



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

TÍTULO:

**La Pteridoflora del Parque Nacional Los
Mármoles, estado de Hidalgo, México**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
L I C E N C I A D O E N B I O L O G Í A
P R E S E N T A :
S A I D R A M Í R E Z C R U Z

DIRECTOR: DR. ARTURO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

Dedicatoria:

A mi familia en especial a mi mamá (Esther Cruz Romero) y a mi papá (Epitacio Ramírez Flores), también a mis Hermanos Cirilo, Erika Maricela y Flor Laura Ramírez Cruz. Por su apoyo todos estos años de estudio, por pasar tiempos inolvidables a su lado y sobre todo a mis padres por darme esta vida.

También a mi abuelo Cirilo Ramírez Castillo† y abuela Agustina Flores por darme su apoyo en todo momento.

Agradecimientos:

A mis amigos y compañeros de escuela: Mariana, Karen, Claudia, Gerardo, Jorge, Antonio (Pollo), Gerardo (Chato), Erika Álvarez, Victor, Nallely, Edith, Teresa, América, Braulia, Aurelia, Brenda, Nancy, Fabiola, Cindy, Aracely y a todos los que conozco, por apoyarme dentro y fuera de la escuela.

A todas mis tías que me apoyaron durante mi carrera.

Al Dr. Arturo Sánchez González por su apoyo en el campo y laboratorio.

Al Dr. Daniel Tejero por su ayuda en la identificación de las diferentes especies de Pteridofitas.

Al maestro Mario Segura por su apoyo incondicional al pedirle los favores.

La realización de esta tesis fue posible gracias al apoyo de PROMEP, denominado: “Estudio florístico, biogeográfico y sinecológico del Parque Nacional Los Mármoles” donde se conto con media beca.

Índice general	Página
Índice de cuadros	2
Índice de figuras	3
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
Objetivos	8
ANTECEDENTES	9
Estudios sobre Pteridofitas realizados en México y en el estado de Hidalgo	9
Clasificación e importancia de las Pteridofitas	11
MATERIAL Y MÉTODOS	14
Zona de estudio	14
Métodos	20
Trabajo en campo	20
Trabajo en laboratorio	22
RESULTADOS	26
Pteridoflora del PNM	26
Descripción de los nuevos registros para el estado de Hidalgo	32
Sustrato en el que crecen las Pteridofitas del PNM	41
Patrón de distribución de las especies de Pteridofitas en los diferentes tipo de vegetación	42
Familias, géneros y especies de Pteridofitas del estado de Hidalgo	43
DISCUSIÓN	47
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
APÉNDICE 1	62

Índice de Cuadros	Página
Cuadro 1. Número y porcentaje de géneros y especies de Pteridofitas para el PNM	17
Cuadro 2. Familias, géneros y especies de Pteridofitas del PNM ..	26
Cuadro 3. Número y porcentaje de géneros por familia de Pteridofitas en el PNM	27
Cuadro 4. Número y porcentaje de especies por familia de Pteridofitas en el PNM	27
Cuadro 5. Número y porcentaje de especies por género de Pteridofitas en el PNM	28
Cuadro 6. Frecuencia y porcentaje de presencia de las Pteridofitas del PNM	29
Cuadro 7. Distribución de la nuevas especies que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo	32

Índice de Figuras	Página
Figura 1. Localización del área de estudio	16
Figura 2a. Recolección de helecho en la localidad Maguey Verde, PNM	23
Figura 2b. Prensado de ejemplares de Pteridofitas	23
Figura 3a. Colección de Pteridofitas del PNM del herbario del CIB	23
Figura 3b. Identificación de helechos con el microscopio estereoscópico (<i>Adiantum andicola</i> y <i>Argyrochosma formosa</i> en la parte izquierda)	24
Figura 3c. Montaje de ejemplares (<i>Equisetum myriochaetum</i>)	24
Figura 3d. Montaje y etiquetado de ejemplares	24
Figura 4. <i>Anemia mexicana</i> var. <i>makrinii</i> (Maxon) Mickel	33
Figura 5. <i>Argyrochosma palmeri</i> (Baker) Windham	34
Figura 6. <i>Cheilanthes spiculata</i> Mickel	35
Figura 7. <i>Pecluma alfredii</i> var. <i>cupreolepis</i> (A. M. Evans) A. R. Sm.	36
Figura 8. <i>Pleopeltis konzatti</i> (Weath.) R. M. Tryon & A. F. Tryon ...	37
Figura 9. <i>Polypodium alansmithii</i> R. C. Moran	39
Figura 10. <i>Polypodium echinolepis</i> Fée	40
Figura 11. <i>Selaginella sartorii</i> Hieron.	41
Figura 12. Sustrato en el que crecen las Pteridofitas del PNM	42
Figura 13. Dendrograma del análisis de agrupamiento que muestra las relaciones jerárquicas entre los tipos de vegetación, de acuerdo a la composición de especies de Pteridofitas	42
Figura 14. Familias con mayor número de géneros para el estado de Hidalgo	44
Figura 15. Familias con mayor número de especies para el estado de Hidalgo	45
Figura 16. Géneros con mayor número de especies en el estado de Hidalgo	46

RESUMEN

El conocimiento sobre la riqueza de especies de Pteridofitas del estado de Hidalgo es escaso y se refleja en sus áreas naturales protegidas (ANP): en la Reserva de la Biosfera Barranca de Meztlán, el ANP de mayor extensión territorial, se reporta la presencia de sólo seis especies y en el Parque Nacional Los Mármoles (PNM), la segunda ANP con mayor extensión territorial, de 12 especies de Pteridofitas. El objetivo principal de esta investigación fue contribuir al incremento en el conocimiento de la riqueza de especies de Pteridofitas del PNM y, por ende, al de la pteridoflora estatal. El trabajo de campo se efectuó durante 16 meses consecutivos; para la recolecta exhaustiva de ejemplares se seleccionaron sitios poco perturbados por actividades humanas, en todos los tipos de vegetación presentes dentro del PNM: bosques de pino, encino, enebro, mixtos, vegetación de galería, selva baja, pastizal y matorral xerófilo. Los resultados muestran que en el PNM se presentan 12 familias, 29 géneros y 71 especies de Pteridofitas. Otros estudios realizados en los municipios de Eloxochitlán, Tlanchinol, Tenango de Doria y Monte Grande, Lolotla, reportan 31, 35, 39 y 33 especies, respectivamente; lo cual indica que el PNM es, hasta el momento, la región mejor explorada y/o con mayor riqueza de especies del estado de Hidalgo. Las familias más diversas son: Pteridaceae (12 géneros y 28 especies), Polypodiaceae (4 géneros y 20 especies), Athyriaceae, Dryopteridaceae y Blechnaceae con dos géneros cada una, las familias restantes tienen sólo un género. Los géneros más diversos son *Polypodium* (13 especies) y *Cheilanthes* (7 especies). Las especies con más amplia distribución dentro PNM son *Cheilanthes notholaenoides*,

Asplenium monanthes y *Polypodium polypodioides* var. *aciculare*, que presentaron un porcentaje de constancia en los sitios de recolección de 85, 62 y 47, respectivamente. Se registra por primera vez la presencia de ocho especies para el estado de Hidalgo: *Anemia mexicana* var. *makrinii*, *Argyrochosma palmeri*, *Cheilanthes spiculata*, *Pecluma alfredii* var. *cupreolepis*, *Pleopeltis konzatti*, *Polypodium alansmithii*, *Polypodium echinolepis* y *Selaginella sartorii*. Como resultado de la revisión bibliográfica es posible concluir que el estado de Hidalgo, con 277 especies de Pteridofitas, es uno de los seis estados con mayor riqueza de especies de México. A nivel estatal, las familias con mayor número de géneros y especies fueron: Aspleniaceae, Athyriaceae, Dennsaedtiaceae, Dryopteridaceae, Grammitiaceae, Lycopodiaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae y Thelypteridaceae. Los géneros con mayor riqueza de especies fueron: *Cheilanthes*, *Elaphoglossum*, *Polypodium*, *Selaginella* y *Thelypteris*.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con aproximadamente 22 millones 712,284 hectáreas de áreas naturales protegidas, uno de los problemas fundamentales en estas áreas es que los decretos no son respetados, por lo que se esta minando la diversidad biológica de manera alarmante. Las áreas naturales “protegidas” están expuestas a la deforestación, erosión y contaminación de los suelos, a frecuentes incendios forestales, y al cambio de uso del suelo a tierras agrícolas y pecuarias, principalmente (Challenger, 1998).

México y Centroamérica, constituyen una de las regiones naturales con mayor diversidad de especies vegetales del planeta. Aun cuando existen intentos recientes por cuantificar con precisión esta riqueza, el inventario es insuficiente, hay un gran número de especies vegetales sin describir y otras ni siquiera se han descubierto (Toledo, 1988; Rzedowski, 1998; Villaseñor, 2003).

