

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE HELECHOS Y AFINES  
DEL VALLE DE MÉXICO, NOTAS ECOLÓGICAS Y FLORÍSTICAS\*

María de la Luz Arreguín-Sánchez\*\*, Rafael Fernández-Nava\*\*,  
David Leonor Quiroz-García\*\* y Salvador Acosta-Castellanos\*\*

*Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional.  
Plan de Ayala y Prolongación Carpio, Colonia Santo Tomás, México DF 11340.*

---

## RESUMEN

Se realizó el análisis de la distribución de 40 géneros y 113 especies de pteridofitas del valle de México de acuerdo a los tipos de vegetación de Rzedowski (2001). Se encontró que el 54% de las especies se encuentran en el bosque mesófilo de montaña; 45% en el bosque de coníferas; 33.6% en bosque de *Quercus*; 34.5% en pastizales; 28% en matorral xerófilo; 22% en bosque de pino-encino; 3.5% en matorral de encino y 1.8% de vegetación acuática así como en vegetación halófila. Las afinidades entre las pteridofitas de las diferentes comunidades fueron analizadas usando datos sobre la presencia/ausencia basadas en el índice de similitud de Sørensen y el método de construcción UPGMA para el dendrograma, encontrándose mayor similitud entre el bosque de *Pinus* y el de *Abies*. El bosque de *Quercus* se relaciona más estrechamente con el bosque mesófilo, y el matorral xerófilo es muy afín al pastizal. La vegetación halófila guarda escasa relación con las otras comunidades y la vegetación acuática no se relaciona en absoluto con ninguna otra.

**Palabras clave:** pteridofitas, valle de México, distribución ecológica, análisis de agrupación.

## ABSTRACT

An analysis of distribution for 40 genera and 113 species of pteridophytes from the Valley of Mexico according vegetation's types of Rzedowski (2001) is presented. We found 54% of the species in cloud forest; 45% in conifers forests; 33.6% in *Quercus* forest; 34.5% in grasslands; 28% in xerophilous scrubs; 22% in pine-oak forest; 3.5% in *Quercus* scrub and 1.8% in aquatic vegetation as in halophyllous vegetation. The affinities between the pteridophytes of the different communities were analyzed using presence/absence data with the Sørensen's similarity index and UPGMA method to construct the dendrogram, and we found more similarity between *Pinus* forest and the *Abies* forest. *Quercus* forest is related to the cloud forest, and the xerophilous scrubs is similar with glassland. The hallophyllous vegetation has little relation with another communities and

\*Trabajo parcialmente subsidiado por la Dirección de Estudios de Posgrado e Investigación del IPN. CGPI20090243.

\*\*Becarios de COFAA del IPN.

the aquatic vegetation has not relation with any other.

**Key words:** Pteridophytes, Valley of Mexico, ecological distribution, cluster analysis.

## INTRODUCCIÓN

México, junto con Centroamérica, constituye una de las regiones donde más se concentra la diversidad de organismos vegetales (Rzedowski, 1991), y de acuerdo con Mickel y Smith (2004) existen para el territorio nacional 1008 especies, las cuales constituyen una proporción entre 10 y 12% de las pteridofitas del mundo. (Tejero-Díez y Mickel, 2004). Para el valle de México se registraron 113 especies que corresponden al 11.2% de la pteridoflora del país (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004) distribuidas en menos del 1% (0.37%) del total de la superficie del país. El 75% de las especies se distribuyen en las montañas tropicales del mundo mientras que las zonas templadas tienen relativamente pocas especies (Tryon, 1986).

El valle de México es una cuenca hidrológica endorréica, en cuya parte baja se encuentra la capital de la República mexicana. La cuenca está situada en la porción central del país y en el extremo meridional de la provincia fisiográfica llamada altiplanicie mexicana, comprende una superficie de 7 500 km<sup>2</sup>, con coordenadas geográficas correspondientes a los puntos extremos 19°02' y 20°12' de latitud N, 98°28' y 99°32' de longitud W. Su forma es ligeramente alargada en el sentido NNE-SSW. Su eje mayor es de unos 130 km, mientras que la anchura máxima alcanza cerca de 90 km (Rzedowski, 2001 b).

El propósito de este trabajo es dar a conocer datos florísticos y ecológicos de las especies de pteridofitas que prosperan en el valle de México, su distribución y comparar las especies de pteridofitas presentes en los diferentes tipos de vegetación.

Las principales obras que se consultaron para este trabajo se comentan a continuación. Tryon (1986), revisó aspectos biogeográficos y realizó un análisis fitogeográfico de la pteridoflora del estado de Oaxaca, México. Riba (1994) trabajó sobre el desarrollo de los estudios de pteridofitas de México, donde menciona el estado actual del conocimiento de este grupo, destacando los trabajos y grupos que se han estudiado en el país. Tejero-Díez y Mickel (2004), analizaron la distribución ecológica de las pteridofitas de Oaxaca con base en el tipo de vegetación. Arreguín-Sánchez *et al.* (2004), realizaron la *Pteridoflora del valle de México*, base de este trabajo. Mickel y Smith (2004) publicaron las *Pteridofitas de México*.

Además, se consultaron obras de tipo florístico de otros estados de la República mexicana y de Guatemala como las de Knobloch y Correll (1962) sobre los helechos y plantas afines de Chihuahua; Stolze (1976, 1981, 1983) sobre pteridofitas y plantas afines de Guatemala; Smith (1981) sobre las pteridofitas de Chiapas; Tryon y Tryon (1982) sobre los helechos y plantas afines con referencia a América tropical; Aguirre-Claverán y Arreguín-Sánchez (1988) sobre claves ilustradas de familias, géneros, especies y variedades del estado de Nuevo León; Mickel y Beitel (1988) sobre las pteridofitas de Oaxaca; Mickel (1992) sobre las pteridofitas de Nueva Galicia; Moran y Riba (1995) sobre las pteridofitas

de Mesoamérica; Arreguín-Sánchez *et al.* (2001) sobre la pteridoflora del estado de Querétaro.

