



Interciencia

ISSN: 0378-1844

interciencia@ivic.ve

Asociación Interciencia

Venezuela

Ávila Bello, Carlos H.; López Mata, Lauro  
Distribución y análisis estructural de *abies hickelii* (flous & gaussen) en México  
Interciencia, vol. 26, núm. 6, junio, 2001, pp. 244-251  
Asociación Interciencia  
Caracas, Venezuela

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33905704>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# COMUNICACIONES REPORTS COMUNICAÇÕES

## DISTRIBUCIÓN Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE *Abies hickelii* (FLOUS & GAUSSEN) EN MÉXICO

Carlos H. Ávila Bello y Lauro López-Mata

### RESUMEN

*La distribución y algunos atributos estructurales de los bosques de Abies hickelii en el Pico de Orizaba y cumbres de Acultzingo en Veracruz, México, fueron estudiadas utilizando muestras de 21 parcelas de 0,1ha. La distribución actual y potencial de la especie se conoció con base en la revisión de todas las exicatas de los herbarios más importantes del país. Con base en esa información y con el uso del programa GEO y ARCHVIEW, se determinó la distribución actual y potencial de la especie. Ésta es disyunta, en barrancas profundas con pendientes entre 46 y 75%, predominantemente en exposiciones norte de microrrelieve accidentado. En el Estado de Veracruz se distinguen tres asociaciones: a) Pinus patula, P. ayacahuite, A. hickelii, Alnus firmifolia y Quercus spp.; b) A. hickelii, P.*

*pseudostrobus, Salix oxylepis y Arbutus xalapensis; y c) A. hickelii y A. religiosa. Los valores de importancia revelan que la secuencia de las principales especies en la comunidad es: A. hickelii, A. religiosa, Pinus pseudostrobus, Quercus spp., Pinus ayacahuite, Alnus firmifolia y Arbutus xalapensis. Estas especies registran los valores más altos de área basal. El bosque de A. hickelii estudiado presenta cinco estratos bien diferenciados: rasante, herbáceo, arbustivo, arbóreo inferior y arbóreo superior. Los suelos donde Abies hickelii se distribuye son más ácidos que los ocupados por A. religiosa. Los grupos de especies más importantes en la comunidad son: A. hickelii - P. pseudostrobus y A. hickelii - P. ayacahuite.*

### Introducción

En México se distribuyen nueve especies de *Abies*, siendo *A. religiosa* la más abundante. Los bosques de oyamel, calificativo con el que se conoce a las especies de género *Abies* en México cubren aproximadamente 32.000ha del territorio nacional (Rzedowski, 1978).

Aquellos de mayor extensión se presentan a lo largo del Eje Neovolcánico (Vela *et al.*, 1976; Rzedowski, 1978). También se localizan al sur de Miahuatlán, Oaxaca, así como en la Sierra de Juárez, en la Sierra de San Felipe y en la región del cerro Zempoaltepetl (Rzedowski, 1978). Miranda (1952) observó este tipo de bosques en el volcán

Tacaná, cerca de San Cristóbal de las Casas y en la región de Coapilla, Chiapas. En la Sierra Madre Occidental se encuentran en Durango y algunas localidades de Chihuahua y Baja California. En la Sierra Madre Oriental se conocen sólo dos áreas de importancia en el Cerro Potosí, en Nuevo León y en San Antonio Peña Nevada, Ta-

maulipas (Rzedowski, 1978). Los bosques de *A. hickelii* están confinados a las montañas centrales de Oaxaca, en Mezcalapa y Copainalá (Chiapas) y en Las Carabinas, región de Xico, Veracruz (Rehder, 1939). La distribución actual de la especie es disyunta, en los estados de Veracruz, Oaxaca y Chiapas (Figura 1).

### PALABRAS CLAVE / *Abies hickelii* / Bosques de Pinos /

Recibido: 29/11/2000. Modificado: 03/05/2001. Aceptado: 07/05/2001

Carlos H. Ávila Bello. Ing. Agrónomo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Maestría en Ciencias en Botánica, Colegio de Postgraduados. Candidato a Doctor por el

Programa de Agroecología del Colegio de Postgraduados. Dirección: Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México 56230. e-mail: cavila.colpos.colpos.mx

Lauro López-Mata. Biólogo, Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría en Ciencias en Botánica, Colegio de Postgraduados. Ph. D. University of North Carolina.

Profesor-Investigador, Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados. México e-mail: lauro.colpos.colpos.mx

## SUMMARY

The natural range and some structural characteristics of *Abies hickelii* forests were studied in Pico de Orizaba and Acultzingo in the State of Veracruz, Mexico. Forest structure is described based on a sampling of 21 plots of 0.1ha each. Current and potential distribution of *A. hickelii* was determined by examination of the complete exicatas in the major herbaria of Mexico. Based on such information, potential distribution of this species was simulated by using GEO and ARCHVIEW. *A. hickelii* forests occur in a disjunctive way throughout its range, preferentially into deep ravines along slopes of 47 to 75%; north facing. In Veracruz State, three different associations are

distinguished: a) *Pinus patula*, *A. hickelii*, *Alnus firmifolia* and *Quercus spp.* b) *A. hickelii*, *P. pseudostrobus*, *Salix oxylepis* and *Arbutus xalapensis* and c) *A. hickelii* and *A. religiosa*. Importance values indicate that dominant species are: *A. hickelii*-*Pinus pseudostrobus* and *A. hickelii*-*P. ayacahuite*. Also, these species have the highest basal area. *A. hickelii* forest presents five strata: mosses and lichen layer, herb layer, shrubs layer, low tree layer and high tree layer. The soils where *A. hickelii* forests are located are more acid than that of *A. religiosa*. The more important group of species are: *A. hickelii* - *P. pseudostrobus* and *A. hickelii* - *P. ayacahuite*.