Las Pteridofitas son un grupo de plantas vasculares que se caracterizan por tener un ciclo biológico de tipo asexual o esporofítico y uno sexual o gametofítico (Pérez y Reyes, 1993), y por no presentar semillas (Tejero-Díez, 2007). Incluye a varios grupos, entre los que destacan los helechos y plantas pertenecientes a géneros como *Lycopodium*, *Equisetum* (colas de caballo), *Selaginella* (doradillas) y *Psilotum* (Lira y Riba, 1993).

La Pteridoflora mexicana esta compuesta por aproximadamente 1,008 especies y 16 variedades o subespecies (Mickel y Smith, 2004), lo cual representa el 4.3 % de la flora vascular de México, calculada en 23,359 especies (Villaseñor, 2003), sin contar los taxa infraespecíficos.

Los bosques mesófilos de montaña de México son los que poseen el mayor número de especies de Pteridofitas, seguidos por los bosques tropicales húmedos, los de pino-encino, los bosques tropicales caducifolios, la vegetación xéfila y la acuática (Riba, 1998). En las zonas tropicales húmedas del sureste de México se presenta la mayor diversidad de especies, entre altitudes de 600 y 2,000 m. Un alto porcentaje de las especies mexicanas tienen una distribución geográfica que fluctúa de media a amplia (Lira y Riba, 1993).

La preferencia de las Pteridofitas por las regiones húmedas de México, principalmente de la vertiente con orientación al Océano Atlántico de la Sierra Madre Oriental, permite que estados como Chiapas, Puebla, Oaxaca, Veracruz e Hidalgo, presenten alta riqueza de especies (Tejero-Díez y Mickel, 2004; Tejero-Díez, 2007).

Los estudios florísticos realizados en el estado de Hidalgo se han enfocado principalmente a las plantas vasculares con semilla e incluyen sólo listados parciales de Pteridofitas (Luna-Vega *et al.* 1994; Alcántara y Luna-Vega, 1997; Mayorga *et al.* 1998; Alcántara y Luna-Vega, 2001; Ponce-Vargas *et al.*, 2006). El único estudio específico sobre Pteridofitas es el de Sánchez y Chávez (1951) sobre las Pteridofitas de la Barranca de Omitlán.

Las Pteridofitas son parte importante de la estructura del sotobosque y participan en la regeneración de los bosques y áreas perturbadas. Además, son consideradas indicadores de cambios ambientales, por su sensibilidad a cambios microclimáticos (Beukema y Van-Noordwijk, 2004; Salovaara *et al.*, 2004; Karst *et al.*, 2005). En adición a los servicios ambientales que representan, algunas especies de Pteridofitas tienen usos directos (Pérez-García *et al.*, 1995; Looser y

Rodríguez, 2004; Ramírez y Sánchez-González, 2007). A pesar de la importancia biológica y económica de las Pteridofitas, se conoce poco sobre su riqueza y distribución en el estado de Hidalgo, por lo que los objetivos de la presente investigación fueron:

- Aportar información sobre la composición de familias, géneros y especies de Pteridofitas del Parque Nacional Los Mármoles, estado de Hidalgo.
- Evaluar la similitud entre los distintos tipos de vegetación del Parque Nacional los Mármoles, con base en su composición de especies de Pteridofitas.
- Presentar un panorama actual sobre la riqueza de especies de Pteridofitas en el estado de Hidalgo, con base en una revisión bibliográfica y en los resultados de la presente investigación.

ANTECEDENTES

Estudios sobre Pteridofitas realizados en México y en el estado de Hidalgo

En México, los estudios sobre Pteridofitas se iniciaron desde el siglo XVIII, pero es hasta el siglo XX cuando se incrementó en el número de investigaciones relacionadas con este grupo de plantas. Se puede considerar que a partir del año 1962, inició la etapa moderna de los estudios de Pteridofitas en México (Lira y Riba, 1993), las publicaciones relevantes de los últimos 47 años pueden clasificarse en los siguientes grupos:

1. Revisiones monográficas. Destacan la revisión de la familia Dryopteridaceae (Riba y Pérez, 1994), del género *Pteris* (Prado y Windisch, 2000) y las notas taxonómicas y de distribución de dos especies de *Polypodium* (Tejero-Díez y Pacheco, 2004).
2. Estudios florísticos a nivel estatal. Sobresalen los estudios florísticos de Baja California, Chihuahua, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo, Península de Yucatán, Nuevo León, Coahuila (Lira y Riba, 1993) y Veracruz (Castillo-Campos *et al.*, 2005).
3. Estudios de la Pteridoflora a nivel estatal: Flora Pteridológica del estado de Oaxaca (Mickel y Beitel, 1988), Pteridoflora del estado de Morelos (Riba *et al.*, 1996), Pteridoflora ilustrada del estado de Querétaro (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2001), Listado con anotaciones de los Pteridófitos del estado de México (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004) y el de la riqueza florística del estado de México: lycopodios y helechos (Tejero-Díez, 2007).
4. Publicaciones diversas con información restringida a ciertos grupos. Listados florísticos de varias familias para el estado de Veracruz: Selaginellaceae

(Gregory y Riba, 1979), Querétaro: Cyatheaceae, estado de México: Psilotaceae, Osmundaceae y Marattiaceae (Lira y Riba, 1993) y el estudio etnobotánico de *Selaginella lepidophylla* del municipio de Huamantla, Tlaxcala (Vázquez *et al.*, 2005).

5. Pteridoflora de México. El libro “The Pteridophytes of Mexico” de Mickel y Smith (2004) es de especial importancia, en el se describen e ilustran 1,008 especies y 16 taxa infraespecíficos o subespecies, 40 de los cuales son nuevos registros para la ciencia.

Con respecto al estado de Hidalgo, existe sólo un estudio cuyo objetivo específico fue conocer la pteridoflora de la Barranca de Omitlán (Sánchez y Chávez, 1951), donde se reportan 10 familias, 22 géneros y 49 especies. A partir del año de 1994, un grupo de botánicos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, han realizado estudios sobre la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña del estado de Hidalgo en donde reportan listados parciales de Pteridofitas y plantas afines. En Tlanchinol se registran 43 especies de Pteridofitas (Luna-Vega *et al.*, 1994); en Tenango de Doria, 39 especies (Alcántara y Luna-Vega, 1997); en Molocotlán, Molango-Xochicoatlán, 32 especies (Mayorga *et al.*, 1998); en Eloxochitlán y Tlahuelompa, 31 especies (Alcántara y Luna-Vega, 2001); y en Monte Grande, Lolotla, se reportan 32 especies de Pteridofitas (Ponce-Vargas *et al.*, 2006).

Con base en los datos de los trabajos mencionados en el párrafo anterior, el listado de Pteridofitas del estado de Hidalgo estaría compuesto de 21 familias, 50 géneros y 140 especies (Ramírez y Sánchez-González, 2007), lo que representa el 14% del total de especies reportadas para México. Sin embargo, se estima que

la riqueza real de especies de Pteridofitas en el estado de Hidalgo, es de al menos el doble (Tejero-Díez, 2007).

Clasificación e importancia de las Pteridofitas

Los helechos y plantas afines se dividen actualmente en dos grandes grupos: Lycopodiophyta y Monilophyta (Judd *et al.*, 2002; Pryer *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2006):

División Lycopodiophyta: Está representada por menos del uno por ciento de las plantas vasculares existentes, todas poseen hojas microfilas (licofilas). Esta división comprende tres clases, cada una con sólo un orden, familia y género, y con un total de 1,200 especies (Pryer *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2006).

Clase Lycopodiopsida

Orden Lycopodiales; Familia Lycopodiaceae, Género *Lycopodium*, se caracterizan por ser plantas homospóricas.

Clase Isoetopsida

Orden Isoetales, Familia Isoetalaceae, Género *Isöetes*.

Clase Selaginellopsida

Orden Selaginellales, Familia Selaginellaceae, Género *Selaginella*, todas las especies pertenecientes a estas dos clases son heterospóricas.

División Monilophyta: comparten una vascularización distintiva, el protoxilema esta confinado a lóbulos incluidos en el xilema, por ello la denominación latina *moliniformis*, que significa “parecido a un collar” (Pryer *et al.*, 2004). Comprenden

alrededor de nueve mil especies, entre las que destacan todos los helechos eusporangiados y leptosporangiados. Existen cuatro clases principales (Smith *et al.*, 2006):

Clase Equisetopsida: son conocidos como colas de caballo, tienen una amplia distribución en el planeta, excepto en Australia y Nueva Zelanda (Rost *et al.*, 2006). Con un solo género *Equisetum* y un total de 15 especies.

