

ESTUDIO SINECOLÓGICO DEL BOSQUE DE OYAMEL DE LA CAÑADA DE CONTRERAS, DISTRITO FEDERAL

Nieto de Pascual Pola Cecilia*

RESUMEN

Se realizó un levantamiento fitoecológico en el bosque de oyamel (*Abies religiosa* [HBK] Schl. & Cham.) en la Cañada de Contreras, Delegación Magdalena Contreras, al suroeste del Distrito Federal. Los objetivos se orientaron a caracterizar la composición florística, forestal y edáfica de la comunidad con el fin de fundamentar evaluaciones posteriores. Se utilizaron técnicas tradicionales tanto de recolecta, como de análisis.

Los resultados indican una comunidad con la diversidad florística propia del oyametal, con predominio de compuestas, compartiendo especies para los bosques de la Sierra del Ajusco; una distribución altitudinal limitada de los 2,930 a los 3,400 msnm, con preferencia a pendientes superiores al 30%, donde las masas lucen más vigorosas; distribución espacial irregular, sobre suelos profundos y ricos en materia orgánica de textura franco-arenosa, con rocosidad media del 18%. Existen pocos árboles de gran altura (35 m) y hay un predominio de alturas medias y de coberturas reducidas. No se encontraron oyameles en los estratos inferiores, y los daños más comunes son la defoliación y el desrame.

Palabras clave: Oyamel, *Abies religiosa*, Sinecología, daños por ozono, Distrito Federal.

* Bióloga, M.C., Investigador Titular, CENID-COMEF, INIFAP, SAGDR.

ABSTRACT

A phytocological survey was made in the fir (*Abies religiosa* [HBK] Schl. & Cham.) forest in Cañada de Contreras, in Magdalena-Contreras borough, located at the Southwest of Distrito Federal, Mexico. The purpose of this study was bound to describe the floristic composition, as well as the forest conformation and soil condition of this community in order to support further research works. Traditional field and analysis techniques were used.

Results show a community with a floristic diversity as expected, with dominance of Compositae, with species common to these forests in Sierra del Ajusco. Altitude distribution from 2,930 to 3,400 m, with a clear preference to cliffs over 30 per cent where the trees look more vigorous; irregular spacial distribution, over deep soils with rich organic matter, of sandy-loam texture, and 18% rocks average. There are few very large trees (35 m height) and a clear predominance of medium heights. No young trees were found in the lower strata. The most common injury observed was defoliation and lack of lower branches.

Key words: Fir, *Abies religiosa*, Synecology, ozone injuries, Distrito Federal.

INTRODUCCIÓN

El bosque de oyamel o abetos u oyamental (*Abies religiosa* [HBK] Schl. & Cham.) es una comunidad climax de la vegetación de coníferas, que domina las partes altas de los montes que rodean el Valle de México, y cuya conservación es determinante para la calidad de vida del área metropolitana de la Ciudad de México.

El oyamel o abeto es la única especie del género *Abies* que vegeta en la zona (Martínez, 1953)¹, de la que se tiene conocimiento ha estado presente en el territorio desde tiempos pre-hispánicos (Sahagún, 1955 in Moncayo Ruiz, 1981)². Sin embargo, la trabajabilidad de su madera propició su aprovechamiento sistemático, lo que contribuyó al deterioro del habitat y, consecuentemente, a la reducción de sus poblaciones.

¹Martínez, M. 1953. "Las pináceas mexicanas". pp. 98-109.

²Moncayo R., F. 1981. "Relación de algunas cosas de los montes de México -un ensayo histórico del asunto forestal". pp. 33.

Actualmente la preservación de los bosques se ve amenazada por un agente abiótico exógeno a los ecosistemas forestales: la contaminación atmosférica. Representa un factor de daño principal que ejerce un impacto determinante en las masas arbóreas, independientemente de su especie, desarrollo o edad, y en particular las de la Cuenca de México manifiestan ya síntomas inequívocos de dicho mal (Bauer *and* Krupa, 1990)³.

El oyamel del Distrito Federal se localiza sobre la cadena montañosa al suroeste, y sus bosques más densos se ubican en la Sierra del Ajusco, en el Parque Desierto de los Leones y en la Sierra de las Cruces. Se caracteriza por un ambiente sombrío y húmedo que le permite desarrollar individuos cuya altura puede aún rebasar los 35 m, y una proliferación de individuos de menor altura en una tendencia diamétrica descendente también, donde la regeneración es natural.

Sin embargo en ecosistemas perturbados, la distribución regular y gradual de diámetros y alturas puede verse interrumpida, y paralelamente, la regeneración natural también.

Un estudio sinicológico permite conocer en qué estado se encuentra el ecosistema en un momento dado, en relación a sus principales componentes. Por lo tanto, aporta conocimiento básico para investigaciones posteriores.

El bosque de oyamel de la cañada de Contreras ha sido poco estudiado, aun cuando forma parte del macizo forestal del Parque Nacional Cumbres del Ajusco. Por altitud y localización, el oyamel es dominante, y su aspecto es más saludable que en el Parque Desierto de los Leones y en la Sierra del Ajusco, donde su deterioro ha sido ampliamente estudiado (Bauer *et al.*, 1985⁴; Nieto, 1986⁵).

Como una primera aproximación para conocer cómo está la comunidad de oyamel de la Cañada de Contreras con mayor veracidad, se planteó el desarrollo del proyecto actual con los siguientes **objetivos**:

1. Obtener un perfil florístico de la comunidad de oyamel .
2. Evaluar el estado de desarrollo y de salud del arbolado de oyamel.
3. Caracterizar el estrato edáfico de la comunidad de oyamel.

³Bauer, L.I. *and* Krupa, S.V. 1990. "The Valley of Mexico: summary of observational studies on its air quality and effects on vegetation". 65:109-118.

⁴Bauer, L.I. de, Hernández T., T. *and* Manning, W.J. 1985. "Ozone causes needle injury and tree decline in *Pinus hartwegii* at high altitudes in the mountains around Mexico City". 35 (8): 838.

⁵Nieto de Pascual P., C. 1986. "Síntomas de deterioro del arbolado en la Sierra del Ajusco". pp. 25-44.

Se trabajó exclusivamente en bosque de oyamel, aun cuando se reconoce la presencia de especies de pino (*Pinus montezumae* Lamb.), madroño (*Arbutus xalapensis*), encinos (*Quercus* spp.) y diversas latifoliadas a lo largo de su distribución altitudinal.

ANTECEDENTES

Los estudios sinecológicos se han realizado tradicionalmente como descripciones básicas de las comunidades forestales porque permiten diagnosticar el estado actual del ecosistema, su composición estructural, diversidad, estado de desarrollo, la condición de salud o enfermedad general de sus componentes principales y la riqueza del ecosistema.

En bosques del norte de México, Chacón y Sánchez (1986)⁶ realizaron un estudio interesante de orden fitoecológico en Madera, Chihuahua, considerando la relación entre el suelo y la vegetación.

De los más cercanos al estudio actual, pueden mencionarse las contribuciones de Anaya (1962)⁷ que obtuvo información de tipo sinecológico para describir el declive occidental del Iztaccíhuatl.

Madrigal (1967)⁸ con un alcance mucho mayor, describió los bosques de oyamel del Valle de México tanto en su composición florística como estructural, lo que permite tener una referencia sustancial para muchos de los aspectos que aquí se abordan.

Obieta y Sarukhán (1981)⁹ trabajaron con objetivos semejantes en un pinar de *Pinus hartwegii* Lindl. con especial énfasis en aspectos fitoestructurales.

En 1987 se realizó un estudio fitoestructural que aportó algunas características ecológicas y forestales de las diversas asociaciones vegetales de Sierra del Ajusco, con

⁶Chacón S., J.M., y Sánchez C., J. 1986. "Dinámica de establecimiento de la regeneración de *Pinus arizonica* Engelm". pp. 15-42.

⁷Anaya L., A.L., 1962. La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccíhuatl (México).

⁸Madrigal S., X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* [HBK] Schl. & Cham.) en el Valle de México.

⁹Obieta, M. C. y Sarukhán K., J. "Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii*. I: estructura y composición florística". 75-126.

una aproximación sinicológica, principalmente (Nieto, 1987)¹⁰.

De la cañada de Contreras, solamente se tienen colectas aisladas que están registradas en el Herbario Nacional Forestal "Biólogo Luciano Vela Gálvez" (INIF), del Centro de Investigaciones Disciplinarias en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (CENID-COMEF) del INIFAP.

Hasta donde se pudo investigar, no se tiene mayores antecedentes de estudios ecológicos del bosque de la cañada de Contreras.

ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica dentro de la cañada de Contreras en la Delegación Política Magdalena Contreras, al suroeste del Distrito Federal, México.

Forma parte de la Sierra de las Cruces, dentro de la región que continúa a la Sierra del Chichinautzin, y que constituye el parteaguas de la Cuenca de México con la Cuenca del Balsas (García y Falcón, 1979)¹¹. Se ubica entre los 99° 16' 00" de longitud oeste, y los 19° 17' 00" de latitud norte (DDF, 1993)¹².

Según la antigua Secretaría de Agricultura y Ganadería (1970)¹³, el arbolado de la cañada de Contreras linda por el norte con los pueblos de San Bartolo Ameyalco y Santa Rosa; por el sur, con los montes de la Hacienda de Eslava y los ejidos de San Nicolás Totolapa; por el oriente, con el pueblo de San Nicolás Totolapa, y por el poniente con el Desierto de los Leones, entre la Cruz de Coloxtitla y el Cerro San Miguel. (Figura N° 1).