## RESUMO

A distribuição e alguns atributos estruturais dos bosques de *Abies hickelii* no Pico de Orizaba e cumbres de Acultzingo em Veracruz, México, foram estudadas utilizando amostras de 21 parcelas de 0,1ha. A distribuição atual e potencial da espécie se conheceu com base na revisão de todas as exicatas dos ervários mais importantes do país. Com base nessa informação e com o uso do programa GEO e ARCHVIEW, se determinou a distribuição atual e potencial da espécie. Esta é disjunta, em barrancos profundos com pendentes entre 46 e 75%, predominantemente em exposições norte de microrrelevo acidentado. No Estado de Veracruz se distinguem três associações: a) *Pinus patula*, *P. ayacahuite*, *A. hickelii*, *Alnus firmifolia* e *Quercus spp.*; b)

*A. hickelii*, *P. pseudostrobus*, *Salix oxylepis* e *Arbutus xalapensis*; e c) *A. hickelii* e *A. religiosa*. Os valores de importância revelam que a seqüência das principais espécies na comunidade é: *A. hickelii*, *A. religiosa*, *Pinus pseudostrobus*, *Quercus spp.*, *Pinus ayacahuite*, *Alnus firmifolia* e *Arbutus xalapensis*. Estas espécies registram os valores mais altos de área basal. O bosque de *A. hickelii* estudado apresenta cinco estratos bem diferenciados: rasante, erváceo, arbustivo, arbóreo inferior e arbóreo superior. Os solos onde *Abies hickelii* se distribui são mais ácidos que os ocupados por *A. religiosa*. Os grupos de espécies mais importantes na comunidade são: *A. hickelii* - *P. pseudostrobus* e *A. hickelii* - *P. ayacahuite*.

El interés en estudiar los bosques de *A. hickelii* surgió porque: 1) tienen una distribución restringida y, de acuerdo con la norma ecológica mexicana (NOM-059-ECOL-1994), se encuentran en peligro de extinción (Anónimo, 1994); 2) son un recurso de utilidad actual y potencial, además de ser una importante fuente de subsistencia para los pobladores del área; 3) se encuentran en la cuenca de un importante tributario del río Papaloapan, el río Jamapa, que proporciona agua a diferentes poblaciones e industrias de la zona centro del Estado de Veracruz; y 4) se encuentran sometidos a presiones antropogénicas importantes ya que de ellos se extrae madera para diferentes propósitos y son usados como área de apacentamiento de ganado ovino, caprino y bovino. Por ello, el paso inicial para establecer alternativas adecuadas para el uso sustentable de estos bosques es conocer dónde se encuentran y sus características estructurales básicas. Los objetivos del presente tra-

bajo son dar a conocer la distribución actual y potencial de los bosques de *A. hickelii* en México y caracterizarlos tanto fisonómica como estructuralmente en algunas localidades donde se encuentran rodales de la especie, en el Pico de Orizaba y las cumbres de Acultzingo en el Estado de Veracruz.

### Materiales y Métodos

#### Área de estudio

La distribución actual de *A. hickelii* se limita a los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz. En este último Estado se le localiza en las zonas de alta montaña en el Cofre de Perote, el Pico de Orizaba y la Sierra de Acultzingo entre los 2.700 a los 3.600 msnm. El Pico de Orizaba se formó en el Pleistoceno y sus laderas poseen notables depósitos de arenas volcánicas que se extienden hacia abajo en forma de abanicos; las bases de la sierra elevada sobre las que se encuentra el Pico de Orizaba se for-

maron en el Oligoceno (Johnson, 1970). Sus flancos presentan lava de color gris claro u oscuro, brechas, tobas, arenas y bombas basálticas (Johnson, 1970). El bosque de oyamel se encuentra sobre andesitas de anfíbola con augita y escasa hipersítena, con cristales alargados y prismáticos (Johnson, 1970). En las cumbres de Acultzingo este bosque se desarrolla sobre rocas sedimentarias del Cretácico Superior y pizarras de color oscuro con intercalaciones de areniscas de grano fino y lutitas calcáreas (Salas, 1977; Morán, 1990). El río más importante en el Pico de Orizaba es el Jamapa, mientras que en Acultzingo lo es el río Blanco, más caudaloso que el anterior; ambos pertenecen a la cuenca alta del río Papaloapan (Anónimo, 1988).

En el Pico de Orizaba convergen dos provincias fisiográficas, la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico, su estructura dominante tiene dirección norte - sur y se conoce como sierra del Citlaltépetl (Anónimo, 1988).

Las cumbres de Acultzingo forman parte de la Sierra Madre del Sur, del área llamada Cordilleras Nororientales (Ferrusquía, 1998). En esta región el clima del área que cubre el bosque de *A. hickelii*, varía de templado húmedo a semífrío, con régimen de lluvias de verano, este último fresco, largo, e isotermal, con oscilación anual de la temperatura mensual inferior a 5°C, con marcha de la temperatura tipo Ganges (García, 1970). En el área se registra un promedio de 1698mm anuales de precipitación. La temperatura media en estos bosques es de 9,3°C, y los extremos son de 27°C en mayo y de -4°C en enero. En la zona se registran 238 días nublados y 146 con neblina. Los suelos son de tipo Andosol, derivados de cenizas volcánicas, presentan horizontes A/B/C profundos y con capa superficial friable y oscura por su alto contenido de materia orgánica, poseen estructura masiva débil que se fragmenta a grano fino (Cisneros, 1981).

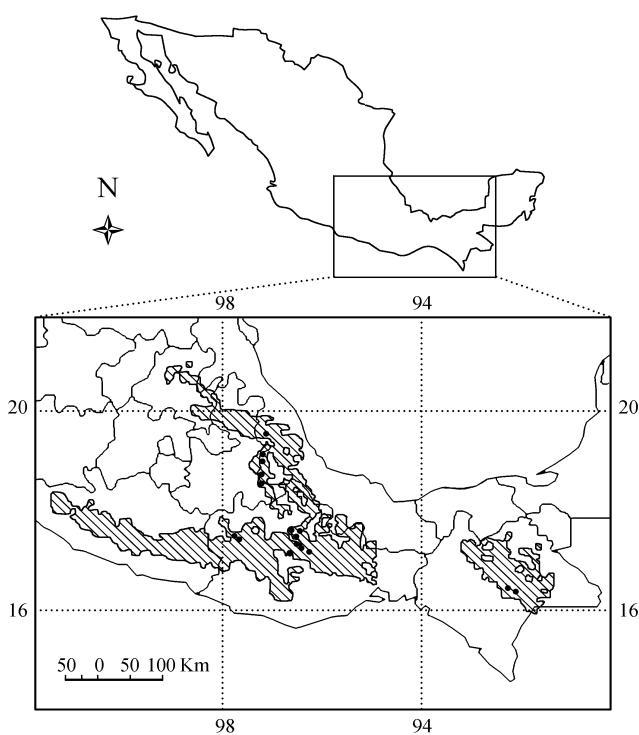


Figura 1. Distribución actual (negro) y potencial (rallado) de *Abies hickelii* en México.