Clase Marattiopsida: grupo monofilético encontrado principalmente en zonas húmedas tropicales. Tienden a tener frondas pinnadas muy grandes, con esporangios de pared gruesa localizados en la cara abaxial, en grupos bien definidos (a veces fusionados en sinangios). Hay alrededor de 150 especies, en general son terrestres y algunas son epipébricas.

Clase Polypodiopsida: helechos leptosporangiados con mayor diversidad, se caracterizan por poseer un esporangio que se desarrolla a partir de una célula, y en el corte del esporangio maduro se observa que su pared es de una célula de espesor, los principales tipos de crecimiento son: terrestres, epífitos o acuáticos, existen alrededor de 8,863 especies.

Clase Psilotopsida: reúne a las familias Ophioglossaceae y Psilotaceae. Algunos caracteres morfológicos que permiten apreciar su monofilia son los gametofitos axiales, subterráneos y sus raíces sin pelos radicales. Cuenta con alrededor de 92 especies.

Importancia de las Pteridofitas

Importancia biológica. Los helechos tienen gran importancia, tal es el caso del helecho acuático *Azolla* spp., cuya propagación se propicia en los

arrozales ya que es capaz de fijar nitrógeno, siendo así un fertilizante natural muy apreciado en México y en otros países (Pérez-García *et al.*, 1995). También hay helechos perjudiciales, las especies de *Pteridium* crecen como maleza en pastizales y sitios perturbados, bordes de caminos y claros de bosques y selvas, principalmente (Velázquez-Montes, 2001). Se propagan mediante rizomas subterráneos ramificados, de los cuales surgen brotes aéreos que forman densas poblaciones que, además de cubrir e inutilizar los terrenos, tienen efectos alelopáticos sobre otras plantas (Pérez-García *et al.*, 1995; Riba, 1998).

Los helechos son parte importante del sotobosque y participan en la regeneración de los bosques y áreas perturbadas, por lo que conocer la diversidad, distribución y dinámica de sus poblaciones es fundamental para entender los procesos de sucesión. Además, son considerados como indicadores de patrones florísticos, edáficos y de otros factores en los bosques, por su sensibilidad a cambios microclimáticos. También se les ha utilizado para estimar la diversidad de otros grupos de plantas (Carreño, 2006; Cárdenas *et al.*, 2007; Ruokolainen *et al.*, 2007).

Importancia económica. Algunas especies de helechos son utilizadas como ornamentales, sobre todo en las regiones de clima cálido-húmedo. En América Tropical los horticultores y encargados de viveros los han utilizado como sustrato de plantas muy diversas y para la elaboración de artesanías (Pérez-García *et al.*, 1995). Los colas de caballo (*Equisetum* spp.), se han empleado como abrasivos (por la aspereza producida por la alta concentración de sílice de la epidermis) para pulir metales y fregar recipientes (Izco *et al.*, 1997).

Importancia medicinal. Desde épocas remotas se les han atribuido

propiedades medicinales: el helecho macho *Dryopteris filix-mas* (L.) Schott, se utiliza como vermífugo. Las especies de los géneros *Equisetum* y *Selaginella* (especialmente *S. lepidophylla* y *S. pallescens*) se venden prácticamente en todos los mercados populares de México como remedio para el dolor de riñón. Se han identificado sustancias con principios activos en especies de *Equisetum* (Tejero-Díez, 2007).

Las doradillas (*Selaginella* spp.) son utilizadas localmente para tratar problemas de dolor de pecho. Los rizomas de especies de *Polypodium* son usados en el municipio de Tejupilco, estado de México, para problemas estomacales y el rizoma de *Athyrium arcuatum* y de *A. bourgaei* (helecho macho) se emplea como vermífugo (Tejero-Díez, 2007).

La importancia medicinal de las Pteridofitas es reconocida ampliamente por los pueblos indígenas de América. En Chile, por ejemplo, el helecho macho *Dryopteris pseudo-filix-mas* es reconocido por sus propiedades antihelmínticas y *Adiantum chilense* se combina con miel de abeja y se administra como pectoral o incluso como abortivo (Looser y Rodríguez, 2004).

MATERIAL Y MÉTODOS

Zona de estudio

El Parque Nacional los Mármoles (PNM) se localiza en la porción noroeste del estado de Hidalgo (Figura 1), entre las coordenadas 20°45'39'' y 20°58'22'' de latitud norte y 99°08'57'' y 99°18'39'' de longitud oeste. Tiene una superficie de 23,150 ha (CONANP, 2007) y ocupa parte de los municipios de Jacala de Ledesma (7,986 ha), Nicolás Flores (5,787 ha), Pacula (1,041 ha) y Zimapán

(8,334 ha).

Fisiografía. El PNM forma parte de la Sierra Gorda, dentro de la Sierra Madre Oriental. Las dos referencias topográficas más importantes son la Barranca de San Vicente, con una profundidad de 600 m y el Cerro Cangandó con una altitud de 2,820 m (CONANP, 2007; Rivera, 2007).

Clima. Según la clasificación de Köppen, modificada por García (1981), existen dos tipos de clima, ambos con lluvias en la época de verano:

1. Templado subhúmedo: que cubre de sur a norte al PNM, con una superficie de 20,008 ha.
2. Semicalido subhúmedo: que abarca una superficie de 3,142 ha y se distribuye únicamente en el norte, hacia los Municipios de Jacala y Pacula.

Geología. Las rocas que afloran en Los Mármoles son sedimentarias marinas (constituidas por calizas, lutitas y areniscas) y rocas ígneas intrusivas y extrusivas (andesitas y tobas intermedias). Hay tres formaciones principales: la formación “Las Trancas” que pertenece al Jurásico Superior, “El Doctor” del Cretácico Medio y “Agua Nueva” del Cretácico Superior (SARH, 1994).

Suelos. El PNM cuenta con cinco tipos principales de suelo: Feozem, Litosol, Luvisol, Regosol y Rendzina, que aunque son importantes para la agricultura, están sujetos a la erosión por la tala de grandes extensiones de bosque (SARH, 1994).

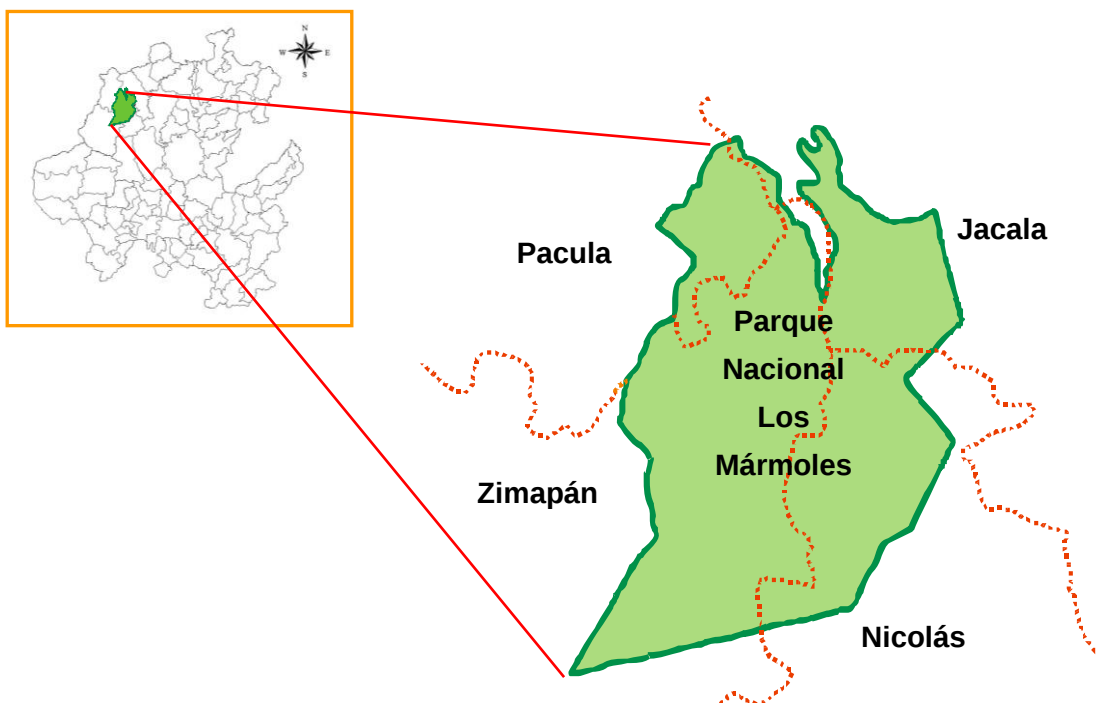


Figura 1. Localización del área de estudio

Hidrología. Se encuentra en la región hidrológica número 26, denominada Cuenca del Bajo Río Pánuco. Dentro del Parque nacen algunos arroyos que fluyen en dirección sur-norte que se drenan en la parte occidente del Parque para formar el Río Barranca Seca el cual escurre hacia el norte para unirse al Río Moctezuma. En la vertiente oriental fluye el río Amajac, que recibe agua de numerosos arroyos que nacen dentro del PNM, formando dos ríos importantes como el San Nicolás y el Itatlaxco (SARH, 1994).