## MÉTODOS

De 1973 a 2003 se realizaron numerosas salidas a la zona de estudio para coleccionar material. Los ejemplares quedaron depositados, principalmente, en el herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), y los duplicados en el herbario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU) y el herbario del Colegio de Posgraduados de Chapingo (CHAPA). Se llevó a cabo una revisión bibliográfica lo más completa posible y se identificó el material colectado. Se revisaron ejemplares depositados en los herbarios ENCB, MEXU, CHAPA. También se revisaron materiales depositados en los siguientes herbarios: Museo de Historia Natural de París (P), Jardines Botánicos Reales de Kew, Inglaterra (K), Jardín Botánico de Missouri, EUA (MO), Museo de Historia Natural de La Plata, Argentina (LP) y el Museo del Instituto Botánico Darwinion en Buenos Aires, Argentina (SI). De todo el material revisado se corroboraron las identificaciones y se registraron los datos de las etiquetas de las especies de la zona de estudio para elaborar la base de datos que se muestra en el anexo 1. La categoría taxonómica de familia se consideró de acuerdo al criterio de *Flora Mesoamericana*, y el ordenamiento de las familias y géneros se hizo también de acuerdo con este trabajo (Morán y Riba, 1995).

Los tipos de vegetación considerados se refieren principalmente a la clasificación de Rzedowski (2001a) y Rzedowski (1978),

que se detallan a continuación: bosque de pino-encino (BP-Q) considerada una comunidad diferente de los pinares o encinares, ya que al parecer cuando los pinos y encinos forman un bosque mixto presentan una flora particular (Rzedowski, 1978). Por otro lado el bosque de coníferas (BC) se dividió en las diferentes comunidades, dominadas ya sea por *Abies* (BA), *Pinus* (BP), *Juniperus* (BJ), *Cupressus* (BCu) o *Pseudotsuga* (BPs). Los restantes tipos de vegetación son: bosque mesófilo de montaña (BMM), bosque de *Quercus* (BQ), matorral de *Quercus* (MQ), pastizales (Pz), matorrales xerófilos (Mx), vegetación halófila (VH), vegetación acuática y subacuática (VAc). En el caso de *Isöetes* y *Equisetum* que son plantas que viven en orillas de ríos, arroyos y lugares anegados dentro de diferentes tipos de vegetación, se consideraron como parte de la pteridoflora del tipo indicado en las etiquetas.

Como el valle de México es una de las zonas más colectadas del país, se estimó la abundancia de las especies en la zona de acuerdo a la siguiente escala: muy escasas cuando se tienen de una a cinco colectas en la región; escasas entre cinco a 10 colectas; abundantes entre 11 a 20 colectas y muy abundantes con más de 21 colectas. La razón de tomar este criterio es que de acuerdo con las observaciones de campo existe una relación entre el número de colectas y la abundancia relativa de las especies. El anexo 1 es el resultado del análisis de la distribución de 1 400 ejemplares en los diferentes tipos de vegetación del valle de México.

La distribución ecológica de las pteridofitas se basó en los criterios de Tejero-Díez y Mickel (2004.). Para esto se codificó la

base de datos obteniendo una matriz de trabajo y se procedió a realizar un análisis de agrupamiento por el método UPGMA, utilizando el índice de similitud de Sörensen (McCune & Mefford, 1995). Cada comunidad vegetal fue considerada como una UTO y cada taxón como atributo. Cinco especies no se pudieron asignar a algún tipo de vegetación por falta de datos en las etiquetas y se excluyeron del análisis. Se planteó como hipótesis que todas las comunidades templadas estuvieran relacionadas entre sí y las de zonas semiáridas se agruparan entre ellas mismas; la vegetación acuática y la vegetación halófila deberían guardar escasas similitudes con las demás comunidades, es decir que el Pz, el Mx y el MQ estuvieran estrechamente relacionados y el BMM se relacionara con los BP-Q, BC y BQ.

## RESULTADOS

En total, en el valle de México se presentan 18 familias, 40 géneros y 113 especies.

Cinco géneros representan el 47.8 % de las especies (54 especies) entre éstos, *Cheilanthes* es el que tiene más especies (13), seguido de *Elaphoglossum* (12), *Polypodium* (11), *Asplenium* (10) y *Selaginella* (8).

*Selaginella lepidophylla* no se ha colectado en el valle de México, es posible que exista en la zona, pero mucho del material que ha sido identificado como *S. lepidophylla* no corresponde a esta especie y se trata más bien de *S. pallescens*. *S. peruviana* se cita en la bibliografía para el Distrito Federal, pero no se ha colectado recientemente y no se conoce el hábitat. De *S. arsenei* se tiene una colecta del área de estudio, aunque no se menciona en qué tipo de vegetación fue

colectada. En el caso de *Polypodium rosei*, posiblemente se trate de una planta escapada de cultivo, se colectó en los alrededores del invernadero de Ciudad Universitaria, esta planta es de lugares de menor altitud, fuera del valle se ha colectado entre 1 900 y 2 250 m de altitud, en bosque de *Pinus-Juniperus*, pastizales y bosque de pino-encino.