En estas zonas el dosel del bosque está codominado por *A. hickelii*, *A. religiosa*, *Pinus ayacahuite*, *P. patula* y *P. pseudostrobus*. El estrato arbóreo inferior está constituido por *Alnus jorullensis*, *Alnus firmifolia*, *Arbutus xalapensis* y varias especies de *Quercus*. El estrato arbustivo está constituido principalmente por varias especies de *Senecio*, por *Baccharis conferta* y por *Arctostaphylos* spp. El límite altitudinal superior del bosque de *Abies* está limitado por la presencia de masas puras de *Pinus hartwegii*. Las actuales condiciones económicas de México han obligado a que los campesinos ejerzan mayor presión sobre el bosque de oyamel para obtener tablones, vigas, morillos, cuartones, tapajunta y, en menor escala, tejamanil. Así mismo, el sobrepastoreo de ganado ovino y caprino sobre los estratos arbustivo y herbáceo y los incendios forestales durante la estación seca del año, amenazan la persistencia de los bosques de *A. hickelii*.

Se elaboró un mapa de distribución actual y potencial de la especie con base en los programas GEO de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (basado en las provincias florísticas de Rzedowski, que para nuestro caso fueron, las Sierras Meridionales, la Sierra Madre Oriental, el Valle de Tehuacan-Cuicatlán y la Sierra Madre de Chiapas) y el programa ARCHVIEW. El primer paso fue generar una hoja de cálculo con las coordenadas geográficas de los sitios de colecta conocidos de *A. hickelii*. Varias de éstas se obtuvieron por medio de mapas topográficos en escala 1:50.000, a partir de las etiquetas correspondientes en diferentes herbarios. Se revisaron en total 120 ejemplares de los herbarios Nacional Forestal y Nacional, y aquellos de las siguientes instituciones: Colegio de Postgrados, División de

Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Chapingo, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática y Colegio de la Frontera Sur.

Se localizaron dos áreas de trabajo, una en el Pico de Orizaba, dentro de los municipios de Calcahuasco y Mariano Escobedo ( $19^{\circ}01'48''$  N y  $97^{\circ}14'36''$  O) y otra en las cumbres de Acultzingo, municipio de Acultzingo ( $18^{\circ}40'36''$  N y  $97^{\circ}14'35''$  O). Los atributos estructurales del bosque se estimaron con base en muestras de 21 parcelas cuyo tamaño fue establecido arbitrariamente en 0,1ha cada una. En cada parcela se registró y midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) a todos los individuos con DAP  $\geq 10$ cm, altura total, altura del fuste limpio y cobertura visual. La altura total sirvió para delimitar la altura correspondiente a cada estrato y la del fuste se empleó para posteriores análisis silvícolas; ambas fueron calculadas con base en proyección a partir de un estadal de 2m de altura. Con estos datos se calculó la densidad, frecuencia, área basal, dominancia y sus valores relativos (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), así como el valor de importancia relativo de cada especie arbórea en las parcelas con base en la formula V.I.R. =  $\frac{V.I}{3}$ , donde: V.I.R.= valor de importancia relativo, V.I. = valor de importancia, y 3 representa los tres valores en los que se basa el cálculo del valor de importancia.

Algunas especies presentaron frecuencias menores a cinco, y para calcular la asociación entre estas especies y algunos factores ambientales se usó la prueba exacta de Fisher (Everitt, 1977). En el caso de *A. hickelii*, esta prueba no pudo ser aplicada ya que el muestreo fue dirigido hacia los lugares en donde

existe la especie, y en su lugar se calculó el porcentaje de correlación mediante el índice de Jaccard (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974), aplicado a algunas variables ambientales como la pendiente y el pH del suelo. La formula del índice de asociación de Jaccard es:

$$I_{A_p} = \frac{c}{a+b+c} \times 100$$

donde c = número de parcelas en las que se presentan una especie y un factor juntos, a = número de parcelas en las que ocurre la especie sola, y b = número de parcelas en las que ocurre el factor solo.

Los índices de dominancia (IDC), por pares de especies, se calcularon de acuerdo con la fórmula de McNaughton (Krebs, 1985). Este índice se expresa en porcentaje y refleja la dominancia ejercida en la comunidad por las dos especies más comunes. De acuerdo con Krebs (1985), el índice guarda una relación inversamente proporcional con la diversidad de la comunidad, pero también con su posición en un gradiente. En este sentido, las especies dominantes suelen ser muy constantes y el centro de las interacciones de las que dependen muchas otras especies en la comunidad. El grado de cobertura de las especies se determinó con base en la escala de valores de Braun-Blanquet (1979): 1 a 10%, 10 a 25%, 25 a 50%, 50 a 75%, y 75 a 100%.