Flora y tipos de vegetación. La variación en las características climáticas, topográficas, edáficas y altitudinales del PNM, permiten la existencia de diferentes

tipos de vegetación tales como: bosques de encino, pino, encino-pino, pino-encino y táscate, además de pastizal inducido. Dentro de estos tipos de vegetación se reportan cerca de 518 especies de plantas (Cuadro 1), algunas de las cuales (*Pinus pinceana*, *Ceratozamia mexicana*, *Tilia mexicana*, *Gentiana spathacea* y *Litsea glaucescens*) se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2002). Las especies *Pinus pinceana*, *Ceratozamia mexicana* y *Tilia mexicana* son endémicas de México (CONANP, 2007; Rivera, 2007).

Cuadro 1. Número y porcentaje de géneros y especies de plantas reportados para el PNM

Grupo	Géneros	Especies
Briofitas	59 (18%)	90 (17%)
Pteridofitas	10 (3%)	14 (3%)
Gimnospermas	4 (1%)	11 (2%)
Angiospermas	253 (78%)	402 (78%)
Total	326	518

Fuente: CONANP (2007)

Las principales comunidades vegetales son:

- a)** Bosque de encino. Cubre el 21.1% de la superficie total del PNM (4,884 ha), se distribuye en climas templado subhúmedo y semicálido subhúmedo, con precipitación media anual que varía de 600 a 1,000 mm y en altitudes que oscilan entre los 1,500 y 2,100 m. Se desarrolla principalmente en los municipios de Pacula y Nicolás Flores, en suelos de tipo litosol, luvisol y regosol. Las especies de encinos más comunes en este tipo de bosque son *Quercus mexicana*, *Q. affinis*, *Q. crassifolia*, *Q. grisea*, *Q. laurina* y *Q.*

obtusata (Álvarez y Sánchez-González, 2007).

- b)** Bosque de encino-pino. Ocupa el 25.4% de la superficie del PNM (5,880 ha), en altitudes que fluctúan entre los 2,000 y 2,500 m. Las principales especies del estrato arbóreo son: *Quercus crassifolia*, *Q. laurina*, *Q. mexicana*, *Q. obtusa*, *Pinus cembroides*, *P. greggii*, *P. montezumae*, *P. pinceana*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*, se distribuye en los tipos de clima principales del PNM.
- c)** Bosque de pino-encino. Representa el 14.3% de la superficie total del Parque (3,310 ha), crece en altitudes entre los 2,000 y 2,500 m, y se distribuye casi exclusivamente al oriente y sur del PNM.
- d)** Bosque de pino. Se distribuye en el 6.9% del territorio de Parque (1,597 ha), en las partes de mayor altitud (entre 2,500-3,000 m), se desarrolla preferentemente en zonas de clima templado-subhúmedo, con precipitación media anual entre 600 y 1,500 mm. Se presenta en manchones en los municipios de Jacala y en norte de Zimapán. Las especies más comunes son: *Pinus cembroides*, *P. greggii*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. pinceana*, *P. pseudostrobus* y *P. teocote*.
- e)** Bosque de táscate. Se encuentra en lugares de clima templado subhúmedo y semicálido subhúmedo, con precipitación media anual menor a 700 mm. Ocupa el 3.7% de la superficie del PNM (856 ha), en dos áreas principales, una al occidente y otra al norte. El intervalo altitudinal donde se desarrolla es restringido, entre 1,500 y 2,000 m, sobre suelos de tipo litosol y feozem. Las especies dominantes son: *Juniperus deppeana* *J. flaccida* y *Cupressus* sp.
- f)** Pastizal inducido. Su distribución se relaciona con actividades humanas

(agricultura, ganadería, colonización e incendios, entre otros) y abarca distintas condiciones climáticas. Aparece en manchones en todo el PNM en un área aproximada de 833 ha. Las especies más comunes son: *Aristida glauca*, *Bouteloua aristioides* y *Muhlenbergia microsperma*.

Unos de los problemas más graves en el PNM es el rápido avance en la conversión de la tierra para uso agrícola, que asciende a un total de 5,787 ha (25% de la superficie total del Parque), que se encuentran en áreas cercanas a los poblados. Además, existe una elevada tasa de deforestación, de saqueo de especies y de otros recursos naturales como el mármol, que explican el porque especies como *Dahlia dissecta* y *D. cuspidata* tienen graves problemas de supervivencia (SARH, 1994; CONANP, 2007; Rivera, 2007).

Fauna. De acuerdo con la base de datos de CONABIO (1999), la fauna silvestre reportada corresponde a 26 especies de mamíferos, 32 especies de aves y 14 especies de anfibios y reptiles (SARH, 1994; CONANP, 2007).

Demografía. Dentro del PNM se localizan 49 comunidades, que en conjunto representan a 9,314 habitantes. Las comunidades con mayor población son: Jacala de Ledezma (3,855), Nicolás Flores (336), Pacula (512) y Zimapán con 11,466 (INEGI, 2005).

Marginación. Es alta, carecen de agua entubada, electricidad, drenaje y vivienda digna, además de contar con pocas vías de comunicación. La situación se agrava por la dispersión poblacional y la ausencia de circuitos eficientes de producción,

distribución y consumo que promuevan un desarrollo regional productivo sustentable. Otro problema es el alto porcentaje de analfabetismo (SARH, 1994).

En el ámbito económico hay tres tipos de explotación de la tierra: la agricultura, la ganadería y minería. La agricultura es de temporal, principalmente se cultiva maíz, frijol, avena y cebada, estos dos últimos para obtener forraje. La ganadería es una actividad importante, en el año 2000 el número de cabezas de ganado caprino (chivos) era de 16,655, de ganado ovino 11,839 ejemplares y de ganado bovino 9,989 cabezas. La actividad ganadera se desarrolla principalmente en agostaderos y matorrales por lo que la degradación de los ecosistemas es notable (SARH, 1994).

MÉTODOS

Trabajo en campo

El trabajo de campo consistió en la recolección exhaustiva de ejemplares de Pteridofitas en diferentes tipos de vegetación en localidades de los Municipios de Jacala de Ledezma, Nicolás Flores, Pacula y Zimapán, dentro del PNM y zonas aledañas. La recolecta de los ejemplares se realizó desde el mes de septiembre de 2005 hasta el mes de junio de 2007; en temporada de lluvia el trabajo se realizó hasta dos o tres veces por mes, con la finalidad de obtener un mayor número de especies.

La elección de los sitios para la recolección de ejemplares fue preferencial, se basó en los siguientes criterios:

- Tipo de vegetación. Reconocimiento fisonómico previo de los diferentes

tipos de vegetación presentes dentro del PNM.

- Distancia de los centros de población. Cuando el acceso era posible, se eligieron sitios alejados de los centros de población, como un criterio cualitativo indirecto indicativo de menor perturbación humana.
- Altitud. Se eligieron sitios con diferente altitud en cada municipio, con la finalidad de abarcar todo el espectro de variación altitudinal presente dentro del PNM. El intervalo altitudinal analizado fluctuó desde 1,300 m (cerca de la cabecera municipal de Nicolás Flores), hasta 2,950 m (en la cima del Cerro Cangandó, municipio de Zimapán).

Para la recolección de los ejemplares de Pteridofitas se consideraron las siguientes características, necesarias para la identificación:

Se seleccionan a los helechos vigorosos y en lo posible libres de daño físico, insectos, hongos y agallas. En el caso de los rizomas y/o tallos subterráneos se debe eliminar el suelo, el musgo u otros materiales ajenos. Las frondas simples o compuestas se arreglan de manera que muestren la cara abaxial y adaxial, cuando son grandes se doblan o se cortan en piezas para ajustarse al tamaño de la hoja de herbario (Chater, 2000).

Los ejemplares deben tener esporangios maduros, es necesario recolectarlos con rizoma y evitar que se rompa (Figura 2a). Después de la recolecta se procede a prensar el ejemplar, lo cual se realiza colocándolo con cuidado dentro de un fólder de papel periódico sobre el que se anotan las iniciales del colector y su número de colecta (Figura 2b). Con este número de referencia es posible extraer la información que se escribió en la libreta de campo (lugar y fecha de colecta, altitud, latitud, nombre común de la planta, entre otros). Cada uno de

los ejemplares se coloca entre dos cartones corrugados (que favorecen el flujo del aire) y se procede a prensarlos apretando las correas que rodean la prensa (Sánchez-González y González, 2007).