En el cuadro 1 se muestra el número de taxa presentes en diferentes tipos de vegetación, la suma del porcentaje de los taxa presentes en los distintos tipos de vegetación no necesariamente es 100%, ya que algunos pueden existir en varios tipos de vegetación. Con la mayor cantidad de especies resultó el BMM (61 taxa, 54 %), seguido del BC (51 taxa, 45%). Dentro de éstos, la mayoría se distribuyó en los bosques de *Abies* (BA) y de *Pinus* (BP). Los bosques de *Juniperus*, de *Cupressus* y de *Pseudotsuga* están representados por cuatro, tres y dos especies respectivamente, la explicación de esta escasa distribución en el caso del bosque de *Juniperus* se debe a que no es una vegetación clímax en la mayor parte de las localidades que ocupa en el valle de México, sino más bien una fase sucesional de acuerdo a Rzedowski (2001a) que se establece después de la destrucción de los bosques de *Pinus* y *Quercus*. Los bosques de *Cupressus* y *Pseudotsuga* forman pequeños manchones asociados a los bosques de *Abies* (Rzedowski, 2001a). El matorral de *Quercus* en la región parece ser una comunidad inducida y mantenida por el fuego (Rzedowski, 2001a), y en términos generales las condiciones de poca humedad no favorecen que prosperen mayor cantidad de especies de pteridofitas, razón por lo cual sólo se encontraron cuatro taxa.

**Cuadro 1.** Número de especies presentes en los diferentes tipos de vegetación del valle de México.

Tipo de vegetación	BP-Q	BA	BP	BCu	BPs	BJ	BMM	BQ	Mx	MQ	Pz	VAc	VH
Núm. de especies	25	36	34	3	2	4	61	38	32	4	39	2	2
Porcentaje de especies	22	31.8	30	2.7	1.8	3.5	54	33.6	28	3.5	34.5	1.8	1.8

Por último, se localizaron seis especies en zonas reforestadas con *Eucalyptus* en diferentes tipos de vegetación como el bosque de pino-encino, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña y matorral xerófilo.

Se encontraron 35 taxa exclusivos de algún tipo de vegetación. Dentro del valle de México, la comunidad más amenazada por su escasa extensión y el cambio de uso del suelo es el bosque mesófilo (BMM) por lo que los 13 taxa que están circunscritos de forma exclusiva a este tipo de vegetación se pueden considerar en serio riesgo de desaparecer. Las otras comunidades tienen menos especies exclusivas, en el bosque de *Pinus* encontramos siete taxa y en el de *Abies* tres taxa, en matorral xerófilo cinco taxa, en el bosque de pino-encino dos taxa, en el bosque de encino, pastizal y vegetación halófila un taxón en cada uno. Los bosques de coníferas con *Pseudotsuga*, *Cupressus* o *Juniperus* y el matorral de encinos no tienen especies exclusivas.

Así también, se encontraron 81 especies que son de hábito terrestre, 25 epifitas y 20 rupícolas, varias especies pueden presentar más de una forma de vida. En el cuadro 2,

se muestran las proporciones de especies terrestres, epifitas y rupícolas por tipos de vegetación. En este cuadro se observa que siempre resultó mayor la proporción de especies terrestres en comparación con las epifitas y rupícolas, pero el bosque de *Pinus-Quercus* (BP-Q) presenta la mayor cantidad; las epifitas están en mayor proporción en el bosque de coníferas (BC) y las rupícolas son más abundantes en los matorrales xerófilos (Mx) y pastizales (Pz).

Las altitudes que se presentan en el valle de México oscilan entre los 2 250 m y los 5 452 m (volcán Popocatepetl), por lo que la distribución altitudinal de las pteridofitas abarca un amplio intervalo, ya que las encontramos desde los 2 240 hasta los 4 100 m, prácticamente en el límite altitudinal de crecimiento arbóreo (timberline).

En los hábitats muy especiales como en suelos salinos o en cuerpos de agua, se presentaron solamente cuatro especies, ya que muy pocos helechos están adaptados a tales condiciones, por ejemplo *Azolla mexicana* y *Marsilea mollis* sólo se encuentran en la vegetación acuática y subacuática. Por otro lado, *Isöetes mexicana* y *Equisetum hyemale* son plantas que viven en orillas de

**Cuadro 2.** Porcentaje de formas biológicas por tipos de vegetación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz
Terrestres	65.5	64.8	62.9	63	60.5	60.4
Epifitas	20.7	25.9	22.9	21.7	15.8	12.5
Rupícolas	13.8	9.3	14.3	15.2	23.7	27.1

ríos, arroyos y lugares anegados dentro de diferentes tipos de vegetación, aunque se podría argumentar que son realmente plantas acuáticas. En la vegetación halófila sólo se encontró a *Polypodium californicum* y a *Astrolepis sinuata*. Esta última muestra una amplia tolerancia a diferentes condiciones ecológicas ya que habita además en bosque mesófilo, matorral xerófilo y pastizal.

Con relación a las afinidades entre la pteridoflora de las comunidades vegetales, en el cuadro 3 se muestran los índices de similitud obtenidos. En la figura 1 se puede observar el dendrograma que muestra las relaciones de afinidad entre los diferentes tipos de vegetación, encontrándose dos grandes grupos, uno de ellos con elementos de más de 25 taxa (bosque de *Abies*, bosque de *Pinus*, bosque mesófilo de montaña, bosque de *Quercus*, matorral xerófilo, pastizal, bosque de *Pinus-Quercus*). En este primer agrupamiento la mayor similitud se obtuvo entre el bosque de *Pinus* y el bosque de *Abies*; el bosque de *Quercus* se relaciona más estrechamente con el bosque mesófilo y todos juntos forman un subgrupo bien definido. Dentro de este gran agrupamiento, el matorral xerófilo es muy afín al pastizal, confirmando en parte también nuestra hipótesis. Cabe destacar que ambos tienen una similitud considerable con el bosque

de *Quercus*. Es notable que el bosque de *Pinus-Quercus* aparece separado en este gran grupo.