En el centro de 19 de los 21 sitios se levantaron calicatas de 1 x 2 x 2 m, o menos si se encontraba material consolidado. En la cara iluminada del perfil se distinguieron los horizontes de suelo comenzando por el inferior y finalizando con el superior, y se colectaron un total de 63 muestras de suelo. En ellas se anotó: color en húmedo, pendiente, drenaje superficial, profundidad, forma y tamaño de las piedras, cantidad de raíces y fauna (Cuanalo, 1981). Los

**TABLA I**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS GENERALES DE LOS SUELOS EN LAS VARIANTES FISONÓMICAS  
DE LOS BOSQUES DE OYAMEL ESTUDIADOS**

Localidad	Horizonte	Profundidad (cm)	Color en seco	M.O. (%)	pH	C/N	N Total	P p.p.m.	K p.p.m.	Ca p.p.m.	Mg p.p.m.	Fe
Nueva Vaquería	I	0 - 34	Castaña gris oscuro	9,4	5,3	2,48	0,44	1,33	48	673	35	2,64
	II	34 - 53	Castaña grisáceo	6,65	5,3	2,22	0,35	0,21	25	445	30	0,48
	III	53 - 102	Castaña	5,84	5,3	2,63	0,26	0,70	25	423	40	1,24
Nueva Vaquería	I	0 - 40	Castaña grisáceo	10,81	5,0	2,72	0,46	2,1	85	1243	60	0,76
	II	40 - 60	Castaña grisáceo oscuro	5,96	5,1	1,85	0,37	1,05	62	623	20	3,16
	III	60 - 110	Castaña	5,4	5,1	2,7	0,23	0,7	61	498	20	0,92
Mala cara	I	0 - 25	Castaña pálido	3,08	5,7	11,45	0,16	2,9	95	948	73	9,96
	II	25 - 85	Castaña muy pálido	1,37	6,0	14,71	0,54	4,9	30	653	80	21,5
	III	85 - 130	Gris	0,11	6,5	2,27	0,02	2,6	203	210	28	34,8
Puerta de Texmola	I	0 - 21	Castaña pálido	6,0	5,8	16,81	0,21	7,56	105	1588	113	6,28
	II	21 - 67	Gris castaña muy pálido	1,47	5,9	13,53	0,06	10,71	149	835	70	19,4
	III	67 - 190	Castaña muy pálido	0,39	6,0	14,14	0,02	9,24	319	548	73	53,4
San Pablo	I	0 - 50	Gris oscuro	11,72	5,1	13,61	0,50	1,05	169	1435	98	1,72
	II	50 - 80	Castaña muy pálido	2,66	5,7	9,58	0,16	3,45	64	250	30	5,92
	III	80 - 110	Castaña amarillo claro	1,84	5,7	6,84	0,16	10,45	47	286	286	4,32
Barranca escalerilla	I	0 - 15	Castaña pálido	3,05	5,9	8,76	0,20	2,75	253	1188	138	36,7
	II	15 - 60	Amarillo	1,74	6,3	11,34	0,08	4,95	106	700	165	12,3
	III	60 - 100	Amarillo	0,87	6,4	8,55	0,05	4,05	75	870	65	11,5
Torre de microondas	I	0 - 19	Castaña amarillo	10,14	5,1	11,98	0,49	1,75	108	1370	103	1,44
	II	19 - 61	Amarillo	4,82	5,0	10,84	0,26	0,49	54	118	30	0,72
	III	61 - 86	Castaña amarillo	2,41	5,1	8,37	0,17	0,77	46	368	103	12,6

análisis físicos y químicos del suelo incluyeron: color en seco, según la carta de colores de Munsell; textura, con base en el método de Bouyoucos (1927); pH, por medio de un potenciómetro; porcentaje de materia orgánica, con base en el método de Walkley y Black (Jackson, 1982); contenido de N, por el método del micro Kjeldahl; P, por el método de Bray (Bray y Kurtz, 1945); K, Ca

y Mg, por medio de un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 373.

### Resultados y Discusión

#### Características ecológicas del área de distribución del bosque de oyamel

El área de distribución actual de *A. hickelii* es fisiográficamente muy accidentada. En el Pico de Orizaba se encuen-

tra en barrancas muy profundas, con pendientes hasta de 75%. El índice de Jaccard reveló que *A. hickelii* presenta un valor de asociación de 62% con pendientes de terreno que varían entre 46 y 75%. Del mismo modo, se asocia con un valor de 67% a condiciones de microrrelieve accidentado, es decir, el relieve específico de un sitio. En el Pico de Orizaba, el bosque de *A. hickelii* mejor conservado se

localiza en exposición norte, esporádicamente en exposición sur; mientras que, en las cumbres de Acultzingo, estos se observaron en exposiciones sureste y suroeste. El índice de Jaccard indica 94% de asociación de estos bosques con exposiciones norte.

La Tabla I muestra las características generales de los suelos en las dos áreas estudiadas. El contenido de materia orgánica de los suelos va-

**TABLA II**  
**ESTRUCTURA DEL ESTRATO ARBÓREO ENTRE 2700 Y 2900m DE ALTITUD**

Especies	Nº total de individuos /1000 m <sup>2</sup>	Frecuencia (%)	Frecuencia relativa (%)	Altura máxima (m)	Cobertura (m <sup>2</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> )	Densidad relativa (%)	Dominancia relativa (%)	V.I.R. (%)
<i>A. hickelii</i>	154	100	26,3	40	12,4	0,32	57,0	19,0	34,1
<i>Pinus ayacahuite</i>	57	80	21,0	29	14,3	0,54	21,0	32,0	25,0
<i>Alnus jorullensis</i>	15	80	21,0	14	7,5	0,30	6,0	18,0	15,0
<i>Pinus patula</i>	25	20	5,3	27	10,0	0,30	9,0	18,0	10,8
<i>Quercus</i> sp.	5	40	10,5	18	9,6	0,13	1,6	8,0	6,7
<i>A. religiosa</i>	11	20	5,3	23	12,5	0,03	4,0	2,0	3,7
<i>Salix oxylepis</i>	1	20	5,3	8	1,8	0,03	0,4	2,0	2,6
<i>Pinus pseudostrobus</i>	3	20	5,3	12	8,8	0,02	1,0	1,0	2,4
Total	271	380	100,0		76,9	1,67	100,0	100,0	100,0