La superficie está formada por la cuenca del río de La Magdalena, y limitada naturalmente por las crestas de las montañas que le rodean, quedando comprendidas 3,100 Ha de terrenos forestales de la Hacienda de la Cañada y el pueblo de La Magdalena. Corresponde a una zona protectora forestal (Moguel, 1991)¹⁴.

¹⁰Nieto de Pascual P., C. 1987. Análisis estructural de las comunidades forestales de la Sierra del Ajusco, México.

¹¹García de M., E. y Falcón de G., Z. 1980. Nuevo atlas Porrúa de la República Mexicana.

¹²Departamento del Distrito Federal. 1993. Reforestación urbana de la Delegación Magdalena Contreras, México.

¹³Secretaría de Agricultura y Ganadería. 1970. Código Forestal.

¹⁴Moguel Flores, A. 1991. "Áreas protegidas". pp. 26-31.

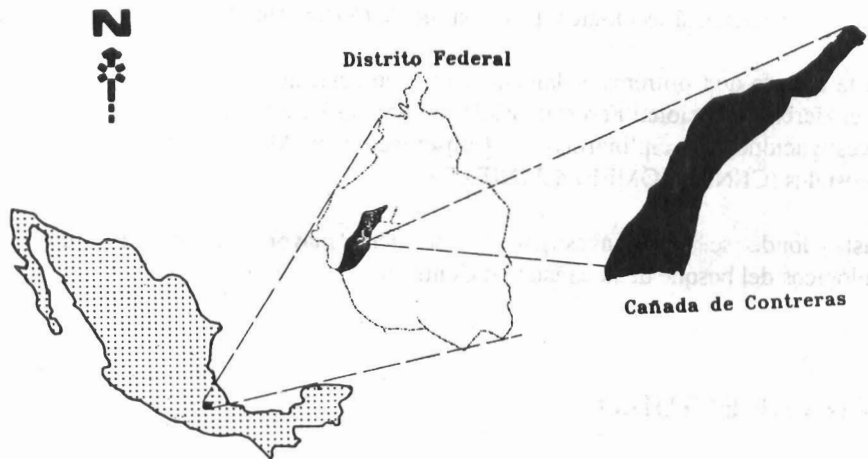


Figura N° 1. Localización de la zona de estudio.

Para la zona, el clima prevaeciente en el bosque de oyamel, según el sistema de Köppen modificado por García' (1973)¹⁵, es el **C(w₂)(w)(b')ig**, que corresponde a un templado moderado lluvioso, con invierno seco y la precipitación del mes más lluvioso de verano, mayor de 10 veces a la precipitación del mes más seco; la temperatura del mes más cálido inferior a 22° C, y la temperatura máxima, anterior al solsticio de verano.

METODOS

Una vez delimitada la zona de estudio, se realizaron varios recorridos de reconocimiento.

¹⁵García, E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen.

Partiendo del hecho de que solamente se trabajó con oyamel, se aplicó un muestreo aleatorio simple (Cochran, 1953)¹⁶, lo que permitió representar, indistintamente a esta especie en los diversos tipos de ambiente donde se desarrolla: es decir, en terrenos planos o de pendiente acentuada.

El tamaño de muestra se calculó con la técnica de medias acumuladas, con base en la densidad forestal (Grieg-Smith, 1983)¹⁷

La toma de datos se realizó mediante el levantamiento fitoecológico recomendado por Madrigal (1976)¹⁸ porque considera tanto elementos cualitativos de descripción del sitio, como cuantitativos de los componentes bióticos y abióticos, utilizando fichas de campo.

El sitio de muestreo fue cuadrado (33x33m) con una superficie de 1.000 m² por tratarse del tamaño convencional para inventarios forestales (DGINF, 1974)¹⁹

La colecta botánica se realizó durante los recorridos de reconocimiento para tener acceso a la vegetación de especies anuales que florecen durante el verano. El muestreo para evaluar características fitosociológicas se realizó dentro de los sitios de 1.000 m². Las técnicas empleadas fueron las convencionales (Vela *et al.*, 1982)²⁰, a fin de favorecer el proceso de determinación taxonómica posterior en el Herbario Nacional Forestal (INIF). Los ejemplares debidamente identificados se entregaron para ser incorporados a dicha colección.

La evaluación del arbolado se realizó aplicando técnicas tradicionales (Madrigal, 1976), y su aparente salud o deterioro se ponderó mediante la identificación visual de síntomas, con base en la clave de Skelly *et al.* (1992)²¹. En algunos casos, se optó por traer muestras para evaluación en gabinete.

El muestreo edáfico se efectuó a razón de una muestra por cada sitio de muestreo (0-30 cm), siguiendo técnicas conocidas (Reyes *et al.*, 1980)²². El análisis físico y químico de las muestras colectadas se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos del Departamento de

¹⁶Cochran, W.G. 1953. "Sampling techniques", pp.30-31.

¹⁷Grieg-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology.

¹⁸Madrigal S., X. 1976. Instructivo para el estudio fitoecológico del Eje Neovolcánico.

¹⁹Dirección General del Inventario Nacional Forestal (Ed.) 1974. Inventario Forestal del Estado de México y Distrito Federal.

²⁰Vela G., L., Hernández R., A y Boyás D., J.C. 1982. Instructivo para la colecta de material botánico.

²¹Skelly, J.M.; Davis, D.D.; Merrill, W.; Cameron, E.A.; Brown, H.D.; Drummond, D.B. and Dochinger, L.S. 1992. "Diagnosing injury in Eastern forest trees", pp. 1-19.

²²Reyes C., R., J. Soto S., y J. Ma. Castro S. 1980. Guía para el muestreo de suelos forestales.

Biología de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala (ENEP-I). Consistió en la determinación de:

- color. en seco y húmedo por comparación utilizando tablas de Munsell (1975),²³
- densidad aparente. por volumen.
- densidad real. por el método del pignómetro (Jackson. 1976).²⁴
- espacio poroso. por densidad.
- textura. por el método de Bouyoucos (1951 in Jackson. *op. cit.*).
- materia orgánica. por el método de Walkley & Black (1957 in *Ibid.*).
- pH. por medio de potenciómetro.
- CICT. por el método de titulación con versenato 0.02 N (Jackson. *op.cit.*).
- Ca y Mg. por el mismo método anterior, y
- conductividad eléctrica . por medio del flamómetro (*Ibid.*).

RESULTADOS

a) Tamaño de muestra

Tomando como base la densidad forestal por sitio, el tamaño de muestra se determinó mediante un muestreo, evaluando dicho componente en 20 sitios de 1,000 m² cada uno. De ello resultó que la curva se pondera alrededor de los 8 sitios (Cuadro N° 1), optándose por establecer 10 sitios (Figura N° 2).

b) Caracterización ecológica

La información ecológica reunida en los sitios de muestreo se refiere principalmente a los componentes registrados mediante la Ficha 1 del sistema de Madrigal (1976), que se ordenan en el Cuadro N° 2.

c) Datos florísticos

El levantamiento florístico realizado en los 15 sitios de estudio determinados como tamaño de muestra, reportó un total de 17 familias, 34 géneros y 40 especies. En el

²³Munsell. 1975. Cartas de color del suelo.

²⁴Jackson. M.L. 1976. Análisis químico de suelos.

cuadro N° 3 se ordenan las especies por familia y estrato vertical al que pertenecen, y en la figura N° 3 aparece la distribución de familias por número de especies.

SITIO N°	N° de Árboles	Σ Árboles	\bar{X}
1	32	0	0.00
2	20	52	26.00
3	18	70	23.33
4	30	100	25.00
5	20	120	24.00
6	21	141	23.50
7	22	163	23.28
8	26	189	23.62
9	23	212	23.55
10	21	233	23.30
11	35	268	24.36
12	19	287	23.91
13	38	325	25.00
14	17	342	24.42
15	30	372	24.80
16	21	393	24.56
17	18	411	22.83
18	31	442	24.55
19	27	469	24.68
20	16	485	24.25

Cuadro N° 1. Datos de densidad forestal para determinar el tamaño de muestra.

La predominancia de compuestas es evidente, así como ocurre con las familias uniespecíficas.

Su distribución es regular, a excepción de *Picris echioides* L. (Compositae), *Castilleja tenuiflora* Benth. (Scrophulariaceae), *Galium aschenbornii* Schawer. (Rubiaceae) y *Ceanothus coeruleus* Lag. (Rhamnaceae).

Estructura. En el bosque de oyamel se pueden distinguir cinco estratos verticales, desde el rasante hasta el dosel superior, de acuerdo a la clasificación de Madrigal (1976) y de Manzanilla (1974)²⁵.

²⁵Manzanilla B., H. 1974. Investigaciones epidemétricas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*.