Del resto de los tipos de vegetación que tienen sólo cuatro taxa o menos se observa un segundo gran agrupamiento que está constituido por los bosques de *Cupressus*, de *Juniperus* y el matorral de *Quercus* (aunque se forma a una baja similitud) y tanto el bosque de *Pseudotsuga* como la vegetación halófila (VH) y la acuática (VAc) aparecen cada una por separado. Los bosques de estas últimas coníferas (*Cupressus*, *Juniperus*, *Pseudotsuga*) y el matorral de *Quercus* tienen escasas afinidades con las comunidades del primer grupo (cuadro 3). El bosque de *Pseudotsuga* es muy diferente a los demás bosques de coníferas y lo reducido de su extensión de cualquier forma lo hace una comunidad frágil ante el deterioro ambiental, y como era de esperar, la vegetación halófila guarda muy escasa relación con las otras comunidades y la acuática no se relaciona en absoluto con ninguna otra.

En el primer agrupamiento del dendrograma se puede relacionar el número de taxa de los tipos de vegetación y algún gradiente ambiental, donde en la parte central de este grupo se sitúan el bosque mesófilo de mon-

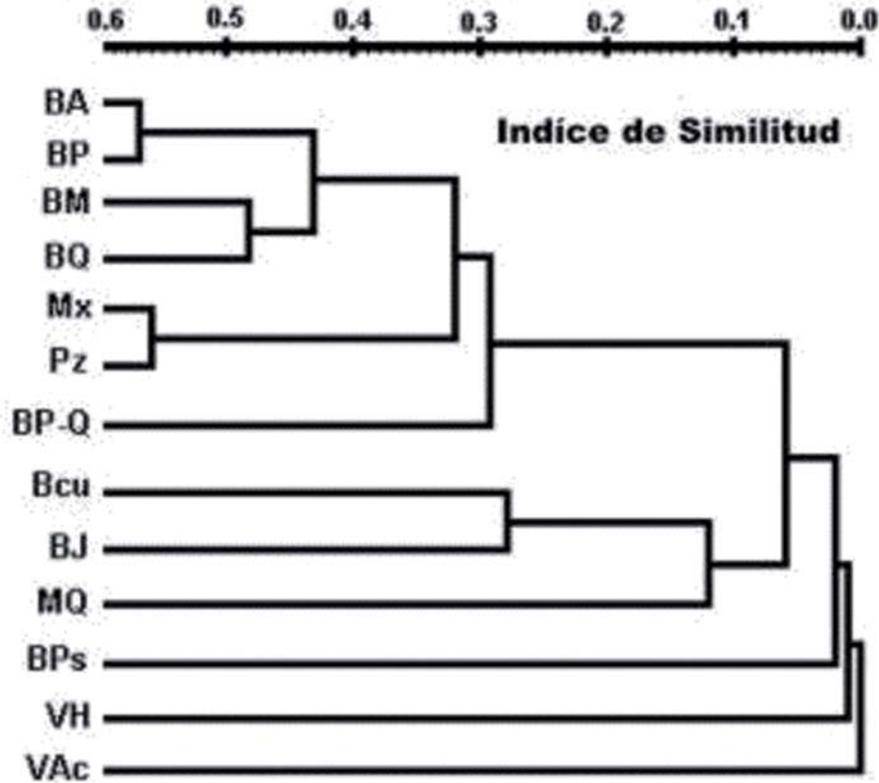


Fig. 1. Dendrograma que muestra las relaciones de afinidad entre los diferentes tipos de vegetación.

taña y el bosque de *Quercus* con un elevado número de especies (61 y 38), y este número disminuye cuando nos movemos a la parte superior donde se sitúan los bosques de *Pinus* y *Abies* con 36 y 34 especies o cuando lo hacemos hacia la parte inferior, donde se sitúan el matorral xerófilo, el pastizal y el bosque de *Pinus-Quercus* con 32, 39 y 25 especies, siendo la interpretación de este gradiente la disminución de la temperatura hacia el bosque de *Abies* y un decrecimiento de la humedad a ambos lados del bosque mesófilo de montaña.

## DISCUSIÓN

El valle de México es una zona relativamente pequeña (7 500 km<sup>2</sup>), cuya pteridoflora es diversa, tal vez debido a la variedad de condiciones ecológicas presentes. Por los resultados obtenidos se puede decir que los helechos abundan en los sitios húmedos y subhúmedos, pero un resultado interesante de este trabajo es que el pastizal posee una pteridoflora más rica que varios bosques templados (bosque de encino y

**Cuadro 3.** Índice de similitud de Sörensen entre la pteridoflora de los diferentes tipos de vegetación del valle de México.

	BPQ	BA	BP	BCu	BP's	BJ	BMM	BQ	Mx	MQ	Pz	VAc	VH
BPQ	1	26.2	20.3	0	0	6.9	41.9	31.7	24.6	0	34.4	0	0
BA		1	57.1	10.3	10.5	5	45.4	45.9	11.8	0	32	0	0
BP			1	16.2	11.1	15.8	33.7	47.2	15.2	15.8	35.6	0	0
BCu				1	0	28.6	6.2	4.9	5.7	0	4.8	0	0
BP's					1	0	6.3	10	0	0	9.8	0	0
BJ						1	9.2	14.3	16.7	25	14	0	0
BMM							1	48.5	30.1	0	40	0	3.2
BQ								1	42.9	14.3	49.4	0	0
Mx									1	5.9	56.3	0	5.9
MQ										1	18.6	0	0
Pz											1	0	4.9
VAc												1	0
VH													1

bosque pino-encino y bosque de pino), y el matorral xerófilo tiene una pteridoflora casi tan rica como el bosque de pino (cuadro 1). Al comparar nuestros datos con los de la pteridoflora de Oaxaca, las especies del matorral xerófilo y el pastizal de esta última entidad representan solamente un 1% (Tejero-Díez y Mickel, 2004).