**TABLA III**  
**ESTRUCTURA DEL ESTRATO ARBÓREO ENTRE 2900 Y 3000m DE ALTITUD**

Especies	Nº total de individuos	Frecuencia (%)	Frecuencia relativa (%)	Altura máxima (m)	Cobertura (m <sup>2</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> )	Densidad relativa (%)	Dominancia relativa (%)	V.I.R. (%)
<i>A. hickelii</i>	572	100	23,7	32	21,1	0,11	89,12	2,0	38,0
<i>A. religiosa</i>	1	17	9,7	28	28,3	2,9	0,32	52,7	21,0
<i>P. pseudostrobus</i>	32	67	18,4	27	19,1	0,73	5,3	13,2	12,3
<i>P. ayacahuite</i>	7	33	13,0	32	45	0,4	1,12	7,2	7,1
<i>P. patula</i>	4	17	5,4	27	20,2	0,6	0,72	11,0	5,7
<i>Salix oxylepis</i>	2	17	13,0	12	9,9	0,6	2,0	2,0	5,7
<i>Quercus</i> sp.	3	17	5,2	16	73	0,06	0,5	1,2	2,3
<i>Litsea aff glaucescens</i>	7	17	5,2	15	28,2	0,01	1,0	0,2	2,2
Total	628	285	100,0		244,8	5,41	100,0	100,0	100,0

rió de 0,11 a 11,72%; el valor máximo de la relación C/N fue de 16,81 en el horizonte I (los primeros 20cm de profundidad); el pH es ligeramente ácido, entre 4,8 y 6,7. El índice de Jaccard indica que la probabilidad de asociación de estos bosques con valores de pH de suelo entre 5,0 y 6,0 es de 90%. Al comparar los resultados de suelos obtenidos por Madrigal-Sánchez (1967) para los bosques de *A. religiosa* del Valle de México, con los de *A. hickelii* del Pico de Orizaba y las cumbres de Acultzingo, estos últimos presentan menor cantidad de materia orgánica, lo que seguramente se debe a la inclusión que hace este autor del horizonte orgánico en sus

análisis de suelo. Lo mismo sucede con la relación C/N, ya que en los bosques estudiados en el Estado de Veracruz el valor encontrado en el primer horizonte es mucho menor que el citado por Madrigal-Sánchez (1967), pero para el mismo horizonte orgánico. Los suelos donde se encuentran los bosques de *A. hickelii* tienen un pH más ácido que aquellos de *A. religiosa* en el Valle de México (Madrigal -Sánchez, 1967). De acuerdo con Peet (1988), la textura y la profundidad del suelo influyen fuertemente en la distribución de comunidades de bosques templados de Norteamérica, lo cual corrobora los hallazgos de Ávila et al. (1994). A partir de un

análisis directo de gradientes, Ávila et al. (1994) encontraron que el bosque de *A. hickelii* presenta correlación positiva y estadísticamente significativa ( $r= 0,60$ ) en su distribución con la cantidad de materia orgánica en el primer horizonte, la profundidad de éste y el pH.

#### Características de la vegetación

**Distribución altitudinal.** Con base en los valores absoluto y relativo del valor de importancia, se distinguen tres variantes fisonómicas a lo largo del gradiente altitudinal del bosque. En el límite altitudinal inferior, entre los 2.700 a 2.900 msnm el bos-

que está conformado por *A. hickelii*, *P. ayacahuite*, *P. patula*, *Alnus jorullensis*, varias especies de encino como *Quercus crassifolia*, *Q. dysophylla*, *Q. glabrescens*, *Q. gregii*, *Q. laurina* y *Q. aff. tristis* (algunos de estos últimos se presentan esporádicamente en bosques puros de oyamel); *Salix oxylepis* (Tabla II) y ocasionalmente *S. paradoxa*. En esta fisonomía *A. hickelii* y *P. ayacahuite* en conjunto representan el 59% del valor de importancia en la comunidad. Entre los 2.900 a 3.000 msnm el bosque está conformado por *A. hickelii*, *A. religiosa*, *P. pseudostrobus*, *P. ayacahuite*, *S. oxylepis*, *P. patula* (Tabla III) y esporádicamente *Sambucus mexicana*.

En este piso altitudinal *A. hickelii* y *A. religiosa* en conjunto alcanzan el 60% del valor de importancia en la comunidad. Entre los 3.000 a 3.600 msnm la fisonomía está conformada por *A. hickelii*, *P. pseudostrobus*, *Arbutus xalapensis*, *Alnus firmifolia* y *Quercus* sp. (Tabla IV). En este caso *A. hickelii*, *P. pseudostrobus* y *Quercus* sp. representan cerca del 70% del valor de importancia en la comunidad, sin embargo, en ninguna de las tres fisonomías *A. hickelii* logra alcanzar el 53,9% de valor de importancia que reporta Labat (1995) para *A. religiosa* en Michoacán. El límite altitudinal superior del bosque de *A. hickelii* se encuentra dominado por *Pinus hartwegii*. En Guatemala, Islebe *et al.* (1995) encontraron que la comunidad de *A. guatemalensis* se presenta entre los 2.800 a 3.400 msnm, es decir, tiene un límite altitudinal inferior mayor al de *A. hickelii* y un límite altitudinal superior menor; sin embargo, también se encuentran por debajo de los bosques de *P. hartwegii*. Peet (1988) destaca la importancia que tiene la altitud en la distribución de las especies de coníferas en lo que él llama la región florística de las montañas rocosas, que comprende desde los 65° N en Canadá hasta los 19° en

