

Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schltdl. de la Faja Volcánica Transmexicana

Arturo Sánchez-González*
Lauro López-Mata**
Diódoro Granados-Sánchez***

Recibido: 11 de agosto de 2004
Aceptado en versión final: 25 de febrero de 2005

Resumen. Se analizó la semejanza en la composición de familias, géneros y especies de plantas vasculares de los bosques de oyamel de la Faja Volcánica Transmexicana, los datos se obtuvieron a partir de la revisión bibliográfica en 12 localidades. Con esta información se estimó la semejanza florística entre los sitios mediante métodos de clasificación y ordenación. La flora de estos bosques contiene 76 familias, 222 géneros y 510 especies. Fue posible detectar patrones en la composición y estructura de los bosques de oyamel importantes para su manejo y conservación: un pequeño porcentaje de las familias más comunes contiene una proporción muy alta de los géneros y las especies; un pequeño porcentaje de los géneros más constantes contiene cerca del 50% de las especies; un porcentaje escaso de las especies es común a los bosques de oyamel y son estas especies las que definen su estructura básica. La distribución de la mayoría de las especies no es uniforme entre localidades, lo cual resalta la importancia de las condiciones ambientales locales en el pasado y en el presente.

Floristic similarity among *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schltdl. forests on the Transmexican Volcanic Belt

Abstract. The similarity in composition of families, genera, and species of vascular plants was analyzed from existing published data belonging to 12 localities of fir forests located on the transmexican volcanic belt. The similarity analyses were performed using classification and ordination multivariate statistical techniques. The vascular flora of these forests contains 76 families, 222 genera, and 510 species. From the analyses, it was possible to detect patterns in both composition and structure of the forests which are important for their management and conservation: a small percentage of the most common families contains a very high proportion of genera and species; a small percentage of the most constant genera contains near 50% of the species; a scarce percentage of the species is common to the 12 fir forests localities which also define their fundamental structure. Most of the species distribution were not uniform among localities which stands out the importance of past and current local environmental conditions.

Key words: Transmexican Volcanic Belt, geographical distances, classification and ordination, floristic similarity, fir forests.

*Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Km. 4.5, Carretera Pachuca-Tulancingo, 42184, Pachuca, Hidalgo. E-mail: artsag@hotmail.com

** Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados, Km. 36.5, Carretera México-Texcoco, 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México. E-mail: lauro@colpos.mx

*** División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo, Km. 38.5, Carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, Estado de México. E-mail: didorog@latinmail.com

INTRODUCCIÓN

En el mundo las regiones más uniforme y extensamente modificadas por las actividades humanas son las regiones templadas, la colonización y desarrollo en estas regiones productivas y hospitalarias tienen una larga historia con un impacto dramático sobre la diversidad biológica a todos los niveles de integración ecológica: ecosistemas, comunidades, especies y poblaciones (Norton, 1996).

Los bosques de oyamel típicos de la zona ecológica templada subhúmeda de México, tienen sus áreas continuas de mayor extensión en las serranías que circundan a la cuenca del Valle de México, dentro de la faja volcánica transmexicana (FVT, *sensu* Ferrusquía, 1998), donde *Abies religiosa* domina el estrato arbóreo superior. Estos bosques ocupan un lugar especial en la vegetación de México por sus características fisionómicas, florísticas y ecológicas. Restringidos a sitios de alta montaña; a altitudes entre los 2 400 y 3 500 m se localiza el 82% de la superficie en que coexisten bajo condiciones climáticas y edáficas muy específicas (Rzedowski, 1978).

Los bosques maduros de oyamel son densos, de 20 a 40 m de alto, poco tolerantes a la presencia de arbustos y plantas herbáceas. En ocasiones, sin embargo, por razones de topografía, intervención humana u otras causas, toleran diversas especies arbóreas, arbustivas y herbáceas (Challenger, 1998; Sánchez y López, 2003). Su tasa de regeneración depende de la intensidad y tipo de disturbio, cuando éste ocurre es posible reconocer especies indicadoras, algunas de las cuales son componentes normales de la comunidad, pero su densidad aumenta de manera notable (Madrigal, 1967; Rzedowski, 1978).

Los bosques templados de la cuenca del Valle de México rodean uno de los mayores complejos urbanos del mundo, la Zona

Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), la cual ha estado sujeta a perturbaciones antropogénicas desde tiempos precolombinos. Las perturbaciones más importantes son ocasionadas por los desmontes y la tala inmoderada (Rzedowski 1978), los incendios y el pastoreo (Manzanilla, 1974; Velázquez, 1994; Challenger, 1998), la contaminación atmosférica y las plagas y enfermedades (Alvarado y Hernández, 2002). Esta serie de factores impide tener una idea precisa de las condiciones de la vegetación en su forma original.

Flores *et al.* (1971) estimaron que los bosques de oyamel ocupaban el 0.16% de la superficie de México, ahora los relictos de estos bosques representan menos de 0.1% (SEMARNAP, 1998). Los bosques de oyamel proporcionan beneficios económicos, biológicos y espirituales, destacan sus funciones de recreación, protección contra la erosión, captación de agua y regulación de la escorrentía (Hernández, 1985), por ello es necesario iniciar trabajos tendientes a evaluar su estado natural actual.

El objetivo principal de esta investigación fue contribuir al conocimiento de la composición florística de los bosques de *Abies religiosa* de la FVT.

Los objetivos específicos fueron:

- Estimar la semejanza en la composición de especies entre los bosques de *Abies religiosa* de la FVT.
- Obtener un listado de las familias, géneros y especies más comunes de los bosques de *Abies religiosa* de la FVT, que sirva como referencia de su estado actual.