De igual manera, el bosque mesófilo de montaña en el valle de México alberga el 54% de las especies, mientras que en Oaxaca sólo alcanza el 20% (Tejero-Díez y Mickel, 2004). En los bosques de encino y de pino-encino también es mayor la proporción de pteridofitas en el valle de México (33.6 y 22%), ya que en Oaxaca alcanzan 16 y 14% respectivamente (Tejero-Díez y Mickel, *op. cit.*). En el Estado de México, aunque no se proporciona la cifra exacta, se menciona que es en los bosques templados donde se encuentra la mayoría de las especies (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004).

Mickel (1989), registró las especies terrestres, epifitas y rupícolas del estado de Oaxaca, de manera general señala que en las zonas áridas y semiáridas hay ausencia de especies epifitas, situación que no se dio en el valle de México, en donde en el matorral xerófilo (Mx) e incluso en el pastizal (Pz) se encontraron cinco especies (véase cuadro 2 y anexo 1). En el valle de México es mayor la proporción de especies terrestres (60 al 65%), a diferencia de lo observado por Mickel (*op. cit.*) en las altitudes de 1 750 a 2 700 m en la vertiente atlántica, donde las epifitas van del 70 al 76% de la pteridoflora. Se presentan también especies de hábito rupícola que son más abundantes en las zonas áridas y semiáridas (Mx y Pz) del

valle de México. Resultó interesante apreciar que las especies epifitas no resultaron tan abundantes en el bosque mesófilo de montaña (22.9%) como se esperaba por las condiciones de humedad relativa; resultó mayor su proporción en el bosque de coníferas (25.9%).

Las 13 especies que se encuentran circunscritas de forma exclusiva al bosque mesófilo de montaña se pueden considerar en serio riesgo de desaparecer, pues estas especies junto con otras son mencionadas por Arreguín-Sánchez *et al.* (2009) entre las 18 especies que parecen estar extintas del valle de México y las que actualmente son raras o poco frecuentes en la región, las cuales suman 19 especies. Hasta el momento se puede afirmar que no hay especies de pteridofitas endémicas en el valle de México.

El análisis de agrupamiento confirma las aseveraciones de Rzedowski (1978) en cuanto a que el bosque de *Quercus* se relaciona con los bosques de *Pinus*, los bosques de *Abies* y el bosque mesófilo.

Resultó muy interesante el caso del bosque de *Pinus-Quercus* que en este análisis no se agrupa con el bosque de *Pinus* ni con el bosque de *Quercus*, al parecer posee una pteridoflora muy propia, lo que apoya la idea de que constituye un tipo de vegetación independiente y no solamente es una transición ecológica o sucesional entre los pinares y los encinares como establece Rzedowski (1978). A este respecto sería conveniente realizar muestreos ecológicos cuantitativos en diferentes comunidades vegetales y diferentes etapas sucesionales para comprobar esta hipótesis.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre-Claverán, R. and M.L. Arreguín-Sánchez, 1988. "Claves de familias, géneros, especies y variedades de Pteridófitas del estado de Nuevo León, México". *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx.*, **32**: 9-61.
- Arreguín-Sánchez, M.L., R. Fernández-Nava, R. Palacios-Chávez and D.L. Quiroz-García, 2001. *Pteridoflora ilustrada del Estado de Querétaro*. Instituto Politécnico Nacional, Secretaría de Educación Pública. 470 pp.
- Arreguín-Sánchez, M.L., R. Fernández-Nava and D.L. Quiroz-García, 2004. *Pteridoflora del Valle de México*. Instituto Politécnico Nacional, Secretaría de Educación Pública. 387 pp.
- \_\_\_\_\_, 2009. "Pteridofitas extintas o raras del Valle de México". *Polibotánica*, **27**: 17-29.
- Knobloch, I.W. & J.S. Correll, 1962. *Ferns and fern allies of Chihuahua, México*. Texas Research Foundation Renner, Texas. 198 pp.
- McCune, B. & M.J. Mefford, 1995. PC-ORD. *Multivariate analysis of ecological data*, version 2.0. MjM Software Design. Glenden Beach, Oregon. 126 pp.
- Mickel, J.T. & J.M. Beitel, 1988. "Pteridophyte Flora of Oaxaca, Mexico." *Mem. New York Bot. Gard.*, **46**: 1-568.
- Mickel, J.T., 1989. "Phytogeographical analysis of the pteridoflora of the state of Oaxaca, México". En: K.H. Shing & K.U. Kramer (eds.). *Proceeding of The International Symposium on Systematic Pteridology*. China Science and Technology Press. Beijing. Pp 195-202.
- Mickel, J.T., 1992. "Pteridophytes. In: R. Mcvaugh ed. Flora Novo-Galiciana". *Univ. Michigan. Ann Arbor*, **17**: 120-467.
- Mickel, J.T. & A. Smith, 2004. "The Pteridophytes of Mexico". *Mem. New York Bot. Gard.*, **88**: 1-1054.
- Moran, R.C. and R. Riba, eds., 1995. "Psilotaceae a Salviniaceae". In: Davidse, G., M. Sousa & Knapp eds. *Flora Mesoamericana*. Univ. Nac. Autón. de México, Missouri Bot. Gard. & The Natural History Museum (London). México, DF 470 pp.
- Riba y Nava Esparza, R., 1994. XVII. "El Desarrollo de los estudios sobre pteridofitas de México". In: J. Llorente Bousquets & I. Luna (comp.). *Taxonomía Biológica*. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México. pp. 333-341.
- Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, DF, 432 pp.
- \_\_\_\_\_, 1991. "Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México". *Acta Bot. Mex.*, **14**: 3-21.
- \_\_\_\_\_, 2001a. "Principales comunidades vegetales". In: G. Calderón de Rzedowski, J. Rzedowski and colaborado-