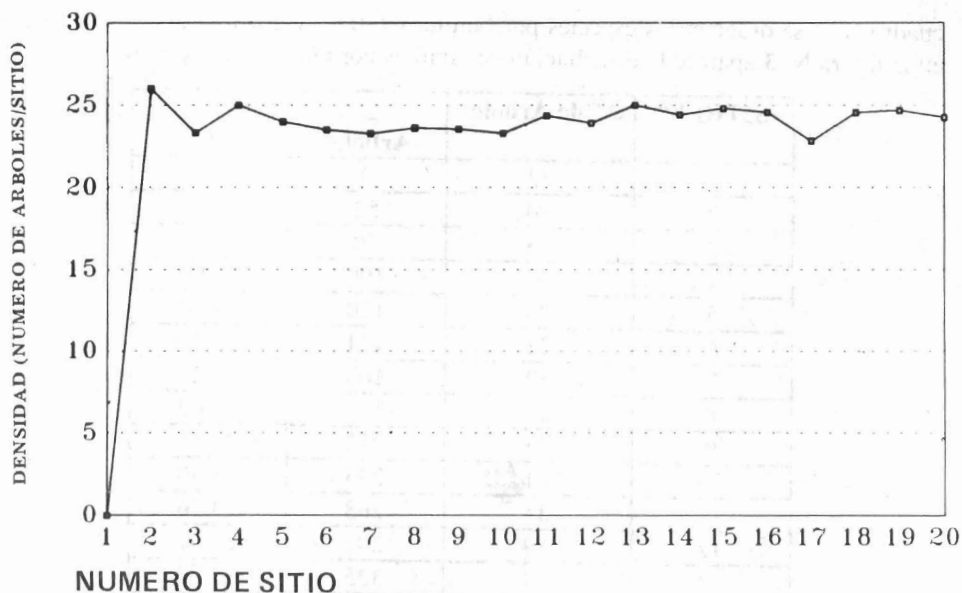


Figura N° 2. Ponderación de medias acumuladas para el tamaño de muestra.

	S I T I O									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EXP	SW	NE	SE	N	E	SW	S	SW	SW	S
PEND (%)	28	30	26	35	10	40	27	30	32	15
ALT (msnm)	3 400	3 350	3 250	3 190	3 050	3 200	3 450	2 930	3 350	3 070
MR	AC	AC	AC	AC	PL	AC	ME	AC	AC	PL
C.HID.	H	MH	MH	MH	H	MH	MH	H	MH	MH
VEG (%)	70	55	80	75	60	80	75	65	50	70
MF (%)	5	5			5		5	10	5	5
G+P (%)	5	10	5	5	5			5	5	10
Roca (%)	10	30	15	10	20	10	20	20	30	15
Hojarasca:										
(%)	10	14	13	10	10	10	15	20	20	5
cm	5	10	8	20	10	15	8	10	6	3

Cuadro N° 2. Descriptores ecológicos principales del bosque de oyamel estudiado en La Cañada de Contreras.

EXP= exposición; PEND= pendiente; ALT=altitud; MR=microrrelieve (PL= plano. ME=medio, AC=accidentado); C.HID.= condiciones hidricas (H=húmedo, MH=muy húmedo); VEG= vegetación; M.F.=material fino; G+P=grava y piedra. El tipo de roca en la zona corresponde a basaltos y andesitas.

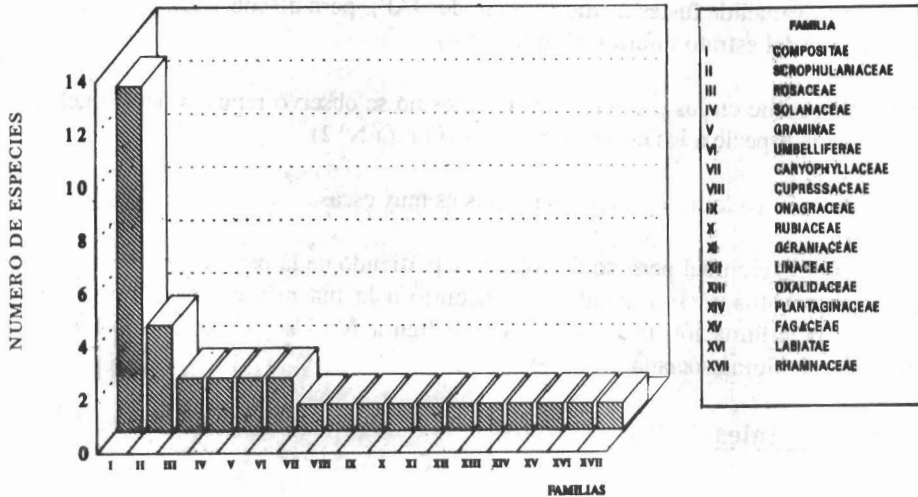


Figura N° 3. Distribución de las familias vegetales del bosque de oyamel de la cañada de Contreras.

En el estrato I o rasante (de 0.01 a 0.29 m de altura) se presenta una abundancia de musgos, compuestas y solanáceas, y algunos macromicetos (*Ammanita rubescens* (Pers. ex Fr.) S.F. Gray, *A. gemmata* (Fr.) Gill., *Gomphus floccosus* (Schwein.) Sing., *Lactarius salmonicolor* Heim & Leclair, *Foliota* sp. y *Boletus edulis* (Bull.) Fr.): este estrato estuvo ausente en el 20% de los sitios.

El estrato II o herbáceo (de 0.30 a 0.90 m de altura) es el más abundante, y comprende al 80% de las especies identificadas. La especie dominante por cobertura es *Alchemilla procumbens* Rose.

El estrato III o arbustivo (de 0.91 a 1.5 m de altura) es de distribución irregular, pues en 10% de los sitios es tan abundante que impide el acceso de luz a los estratos inferiores, y en el resto es de escaso a regular. Aquí, las especies predominantes son *Senecio rhombifolius* Sch. Bip. y *Symphoricarpos microphyllus* HBK.

El estrato IV o arbóreo inferior (de 3 a 15 m de altura) es escaso, con ejemplares de oyamel de fustes delgados (15 a 25 cm de diámetro normal, DAP).

El estrato V o arbóreo superior (de 16 a 35 m de altura) es igualmente escaso, con ejemplares de oyamel de fustes medios (45 cm de DAP), pero de coberturas mucho más amplias que los del estrato inferior. (Figura N° 4)

Desafortunadamente en los primeros tres estratos no se observó renuevo de oyamel, lo que confina a la especie a los estadios maduros (Figura N° 2).

La presencia de trepadoras, epífitas y parásitas es muy escasa.

Fenología. En función del período de colecta, y partiendo de la base de que la mayoría de las especies herbácea son anuales, se encontró a la mayoría en floración, lo que favoreció su determinación taxonómica. En la figura N° 5 se presenta la condición encontrada en la flora asociada.

d) Datos forestales

Densidad forestal. La densidad forestal calculada por conteo directo, fue de 29 árboles de oyamel por sitio, en promedio, con una población total de 265 ejemplares arbóreos de ésta especie y 27 entre encinos (*Quercus rugosa* Neé.), cedros (*Cupressus lindleyi* Klotzsch.), y mádroños (*Arbutus glandulosa* Mart. et Gal.). La distribución espacial es agregada, i.e., que se dispone de forma irregular sobre el terreno.

Dasometría. En este apartado se consideraron las siguientes variables: altura, DAP, cobertura y edad. El fuste limpio y la profundidad de copa no se estimaron en virtud de que el cálculo de volúmenes no se contempla como información de interés para un bosque bajo conservación.

Con base en los datos recabados en campo, se calcularon intervalos de valor para cada variable, y su valor promedio, a fin de hacer una caracterización general de la población. En el cuadro N° 4 se ordena la información.

ESPECIE	ESTRATO*	FAMILIA
<i>Abies religiosa</i>	IV,V	Pinaceae
<i>Acaena elongata</i>	I	Rosaceae
<i>Alchemilla procumbens</i>	II	Rosaceae
<i>Arbutus glandulosa</i>	IV	Ericaceae
<i>Artemisa ludoviciana</i>	II	Compositae
<i>Bidens thipenervia</i>	II	Compositae
<i>Brassica campestris</i>	II	Cruciferae
<i>Bromus carinatus</i>	II	Graminae
<i>Castilleja tenuiflora</i>	II	Scrophulariaceae
<i>Ceanothus coeruleos</i>	III	Rhamnaceae
<i>Cerastium purpureum</i>	II	Caryophyllaceae
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	II	Compositae
<i>Cupressus lindleyi</i>	IV	Cupressaceae
<i>Erigeron galeotti</i>	II	Compositae
<i>Eryngium carlinae</i>	II	Umbelliferae
<i>E. protaeiflorum</i>	II	Umbelliferae
<i>Eupatorium pycnocephalum</i>	II	Compositae
<i>Euphorbia fircillata</i>	II	Euphorbiaceae
<i>Fuchsia microphylla</i>	III	Onagraceae
<i>Galium aschenbornii</i>	II	Rubiaceae
<i>Geranium seemanii</i>	I	Geraniaceae
<i>Graphalium americanum</i>	II	Compositae
<i>Graphalium oxyphyllum</i>	II	Compositae
<i>Linnum mexicanum</i>	II	Linaceae
<i>Muhlenbergia macroura</i>	II	Graminae
<i>Oxalis alpina</i>	I	Oxalidaceae
<i>Penstemon campanulatus</i>	II,III	Scrophulariaceae
<i>Penstemon gentianoides</i>	II,III	Scrophulariaceae
<i>Physalis stapeloides</i>	II	Solanaceae
<i>Picris echinoides</i>	II	Compositae
<i>Plantago major</i>	II	Plantaginaceae
<i>Quercus rugosa</i>	IV	Fagaceae
<i>Salvia elegans</i>	II	Labiatae
<i>Senecio Barba-johannis</i>	III	Compositae
<i>Senecio platanifolius</i>	III	Compositae
<i>Senecio rhombifolius</i>	III	Compositae
<i>Senecio tolucanus</i>	III	Compositae
<i>Sibthorpia repens</i>	I	Scrophulariaceae
<i>Siegesbeckia jorullensis</i>	II	Compositae
<i>Solanum cervantesii</i>	III	Solanaceae
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	III	Caprifoliaceae

Cuadro N° 3. Especies vegetales asociadas al bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en La Cañada de Contreras.