ÁREA DE ESTUDIO

La provincia morfotectónica denominada FVT se localiza entre los 17°30'-20°25'N y los 96°20'-105°20'O y cruza la República Mexicana de costa a costa en dirección este-oeste (Figura 1). Cubre una superficie

cercana al 9.17% del territorio mexicano, e incluye parte de los estados de Jalisco, Nayarit, Michoacán, Colima, Guerrero, Morelos, Estado de México, Querétaro, Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Veracruz y el Distrito Federal. La mayor parte del área es de origen volcánico, está dotada con grandes picos volcánicos y sierras cuyo intervalo altitudinal varía de 1 000 a 5 760 m. Los climas son variables, pero el templado con invierno seco poco riguroso y lluvias en verano (Cw) ocupa la mayor parte de la provincia (Ferrusquía, 1998). Existen numerosos ríos, como el Lerma-Santiago al noroeste, los tributarios

del Balsas-Mexcala al sur y el Tula-Moctezuma al noreste. Predomina una serie de cuencas endorreicas que originaron grandes extensiones lacustres en el pasado. A lo largo de la FVT la vegetación dominante son los bosques de pino y encino (Challenger, 1998).

MÉTODOS

Se analizó la semejanza en la composición de especies de plantas vasculares (familias, géneros y especies) de los bosques de oyamel de 12 localidades de la FVT, con los datos de la bibliografía recopilada por Sánchez (2004). La consulta de los sinóni-

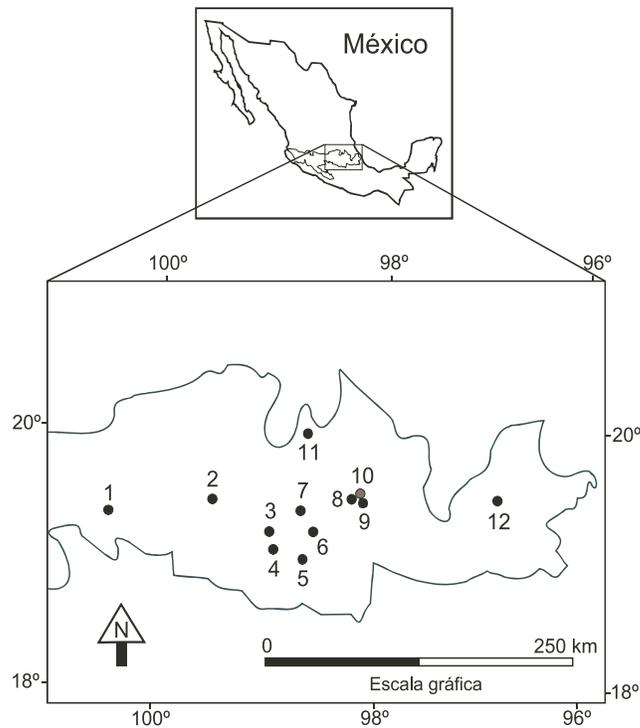


Figura 1. Localización de los bosques de oyamel analizados en la Faja Volcánica Transmexicana.

1: Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca; 2: Sierra de Monte Alto; 3: Parque Nacional Cumbres del Ajusco; 4: Corredor biológico Chichinautzin; 5: Parque Nacional Izta-Popo; 6: Parque Nacional Zoquiapan; 7: Cerro Tláloc; 8: Sierra de Calpulalpan; 9: Sierra de Tlaxco-Tequesquitla; 10: Parque Nacional La Malinche; 11: Parque Nacional el Chico; 12: Parque Nacional Cofre de Perote.

mos de los nombres de las familias y los géneros presentes en cada localidad se basó en el trabajo de Mabberley (1993), los nombres de las especies en el trabajo de Calderón de Rzedowski y Rzedowski (2001) y para las pteridofitas se basó en Mickel y Smith (2004).

La semejanza florística entre localidades se calculó con base en datos de presencia-ausencia mediante:

1. Análisis de agrupamiento (*Cluster Analysis*), una técnica jerárquica aglomerativa que permite la selección de varias medidas de distancia y el uso de varias opciones de unión de grupos. Se eligió el índice de Sørensen como la medida de semejanza entre grupos, y como método de unión de grupos el de promedio entre grupos (UPGMA). Los resultados se presentan en un dendrograma en el que la medida de distancia se transformó a la función objetiva de Wishart expresada como porcentaje de información remanente (McCune y Mefford, 1999). Para determinar el número de grupos en el dendrograma se eligió un nivel de corte que considerara un compromiso entre la pérdida de información y la simplificación de un número de unidades interpretables desde un punto de vista natural (McCune y Grace, 2002).

2. Análisis de correspondencia rectificadas (DCA: *Detrended Correspondence Analysis*), una técnica de ordenación indirecta apropiada cuando las variables analizadas muestran relaciones de tipo unimodal a gradientes espaciales (Palmer, 2005). Los análisis se realizaron con el programa PC-ORD (McCune y Mefford, 1999).

RESULTADOS

El dendrograma del análisis de agrupa-

miento (CA) muestra la semejanza en la composición de especies entre las 12 localidades de *A. religiosa* analizadas (Figura 2). El nivel de corte seleccionado (menos de 45% de la información retenida) permitió distinguir tres grupos. El primer grupo está constituido por dos localidades: Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y Sierra de Monte Alto; el siguiente grupo incluyó a los bosques de *A. religiosa* de la Sierra Nevada (Parque Nacional Izta-Popo, Parque Nacional Zoquiapan y Cerro Tláloc), del Corredor Biológico Chichinautzin y del Parque Nacional Cumbres del Ajusco; todas éstas son localidades geográficamente muy cercanas entre sí. El tercer grupo lo forman los bosques del estado de Tlaxcala (Parque Nacional La Malinche, Sierra de Calpulalpan y Sierra de Tlaxco-Tequesquitla). Por su parte, las localidades Parque Nacional El Chico y Parque Nacional Cofre de Perote aparecen muy separadas entre sí y de todas las demás, por lo que no constituyen un grupo.

Los resultados de la ordenación indirecta (DCA) permitieron detectar los mismos tres grupos que con el CA. Los dos primeros ejes de la ordenación representaron apropiadamente las relaciones florísticas entre las 12 localidades, el valor de las raíces características para ambos ejes indicó una correlación significativa entre las localidades y las especies (Figura 3). La longitud del gradiente muestra la presencia de un cambio significativo en la composición de especies entre localidades (McCune y Grace, 2002; Palmer, 2005). El diagrama de ordenación sugiere que la semejanza en la composición de especies entre localidades disminuye conforme aumenta la distancia geográfica (latitud y longitud). El Parque Nacional Zoquiapan y el Parque Nacional Izta-Popo poseen la composición de especies más representativa de los bosques de oyamel de la FVT (Figura 3).