Trabajo en laboratorio

El paso siguiente fue el traslado de los ejemplares al herbario del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), representados en las Figura 3a, para colocar la prensa en la secadora, durante dos días aproximadamente, dependiendo del grado de hidratación de los ejemplares recolectados.

Una vez secos los ejemplares, se procedió a su identificación a nivel de especie con base en las claves de Arreguín-Sánchez *et al.* (2001, 2004) y Mickel y Smith (2004) como se muestra en la Figura 3b. Después de la identificación, los ejemplares se montaron en cartulinas de papel bond de buena calidad y libres de ácido de 29 x 40 cm (Figura 3b y 3c). Cada cartulina contenía una etiqueta en la parte inferior izquierda (Figura 3d) con datos estándar (Lot y Chang, 1986). Los especímenes están en proceso de integración a la colección del herbario CIB-UAEH.



Figura 2a. Recolección de helechos en la localidad Maguey Verde, PNM



Figura 2b. Prensado de ejemplares de Pteridofitas



Figura 3a. Colección de Pteridofitas del PNM del Herbario del CIB



Figura 3b. Identificación de helechos con el microscopio estereoscópico (*Adiantum andicola* y *Argyrochosma formosa* en la parte izquierda)



Figura 3c. Montaje de ejemplares (*Equisetum myriochaetum*)

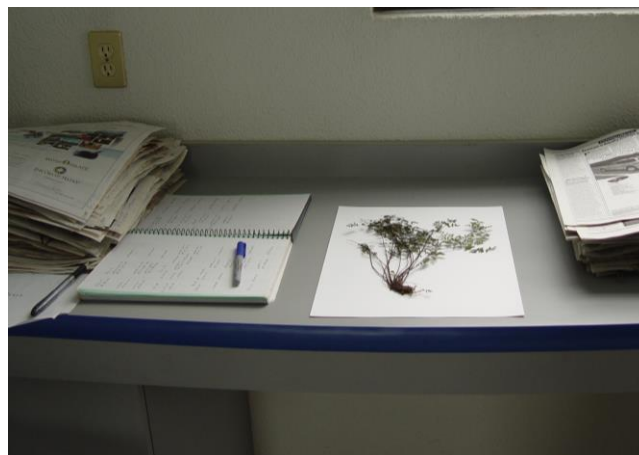


Figura 3d. Montaje y etiquetado de ejemplares

Estimación del porcentaje de constancia (PC) de las especies. Para estimar la amplitud de distribución de cada una de las especies en los sitios de recolecta se estimó el PC (Madriral-Sánchez, 1967), mediante la fórmula:

$$PC = \frac{\text{Número de sitios en que se presenta la especie} \times}{\text{Número total de sitios de recolección}} (100)$$

Patrón de distribución de las especies de Pteridofitas en los diferentes tipos de vegetación del PNM. Se estimó en forma numérica con datos de presencia ausencia de las especies, mediante el análisis de agrupamiento (CA), una técnica jerárquica aglomerativa que analiza las muestras en forma individual para fusionarlas sucesivamente en grupos de tamaño creciente, hasta que todas las muestras son sintetizadas en un sólo grupo. Se eligió el índice de Sørensen como la medida de distancia para definir la semejanza entre los grupos, por ser de los más robustos para datos ecológicos (McCune y Mefford, 1999) y como método de unión de grupos el de promedio entre grupos (UPGMA), ya que introduce relativamente poca distorsión en la distancia entre agrupamientos con respecto a la matriz de distancias original y evita el efecto de encadenamiento generado con otros métodos de unión (Digby y Kempton, 1987). Para la clasificación de la distribución de las Pteridofitas por tipo de vegetación se utilizó el programa PC-ORD (McCune y Mefford, 1999).

RESULTADOS

Pteridoflora del PNM

Se recolectaron en total 505 ejemplares de Pteridofitas, los cuales incluyen 12 familias, 29 géneros, 71 especies y seis variedades (Cuadro 2 y Apéndice 1). La recolección se realizó durante 21 meses consecutivos, periodo en el que se exploraron nueve diferentes tipos de vegetación, en un total de 34 sitios. La búsqueda de los ejemplares de Pteridofitas en cada sitio fue en un área de aproximadamente dos hectáreas. Cada sitio fue explorado al menos en tres ocasiones: durante y después de la temporada de lluvias y en la temporada de secas.

Cuadro 2. Familias, géneros y especies de Pteridofitas del PNM

	Familias	Géneros	Especies
Número de taxa	12	29	71
Porcentaje con respecto al estado de Hidalgo	48%	41%	26%

Las familias con mayor número de géneros fueron Pteridaceae con 12 (41%), Polypodiaceae con cuatro (14%), Athyriaceae, Dryopteridaceae y Blechnaceae, con dos géneros (7%), las familias restantes están representadas sólo por un género (Cuadro 3).

Las familias con mayor número de especies fueron: Pteridaceae con 28 (39%), Polypodiaceae con 20 (28%), Selaginellaceae con cinco (7%), Dryopteridaceae con cuatro (6%) y Aspleniaceae con tres (4%). Las familias restantes, con una o dos especies, representaron el 15 %, en conjunto (Cuadro 4).

Cuadro 3. Número y porcentaje de géneros por familia de Pteridofitas en el PNM

Familia	Número de géneros	Porcentaje de géneros
Pteridaceae	12	41
Polypodiaceae	4	14
Athyriaceae	2	7
Dryopteridaceae	2	7
Blechnaceae	2	7
Aspleniaceae	1	3
Dennstaedtiaceae	1	3
Equisetaceae	1	3
Ophioglossaceae	1	3
Schizaeaceae	1	3
Selaginellaceae	1	3
Thelypteridaceae	1	3
Total	29	100

Cuadro 4. Número y porcentaje de especies por familia de Pteridofitas en el PNM

Familia	Número de especies	Porcentaje de especies
Pteridaceae	28	39
Polypodiaceae	20	28
Selaginellaceae	5	7
Dryopteridaceae	4	6
Asplenaceae	3	4
Athyriaceae	2	3
Schizaeaceae	2	3
Thelypteridaceae	2	3
Blechnaceae	2	3
Dennstaedtiaceae	1	1
Equisetaceae	1	1
Ophioglossaceae	1	1
Total	71	100

Los géneros con mayor número de especies fueron: *Polypodium*, con 13 (18%); *Cheilanthes*, con 7 (10%); *Selaginella*, con cinco (7%); *Adiantum*, *Notholaena* y *Pleopeltis*, con cuatro (6%). Los géneros restantes presentaron entre

una y tres especies (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número y porcentaje de especies por género de Pteridofitas en el PNM

Género	Número de especies	Porcentaje de especies
<i>Polypodium</i>	13	18
<i>Cheilanthes</i>	7	10
<i>Selaginella</i>	5	7
<i>Adiantum</i>	4	6
<i>Notholaena</i>	4	6
<i>Pleopeltis</i>	4	6
<i>Argyrochosma</i>	3	4
<i>Asplenium</i>	3	4
<i>Astrolepis</i>	3	4
<i>Dryopteris</i>	3	4
<i>Anemia</i>	2	3
<i>Pecluma</i>	2	3
<i>Thelypteris</i>	2	3
<i>Bommeria</i>	1	1
<i>Blechnum</i>	1	1
<i>Botrychium</i>	1	1
<i>Cheiloplecton</i>	1	1
<i>Cystopteris</i>	1	1
<i>Elaphoglossum</i>	1	1
<i>Equisetum</i>	1	1
<i>Llavea</i>	1	1
<i>Mildella</i>	1	1
<i>Pellaea</i>	1	1
<i>Phlebodium</i>	1	1
<i>Pityrogramma</i>	1	1
<i>Pteridium</i>	1	1
<i>Pteris</i>	1	1
<i>Woodsia</i>	1	1
<i>Woodwardia</i>	1	1
Total	71	100

Las especies con más amplia distribución dentro del PNM fueron: *Cheilanthes notholaenoides* con un porcentaje de constancia (PC) de 85%, *Asplenium*

monanthes con 62%, *Polypodium polypodioides* var. *aciculare* con 47%, *Mildella fallax* y *Pleopeltis polylepis* var. *polylepis* con 44%; las demás especies presentaron un porcentaje de constancia menor de 41% (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Frecuencia y porcentaje de presencia de las Pteridofitas del PNM

Espece	Frecuencia de presencia en 34 sitios	Porcentaje de constancia
<i>Cheilanthes notholaenoides</i>	29	85
<i>Asplenium monanthes</i>	21	62
<i>Polypodium polypodioides</i> var. <i>aciculare</i>	16	47
<i>Mildella fallax</i>	15	44
<i>Pleopeltis polylepis</i> var. <i>polylepis</i>	15	44
<i>Polypodium martensii</i>	14	41
<i>Cheilanthes bonariensis</i>	13	38
<i>Asplenium resiliens</i>	12	35
<i>Adiantum andicola</i>	12	35
<i>Llavea cordifolia</i>	12	35
<i>Polypodium echinolepis</i>	11	32
<i>Polypodium guttatum</i>	11	32
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>feeii</i>	11	32
<i>Pecluma alfredii</i> var. <i>cupreolepis</i>	11	32
<i>Astrolepis integerrima</i>	11	32
<i>Polypodium thyssanolepis</i>	10	29
<i>Polypodium plesiosorum</i>	10	29
<i>Astrolepis laevis</i>	10	29
<i>Notholaena sulphurea</i>	9	26
<i>Polypodium plebeium</i>	9	26
<i>Adiantum poiretii</i>	8	24
<i>Cheilanthes marginata</i>	8	24
<i>Cystopteris fragilis</i>	7	21
<i>Astrolepis crassifolia</i>	7	21
<i>Pleopeltis konzatti</i>	6	18
<i>Pleopeltis crassinervata</i>	6	18

Cuadro 6. Continuación...