* I = rasante II = herbáceo III = arbustivo IV = arbóreo inferior V = arbóreo superior

ELEMENTO DASOMÉTRICO	INTERVALO		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Altura total (m)	8	35	22
D.A.P. (cm)	15	110	45.8
Cobertura (metros cuadrados)	1	14	7
Edad (años)	21	97	57

Cuadro N° 4. Resumen de los valores dasométricos de la población de oyamel estudiada en la cañada de Contreras.

La distribución de la población en función de cada uno de los elementos dasométricos, se presenta en las figuras siguientes, en donde se esquematizan las características de la población.

Los principales descriptores dasométricos indican lo siguiente:

Alturas. Casi la mitad del arbolado (49.44%) se agrupa entre los 21 y los 30 m; sólo el 15% es superior a esta dimensión, y el menor porcentaje corresponde al arbolado menos alto (Figura N°6).

Diámetros. Al ordenar los valores de DAP en categorías de 10 cm, se observa una distribución normal, en donde se tiene un número muy reducido de los diámetros extremos, y un incremento de la frecuencia hacia el intervalo entre los valores medios (Figura N° 7).

Coberturas. La distribución del arbolado por este atributo indica que el 65.54% de la población tiene coberturas reducidas y que solamente un individuo tiene una cobertura extrema (Figura N° 8).

Edades. La distribución de las edades no sigue una tendencia normal, pues la población más abundante tiene entre 21 y 40 años, hay pocos jóvenes, menos maduros y se encontró un número de individuos sobremaduros, mayor a estos dos grupos (Figura N° 9).

Sanidad. Al analizar el estado de salud aparente sobre una base sintomatológica, se observa que la anomalía más frecuente es la defoliación, que se caracteriza por una ausencia del follaje en las ramas. A éste continúa la pérdida de ramas inferiores. El moteado foliar es menos alto, pero corresponde al 12.20% de la incidencia de daños, al

igual que el ocoteo. El resto son muy semejantes y poco importantes en el conjunto (Figura N° 10).

e) Relaciones entre las variables

Ecología-Arbolado. Al tratar de asociar la densidad forestal con las variables ambientales principales, se aprecia una preferencia de las poblaciones más abundantes hacia la **exposición** suroeste, sin que acusen relaciones de dependencia estadística, en virtud de que se presentan sitios con densidades forestales cercanas a los valores extremos superiores con exposiciones distintas.

Las **pendientes** más pronunciadas coinciden con densidades altas, *i.e.*, los sitios 2, 6, 8, y 9, sin acusar dependencia, a partir de la distribución más bien regular de las densidades en los demás sitios.

La **altitud** y la densidad forestal son variables independientes, al presentarse un número alto de individuos tanto en niveles inferiores como altos, igualmente.

No se presenta una relación clara entre la **exposición** y la densidad forestal

Por lo que se refiere a la **topografía** tiende a ser accidentada, y las condiciones ambientales se caracterizan por una humedad fuerte, en general.

La **hojarasca** no es especialmente profunda ni abundante, acumulándose en algunos claros en proporción irregular.

Arbolado-Sanidad. Al revisar la incidencia de daños en el arbolado, se observa que la mayor proporción de individuos sanos se da entre los árboles del estrato medio superior (21 a 30 m), mismos que igualmente son los más abundantes; se da mayor proporción de daños en individuos de menor altura y la menor frecuencia se manifiesta en los individuos menos desarrollados en este sentido (Figura N° 11).

Por lo que se refiere a su distribución diamétrica, se agrupan los individuos más dañados en frecuencia entre las categorías diamétricas entre los 10 y los 20 cm, y los 40 y los 50 cm, y los menos dañados se agrupan entre los de diámetros entre los 30 y los 40 cm, que también son los más (Figura N° 12).

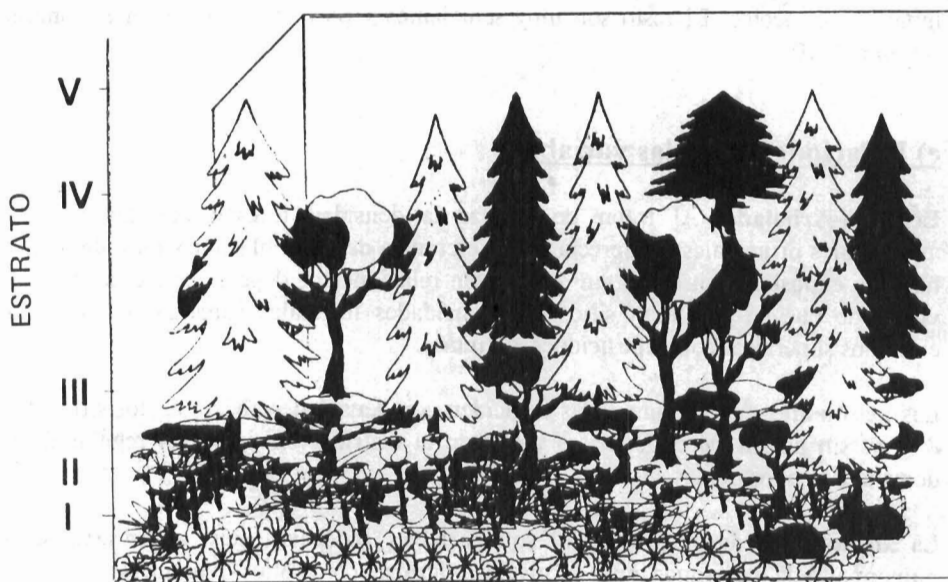


Figura N° 4 Disposición estructural de la comunidad vegetal del bosque de oyamel estudiado en la cañada de Contreras.

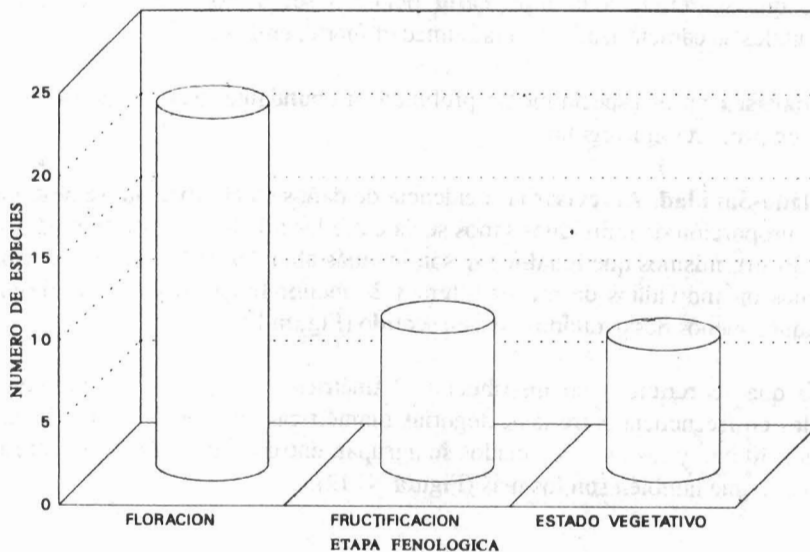


Figura N° 5 Fenología de la vegetación del bosque de oyamel estudiado.

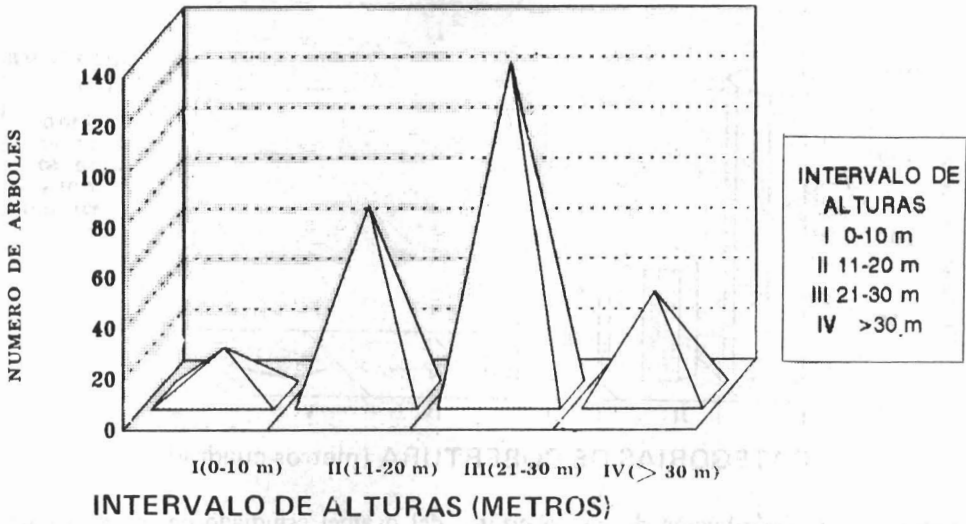


Figura N° 6. Distribución de alturas de oyamel de la cañada de Contreras.