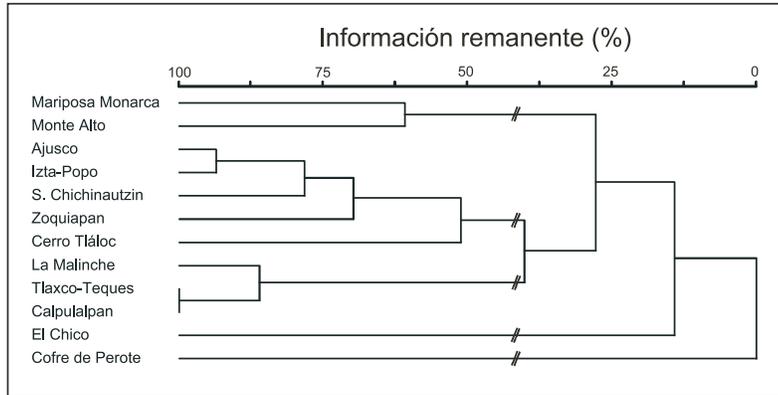


Figura 2. Clasificación numérica mediante el análisis de agrupamiento de las 12 localidades analizadas.

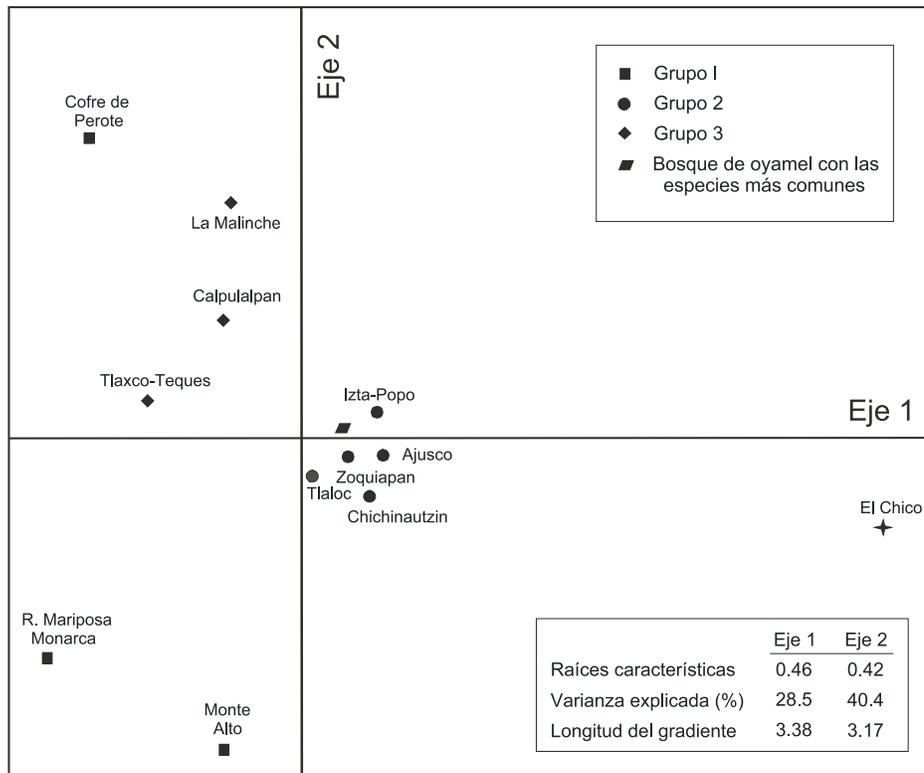


Figura 3. Ordenación indirecta (DCA) de las 12 localidades analizadas.

Cuadro 1. Información general sobre los bosques de oyamel analizados

No.	Localidad	Coordenadas geográficas	Altitud (m)	No. de especies	Referencia
1	Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca, Edo. de México y Michoacán	19° 30' y 21° 00' 102° 30' y 102° 45'	2 400 -3 300	225	Ibarra, 1983; Cornejo - Tenorio <i>et al.</i> , 2003
2	Sierra de Monte Alto, Edo. de México	19° 20' y 19° 40' 99° 20' y 99° 30'	2 950 - 3 500	172	Osorio, 1984
3	Sierra del Ajusco, Distrito Federal	19° 10' y 19° 20' 99° 10' y 99° 20'	2 970 -3 500	66	Álvarez del Castillo, 1987; Nieto de Pascual, 1995
4	Sierra Chichinautzin, Distrito Federal	19° 03' y 19° 13' 98° 57' y 99° 56'	3 000 -3 550	78	Velázquez y Cleef, 1993; Silva, 1998
5	Parque Nacional Izta-Popo, Edo. de México, Puebla y Morelos	18° 59' y 19° 15' 98° 30' y 98° 50'	2 800 -3 600	104	May Nah, 1971; Boyas, 1993; Almeida -Leñero, 1997.
6	Parque Nacional Zoquiapan, Edo. de México y Puebla	19° 12' y 19° 30' 98° 30' y 98° 45'	3 150 -3 500	70	Vega, 1982
7	Cerro Tláloc, Estado de México	19° 23' y 19° 28' 98° 42' y 98° 48'	3 100 -3 500	138	Sánchez, 2004
8	Sierra de Calpulalpan, Tlaxcala	19° 30' y 19° 38' 98° 23' y 98° 45'	2 800 -3 810	75	Madrigal, 1967; Castillejos y Ramírez, 1992
9	Sierra de Tlaxco-Tequesquitla, Tlaxcala	19° 16' y 19° 43' 97° 45' y 98° 40'	2 800 - 3810	114	Madrigal, 1967; Castillejos y Ramírez, 1992
10	Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala	19° 06' y 19° 22' 95° 51' y 98° 06'	2 800 -3 810	113	Madrigal, 1967; Castillejos y Ramírez, 1992; Fernández, 1987
11	Parque Nacional El Chico, Hidalgo	20° 10' y 20° 13' 98° 41' y 98° 45'	2 600 -3 086	77	Madrigal, 1967; Hernández, 1995
12	Parque Nacional Cofre de Perote, Veracruz	19° 20' y 19° 40' 97° 00' y 97° 15'	3 000 -3 500	98	Narave, 1985

El análisis de la semejanza florística a nivel de familias, géneros y especies es exploratorio, una limitación de este estudio es que las localidades utilizadas para elaborar el listado de especies (Figura 1; Cuadro 1) difieren en extensión territorial, amplitud del intervalo altitudinal e intensidad de exploración (Sánchez, 2004), de ahí que los resultados sólo intentan mostrar las mayores diferencias y tendencias.