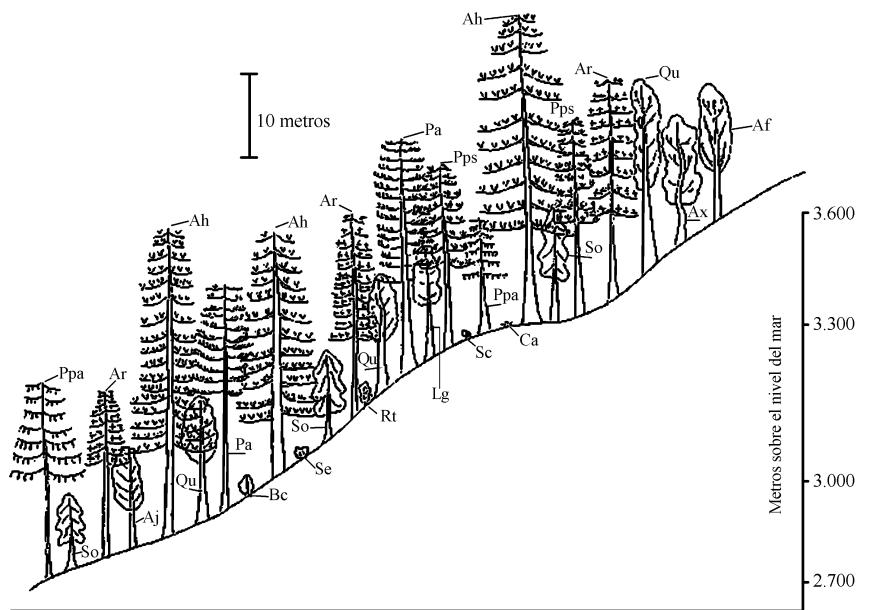


Figura 2. Perfil esquemático de la estructura vertical de los bosques de oyamel estudiados. Los acrónimos representan: Ah, *Abies hickelii*; Af, *Alnus firmifolia*; Aj, *A. jorullensis*; Ar, *Arbutus religiosa*; Ax, *A. xalapensis*; Bc, *Bacharis conferta*; Lg, *Litsea glaucescens*; Pa, *Pinus ayacahuite*; Ppa, *P. patula*; Pps, *P. pseudostrobus*; Qu, *Quercus* sp.; Rt, *Rubus trilobus*; Se, *Senecio*; Sc, *S. callosus*; So, *Salix oxylepis*.

Méjico, o aún las altas montañas del oeste de Guatemala. Este patrón coincide con nuestras observaciones ya que conforme se asciende en el gradiente altitudinal, los rodales más puros de *A. hickelii* se encuentran entre los 3.000 a 3.200 msnm. El mismo patrón ha sido observado por otros autores (Madrigal-Sánchez, 1967; Manzanailla, 1974; Rzedowski, 1978;

Narave, 1985 y Álvarez, 1987) en otros bosques de *Abies* en México. A lo anterior, debemos agregar algunos fenómenos climáticos que afectan al estado de Veracruz (García, 1970), como los vientos alisios del norte, los ciclones tropicales originados en el mar de las Antillas durante el verano y el principio del otoño y los nortes, estos últimos determinados por la

circulación del aire polar continental originado en el norte de los Estados Unidos y sur de Canadá, que son la causa de las condiciones más húmedas en las que se encuentran los bosques de *A. hickelii*. De acuerdo con Islebe *et al.* (1995) la temperatura en las zonas mexicanas bajo influencia de nortes baja a menos de 10°C especialmente entre los meses de marzo a noviembre,

TABLA IV  
ESTRUCTURA DEL ESTRATO ARBÓREO ENTRE 3000 Y 3600m DE ALTITUD

Nombre científico	Nº total de individuos	Frecuencia (%)	Frecuencia relativa (%)	Altura máxima (m)	Cobertura (m <sup>2</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> )	Densidad relativa (%)	Dominancia relativa (%)	V.I.R. (%)
<i>A. hickelii</i>	977	100	25,5	40,0	10,1	0,06	76,0	0,2	34,1
<i>Quercus</i> sp.	2	10	2,6	26,0	113,8	4,2	0,2	56,4	20,0
<i>P. pseudostrobus</i>	191	100	25,6	26,0	11,3	0,33	14,8	4,4	15,0
<i>A. religiosa</i>	1	10	2,6	28,0	28,3	2,0	0,1	28,0	10,0
<i>Alnus firmifolia</i>	43	50	12,8	17,0	7,1	0,2	3,3	2,5	6,3
<i>Arbutus xalapensis</i>	38	40	10,3	17,0	15,9	0,4	2,9	5,2	6,0
<i>Salix oxylepis</i>	27	50	12,9	15	50,2	0,02	2,1	0,5	5,0
<i>P. ayacahuite</i>	6	20	5,1	17,0	8,8	0,2	0,5	2,4	2,7
<i>P. patula</i>	1	10	2,6	14,0	9,6	0,03	0,1	0,4	0,9
Total	1286	390	100,0		255,1	7,44	100,0	100,0	100,0

**TABLA V**  
**ÍNDICE DE DOMINANCIA DE McNAUGHTON PARA LAS ESPECIES ARBÓREAS DEL BOSQUE DE *A. hickelii* EN EL PICO DE ORIZABA Y CUMBRES DE ACULTZINGO, VERACRUZ**

Species	Índice de dominancia
<i>A. hickelii</i> - <i>P. pseudostrobus</i>	70
<i>A. hickelii</i> - <i>P. ayacahuite</i>	45
<i>A. hickelii</i> - <i>Alnus jorullensis</i>	33
<i>A. hickelii</i> - <i>Salix oxylepis</i>	33
<i>A. hickelii</i> - <i>Quercus</i> sp.	25

aspecto que es relevante en la distribución de *A. hickelii*.

En el caso de la lluvia las diferencias que presentan los registros en los bosques de *A. religiosa* estudiados por Madrigal-Sánchez (1967), de 1082mm anuales, y Álvarez (1987), de 1286mm, y lo encontrado para los bosques de *A. hickelii* (1698mm) parecen ser un factor primordial para la coexistencia de esta especie en el Pico de Orizaba. Las temperaturas también presentan divergencias. La media en los bosques estudiados por Madrigal-Sánchez (1967) varió entre 10,5°C y 13°C, en aquellos observados por Álvarez (1987) fluctuó entre 10,5°C y 12,5°C, y en los bosques de *A. hickelii* fue de 9,3°C. La máxima extrema en los bosques de *A. religiosa* fue de 30°C, mientras que en los de *A. hickelii* fue de 27°C, y la mínima extrema que encontró Madrigal-Sánchez (1967) fue de -11°C, siendo en nuestro caso de -4°C. Las discrepancias entre días nublados y con neblinas son considerables, ya que Madrigal-Sánchez (1967) encontró un total de 200 días nublados, 38 menos que en el bosque de *A. hickelii*; en el bosque de *A. religiosa* se hallaron 55 días con neblina, 91 días menos que en el de *A. hickelii*. Los bosques de *A. hickelii* se encuentran en sitios más frescos y húmedos que aquellos que ocupa *A. religiosa*. Por otro lado, tanto el Pico de Orizaba como las cumbres de Acultzingo comparten los mismos elementos florísticos,

con excepción de *Pinus patula* que está ausente en los rodales muestreados en Acultzingo. En este sentido, las comunidades de *Abies* son aparentemente muy homogéneas; baste mencionar que varios de los elementos florísticos que encontramos son compartidos con el bosque de *A. guatemalensis*: *Rubus trilobus*, *Senecio callosus*, *Fuchsia microphylla*, *Castilleja*, *Trifolium*, *Salvia* y *Pinus ayacahuite* (Islebe *et al.*, 1995).