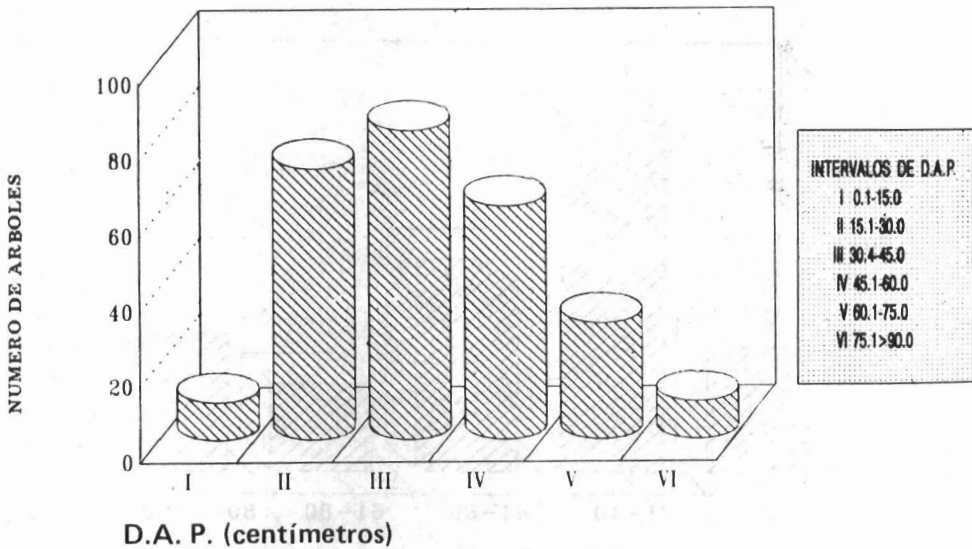


Figura N° 7. Distribución de diámetros de oyamel en la cañada de Contreras.

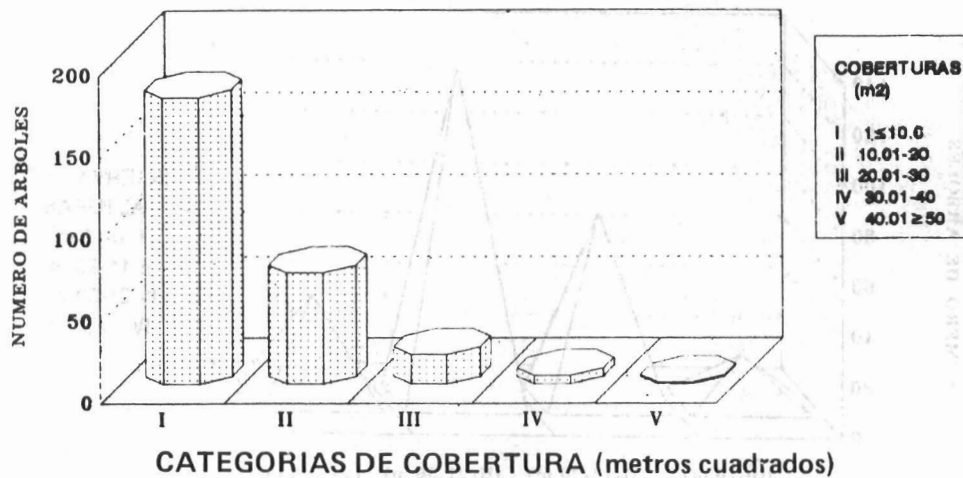


Figura N° 8. Distribución de las coberturas del oyamel estudiado en la cañada de Contreras.

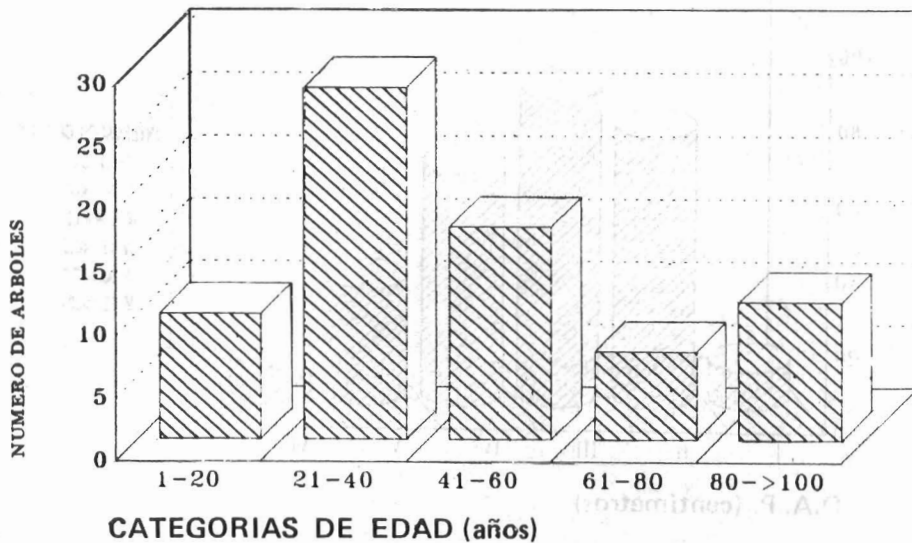


Figura N° 9. Distribución de edades de la población estudiada de oyamel.

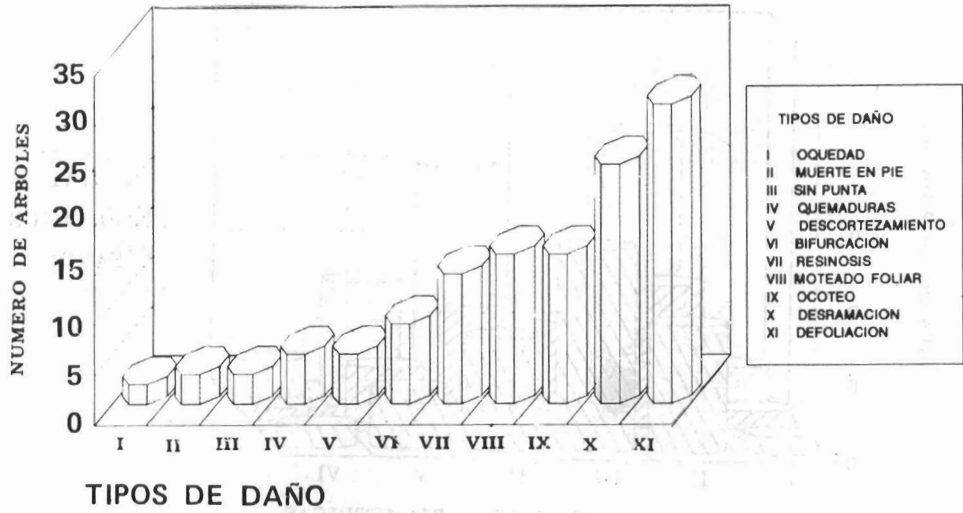


Figura N° 10. Tipos de daño en oyamel de la cañada de Contreras.

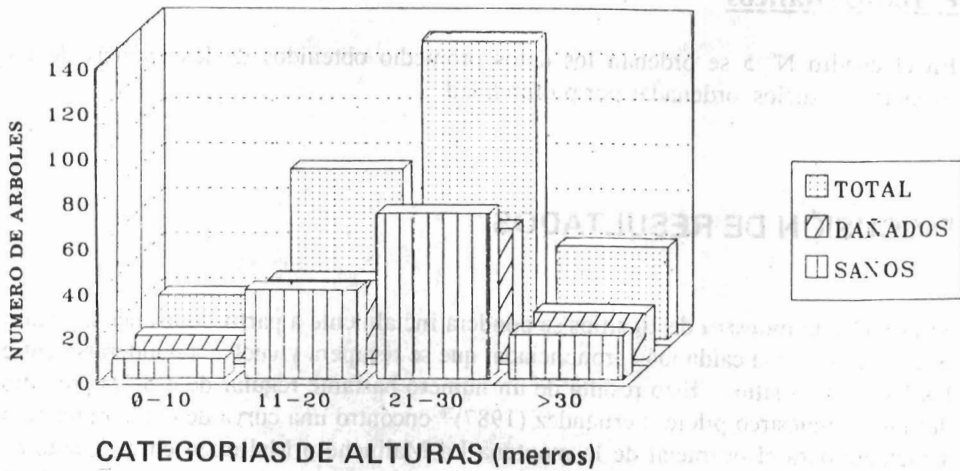


Figura N° 11. Relación de árboles sanos y dañados de oyamel respecto a la altura.