En las 12 localidades analizadas se contabilizaron 76 familias, 222 géneros y 510 especies. El grupo de plantas vasculares más numeroso fue el de las angiospermas, seguido de las pteridofitas y, por último, las gimnospermas. Las dicotiledóneas representaron más de 77% y las monocotiledóneas más del 13% de las familias, géneros y especies (Cuadro 2). Las familias: Boraginaceae, Caryophyllaceae, Compositae, Cruciferae, Ericaceae, Geraniaceae, Labiatae, Leguminosae, Onagraceae, Orchidaceae, Poaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae y Umbelliferae contienen 59% de los géneros y 67% de las especies presentes en las localidades analizadas (Cuadro 3).

El 34.2% de las familias están presentes en seis o más localidades analizadas (familias constantes), 35.5% en cuatro a seis (familias accesorias) y 30.3% en tres o menos (familias accidentales; Cuadro 3; Figura 4).

Los resultados muestran que 42 géneros (19%) contienen el 48% de las especies de

los bosques de oyamel analizados (Cuadro 3). Un gran número de géneros y especies son poco comunes a las 12 localidades: 22% de los géneros están presentes en seis o más (géneros constantes), 22% en cuatro a seis (géneros accesorios) y 56% en tres o menos (géneros accidentales) de las localidades (Figura 4).

El Cuadro 4 contiene un listado de las especies más representativas de los bosques de oyamel de la FVT, sólo 38 (8%) especies se presentaron en seis o más localidades (especies constantes), 78 (15%) especies se presentaron en 4 a 6 localidades (especies accesorias) y una gran cantidad de especies, 394 (77%) se presentaron en tres o menos de las localidades (especies accidentales).

Sólo *Alchemilla procumbens* y *Symphoricarpos microphyllus* además de *Abies religiosa* se presentaron en todas las localidades (100% de constancia), también son características *Acaena elongata*, *Didymaea alsinoides*, *Fragaria mexicana*, *Fuchsia microphylla*, *Senecio angulifolius* y *Senecio barbajohannis* con una constancia de 92%; *Arbutus xalapensis*, *Brachypodium mexicanum*, *Buddleia parviflora*, *Castilleja tenuiflora*, *Eupatorium glabratum*, *Galium aschenbornii*, *Pernettya postrata*, *Salix paradoxa*, *Salvia elegans* y *Stellaria cuspidata* con 83%; y *Arenaria lanuginosa*, *Asplenium monanthes*, *Eupatorium pazcuarensis*, *Geranium seemannii* y *Penstemon gentianoides* con 75% de constancia (Cuadro 4).

Cuadro 2. Plantas vasculares presentes en los bosques de oyamel de la FVT

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Pteridophyta	5 (6.6%)	8 (3.6%)	18 (3.5%)
Gymnospermae	2 (2.6%)	3 (1.4%)	8 (1.5%)
Angiospermas:			
Monocotyledoneae	10 (13.2%)	32 (14%)	75 (15%)
Dicotyledoneae	59 (77.6%)	179 (81%)	409 (80%)

Cuadro 3. Familias (A) con mayor número de géneros (a) y especies (b), familias (B) presentes en seis o más localidades (n), géneros (C) con más de cuatro especies (a) y géneros (D) presentes en seis o más localidades (n)

Familia	A		B		C		D		
	a	b	Familia	n	Género	a	Género	n	
Compositae	38	115	Caprifoliaceae	12	Senecio	17	Abies	12	Phacelia
Poaceae	14	36	Caryophyllaceae	12	Salvia	14	Alchemilla	12	Pinus
Labiatae	8	26	Compositae	12	Gnaphalium	11	Eupatorium	12	Quercus
Rosaceae	7	19	Ericaceae	12	Stevia	9	Salvia	7	Sibthorpia
Solanaceae	5	19	Labiatae	12	Solanum	9	Symphoricarpos	12	Stachys
Umbelliferae	10	19	Onagraceae	12	Eupatorium	9	Acaena	11	Trisetum
Scrophulariaceae	8	18	Pinaceae	12	Geranium	8	Arenaria	11	Achillea
Leguminosae	5	14	Pyrolaceae	12	Eryngium	8	Castilleja	11	Arracacia
Orchidaceae	6	14	Rosaceae	12	Festuca	7	Cirsium	11	Cestrum
Caryophyllaceae	5	13	Scrophulariaceae	12	Muhlenbergia	6	Didymaea	11	Cinna
Cruciferae	9	12	Solanaceae	12	Lupinus	6	Fragaria	11	Cupressus
Onagraceae	5	12	Umbelliferae	12	Veronica	5	Fuchsia	11	Euphorbia
Ericaceae	6	9	Geraniaceae	11	Stachys	5	Galium	11	Halenia
Geraniaceae	2	9	Poaceae	11	Sisyrinchium	5	Geranium	11	Lithospermum
Boraginaceae	3	7	Rubiaceae	11	Rubus	5	Gnaphalium	11	Orthilia
Juncaceae	2	7	Salicaceae	11	Quercus	5	Penstemon	11	Poa
Pteridaceae	2	7	Grossulariaceae	10	Pinus	5	Salix	11	Polemonium
Campanulaceae	2	6	Loganiaceae	10	Oenothera	5	Senecio	11	Potentilla
Gentianaceae	3	6	Aspleniaceae	9	Lobelia	5	Stellaria	11	Verbesina
Pinaceae	2	6	Boraginaceae	8	Lithospermum	5	Stevia	11	
Ranunculaceae	3	6	Leguminosae	8	Corallorrhiza	5	Arbutus	10	
Crassulaceae	3	5	Betulaceae	7	Conyza	5	Baccharis	10	
Cyperaceae	2	5	Cupressaceae	7	Cestrum	5	Brachypodium	10	
Fagaceae	1	5	Fagaceae	7	Castilleja	5	Buddleia	10	
Iridaceae	1	5	Hydrophyllaceae	7	Bromus	5	Eryngium	10	
Pyrolaceae	4	5	Oxalidaceae	7	Bidens	5	Festuca	10	
Rubiaceae	3	5	Crassulaceae	6	Baccharis	5	Pernettya	10	
Urticaceae	2	5	Euphorbiaceae	6	Archibaccharis	5	Ribes	10	
Caprifoliaceae	3	4	Gentianaceae	6	Alchemilla	5	Asplenium	9	
Commelinaceae	3	4	Juncaceae	6	Urtica	4	Monotropa	9	
Oxalidaceae	1	4	Polemoniaceae	6	Trifolium	4	Rubus	9	
Polygonaceae	2	4	Urticaceae	6	Ranunculus	4	Sigesbeckia	9	
Polypodiaceae	2	4			Oxalis	4		7	