**Estratificación vertical, cobertura y área basal.**- Los bosques estudiados presentan cinco estratos (Figura 2): ralante; herbáceo, con altura de 3 a 30cm; arbustivo, de 30cm a 3m; arbóreo inferior, de 3 a 13m y arbóreo superior >13m. Los resultados presentados se concentran en los dos estratos arbóreos. Los valores de cobertura (*sensu* Braun-Blanquet, 1979) encontrados para cada estrato en los 21 sitios estudiados fueron: estrato herbáceo, 10 a 50%; estrato arbustivo, 5 a 40%; estrato arbóreo inferior, 5 a 15% y estrato arbóreo superior, 30 a 80%. La cobertura total estimada varió entre 5 y 80%, indicando que la variación en la compacidad de los diferentes estratos permite encontrar rodales muy densos, dominados casi exclusivamente por *A. hickelii*, hasta aquellos muy abiertos donde existe una gran riqueza de especies, propiciada por la apertura de claros.

El 70% de los 2.185 árboles censados pertenecen a *A.*

**TABLA VI**  
**ÍNDICES DE ASOCIACIÓN DE *A. hickelii* CON ALGUNAS ESPECIES DEL ESTRATO ARBÓREO**

Especies	Porcentaje de asociación
<i>A. hickelii</i> - <i>P. pseudostrobus</i>	86,4
<i>A. hickelii</i> - <i>P. ayacahuite</i>	80,6
<i>A. hickelii</i> - <i>Alnus jorullensis</i>	78,5
<i>A. hickelii</i> - <i>Arbutus xalapensis</i>	77,8
<i>A. hickelii</i> - <i>Salix oxylepis</i>	77,7
<i>A. hickelii</i> - <i>Quercus</i> sp.	76,5

*hickelii* (n= 1703) y su altura máxima registrada fue de 50m en el Pico de Orizaba; la ausencia de este tipo de individuos en otras áreas del propio Pico de Orizaba y Cumbres de Acultzingo se debe a que han estado sujetos a extracción. De los 2.700 a 2.900 msnm, los valores máximos de área basal los presentaron *P. ayacahuite*, *A. hickelii*, *P. patula* y *Alnus jorullensis*; estas tres especies presentaron también los valores más altos de cobertura junto con *A. religiosa*. Entre los 2.900 a 3.200 msnm las especies con mayor área basal fueron *A. religiosa*, *P. pseudostrobus*, *P. patula* y *Salix oxylepis*, mientras que *Quercus* sp., *Litsea aff. glaucescens*, *P. ayacahuite* y *A. religiosa* fueron las especies con mayores valores de cobertura. Entre los 3.200 a 3.600 msnm las especies con área basal máxima fueron *Quercus* sp., *A. religiosa* y *Arbutus xalapensis*; la cobertura fue especialmente alta para *Quercus* sp, le siguieron en importancia *A. religiosa*, *Arbutus xalapensis* y *A. hickelii*. En la Tabla V se presenta el índice de dominancia de McNaughton (Krebs, 1985). De acuerdo con este índice las especies que dominan la comunidad son *A. hickelii* - *P. pseudostrobus* y *A. hickelii* - *P. ayacahuite*, ya que presentan los mayores valores de asociación (Tabla VI). Esta información se ve corroborada por el valor y porcentaje de importancia de estas especies, aunque cabe mencionar también los

altos valores de cobertura que presentan *A. religiosa*, *Quercus* sp., *Alnus jorullensis* y *Arbutus xalapensis* (Tablas II, III y IV).

De acuerdo con los valores de importancia, en las tres variantes estudiadas, fisonómica y estructuralmente los grupos ecológicos (Whittaker, 1975) de árboles que dominan el gradiente altitudinal en los bosques de oyamel estudiados son: hacia los 2.700 a 2900m, *A. hickelii*-*P. ayacahuite*-*Alnus jorullensis* y *P. patula*; entre los 2.900 a 3.200m, *A. hickelii*-*A. religiosa*-*P. pseudostrobus* y *P. Ayacahuite*, y entre los 3.200 y 3.600m, *A. hickelii*-*Quercus* spp.-*P. pseudostrobus* y *A. religiosa*. Es notoria una mayor presencia de *A. hickelii* al ascender altitudinalmente. De acuerdo con Peet (1988) la altitud debe entenderse como un factor complejo que involucra a la exposición, el clima y el suelo, elementos que en conjunto pueden determinar las asociaciones y algunas características de los árboles como el área basal (Pabst y Spies, 1999). Abrudan y Mather (1999) encontraron que algunas características de los bosques de *Abies alba* como el diámetro y la altura están fuertemente influenciadas por el gradiente altitudinal, así como por el aspecto y la posición de la parcela de muestreo. Finalmente, las asociaciones que observamos son similares a las encontradas por Madrigal-Sánchez (1967), Anaya *et al.* (1980) y Álvarez (1987).

## Conclusiones

Las condiciones específicas en las que se desarrolla el bosque de *A. hickelii* merecen atención ya que estimulan un desarrollo muy vigoroso de la vegetación, así como una alta riqueza de especies que puede observarse por las diferentes asociaciones que forma a lo largo del gradiente altitudinal que cubre y los diferentes estratos que componen su estructura vertical. Las fuertes pendientes y profundas barrancas en las que se distribuye pueden hacer muy difícil el acceso para la extracción de los árboles. La distribución restringida de la especie impone limitantes para su aprovechamiento, ya que una extracción excesiva puede limitar el tamaño de la población, la variabilidad genética de la misma y por lo tanto su persistencia. Algunas actividades como el libre pastoreo y la extracción de leña pueden ser manejadas pero deben llevarse a cabo estudios que posibiliten hacerlas sin menoscabo del ecosistema. Por su belleza escénica, valdría la pena rescatar las funciones asignadas por decreto presidencial al Parque Nacional, permitiendo que sea administrado, con la debida capacitación, por los pobladores del área. Un intento similar podría llevarse a cabo en el caso de las cumbres de Acultzingo. Esto posibilitaría también la preservación de la importante corriente fluvial que representa para las ciudades e industrias del centro de Veracruz el río Jamapa y en general la cuenca alta del río Papaloapan.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los poseedores de los bosques estudiados en los ejidos de Nueva Vaquería, Jacal y Texmola, Veracruz; los comentarios y observaciones de José C. Boyás Delgado, Luciano Vela Gálvez y Luis Hernández Pallares; a Bertha Ruiz Altamirano y Marcela Gutiérrez Garduño (Herbario Nacional Forestal-Luciano