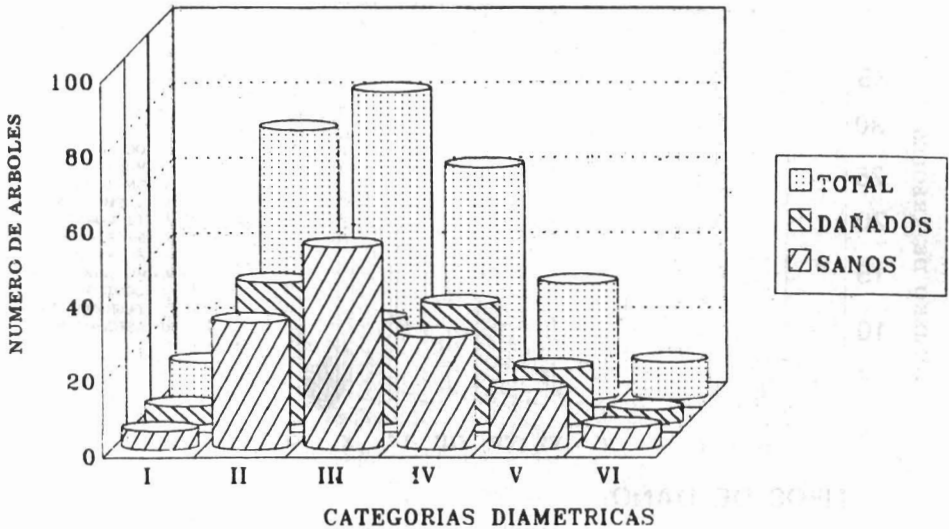


Figura N° 12. Relación de árboles sanos y dañados de oyamel respecto al DAP.

e) Datos edáficos

En el cuadro N° 5 se ordenan los datos promedio obtenidos de los análisis de las muestras de suelos, ordenadas por profundidad.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El **tamaño de muestra** de 10 sitios se pondera inicialmente a partir de los ocho, y varía poco, salvo en una caída más pronunciada, que se recupera y vuelve a ponderarse entre los 18 y los 19 sitios. Esto resulta de un número bastante regular de árboles por sitio durante el muestreo piloto. Fernández (1987)²⁶ encontró una curva de comportamiento semejante para el oyamel de la montaña La Malinche o Malintzin en el Estado de Tlaxcala, lo que no necesariamente indica que esto es una característica común de la

²⁶Fernández G., Ma. T.E. 1987. "Estudio ecológico del bosque de *Abies religiosa* [HBK] Schl.& Cham. en el Parque Nacional "La Malintzin" en el Estado de Tlaxcala, México". pp. 19-74.

especie. pues Nieto (1987) obtuvo una distribución numérica semejante para bosque de coníferas puras y mezcladas en la Sierra del Ajusco.

CARACTERÍSTICA	Profundidades (cm)		
	0-20	20-40	40-60
TEXTURA	franco-arenoso	franco-arenoso	franco-arenoso
arena (%)	74	76	80
limo (%)	24	22	18
arcilla (%)	2	2	2
D.A. (gl/ml)	0.89	0.85	0.84
D.R. (gl/ml)	2.39	2.17	1.72
POROS (%)	62.61	60.90	51.28
pH	6.77	6.80	7.35
CICT (meq/100g)	18.89	22.57	18.35
M.O. (%)	11.32	12.72	23.52
Ca (meq/100g)	1.92	0.95	1.72
Mg (meq/100g)	5.95	5.38	4.03
Na (meq/100g)	0.80	0.96	1.00
K (meq/100g)	0.13	0.13	0.12
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA salinidad.(%)	0	0	0
COLOR	10 yr3/3	10 yr3/3	10 yr3/3
seco	café oscuro	café oscuro	café-café oscuro
húmedo	10 yr2/2	10 yr2/2	10 yr3/2
	café muy oscuro	café muy oscuro	café

Cuadro N° 5. Características físicas y químicas de los datos de los suelos del oyamental estudiado.

Por lo que toca a la **flora**, la predominancia de pocas familias con varias especies es común en bosques templados; en oyamental, la frecuencia de compuestas es mayor a las de las gramíneas, como se verifica en el estudio actual, por la presencia de un ambiente húmedo y con poca luz que se filtra hacia el suelo, a diferencia del pinar, donde la mayor cobertura la ocupan los pastos. La mayoría de las especies identificadas coincide con las de esta comunidad forestal en zonas circunvecinas, como el Ajusco (Nieto, *Ibid.*) y el Desierto de los Leones (Nieto *et al.*, 1994)²⁷.

²⁷Nieto de Pascual P., C.; Boyas D., J.C. y M. T. E. Fernández G. 1994. Estudio ecológico de una población de

La **estructura** del bosque dispuesto en cinco estratos verticales, indica que se trata de una comunidad que ha alcanzado un estado de desarrollo pleno, pues sus alturas máximas rebazan los 30 m, dimensión que es común para el Valle de México, aún cuando no concuerda con los 60 m que señala Martínez (*op. cit.*) para ésta especie como altura máxima. La mayor abundancia de especies herbáceas y arbustivas sugieren disturbio, pues en condiciones naturales la vegetación agrupada en estos dos estratos es escasa (Rzedowski y Rzedowski, 1979)²⁸.

La información fenológica no destaca la presencia de conos, ni se observaron en el suelo; sin embargo, este aspecto debe tomarse con cierta reserva en virtud de que la época de muestreo florístico no coincide con la de producción de semilla, lo que no necesariamente significa que la población no sea capaz de propagarse naturalmente.

La predominancia de plantas en floración es correcta en tanto se da una abundancia de plantas anuales, cuya producción de flores es en el verano, preferentemente. Esto es común en el sotobosque del oyamel del Valle de México (Madrigal, 1967).

La densidad forestal de 29 árboles por sitio de 1,000 m² en promedio, quedaría intermedia entre los datos reportados por Manzanilla (*op. cit.*) para bosque virgen y bosque en explotación, que corresponden a 331 y 224 por hectárea respectivamente, y al 50% de lo reportado para bosque natural, que supone un bosque profuso. Sin embargo, el dato es congruente con lo encontrado por Madrigal (1967, *Ibid.*) para el Valle de México, en términos generales, así como por lo que registraron Fernández (*op. cit.*) para Tlaxcala y Nieto (1987) para Sierra del Ajusco.

Los descriptores dasométricos sugieren una población alta, mayoritariamente, en equilibrio con la proporción de sus diámetros, sin que sean numerosos los árboles de alturas máximas, lo que es frecuente encontrar en las sierras circunvecinas. Igualmente, son pocos los individuos de coberturas muy amplias, y se presenta una clara dominancia de coberturas reducidas; esto sugiere la posibilidad de haber existido competencia por luz en el lugar, a partir de una densidad forestal superior a la actual.

Al revisar cada componente, por lo que se refiere a las alturas, los valores encontrados se ubican dentro de la categoría de estrato medio del bosque virgen que reconoció Manzanilla (*op. cit.*), pues los valores mínimos de los tres tipos de bosque señalados por el autor quedan por debajo de las alturas máximas encontradas en el estudio actual, y las alturas máximas rebazan con casi el doble a las estudiadas para el estrato superior. Por lo anterior, pudiera sugerirse, entonces, un bosque poco perturbado.

Abies religiosa [HBK] Schl & Cham en el Desierto de los Leones, México, D:F.

²⁸Rzedowski, J. y G.C. de Rzedowski. 1979. "Flora fanerogámica del Valle de México". pp. 47-48.

El intervalo de los diámetros normales identificados corresponderían al estrato superior del bosque virgen referido en sus valores mínimos, pero sus valores medios se agruparían dentro del estrato medio del bosque natural, y los valores máximos encontrados. La mayor frecuencia se verifica sobre portes delgados, lo que se confirma aun desde una aproximación visual.

La predominancia de coberturas menores a 10 m² indica una competencia por luz, como se indicó anteriormente, lo que no necesariamente se presenta en el momento actual, pues la apertura del dosel no rebasa el 60% y la distancia al vecino más cercano es de 7 m. Dicha competencia se puede vincular positivamente con el hecho de que la casi mitad de los árboles (49.44%) alcanzan alturas entre los 21 y los 30 m, lo que bien puede deberse al carácter heliófilo de la especie (Madrigal, 1967).

Por otro lado, al identificar la cobertura con las formas de las copas, la distribución encontrada coincide con la de un bosque natural en el sentido de que existen pocos individuos dominantes, y un incremento en número, a medida que se incide en las categorías inferiores (co-dominantes, e intermedias). Así, los árboles de mayor desarrollo "...tienden a adoptar forma cónica con grandes ramas y copas anchas y profundas" (Hawley and Smith, 1972)²⁹, y la condición de árboles dominados o suprimidos prácticamente no existe.

Al ponderar la relación entre las edades y las alturas, se encuentra la distribución de la Figura N° 13. Se puede apreciar que los árboles más altos son los más viejos, lo que responde al hecho de que "...los abetos verdaderos (*Abies*) son... notoriamente lentos para alcanzar su altura máxima" (Baker, 1950)³⁰.

El análisis de regresión bajo el modelo:

$$y = \alpha + \beta x$$

resultó en un ajuste satisfactorio.

La relación entre las edades y los diámetros es interesante porque indica el tiempo requerido para que un árbol manifieste madurez a través del grosor del fuste. Al aplicar el modelo anterior, igualmente el ajuste fue satisfactorio (Figura N° 14). Estos datos coinciden con los cálculos reportados para la Sierra del Ajusco (Nieto, 1987).

²⁹Hawley, R. and Smith, D.M. 1972. "Silvicultura práctica". pp. 371-380.

³⁰Baker, F.S. 1950. "Principles of silviculture". pp. 281-343.