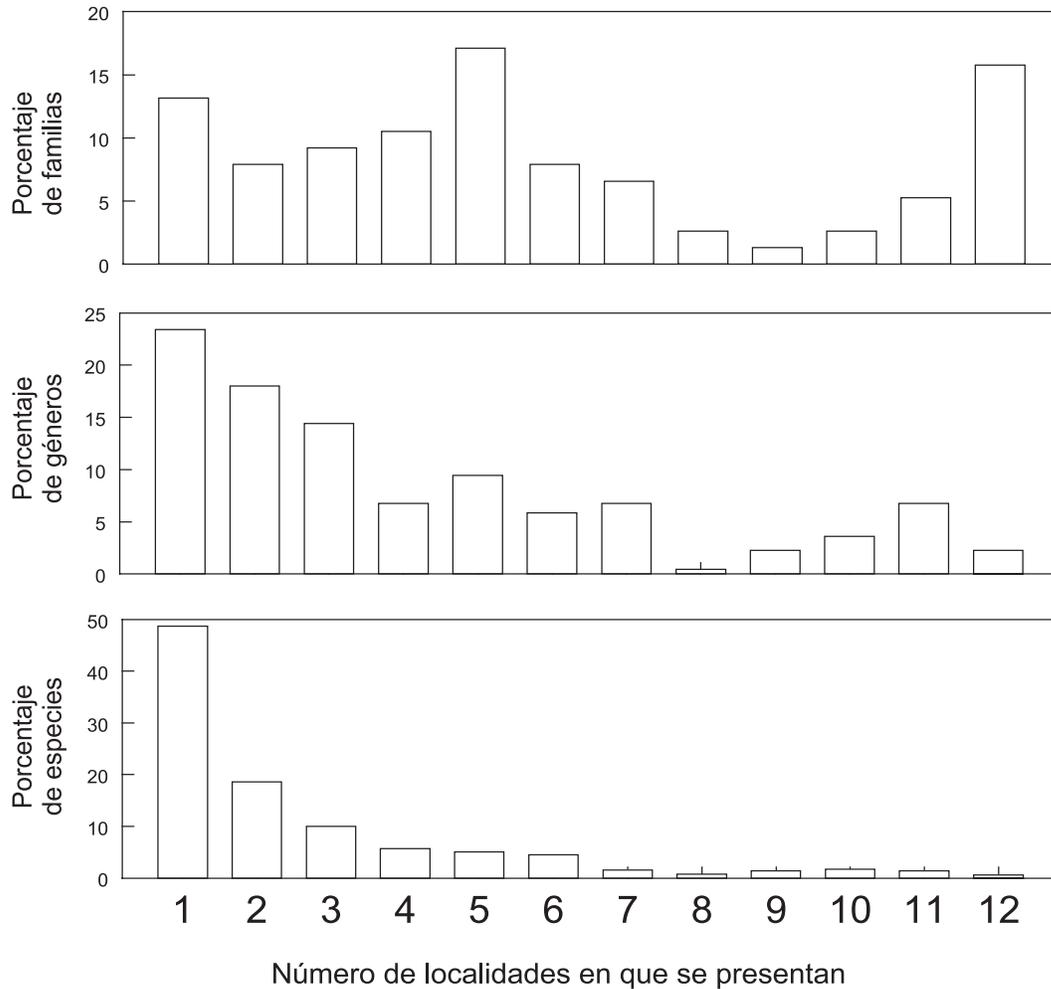


Figura 4. Patrones de presencia de las familias, géneros y especies de las 12 localidades analizadas.

DISCUSIÓN

Los informes de varios autores (Vega, 1982; Osorio, 1984; Narave, 1985; Boyas, 1993; Hernández, 1995; Orozco, 1995; Silva, 1998; Cornejo *et al.*, 2003; Sánchez, 2004) muestran que en conjuntos de menos de 12 las siguientes familias contienen más del 50 % de las especies, en distintas regiones montañosas con bosques templados de la FVT: Bromeliaceae, Caryophyllaceae,

Compositae, Cruciferae, Cyperaceae, Ericaceae, Fagaceae, Poaceae, Labiatae, Leguminosae, Onagraceae, Orchidaceae, Pinaceae, Polypodiaceae, Rosaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae y Umbelliferae. En este trabajo se reportan resultados semejantes, las familias Boraginaceae, Geraniaceae y trece de las familias antes mencionadas contienen 59% de los géneros y 67% de las especies de las localidades analizadas.