Especie	Frecuencia de presencia en 34 sitios	Porcentaje de constancia
<i>Phlebodium pseudoaureum</i>	6	18
<i>Polypodium alansmithii</i>	6	18
<i>Argychosma formosa</i>	6	18
<i>Adiantum capillus-veneris</i>	5	15
<i>Pecluma plumula</i>	5	15
<i>Selaginella pallescens</i>	5	15
<i>Elaphoglossum petiolatum</i>	4	12
<i>Pleopeltis mexicana</i>	4	12
<i>Polypodium furfuraceum</i>	4	12
<i>Polypodium subpetiolatum</i>	4	12
<i>Notholaena candida</i>	4	12
<i>Polypodium arcanum</i> var. <i>septentrionale</i>	3	9
<i>Polypodium fraternum</i>	3	9
<i>Polypodium lepidotrichum</i>	3	9
<i>Cheilanthes myriophylla</i>	3	9
<i>Notholaena galeotti</i>	3	9
<i>Blechnum appendiculatum</i>	3	9
<i>Thelypteris kunthii</i>	3	9
<i>Adiantum tenerum</i>	2	6
<i>Anemia adiantifolia</i>	2	6
<i>Argyrochosma incana</i>	2	6
<i>Argyrochosma palmeri</i>	2	6
<i>Asplenium exiguum</i>	2	6
<i>Botrychium virginianum</i>	2	6
<i>Cheilanthes cucullans</i>	2	6
<i>Cheiloplecton rigidum</i> var. <i>rigidum</i>	2	6
<i>Dryopteris wallichiana</i>	2	6
<i>Notholaena aschenborniana</i>	2	6
<i>Pellaea ovata</i>	2	6
<i>Pteris cretica</i>	2	6
<i>Selaginella sartorii</i>	2	6
<i>Thelypteris pilosula</i>	2	6

Cuadro 6. Continuación...

Espece	Frecuencia de presencia en 34 sitios	Porcentaje de constancia
<i>Woodsia aff. mollis</i>	2	6
<i>Woodwardia spinulosa</i>	2	6
<i>Anemia mexicana</i> var. <i>makrinii</i>	1	3
<i>Bommeria ehrenbergiana</i>	1	3
<i>Cheilanthes leucopoda</i>	1	3
<i>Cheilanthes spiculata</i>	1	3
<i>Dryopteris cinnamomea</i>	1	3
<i>Dryopteris pseudofilix-mas</i>	1	3
<i>Equisetum myriochaetum</i>	1	3
<i>Pityrogramma trifoliata</i>	1	3
<i>Selaginella extensa</i>	1	3
<i>Selaginella lepidophylla</i>	1	3
<i>Selaginella pulcherrima</i>	1	3

Descripción de los nuevos registros para el estado de Hidalgo

Se reportan y describen ocho especies de Pteridofitas del PNM, como nuevos registros para el estado de Hidalgo (Cuadro 7), la descripción de cada especie se obtuvo del libro "The Pteridophytes of Mexico" (Mickel y Smith, 2004).

Cuadro 7. Distribución de las especies que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo

Especie	Distribución
<i>Anemia mexicana</i> var. <i>makrinii</i> (Maxon) Mickel	Colima, Guerrero, Michoacán y Oaxaca
<i>Argyroschisma palmeri</i> (Baker) Windham	Durango, Guanajuato y San Luis Potosí
<i>Cheilanthes spiculata</i> Mickel	Distrito Federal
<i>Pecluma alfredii</i> var. <i>cupreolepis</i> (A. M. Evans) A. R. Sm.	Chiapas, Colima, Distrito Federal, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Tamaulipas
<i>Pleopeltis konzatti</i> (Weath.) R. M. Tryon & A. F. Tryon	Guerrero y Oaxaca
<i>Polypodium alansmithii</i> R. C. Moran	Chiapas, Guerrero y Oaxaca
<i>Polypodium echinolepis</i> Fée	Chiapas, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla y Veracruz
<i>Selaginella sartorii</i> Hieron.	Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas

1) *Anemia mexicana* var. *makrinii* (Maxon) Mickel

Pinnas estrechamente deltadas, de 1-1.7 cm de ancho, pinnas de base cuneada a redonda, o truncada, lamina adaxialmente azul-verdoza. (2n= 76).

Hábitat. Dentro del PNM se localiza a 1,464 m de altitud, en bosques de enebro-encino y es de hábito terrestre.

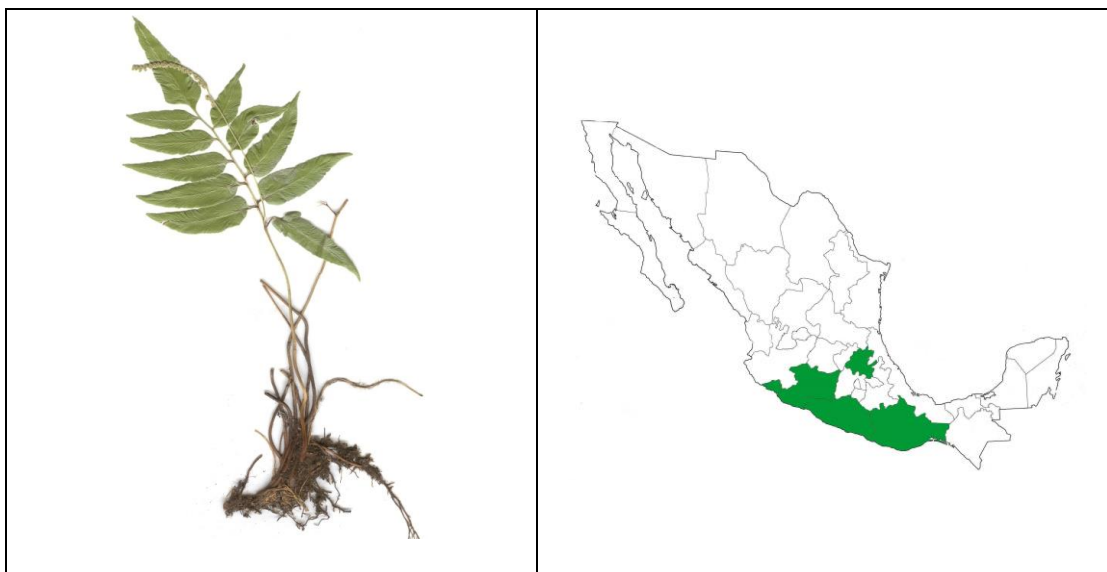


Figura 4. *Anemia mexicana* var. *makrinii* (Localidad Pacula, No. de colecta 290)

2) *Argyrochosma palmeri* (Baker) Windham

Rizoma corto, compacto, horizontal. Escamas del rizoma lanceoladas a linear-lanceoladas, de color castaño claro de 3 mm de largo, enteras. Frondas hasta 15 cm de largo, enteras. Pedúnculo de $1/10$ - $1/6$ de lo largo de la fronda. Pedúnculo y raquis negros, acanalados, glabros o con farina muy escasa. Laminas oblongas reducidas, la mayoría bipinnadas hasta tripinnadas en la base. Pinnas 8-12 pares, las proximales algunas veces están reducidas. Segmentos no articulados, la mayoría oblongos, obtusos, los distales sésiles, los proximales pedunculados y con color oscuro esclerótico de los tallos que entran en sus bases. La superficie adaxial desnuda o cubierta con farina blanca esparcida, especialmente cerca de los márgenes. Soros sobre casi toda la longitud de las venas, los márgenes de los segmentos planos a ligeramente recurvados, no modificados. Esporangio con 64

esporas.