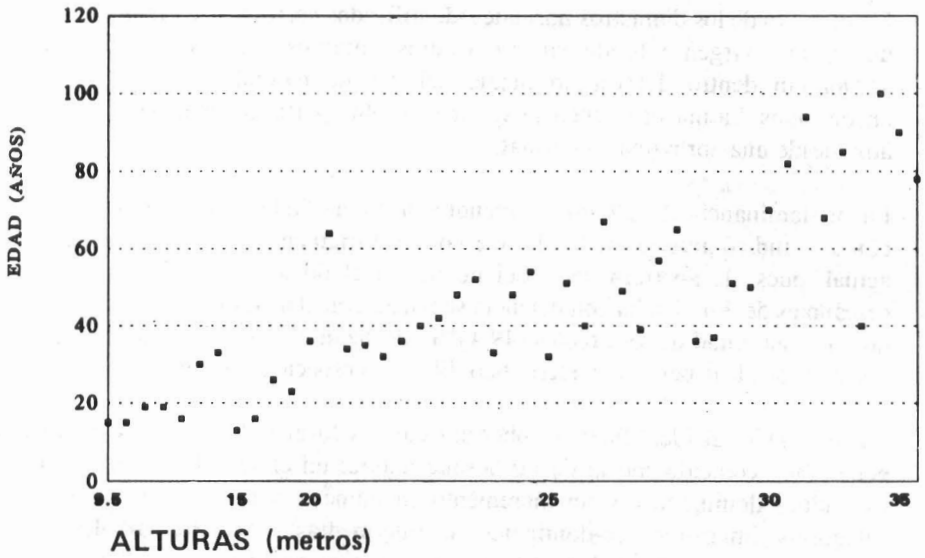


Figura N° 13. Relación altura-edad de *Abies religiosa* en la cañada de Contreras.

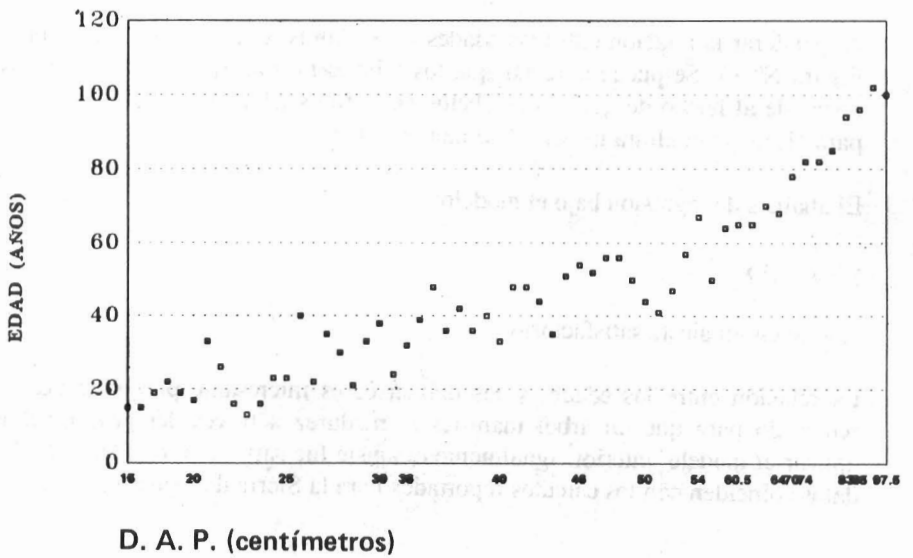


Figura N° 14. Relación DAP-edad de *Abies religiosa* en la cañada de Contreras.

De los síntomas de daño del arbolado, destaca el hecho de que más de la mitad de los árboles estudiados (53.93%) gozan de aparente salud. Del 46% restante, es interesante analizar el origen posible de cada daño, pues permite vislumbrar si la población está *estresada* por agentes endógenos o exógenos al ecosistema.

Las oquedades en los fustes pueden deberse al impacto físico derivado del troce de ramas, o bien por necrosis debida a una herida mal cicatrizada. Su relevancia estriba en que puede dar entrada a hongos que eventualmente producen malformaciones conocidas como "cánceres" (Boyce, 1961)³¹.

A pesar de que este daño no es muy frecuente, coincide con lo encontrado en árboles de la misma especie en Montealegre (Nieto, 1986).

La poca frecuencia de árboles muertos en pie sugiere que la población no presenta cuadros de riesgo severo de infestación o enfermedad.

Las puntas trozadas, igualmente se encontraron en forma aislada y en proporción mínima; el hecho no tiene mayor significado en términos de salud, pero eventualmente conduce a un desarrollo anómalo de la copa, pues de ser árboles naturalmente cónicos, adquieren formas esferoidales o de candelabro, y no alcanzan alturas sobresalientes al estar ausente el meristemo apical. Por lo general obedecen a efectos meteorológicos, o bien a vandalismo durante las etapas juveniles de su crecimiento.

El descortezamiento de fustes en los árboles de esta especie en el Distrito Federal ha sido uno de los padecimientos más severos, pues han afectado a extensas poblaciones forestales en el Parque Desierto de los Leones y en la Sierra del Ajusco (Vázquez, 1987)³², y el aspecto que ofrecen es desolador. Sin embargo, en la zona de estudio, el síntoma de deterioro es incipiente pues las placas corticales están ligeramente desprendidas en los casos observados; por debajo de ellas, se advirtieron algunas galerías, y por sus características, de acuerdo a la literatura, se trataría de la acción de *Scolytus* sp. (Perusquía, 1982)³³. El hecho de que esté presente solamente en cinco de los árboles estudiados indica que es un problema menor.

Las manifestaciones de quema tan inconspicuas seguramente resultan de descuidos tales como fogatas o colillas, en virtud de que la zona tiene un uso principalmente

³¹Boyce, J.S. 1961. "Forest pathology". pp. 29-38.

³²Vázquez S., J. 1987. El saneamiento y la limpia forestales en el Desierto de los Leones, sus fundamentos.

³³Perrusquía O., J. 1982. Contribución al conocimiento de los áfidos forestales del género *Cinara* en parte del Eje Neovolcánico (Distrito Federal, México y Michoacán).

recreativo, y el pastoreo, hasta donde se pudo verificar, no se practica en el lugar. Las lesiones se aprecian en la base de los fustes como manchas carbonizadas.

Las bifurcaciones se presentan con mayor frecuencia que los síntomas anteriores, pero su origen probablemente se encuentre en etapas juveniles. Coincide con un manchado en la orqueta por la acumulación de hojarasca y humedad. Salinas Quinard opina que esta condición favorece la reproducción de "... hongos que destruyen las capas externas del árbol, y se internan hasta barrenarlo y matarlo" (1984, *in* Nieto, 1986).

La resinosis se observó como grumos resinosos blanquecinos y/o escurrimiento de resina por el fuste. Se asocia este síntoma con galerías subcorticales, pero en sólo cinco de los 13 casos se registró desprendimiento incipiente de trozos de corteza.

El ocoteo se caracteriza por la ausencia de trozos de las capas exteriores del fuste por impacto de cuchillo o hacha; a diferencia de la práctica común, esta manifestación no tiene propósitos de resinación, sino de obtención de material combustible para fogatas, o bien por vandalismo. Como herida del tejido, puede degenerar en un problema por la acción de microorganismos.

El moteado foliar solamente se observó en las hojas de las ramas inferiores porque no se tuvo acceso a los otros dos tercios -medio y superior- de las copas, debido a su enorme tamaño. Los síntomas observados se caracterizan por un moteado clorótico que se colapsa en placas que pueden convertirse en un bandeado amarillo que eventualmente se torna café. A veces coincide con una quemadura de las puntas de color café-rojizo que se vuelve necrótico. De acuerdo a la literatura especializada, estos son indicadores de la presencia de gases oxidantes, particularmente ozono (O₃) (Skelly *et al.*, *op. cit.*).

Aun cuando el número de árboles determinados con daños de este tipo corresponde a un 18.45%, probablemente el número sea mayor, pues por lo general estas manifestaciones se acentúan en las partes superiores de las copas por encontrarse en contacto más directo con los contaminantes atmosféricos, pero que desafortunadamente no se pudieron revisar.

Este padecimiento suele ir acompañado de defoliación, que se caracteriza por la pérdida prematura del follaje.

El daño se observó de lejos y de cerca. A distancia, al hacer una división imaginaria de la copa en tres tercios en forma transversal, y en dos mitades en forma longitudinal, de

manera tal que queden seis sectores (Alvarado, 1989)³⁴, se estimó una defoliación entre el 10 y el 20%, lo que le imprime al arbolado un aspecto de copas poco profusas.

De cerca, al revisar las ramas, se advierte un desprendimiento de las acículas de las años más viejos, es decir, que la retención se dá a partir del tercer año. Coincide con la presencia de moteado foliar y de puntas deterioradas.

Los datos recabados en campo indican que es el daño más frecuente en el bosque estudiado. Aún cuando se trate de información visual, los resultados concuerdan con lo declarado por Alvarado *et al.* (1993)³⁵ en el sentido de que el deterioro por la acción de oxidantes fotoquímicos, además de la Sierra del Ajusco y el Parque Desierto de los Leones, también se ha observado en los bosques de Contreras.

La pérdida de ramas es un fenómeno normal durante el crecimiento por la competencia por luz y la reducción paulatina de los espacios vecinales. Sin embargo, esta condición se asocia con los efectos del ozono sobre el arbolado (Miller, 1973)³⁶. La frecuencia relativamente alta por este daño, sugiere la relación con los oxidantes fotoquímicos, pues se pudo advertir moteado foliar y pérdidas de acículas sobre los mismos individuos registrados con este síntoma.

En relación al suelo, el color oscuro concuerda con lo reportado por Aguilera (1965)³⁷ para suelos de ando. Ésto, además de la textura, que puede explicarse por el alto contenido de materia orgánica, la cual de igual forma influye en los valores de pH y de capacidad de intercambio catiónico (CIC), por el proceso de humificación de la materia orgánica, y los bajos contenidos de arcilla. Tal situación se refleja en la estructura poco desarrollada y a los bajos valores de densidad real encontrados, lo cual concuerda con lo reportado por Hiroishi (1974)³⁸ y Shimada (1972)³⁹. La baja cantidad de arcillas define una pobre retención de nutrientes, que se puede asociar con la alta precipitación pluvial del lugar.