- res, eds. 2001. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. and Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro. pp. 32-38.
- Rzedowski, J., 2001 b. "Localización". In: G. Calderón de Rzedowski, J. Rzedowski and colaboradores, eds. 2001. *Flora Fanerogámica del Valle de México*. 2a. ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro. pp. 8-9.
- Smith, A.R., 1981. "Pteridophytes". In: D.E. Breedlove ed. *Flora of Chiapas* Part 2. The Calif. Acad. of Sciences. San Francisco. 370 pp.
- Stolze, R.G., 1976. "Ferns and fern allies of Guatemala I. Ophioglossaceae through Cyatheaceae". *Fieldiana Bot.*, n.s. 130 pp.
- , 1981. "Ferns and fern allies of Guatemala II. Polypodiaceae". *Fieldiana Bot.*, n.s. 521 pp.
- Stolze, R.G., 1983. "Ferns and fern allies of Guatemala III. Marsileaceae, Salviniaceae and the fern allies". *Fieldiana Bot.*, n.s. 19 pp.
- Tejero-Díez, D. and M.L. Arreguín-Sánchez, 2004. "Lista con anotaciones de los pteridofitos del estado de México", México. *Acta Bot. Mex.*, **69**: 1-82.
- Tejero-Díez, J.D. and J.T. Mickel., 2004. "Pteridofitas". In: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez and M. Briones-Salas eds. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Found, México, pp. 121-139.
- Tryon, R.M. and A.F. Tryon, 1982. *Ferns and allied plants with special reference to Tropical America*. Springer-Verlag. New York. 857 pp.
- Tryon, R., 1986. "The biogeography of species, with special reference to ferns". *Botanical Review*, **52**(2): 117-155.

**Anexo 1.** Distribución ecológica de las pteridofitas del valle de México. BP-Q-Bosque de pino-encino. BC-Bosque de coníferas (BA=*Abies*, Bcu = *Cupressus*, BJ = *Juniperus*, BP = *Pinus*, BPs = *Pseudotsuga*). BMM-Bosque mesófilo de montaña. BQ-Bosque de encino. M- Matorral (Mx = Matorral xerófilo, MQ = Matorral de *Quercus*). Pz-Pastizal. VH-Vegetación halófila. VAc-Vegetación acuática o subacuática. Hábito: epífita-e, rupícola -r, terrestre-t.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
PSILOTACEAE											
<i>Psilotum nudum</i> (L.) Beauvais					X				2550	r	muy escasa
EQUISETACEAE											
<i>Equisetum hyemale</i> L. ssp. <i>affine</i> (Engelm.) Calder & Roy L. Taylor		BA BP	X						2300 a 3000	t	orilla de arroyos; abundante
SELAGINELLACEAE											
<i>Selaginella arsenei</i> Weath.									2700	t	sin hábitat; muy escasa
<i>Selaginella delicatissima</i> Linden & A. Braun			X						2700	t	muy escasa
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring											es posible que exista en la zona abundante
<i>Selaginella pallescens</i> (Presl) Spring	X		X	X	X	X			2300 a 2900	t	sin hábitat; muy escasa
<i>Selaginella peruviana</i> (Milde) Hieron.									2300 a 2500	t	muy escasa
<i>Selaginella rupicola</i> Underw.					X						

Anexo 1. Continuación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
<i>Selaginella sellowii</i>				X	X	X			2300 a 2800	t	abundante
Hieron.											
<i>Selaginella wrightii</i>				X					2250	t	muy escasa
Hieron.											
ISOETACEAE											
<i>Isoetes mexicana</i>									2800 a 3100	t	sitios anegados; muy escasa
Underw.		BP									
OPHIOGLOSSACEAE											
<i>Botrychium schaffneri</i>		BP							3300	t	muy escasa
var. <i>schaffneri</i> Underw											
<i>Botrychium schaffneri</i>		BP							3200	t	muy escasa
var. <i>pusillum</i> (Underw.) Clausen											
<i>Botrychium virginianum</i>	X		X						2500 a 3200	t	abundante
(L.) Sw.											
<i>Ophioglossum engelmannii</i>		BA		X	X	X			2240 a 3100	t	escasa
Prantl		BP									
PLAGIOGYRIACEAE											
<i>Plagiogyria pectinata</i>		BA							2300	t	muy escasa
(Liebm.) Lellinger											
PTERIDACEAE											
<i>Adiantum andicola</i>	X	BA	X	X					2300 a 3000	t	muy abundante
Liebm.		BP							2500	t	muy escasa
<i>Adiantum capillus-veneris</i>		BP									
L.											

## Anexo 1. Continuación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
<i>Adiantum concinnum</i> Humb. et Bonpl. ex Willd.			X						2500	t	muy escasa
<i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.	X	BJ	X			X			2300 a 3100	t	abundante
<i>Aleuritopteris farinosa</i> (Forssk.) Fée			X	X	Mx				2400 a 2800	t	abundante
<i>Anogramma leptophylla</i> (L.) Link			X						2500	t	escasa
<i>Argyochosma incana</i> (Presl) Windham	X	BA			Mx	X			2250 a 3000	t	abundante
<i>Astrolepis crassifolia</i> (Houlston & Moore) D.M. Bentham & Windham					Mx	X			2400 a 2450	r, t	escasa
<i>Astrolepis integerrima</i> (Hook.) D.M. Bentham & Windham			X		Mx	X			2300 a 2600	r, t	abundante
<i>Astrolepis sinuata</i> (Lag. ex Sw.) D.M. Bentham et Windham			X		Mx	X	X		2300 a 2750	r, t	muy abundante
<i>Bommeria pedata</i> (Sw.) E. Fourn.	X			X	Mx				2250 a 2500	t	sitio reforestado con eucaliptos; abundante muy escasa
<i>Bommeria subpalacea</i> Maxon		BP	X						3600		