Cuadro 4. Especies comunes a los bosques de oyamel (*Abies religiosa*) de la faja volcánica transmexicana (especies reportadas en seis o más localidades)

Especie	n	Especie	n
<i>Abies religiosa</i>	12	<i>Baccharis conferta</i>	7
<i>Alchemilla procumbens</i>	12	<i>Cirsium ehrenbergii</i>	7
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	12	<i>Festuca amplissima</i>	7
<i>Senecio barba-johannis</i>	11	<i>Sibthorpia repens</i>	7
<i>Acaena elongata</i>	11	<i>Stevia monardifolia</i>	7
<i>Didymaea alsinoides</i>	11	<i>Arenaria lycopodioides</i>	7
<i>Fuchsia microphylla</i>	11	<i>Phacelia platycarpa</i>	6
<i>Senecio angulifolius</i>	11	<i>Alnus jorullensis</i>	6
<i>Fragaria mexicana</i>	11	<i>Arracacia atropurpurea</i>	6
<i>Salvia elegans</i>	10	<i>Baccharis multiflora</i>	6
<i>Arbutus xalapensis</i>	10	<i>Cerastium nutans</i>	6
<i>Brachypodium mexicanum</i>	10	<i>Comarostaphylis discolor</i>	6
<i>Buddleia parviflora</i>	10	<i>Erigeron galeottii</i>	6
<i>Castilleja tenuiflora</i>	10	<i>Gnaphalium liebmannii</i>	6
<i>Eupatorium glabratum</i>	10	<i>Monotropa hypopithys</i>	6
<i>Galium aschenbornii</i>	10	<i>Monotropa uniflora</i>	6
<i>Pernettya postrata</i>	10	<i>Penstemon campanulatus</i>	6
<i>Salix paradoxa</i>	10	<i>Pinus hartwegii</i>	6
<i>Stellaria cuspidata</i>	10	<i>Senecio sanguisorbae</i>	6
<i>Arenaria lanuginosa</i>	9	<i>Senecio sinuatus</i>	6
<i>Asplenium monanthes</i>	9	<i>Achillea millefolium</i>	6
<i>Geranium seemannii</i>	9	<i>Cinna poiformis</i>	6
<i>Eupatorium pazcuarensis</i>	9	<i>Cupressus lusitanica</i>	6
<i>Penstemon gentianoides</i>	9	<i>Euphorbia furcillata</i>	6
<i>Ribes ciliatum</i>	8	<i>Galium uncinulatum</i>	6
<i>Senecio toluccanus</i>	8	<i>Geranium potentillaefolium</i>	6
<i>Sigesbeckia jorullensis</i>	8	<i>Orthilia secunda</i>	6
<i>Senecio cinerarioides</i>	8	<i>Ribes affine</i>	6
<i>Senecio platanifolius</i>	8	<i>Rubus pringlei</i>	6
<i>Senecio callosus</i>	7		

n: número de localidades.

Un escenario común en la composición florística de los bosques de oyamel de la FVT implica una pequeña proporción de familias que contienen la mayoría de los géneros y especies de cada localidad. Estos resultados corroboran el patrón biogeográfico descrito por Tolmatschew (1971) en otras regiones templadas del mundo: una secuencia de 10 familias comprende la mayoría de las especies de una flora. El porcentaje de contribución de estas familias al número total de especies es constante en diferentes floras de la misma región florística. En contraste, en floras de diferentes regiones florísticas la secuencia y el porcentaje de contribución de las familias es muy variable.

México, Sudamérica y África son los principales centros mundiales de diversidad de la familia Compositae. En las regiones templadas de México esta familia representa del 15 a 20% de la flora a nivel de género (Rzedowski, 1978; Cornejo *et al.*, 2003), en los bosques de oyamel analizados concentra el 17% de los géneros y el 23% de las especies.

La flora de las regiones montañosas de México con bosques de coníferas, es tan rica en endemismos como la de las zonas áridas y semiáridas y es, además, un centro principal de diversificación para muchos taxa. La diversificación en las familias Pinaceae, Fagaceae, Labiatae, Leguminosae y Poaceae es muy notoria (Perry, 1991; Challenger, 1998; Rzedowski, 1998). Tolmatschew (1971) menciona que la contribución de las familias más ricas, al número total de especies de una flora determinada, puede ser muy baja cuando no han ocurrido disturbios por largos periodos de tiempo y alta si hubo catástrofes en el pasado geológico.

Es evidente la escasa proporción de especies y géneros comunes a los bosques de oyamel analizados. La elevación asincrónica de los conos modernos del plioceno-pleistoceno configuró cambios fisiográficos y climáticos que

influyeron en la composición florística de los bosques de oyamel de la FVT. La distribución de los bosques templados debió moverse hacia el norte o hacia el sur en respuesta a las fluctuaciones climáticas, pero la larga estabilidad en las regiones montañosas de la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur, confluyendo en la FVT (centro de México) pudo proveer áreas de refugio (Soejima *et al.*, 2001).

Aunque la variación en el número de especies reportadas en cada una de las localidades analizadas puede estar influida por los diferentes métodos, criterios de "delimitación" de la comunidad, esfuerzos de muestreo y tamaño del área considerada en cada investigación (Sánchez, 2004), la clasificación (CA) y ordenación indirecta (DCA) de los bosques de oyamel de la FVT permitieron integrar las 12 localidades en grupos que reflejan un decaimiento con la distancia, es decir, las localidades geográficamente más cercanas son en promedio más semejantes entre sí que con las localidades más distantes.

Una semejanza florística baja entre sitios también es un indicativo de condiciones ambientales diferentes, la distribución "en parches" de las especies dentro de las localidades enfatiza la influencia ambiental sobre los procesos de dispersión o las fluctuaciones al azar (Tuomisto *et al.*, 2003).

Las localidades revisadas en este trabajo se ubican en la mitad oriental de la FVT, ahí la altitud es mayor en promedio que en la mitad occidental. Los grupos definidos con la clasificación y la ordenación representan gradientes de latitud, longitud y altitud. A través de estos gradientes la FVT presenta un clima variable (Ferrusquía, 1998). Debido a esta heterogeneidad ambiental, las especies están distribuidas en forma de parches, y debido a limitaciones

en la dispersión, hay un recambio gradual en el acervo de especies regional, más evidente entre áreas más distantes.

Estos resultados pueden indicar que existen diferencias climáticas y edáficas significativas entre las localidades, que la distancia entre ellas es suficiente para que exista una diferenciación biogeográfica o que estos factores están contribuyendo simultáneamente.