Hábitat. En el PNM se presenta en un intervalo altitudinal de entre 2,142 y 2,236 m. Se desarrolla en bosques de encino y en malpaís, es de hábito terrestre.



Figura 5. *Argyrochosma palmeri* (localidad Pacula, No. de colecta 105)

3) *Cheilanthes spiculata* Mickel

Rizoma compacto, de horizontal a ascendente, 1-2 mm de diámetro. Escamas del rizoma linear-subulado, bicoloras, negras con márgenes estrechos de castaño a color canela, lustrosas, 3 mm de largo. Frondas de 16 - 32 cm de largo, completas. Pedúnculos de 1/2-3/4 de la longitud de la fronda, lustrosos, acanalados, púrpuras, glabros. Laminas estrechamente deltadas, la mayoría bipinnadas a tripinnadas en la base. Segmentos elípticos, agudos. Superficie adaxial espículado cerca de los márgenes; superficie abaxial glabra. Los márgenes de la lamina recurvados, para formar un falso indusio fuertemente modificado, de 4 mm de ancho, con márgenes fimbriados largos (pelos de 0.3 mm de largo), largamente decurrentes hacia el segmento siguiente con las espinas a lo largo de la interface indusial-laminar; esporas castaneas.

Hábitat. Se recolectó en una altitud de 2,433 m, en bosque de encino y su hábito es terrestre.

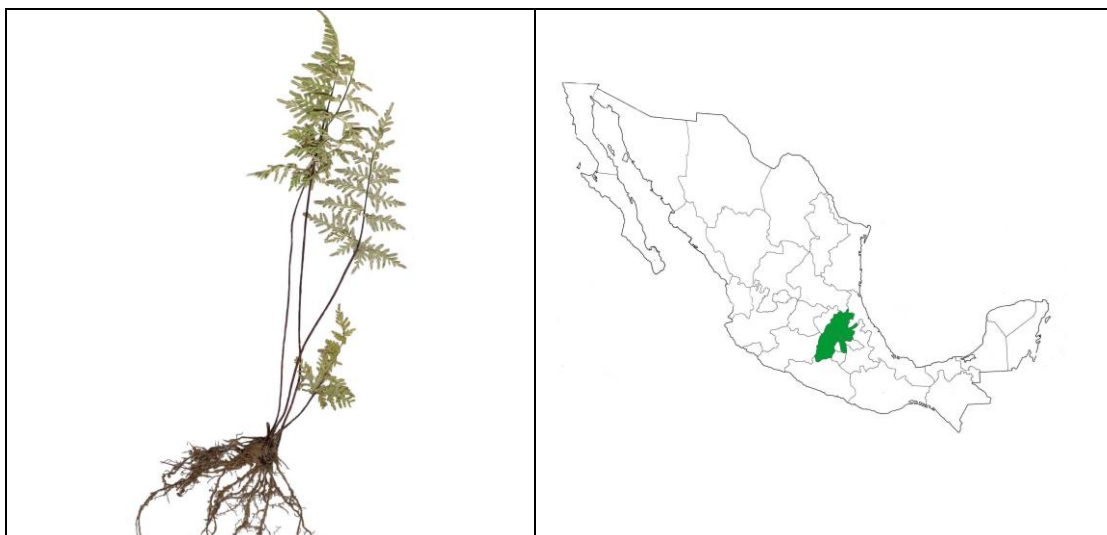


Figura 6. *Cheilanthes spiculata* (Localidad Nicolás Flores, No. de colecta 302)

4) *Pecluma alfredii* var. *cupreolepis* (A. M. Evans) A. R. Sm.

Rizoma corto-rastrero, de 3-7 mm de diámetro; escamas del rizoma claras a café-rojizas oscuras, de 1-2 x 0.8-1mm, ovadas, redondas o agudas en la punta, enteras; frondas de 10-60 cm de longitud, trepadoras, pedúnculos café-rojizos oscuros a cafés, 1/6-2/5 de la longitud de la fronda, con pelos aciculares de 0.1-0.2 (-0.5) mm, con laminas pectinadas, estrechamente ovadas de 4-6.5 cm de ancho; raquis abaxialmente con muchas escamas agudas, pálidas, abollado o cordadas, enteras, de alrededor de 2 mm de longitud. Pinnas lineares de 2-5 cm x 1.5-3 mm, muy reducidas y deflexas en la base de las laminas. Las bases de las pinnas son equilaterales, los ápices de agudos a obtusos, la costa de las pinnas proximales decurrente hacia el raquis; venas libres, uno divididas; indumento adaxial de pelos dispersos de 0.1-0.3 mm, sobre la costa, la superficie laminar glabra, abaxialmente la superficie costal entre venas posee pelos apresados de

0.1-0.2 mm, los márgenes ocasionalmente con pelos de 0.3-0.5 mm, o pelos marginales ausentes; soros redondos, mediales con parafisos de 0.5-0.8 mm; esporangios glabros, esporas reniformes, 64 por esporangio.

Se diferencia de la var. *occidentalis* en tener escamas ovado-cordadas sobre la cara abaxial del raquis.

Hábitat. Dentro del PNM se encuentra en bosque de encino, bosque de enebro-encino y bosque de pino-encino, en altitudes de 1,587-2,433 msnm.

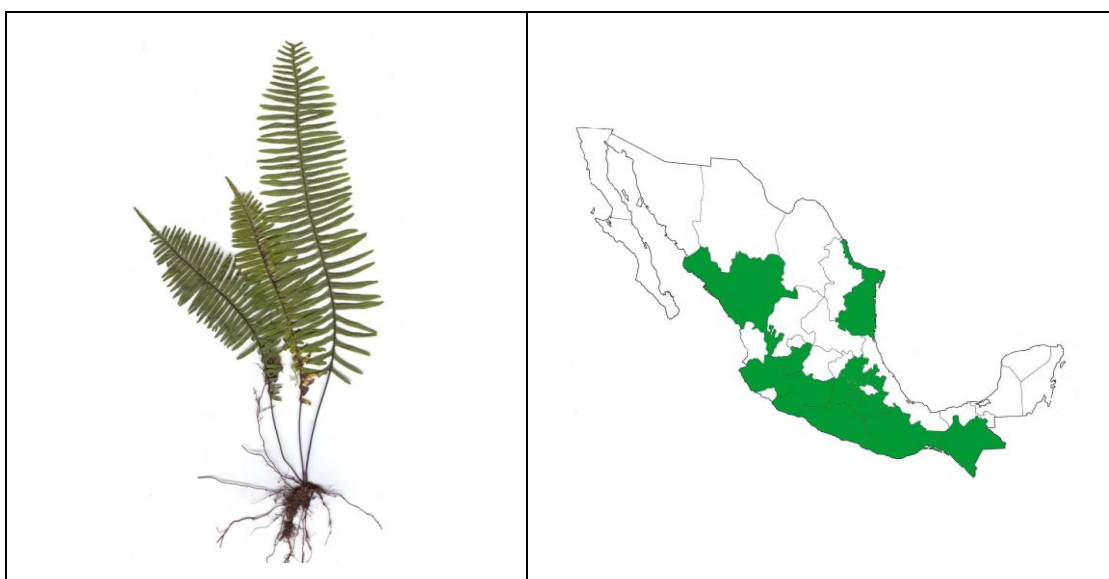


Figura 7. *Pecluma alfredii* var. *cupreolepis* (Localidad Jacala, No. de colecta 306)

5) *Pleopeltis konzatti* (Weath) R. M. Tryon & A. F. Tryon

Rizomas rastreros de 1.5-2 mm de diámetro. Escamas del rizoma dimórficas, de 0.5-1 cm. de largo, linear-lanceoladas, negras en el centro con células ocluidas, márgenes pálidos, estrechos, fimbriado-serrulados, comosos, de 2-2.5 mm de largo en la base del pedúnculo, con pelos delgados, largo fimbriados semejantes a dientes, con centros de color negro. Frondas monomórficas, distantes; pedúnculo de 1/8-1/6 del largo de la fronda, color púrpura, con centro negro, escamas linear-

lanceoladas con márgenes serrulados agudos. Laminas simples, linear-lanceoladas o lanceoladas (12) 14-30 (35) x 0.7-2.5 cm. Abaxialmente la venas centrales son negras en la base de la lamina o a través de toda la longitud de la lamina, con escamas esparcidas, bicoloras, con centros negros de 1-2 mm de largo. Las venas no se observan fácilmente. Escamas de la lamina abaxial densas, hialinas, con centros rojo-naranja, fimbriado-ciliadas, la mayoría ovado-lanceoladas de 1 x 0.3-0.5 mm. Soros ligeramente oblongos, con escamas casi todas ovado-lanceoladas, similares a las escamas de la lámina, de 0.5-1 mm de largo, con centros castaños a castaños pálidos, márgenes fimbriados.