Anexo 1. Continuación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Habito	Observaciones
<i>Cheilanthes allosuroides</i> Mett.					Mx	X			2300 a 2380	t	escasa
<i>Cheilanthes angustifolia</i> Kunth					Mx	X			2500 a 2900	t	escasa
<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willd.) Proctor		BP		X	Mx, MQ	X			2300 a 2950	r	muy abundante
<i>Cheilanthes cucullans</i> Fée			X		Mx	X			2300 a 2550	t	escasa
<i>Cheilanthes hirsuta</i> Link		BA BP	X	X		X			2300 a 3350	t	muy abundante
<i>Cheilanthes kaufusii</i> Kunze			X	X		X			2250 a 2600	t	abundante
<i>Cheilanthes lendigera</i> (Cav.) Sw.	X		X	X		X			2450 a 3000	t	abundante
<i>Cheilanthes marginata</i> Kunth		BA BP	X	X		X			2400 a 3200	r	muy abundante
<i>Cheilanthes marsupianthes</i> (Fée) T. Reeves				X	Mx				2860 a 3000	t	muy escasa
<i>Cheilanthes mexicana</i> Davenp.				X					2600	r, t	muy escasa
<i>Cheilanthes microphylla</i> (Sw.) Sw.			X		Mx				2250 a 2600	r	muy escasa
<i>Cheilanthes myriophylla</i> Desv.	X		X		Mx	X			2300 a 3050	r	muy abundante

## Anexo 1. Continuación.

30

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
<i>Cheilanthes notholaenoides</i> (Desv.) Maxon & Weath.						X			2300	t	muy escasa
<i>Mildella intramarginalis</i> var. <i>serratifolia</i> (Hook. & Baker) C.C. Hall & Lellinger			X	X					2250 a 2600	t	muy abundante
<i>Pellaea cordifolia</i> (Sessé & Moc.) A.R. Sm.		BP		X		X			2280 a 2750	t	muy abundante
<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.					MQ	X			2350 a 2550	r, t	abundante
<i>Pellaea sagittata</i> (Cav.) Link		BP		X	MQ	X			2400 a 2600	r, t	escasa
<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link		BJ BP		X	Mx MQ	X			2400 a 3030	t	muy abundante
<i>Pityrogramma ebenea</i> (L.) Proctor			X						2500	r	muy escasa
<i>Pteris cretica</i> L.			X						2500 a 2550	t	escasa
<i>Pteris orizabae</i> M. Martens & Galeotii			X						2550	t	muy escasa
DENNSTAEDTIACEAE											
<i>Pteridium feii</i> (W. Schaffner & Fée) Faull	X	BP							2600 a 2800	t	abundante
THELYPTERIDACEAE											
<i>Thelypteris pilosa</i> var. <i>major</i> E. Fourn.		BA	X						2600 a 3100	t	abundante

Anexo 1. Continuación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
<i>Thelypteris pilosa</i> var. <i>pilosa</i> (M. Martens & Galeotti) Crawford	X	BA	X						2600 a 2700	t	escasa
<i>Thelypteris puberula</i> var. <i>puberula</i> (Baker) C.V. Morton		BA BP							3250 a 4000	t	muy escasa
DRYOPTERIDACEAE											
<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.		BA	X	X	X	X			2250 a 3100	e, t	muy abundante
<i>Dryopteris patula</i> (Sw.) Underw.		BA		X		X			2400 a 2600	r	abundante
<i>Dryopteris pseudo-flix-</i> <i>mas</i> (Fée) Rothm.		BA BP	X			X			2500 a 3950	t	abundante
<i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.		BA BP	X	X					2500 a 3100	t	muy abundante
<i>Phanerophlebia nobilis</i> (Schltdl. & Cham.) C. Presl		BA	X						2550 a 2900	t	muy abundante
<i>Plecosorus speciosissimus</i> (A. Braun & Kunze) T. Moore		BP	X			X			2900 a 3940	t	muy abundante
<i>Polystichum fourmieri</i> A.R. Sm.			X						2500	t	muy escasa
<i>Polystichum hartwegii</i> (Klotzsch) Hieron.	X	BA BP	X	X					2600 a 3200	t	muy abundante
<i>Polystichum rachichlaena</i> Fée		BP							2400 a 3000	t	muy escasa

## Anexo 1. Continuación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
WOODSIOIDEAE											
<i>Athyrium arcuatum</i> Liebm.	X	BA BP	X	X					2450 a 2600 2600	t	muy abundante
<i>Athyrium bourgaei</i> E. Fourn.	X								2600	t	muy escasa
<i>Cystopteris fragilis</i> var. <i>fragilis</i> (L.) Bernh.			X			X			2550 a 4100	r, t	muy abundante
<i>Woodisia mexicana</i> Fée	X			X	X	X			3030 a 3060	t	muy escasa
<i>Woodisia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.		BJ BCu BP	X	X	X	X			2350 a 3350	t	muy abundante
LOMARIOPSIDACEAE											
<i>Elaphoglossum affine</i> (M. Martens & Galeotii) T. Moore		BA	X						2800 a 300	e	escasa
<i>Elaphoglossum engelii</i> (H. Karst.) H. Christ.		BA							3100	e	muy escasa
<i>Elaphoglossum erinaceum</i> (Fée) T. Moore			X							e	muy escasa
<i>Elaphoglossum glaucum</i> T. Moore			X						2650	t	muy escasa
<i>Elaphoglossum gratum</i> (Fée) T. Moore	X		X						2550 a 3300	e, t	muy abundante
<i>Elaphoglossum hartwegii</i> (Fée) T. Moore				X		X			2600 a 4100	t	abundante

