la ayuda de dendrómetros y de la estación meteorológica de Tamrit, así como por la investigación zolotómica, podremos obtener conocimientos acerca de las regularidades del crecimiento en diámetro y de la formación de anillos. Estamos seguros que la madera aromática de tarout tiene un gran valor como materia prima.

En cuanto al germoplasma, hemos propuesto la salvación de todos los ejemplares relictos vivos por medio de injerto. Es indispensable fundar una plantación clonal en el valle de Djanet.