Así, en términos generales, los resultados en sus componentes principales, son muy cercanos a los obtenidos por Anaya (*op.cit.*) en el Iztaccíhuatl, por Madrigal (1967) en

³⁴Alvarado R., D. 1989. "Declinación y muerte del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del Valle de México". pp. 43-44.

³⁵Alvarado R., D., L.I. Bauer and J. Galindo A. 1993. "Decline of sacred fir (*Abies religiosa*) in a forest park South of Mexico City". pp. 115-121.

³⁶Miller, P.R. 1973. "Oxidant-induced community change in a mixed conifer forest". pp. 101-117.

³⁷Aguilera H., N. 1965. Suelos de ando. Génesis, morfología y clasificación.

³⁸Hiroishi S., M. 1974. Estudio de algunos perfiles de suelos derivados de cenizas volcánicas de los volcanes Xitle, Teuhtle, Chichinautzin y el cerro Tres Cumbres.

³⁹Shimada M., K. 1972. Estudio de algunos perfiles de suelos derivados de cenizas volcánicas y de ando del Ajusco.

distintos puntos del Valle de México, con Romero (1986)⁴⁰ en el Desierto de los Leones, y con los de la Sierra del Ajusco (Nieto, 1987, *op. cit.*). Esto es importante porque, a opinión de Rzedowski (1978)⁴¹, las características edáficas de este tipo de comunidad no difieren significativamente unas de otras por efectos de localización.

CONCLUSIONES

- 1ª. El bosque de oyamel (*Abies religiosa*) de la Cañada de Contreras es una comunidad alta de 35 m, integrada por cinco estratos verticales, cuya profusión de especies arbustivas y herbáceas confirman la presencia de disturbio.
- 2ª. La población forestal tiene una densidad media con respecto a la Cuenca de México, con un número reducido de árboles viejos de gran porte, y una predominancia de diámetros medios y de coberturas reducidas.
- 3ª. Los daños del arbolado más frecuentes se asocian con contaminantes atmosféricos, particularmente ozono.
- 4ª. Los suelos son profundos, bien drenados, ricos en materia orgánica y profundos, como los característicos de esta comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera H., N. 1965. Suelos de ando. Génesis, morfología y clasificación. Serie de Investigación N° 6. ENA-Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 12-15 p.
- Alvarado R., D. 1989. "Declinación y muerte del bosque de oyamel (*Abies religiosa*) en el sur del Valle de México". Tesis de Maestría. CP. Chapingo, Méx. pp. 43-44.

⁴⁰Romero C., J. 1986. Estudio de reconocimiento de los suelos forestales del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones.

⁴¹Rzedowski, J. 1978. "Vegetación de México", pp. 302-310.

- Alvarado R., D., L.I. Bauer and J. Galindo A. 1993. "Decline of sacred fir (*Abies religiosa*) in a forest park South of Mexico City". *Environmental Pollution*, 80:115-121.
- Anaya L., A. L., 1962. La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccíhuatl (México). INIF. Bol. Téc. 65. México. 67 p.
- Baker, F.S. 1950. "Principles of silviculture". McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. pp. 281-343.
- Bauer, L.I. de and Krupa, S.V. 1990. "The Valley of Mexico: Summary of observational studies on its air quality and effects on vegetation". *Environmental Pollution*, 65: 109-118.
- Bauer, L.I. de, Hernández T., T. and Manning, W.J. 1985. "Ozone causes needle injury and tree decline in *Pinus hartwegii* at high altitudes in the mountains around Mexico City". *Journal of Air Pollution Control Assoc.* 35(8): 838.
- Boyce, J.S. 1961. "Forest pathology". McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. pp. 29-38.
- Cochran, W.G. 1953. "Sampling techniques". John Wiley & Sons, Inc. New York. pp. 30-31.
- Chacón S., J. M., y Sánchez C., J. 1986. "Dinámica de establecimiento de la regeneración de *Pinus arizonica* Engelm". INIFAP. *Revista Ciencia Forestal* 11(59): 15-42. México.
- Departamento del Distrito Federal. 1993. "Reforestación urbana de la Delegación Magdalena Contreras". México. pp. 5-7
- Dirección General del Inventario Nacional Forestal (Ed.) 1974. Inventario Forestal del Estado de México y Distrito Federal. SFF/SAG. Publicación Especial N° 29. México. 82 p.
- Fernández G., Ma. T.E. 1987. "Estudio ecológico del bosque de *Abies religiosa* [H B K] Schl.& Cham. en el Parque Nacional "La Malintzin" en el Estado de

- Tlaxcala, México". Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Iztacala.UNAM. pp. 19-74.
- García de M., E. y Falcón de G., Z. 1980. Nuevo atlas Porrúa de la República Mexicana. Ed. Porrúa, S.A. México. pp. 40-42.
- García, E. 1973. "Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen". Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 103 p.
- Grieg-Smith, P. 1983. Quantitative plant ecology. Blackwell Scientific Publications. Studies in Ecology. Vol. 9. Oxford, G.B. pp. 25-38.
- Hawley, R. and Smith, D.M. 1972. "Silvicultura práctica". Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. pp. 371-380.
- Hiroishi S., M. 1974. Estudio de algunos perfiles de suelos derivados de cenizas volcánicas de los volcanes Xitle, Teuhtle, Chichinautzin y el cerro Tres Cumbres. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 42 p.
- Jackson, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 662 p.
- Madrigal S., X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (HBK) Schl. & Cham.) en el Valle de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Bol. Téc. N° 18. 94 p..
- Madrigal S., X. 1976. Instructivo para el estudio fitoecológico del Eje Neovolcánico. Bol. Div. Inst. Nal. Invest. For. N° 45. México. 29 p.
- Manzanilla B., H. 1974. Investigaciones epidométricas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa*. INIF/Banco de México. México. 165 p.
- Martínez, M. 1953. "Las pináceas mexicanas". SAG. pp. 98-109.
- Miller, P.R. 1973. "Oxidant-induced community change in a mixed conifer forest". In: Air pollution damage to vegetation. Am. Chem. Serv. 122: 101-117.
- Moguel Flores, A. 1991. "Áreas protegidas". SARH.SFF. México. pp. 26-31.

- Moncayo R., F. 1981. "Relación de algunas cosas de los montes de México, un ensayo histórico del asunto forestal". SFF/UAT. Serie: Premio Nacional Forestal. p. 33.
- Munsell. 1975. Cartas de color del suelo. Color Munsell Macbeth. Kollmorgen Co. Baltimore, Maryland.
- Nieto de Pascual P., C. 1986. "Síntomas de deterioro del arbolado en la Sierra del Ajusco". INIREB. Xalapa, Ver. Biótica. Vol. 11 (1): 25-44.
- Nieto de Pascual P., C. 1987. Análisis estructural de las comunidades forestales de la Sierra del Ajusco, México. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México. 86 p.
- Nieto de Pascual P., C.; Boyas D., J.C. y Fernández G., M. T. E. 1994. Estudio ecológico de una población de *Abies religiosa* [HBK] Schl. & Cham. en el Desierto de los Leones, México, D.F. CENID-COMEF (en preparación).
- Obieta, M. C. y Sarukhán K., J. Estructura y composición de la vegetación herbácea de un bosque uniespecífico de *Pinus hartwegii*. In: Estructura y composición florística. Bol. Soc. Bot. Méx. No. 41: 75-126.
- Perrusquía O., J. 1982. Contribución al conocimiento de los áfidos forestales del género *Cinara* en parte del Eje Neovolcánico (Distrito Federal, México y Michoacán). Bol. Tec. Inst. Nal. Invest. For. 78. 42 p.
- Reyes C., R., J. Soto S., y J. Ma. Castro S. 1980. Guía para el muestreo de suelos forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Nota técnica No. 10. México. 15 p.
- Romero C., J. 1986. Estudio de reconocimiento de los suelos forestales del Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales-Zaragoza. UNAM. 78 p.
- Rzedowski, J. 1978. "Vegetación de México". LIMUSA. México. pp. 302-310.
- Rzedowski, J. y G.C. de Rzedowski. 1979. "Flora fanerogámica del Valle de México". Vol.I. CECSA. pp. 47-48.

- Secretaría de Agricultura y Ganadería. 1970. "Código Forestal". Subsecretaría Forestal. México. p. 12.
- Shimada M., K. 1972. Estudio de algunos perfiles de suelos derivados de cenizas volcánicas y de ando del Ajusco. Tesis. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 45 p.
- Skelly, J.M.; Davis, D.D.; Merrill, W.; Cameron, E.A.; Brown, H.D. Drummond, D.B. and Dochinger, L.S. 1992. "Diagnosing injury in Eastern forest trees". USDA Forest Service. pp. 1-19.
- Vázquez S., J. 1987. El saneamiento y la limpia forestales en el Desierto de los Leones, sus fundamentos. Comisión Coordinadora de Desarrollo Rural/DDF. México. 24 p.
- Vela G., L., Hernández R., A. y Boyás D., J.C. 1982. Instructivo para la colecta de material botánico. Bol. Div. Inst. Nal. Invest. For. No. 49. México. 27 p.