Ohmann y Spies (1998) concluyen que la composición florística de una zona en particular es el resultado de procesos que ocurren a escala local y regional. Islebe y Velázquez (1994) indican que la distribución de las principales comunidades vegetales del centro de México está relacionada con factores climáticos, en especial con la temperatura y la humedad, las cuales explican de la mejor manera los patrones biogeográficos observados por ellos. Challenger (1998) menciona que la composición de los bosques templados de México es muy variable de una región a otra, e incluso de un sitio a otro dentro de cada región, lo cual se debe a la enorme heterogeneidad de los tipos y subtipos climáticos, a la inclinación y orientación de las laderas, al tipo y profundidad del suelo y a la compleja historia biogeográfica de los ecosistemas que pertenecen a esta zona ecológica.

Otros estudios han documentado que para los bosques mesófilos de montaña de América Tropical (Vázquez, 1993), para los bosques tropicales de la Amazonia (Tuomisto *et al.*, 2003) y para los bosques de las montañas de Oregon en Estados Unidos (Ohmann y Spies, 1998) la localización geográfica y el clima son los principales determinantes en la composición y distribución de la vegetación a nivel regional.

Los estudios a nivel local realizados por Anaya *et al.* (1980) en el Volcán Iztaccíhuatl, por Sánchez y López (2003) en el Cerro Tláloc, en la Sierra Nevada, y por Velázquez

(1994) en los volcanes Tláloc y Pelado en la Sierra Chichinautzin indican que el patrón de distribución de las comunidades vegetales está definido principalmente por el gradiente altitudinal de precipitación y temperatura y, en menor medida, por factores edáficos. En el caso específico de los bosques de oyamel de la FVT, se reconoce que la distribución regional se relaciona sobre todo con la humedad alta y que la tolerancia a la variación en temperatura es mayor (Madrigal, 1967; Hernández, 1985).

Algunos autores habían sugerido que los bosques de *Abies religiosa* de la FVT son semejantes florísticamente entre sí (Madrigal, 1967; Manzanilla, 1974; Ern, 1976; Rzedowski, 1978; Challenger, 1998). Los resultados de esta investigación confirman que hay un conjunto definido de familias comunes a los bosques de oyamel, que contienen además una gran proporción de los géneros y especies. Sólo un porcentaje muy pequeño de géneros (22%) y especies (8%) fue común a la mayoría de las localidades revisadas. Sin embargo, ese pequeño número de especies comunes es la que define la estructura de los bosques de *Abies religiosa* de la FVT (Madrigal, 1967; Ern, 1976; Rzedowski, 1978; Velázquez, 1994; Sánchez, 2004).

Los bosques de oyamel analizados no son uniformes en su composición florística, lo cual es más evidente a nivel de género y especie. La composición florística difiere entre localidades y tiene patrones identificables relacionados con la distancia geográfica y las condiciones ambientales locales. Estos patrones requieren ser tomados en cuenta para delimitar las áreas naturales protegidas y evaluar su representatividad. La extrapolación de datos de inventarios locales a áreas que no han sido muestreadas debe hacerse con precaución, pues aun cuando los bosques de oyamel son semejantes estructuralmente, existen

diferencias reales en la composición florística entre localidades.

CONCLUSIONES

Las diferencias florísticas entre las localidades analizadas están relacionadas con las distancias geográficas. Este patrón de distribución, más evidente a nivel de género y especie, resalta la influencia de los factores ambientales y de los procesos históricos ocurridos a lo largo de la FVT.

Las 12 localidades examinadas incluyen 76 familias, 222 géneros y 510 especies, lo cual implica una riqueza florística elevada. Existe una gran proporción de géneros y especies no compartidas entre las localidades estudiadas. Sólo una proporción pequeña de familias, géneros y especies comunes a los bosques de oyamel analizados son las que definen su estructura ecológica local. Con estos resultados se elaboró un listado detallado de los taxa comunes a los bosques de oyamel de la porción oriental de la FVT. Los patrones observados tienen implicaciones teóricas y prácticas para la conservación de los bosques

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a quienes posibilitaron la escritura de este artículo: los autores de los estudios florísticos consultados, y las sugerencias y críticas constructivas de dos árbitros anónimos que contribuyeron a mejorar sustancialmente la versión final del artículo.

REFERENCIAS

Almeida-Leñero de G., L. (1997), *Vegetación, fitogeografía y paleoecología del zacatonal alpino y bosques montanos de la región central de México*, tesis Doctoral, Hugo de Vries Laboratory, Department of Palynology and Paleo/Actuo-Ecology, University of Amsterdam, Amsterdam.

Alvarado-Rosales, D. y T. Hernández-Tejeda (2002), "Decline of Sacred Fir in the Desierto de los Leones National Park", in Fenn, M. E., L. I. Bauer y T. Hernández-Tejeda (eds.), *Urban air pollution and forests. Resources at risk in the Mexico city air basin*, Ecological Studies 156, Springer-Verlag, New York, pp. 243-260.

Álvarez del Castillo, C. (1987), *La vegetación de la Sierra del Ajusco*, Departamento de Prehistoria, Instituto Nacional de Antropología e Historia, Cuaderno de Trabajo 33, México.

Anaya L., M. L., R. Hernández S. y X. Madrigal S. (1980), "La vegetación y los suelos de un transecto altitudinal del declive occidental del Iztaccihuatl (México)", *Boletín Técnico* 65, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México.

Boyas D., J. C. (1993), *Flora fanerogámica del Campo Experimental "San Juan Tetla"*, Puebla, Folleto Técnico no. 114, 2a. ed., Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, División Forestal, México.

Calderón de Rzedowski, G. y J. Rzedowski (eds.; 2001), *Flora fanerogámica del Valle de México*, 2a. ed., Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México.

Castillejos C., C. y R. I. Ramírez R. (1992), *Florística y vegetación del estado de Tlaxcala*, tesis de Licenciatura en Biología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM, México.

Challenger, A. (1998), *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Cornejo-Tenorio, G., A. Casas, B. Farfán, J. L. Villaseñor y G. Ibarra-Manríquez (2003), "Flora y vegetación de las zonas núcleo de la reserva de la biosfera Mariposa Monarca", México, *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 73: 43-62.