Vela Gálvez) por la identificación de los ejemplares botánicos colectados; a Silviano Flores por su colaboración en el trabajo de campo; y a Laura Arriaga, Patricia Feria y Jesús Alarcón Guerrero, de la Dirección Técnica de Análisis de Proyectos de CONABIO, por la ayuda para elaboración del mapa de distribución actual y potencial de *Abies hickelii*.

## REFERENCIAS

- Abrudan IV, Mather RA (1999) The influence of site factors on the composition and structure of semi-natural mixed-species stands of beech (*Fagus sylvatica*), silver fir (*Abies alba*) and Norway spruce (*Picea abies*) in the Upper Draganul Watershed of North-West Romania. *Forestry* 72: 87-93.
- Álvarez del C. C (1987) *La vegetación de la Sierra de Ajusco*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Cuaderno de trabajo N° 33. 74 pp.
- Anaya L. AL, Hernández S. R, Madrigal-Sánchez X (1980) La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccíhuatl (México). Bol. Téc. Núm. 65. Inst. Nal. de Invest. For. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos. 79 pp.
- Anónimo (1988) *Síntesis geográfica, noménclator y anexo cartográfico del Estado de Veracruz*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 69 pp.
- Anónimo (1994) Norma oficial mexicana. NOM -059 -ECOL -1994. *Diario Oficial de la Federación*. pp. 35-45.
- Ávila B. CH, Aguirre J, y García E (1994) Variación estructural del bosque de oyamel (*A. hickelii* Flous & Gaussen) en relación con factores ambientales en el Pico de Orizaba, México. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 3: 5-17.
- Bouyoucos GJ (1927) The hydrometer as a method for the mechanical analysis of soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- Braun-Blanquet J (1979) *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume. 820 pp.
- Bray RH, Kurtz LT (1945) Determination of total organic and available phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- Cuanalo de la C. H (1981) *Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo*. Colegio de Postgrados. Chapingo. 40 pp.
- Cisneros VM (1981) *Estudio para la caracterización del medio geográfico regional de la zona central del Estado de Veracruz*. Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma Chapingo. Huatusco. Veracruz. 22 pp.
- Everitt BS (1977) *The analysis of contingency tables*. Chapman and Hall. 128pp.
- Ferrusquía I (1998) Geología de México: una sinopsis. En Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J (Eds) *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 3-108.
- García AE (1970) Los climas de Veracruz. *An. Inst. Biol. Univ. Autón. Méx.* (Serie Botánica) 41: 3-42.
- Graham A (1998) Factores históricos de la diversidad biológica de México. En Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J (Eds) *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 109-127.
- Islebe G. A, Velázquez A, Cleef AM (1995) High elevation coniferous vegetation of Guatemala. A phytosociological approach. *Vegetatio* 116:7-23.
- Jackson L (1982) *Análisis químico de suelos*. 4<sup>a</sup> edición. Omega. Barcelona. España. 662 pp.
- Johnson E (1970) *Morfogénesis y clasificación de algunos perfiles derivados de cenizas volcánicas del Pico de Orizaba, Puebla y Veracruz*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis 78 pp.
- Krebs CJ (1985) *Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia*. Harla. México. 753 pp.
- Labat J-N (1995) *Végétation du nord-ouest du Michoacán, Mexique. Flora del bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo complementario VIII. ORSTOM-CONACYT-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Comisión Nacional para el Uso y Estudio de la Biodiversidad-Centro Francés de Estudios Mexicanos y Centroamericanos. pp. 119-132.
- Madrigal-Sánchez X (1967) *Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (Abies religiosa H.B.K. Schl. et Cham.) en el Valle de México*. Bol. Téc. N°. 18. Inst. Nal. de Invest. For., Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. 94 pp.
- Manzanilla H (1974) *Investigaciones epidemáticas en bosques mexicanos de Abies religiosa*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos. 165 pp.
- Miranda F (1952) *La vegetación de Chiapas*. Tomo I. Ediciones del Gobierno del Estado. Tuxtla Gutiérrez. Chiapas. 334 pp.
- Morán HF (1990) *Geología de México*. Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. México. 150 pp.
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H (1974) *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley & Sons. 547 pp.
- Narave F (1985) La vegetación del Cofre de Perote, Veracruz. *Biotica* 10 35-64.
- Pabst RJ, Spies TA (1999) Structure and composition of unmanaged riparian forest in the coastal mountains of Oregon, USA. *Can. J. For. Res.* 29: 1557-1573.
- Peet KR (1988) Forests of the Rocky Mountains. En Barbour MG, Billings WD (Eds) *North American Terrestrial Vegetation*. Cambridge University Press. pp. 63-101.
- Reiners WA, Lang GE (1979) Vegetational patterns and processes in the balsam fir zone, White Mountains, New Hampshire. *Ecology* 60: 403-417.
- Rheder A (1939) The firs of Mexico and Guatemala. *J. Arnold Arbor* 20: 281-287.
- Rzedowski RJ (1978) *Vegetación de México*. Limusa. 431 pp.
- Salas GP (1977) Recursos no renovables. En Tamayo JL, Beltrán E (Eds) *Recursos Naturales de la Cuenca del Papaloapan*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos-Comisión del Papaloapan-Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. pp. 221-250.
- Vela G. L, Boyás JC, Hernández A, Mancero A, Rodríguez A (1976) El Nevado de Toluca. *Ciencia Forestal* 1: 53-61.
- Whittaker RH (1975) *Communities and ecosystems*. MacMillan. 387 pp.