Anexo 1. Continuación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
<i>Elaphoglossum laxipes</i> Mickel		BA BCu BP							2750 a 3120	e	abundante
<i>Elaphoglossum lindenii</i> (Bory & Fée) T. Moore		BA	X						2250 a 3100	e, t	muy escasa
<i>Elaphoglossum monicae</i> Mickel		BA BCu BP	X						2600 a 3100	t	abundante
<i>Elaphoglossum minutum</i> (Pohl & Fée) T. Moore		BA BP							3100 a 3200	e, t	muy escasa
<i>Elaphoglossum muelleri</i> (E. Fourn.) C. Chr.		BA	X	X					2500 a 3150	e, r, t	muy escasa
<i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urb.		BA	X	X					2500 a 3150	e, t	muy escasa
ASPLENIACEAE											
<i>Asplenium</i> <i>blepharophorum</i> Bertol	X		X						2500 a 3100	t	muy abundante
<i>Asplenium castaneum</i> Schtdl. & Cham.	X	BA BP	X			X			2700 a 4000	t	muy abundante
<i>Asplenium exiguum</i> Bedd. <i>Asplenium fibrillosum</i> Pringle & Davenp. & Davenp.	X		X	X					2250 2500 a 3200	t t	muy escasa muy escasa
<i>Asplenium hallbergii</i> Mickel & Beitel			X	X					2450 a 2750	t	BQ con <i>Alnus</i> y <i>Juniperus</i> ; muy escasa

34 Anexo 1. Continuación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
<i>Asplenium monanthes</i> L.	X	BA BP	X	X		X			2500 a 3060	t	sitio reforestado con eucalipto; muy abundante
<i>Asplenium palmeri</i> Maxon		X							2250	t	sitio reforestado con eucalipto; muy escasa
<i>Asplenium praemorsum</i> Sw.			X						2300 a 2600	t	sitio reforestado con eucalipto; muy abundante
<i>Asplenium resiliens</i> Kunze			X		X				2500 a 2700	t	sitio reforestado con eucalipto; escasa
<i>Asplenium sessilifolium</i> Desv.			X						2500 a 2900	r, t	abundante
BLECHNACEAE											
<i>Blechnum glandulosum</i> Kaulf. & Link					X				2300	t	muy escasa
<i>Blechnum stoloniferum</i> (Mett. & E. Fourn.) C. Chr.	X								2600	t	muy escasa
<i>Woodwardia spinulosa</i> M. Martens & Galeotii		BA BP	X	X					2500 a 3000	t	muy abundante
POLYPODIACEAE											
<i>Pectuma alfredii</i> (Rosent.) M.G. Price			X						2600 a 3000	e	muy escasa
<i>Phlebodium areolatum</i> (Willd.) J. Sm.		BA BP	X	X	X	X			2250 a 2600	r, t	muy abundante

Anexo 1. Continuación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
<i>Pleopeltis macrocarpa</i> var. <i>trichophora</i> (Weath.) Pic.-Serm.		BA BP	X	X					2300 a 3000	e	sobre árboles frutales; muy abundante
<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kze.) T. Moore		BA BJ BP	X	X	X				2300 a 3200	e	muy abundante
<i>Polypodium californicum</i> Kaulf.							X		2300	t	muy escasa
<i>Polypodium guttatum</i> Maxon	X		X		X	X			2500 a 3100	e	muy abundante
<i>Polypodium</i> <i>hartwegianum</i> Hook.	X		X		X	X			2600 a 4100	e	muy abundante
<i>Polypodium madrense</i> J. Sm.	X	BA							2400 a 3100	e	escasa
<i>Polypodium martensii</i> Mett.		BA	X						2500 a 2900	e	abundante
<i>Polypodium platylepis</i> Mett. & Kuhn		BA	X	X					2500 a 2900	e	abundante
<i>Polypodium plebeium</i> Schltdl. & Cham.			X	X					2550 a 2700	e	muy escasa
<i>Polypodium polypodioides</i> (L.) Watt. var. <i>aciculare</i> Weath.					X	X			2300	e	muy escasa
<i>Polypodium rosei</i> Maxon									2250	t	escapada de cultivo; muy escasa

## Anexo 1. Continuación.

	BP-Q	BC	BMM	BQ	Mx	Pz	VH	VAc	Altitud m	Hábito	Observaciones
<i>Polypodium subpetiolatum</i> Hook.	X		X	X	X	X			2300 a 3000	e	muy abundante
<i>Polypodium thyssanolepis</i> A. Braun ex Klotzsch	X		X	X	X				2300 a 3000	e, r	sitio reforestado con eucalipto; muy abundante
GRAMMITIDACEAE											
<i>Melpomene pilosissima</i> (M. Martens & Galeotti) A.R. Sm. & R.C. Moran		BA				X			3400 a 4100	e, r	escasa
<i>Terpsichore delicatula</i> (M. Martens & Galeotti) A.R. Sm.		BA							2600	e	muy escasa
<i>Terpsichore spathulata</i> A.R. Sm.		BA BP				X			3000 a 4100	r	muy escasa
MARSILEACEAE											
<i>Marsilea mollis</i> B.L. Robinson & Fernald								X	2250 a 2400	arrai- gada	orilla de lagos y zanjas; abundante
SALVINIACEAE											
<i>Azolla mexicana</i> Presl								X	2300	flotante	orilla de lagos, en charcos; muy escasa