- Ern, H. (1976), *Descripción de la vegetación montañosa en los estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala*, Willdenowia Beiheft 10, Botanischen Garten und Botanischen Museum, Berlin.
- Ferrusquía V., I. (1998), "Geología de México: una sinopsis", in Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*, Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 3-108.
- Flores M., G., J. Jiménez L., X. Madrigal S., F. Moncayo R. y F. Takaki T. (1971), *Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana*, Secretaría de Recursos Hidráulicos, México.
- Hernández, M. E. (1985), "Distribución y utilidad de los *Abies* en México", *Boletín*, núm. 15, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 75-118.
- Hernández R., M. R. A. (1995), *Estudio florístico-fanerogámico del Parque Nacional El Chico, estado de Hidalgo*, tesis Licenciatura en Biología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México.
- Ibarra C., G. (1983), *Comunidades vegetales del cerro el Cacique, ubicado en el Eje Neovolcánico; Zitácuaro, Michoacán*, tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Islebe, G. A. y A. Velázquez (1994), "Affinity among mountain ranges in Megamexico: a phytogeographical scenario", *Vegetatio* 115: 1-9.
- Mabberley, D. J. (1993), *The plant book. A portable dictionary of the higher plants*, 2a. ed., Cambridge University Press, Cambridge.
- Madrigal S., X. (1967), "Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. & Cham.) en el Valle de México", *Boletín Técnico 18*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México.
- Manzanilla, H. (1974), *Investigaciones epidémicas y silvícolas en bosques mexicanos de *Abies religiosa**, Dirección General de Información y Relaciones Públicas de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, México.
- May Nah, A. (1971), *Estudio fitoecológico del Campo Experimental San Juan Tetla, estado de Puebla, México*, tesis de Licenciatura en Biología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México.
- McCune, B. y J. B. Grace (2002), *Analysis of ecological communities. MjM Software Design*, Glenden Beach, Oregon.
- McCune, B. y M. J. Mefford (1999), *PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4 for Windows. MjM Software Design*, Glenden Beach, Oregon.
- Mickel, J. T. y A. R. Smith (2004), "Pteridophyte flora of Mexico", *Memoirs from the New York Botanical Garden*, New York Botanical Garden Press, vol. 88, New York.
- Narave F., H. (1985), "La vegetación del Cofre de Perote, Veracruz, México", *Biotica* 10:35-151.
- Nieto de Pascual, P. C. (1995), "Estudio sinecológico del bosque de oyamel de la cañada de Contreras, Distrito Federal", *Revista Ciencia Forestal en México*, 20:3-34.
- Norton, W. T. (1996), "Conservation of biological diversity in temperate and boreal forest ecosystems", *Forest Ecology and Management* 85:1-7.
- Ohmann, J. L. y T. A. Spies (1998), "Regional gradient analysis and spatial pattern of woody plant communities of Oregon forests", *Ecological Monographs* 68:151-182.
- Orozco V., M. (1995), *Vegetación del municipio de Temascaltepec, Estado de México*, tesis de Licenciatura en Biología, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM, México.
- Osorio R., M. L. (1984), *Flora y vegetación de la parte superior de la Sierra de Monte Alto en el Valle de México*, tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

- Palmer, W. M. (2005), Ordination methods for ecologists, <http://www.carex.osuunx.ucc.okstate.edu>.
- Perry, J. P. (1991), *The pines of Mexico and Central America*, Timber Press Inc. Portland, Oregon.
- Rzedowski, J. (1978), *Vegetación de México*, Limusa, México.
- Rzedowski, J. (1998), "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México", in Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*, Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 129-145.
- Sánchez-González, A. y L. López-Mata (2003), "Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal", *Anales del Instituto de Biología (Serie Botánica)*, núm. 74, UNAM, México, pp. 47-71.
- Sánchez G., A. (2004), *Análisis sinecológico, florístico y biogeográfico de la vegetación del norte de la Sierra Nevada*, tesis de Doctorado en Ciencias (Botánica), Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- SEMARNAP (1998), *Diagnóstico de la deforestación en México*, Subsecretaría de Recursos Naturales, Dirección General Forestal, Unidad del Inventario Nacional de Recursos Naturales, México. http://www.ccmss.org.mx/download/diag_de_forestacion_mex.doc
- Silva P., L. del C. (1998), *Los bosques de coníferas del sur de la Cuenca de México: fitosociología, diversidad y uso tradicional*, tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UAEM, Toluca, Estado de México.
- Soejima, A., Y. Tetsukazu y K. Watanabe (2001), "Distribution and variation of sexual and agamos-permuous populations of *Stevia* (Asteraceae: Eupatorieae) in the lower latitudes, Mexico", *Plant Species Biology* 16:91-105.
- Tolmatschew, A. I. (1971), "Über einige quantitative wechselbeziehungen der foren der erde (Some quantitative correlations of the floras of the world)", *Feddes Repertorium* 82:343-356.
- Tuomisto, H., K. Ruokolainen y M. Yli-Halla (2003), "Dispersal, environmental, and floristic variation of western Amazonian forests", *Science* 299:241-244.
- Vázquez-García, J. A. (1993), "Cloud forest archipelagos: preservation of fragmented montane ecosystems in tropical America", in Hamilton, L. S., J. O. Juvik y F. N. Scatena (eds.), *Proceedings International Symposium on Tropical Montane Cloud Forest*, East West Center, UNESCO (Int. Hydrol. Program., IITF), San Juan, Puerto Rico, pp. 203-216.
- Vega A., R. (1982), *Manual de la flora de la estación experimental de enseñanza e investigación y servicios forestales Zoquiapan*, tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México.
- Velázquez, A. (1994), "Multivariate analysis of the vegetation of the volcanoes Tlaloc and Pelado, Mexico", *Journal of Vegetation Science* 5:263-270.
- Velázquez, A. y A. M. Cleef (1993), "The plant communities of the volcanoes "Tlaloc" and "Pelado", Mexico", *Phytocoenologia* 22:145-191.