Hábitat. Dentro del PNM se encuentra en bosque de enebro-encino y bosque de encino, en un intervalo altitudinal de entre 1,587 y 2,142 m.

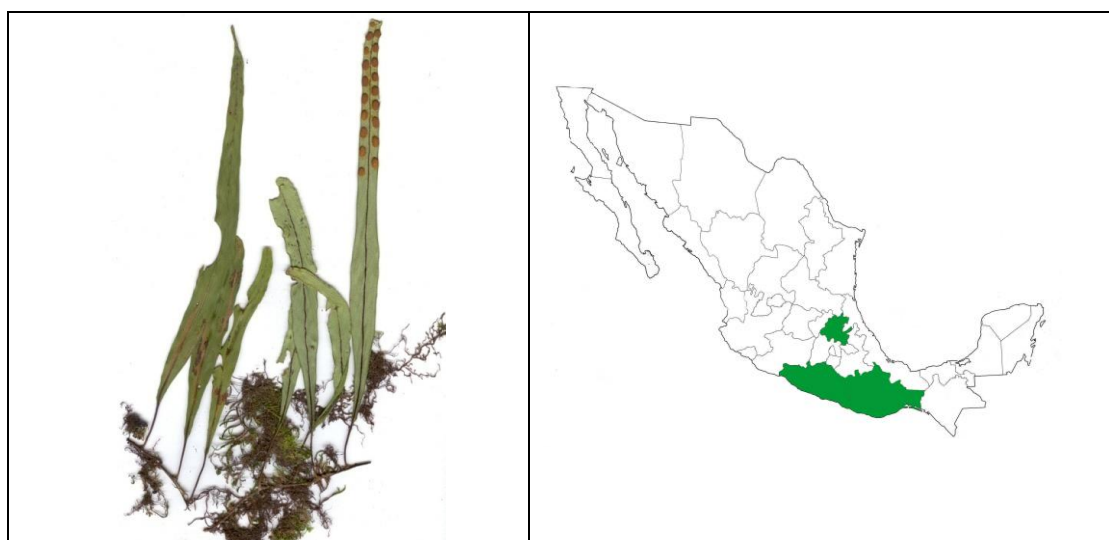


Figura 8. *Pleopeltis konzatti* (localidad Nicolás Flores, No. de colecta 255)

6) *Polypodium alansmithii* R. C. Moran

Rizomas rastreros de 2-4 mm de diámetro; escamas del rizoma apresadas, de 2-2.5 x 0.5-0.8 mm, bicoloras, con línea central negra, esclerótica (0.3 mm de ancho

en la base) y márgenes color marrón, denticulados, finos, planos a ligeramente crispados. Frondas (10) 16-30 cm de largo, distantes. Pedúnculo de cerca de $\frac{1}{2}$ de la longitud de la fronda, sin alas, castaño, acanalado, glabrescente a poco escamoso. Costa pálida, semejante a la superficie laminar. Lámina amplia-ovada, pinnatisecta, 5-12 cm de ancho, pinnas proximales no reducidas, en ocasiones descendentes, pinnas dístales ascendentes. Con 10-16 pares de pinnas, linear-lanceoladas, acuminadas u ocasionalmente obtusas, de 2.5 - 6 cm x 4 - 8 mm, anchas en la parte media, las bases largo decurrentes, subauriculadas acroscópicamente. Superficie adaxial glabrescente, con puntos color limón, a menudo en dos filas a cada lado de la costa, costa y raquis pálidos, de color paja, prominentes. Superficie abaxial con escamas esparcidas, clatradas, lanceoladas, redondas (0.5 mm de diámetro) a linear-lanceoladas (1 mm de largo). Márgenes de las pinnas aserrados a crenulados. Soros redondos, supramediales. Esporangios glabros.

Hábitat. Dentro del PNM se encuentra en bosques de encino, de enebro-encino y de pino-encino, en altitudes de entre 1,587 y 2,163 m.

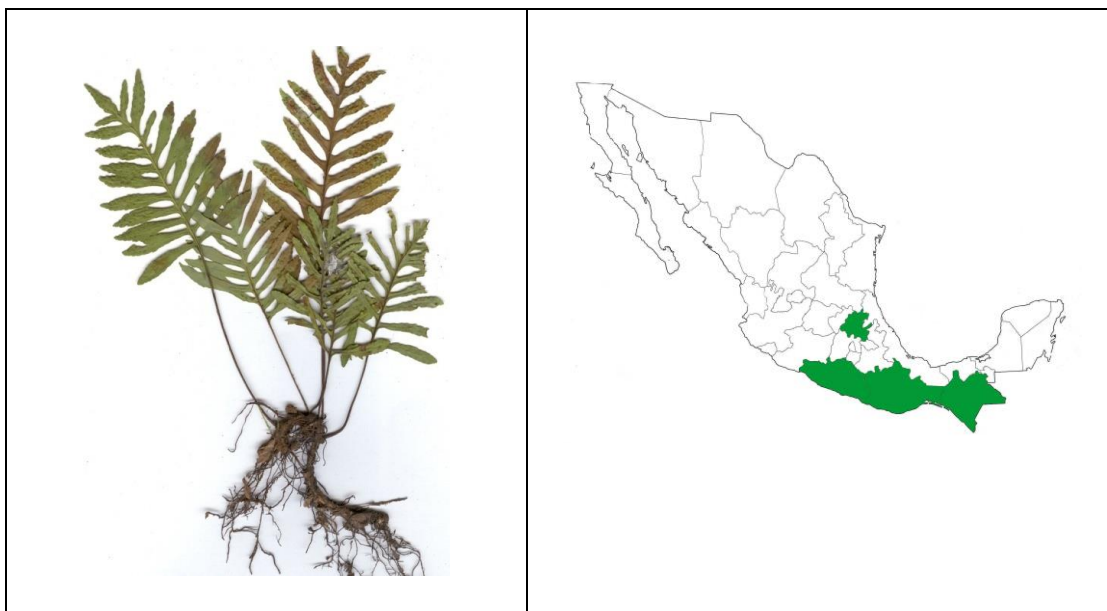


Figura 9. *Polypodium alansmithii* (No. de colecta 202 de la localidad de Pacula)

7) *Polypodium echinolepis* Fée

Rizomas rastreros de 6-8 mm de diámetro, escamas del rizoma naranja-café, dentado-atenuadas, los márgenes con puntas rizadas, diminutamente pubescentes, expandidas, de 3-5 x 1.5-2 mm. Frondas de 30-80 cm de largo. Pedúnculos de 1/5-2/5 del largo de la fronda, de color de paja a café claro, con pelos esparcidos a densos, de 0.1-0.3 mm de largo. Lamina pinnadas, de 15-16 cm de ancho, las pinnas terminales tífidas. Con 9-20 pares de pinnas de 1.4-2.5 cm de ancho, linear-lanceoladas. Raquis, costa y superficie laminar subglabras o con pelos densos de 0.1-0.3 mm de largo. Raquis serrulado, con pelos de 0.1-0.3 de largo. Venas libres a anastomadas ocasionalmente. Soros redondos, mediales, en una fila a cada lado de la costa. Esporangios setosos, con pelos de 0.3 mm de largo.

Hábitat. En el PNM se encuentra en bosques de encino, de pino-encino y de enebro-encino, en altitudes de entre 1,859 y 2,673 m.



Figura 10. *Polypodium echinolepis* (No. de colecta 194 de la localidad Pacula)

8) *Selaginella sartorii* Hieron.

Tallo postrado, ramas separadas entre si 2-10 mm, las ultimas ramas cortas de 3-8 mm de largo, ascendentes, dorsoventrales, no articuladas, no flageliformes, no estoloníferas; Rizóforos nacen a lo largo del tallo; hojas de un solo tipo (isofilas) a lo largo del tallo; azul a gris-verde, a menudo algunas rojizas, apresadas a ligeramente expandidas; imbricadas, cubriendo las bases de los tallos, linear-lanceoladas, con bases pubescentes, márgenes ciliados, cilios blancos, generalmente menos de 15 pares por lado, ápices de las hojas aristados, las aristas blancas, de 0.8-1 mm de largo; estróbilos cortos y casi redondos, subcuadrangulares a cuadrangulares, de 8-10 mm de largo; esporofilas monomórficas; varios megaesporangios en la base del estróbilo; los microesporangios distantes de los megaesporangios; megaesporas amarillas a

nararanja-amarillas, rugoso-reticuladas, 150-220 μm de diámetro; microesporas naranja rojizo a naranja.

Hábitat y distribución. En el PNM se encuentra en altitudes de entre 1,851 y 2,236 m, en bosque de encino y en malpaís.

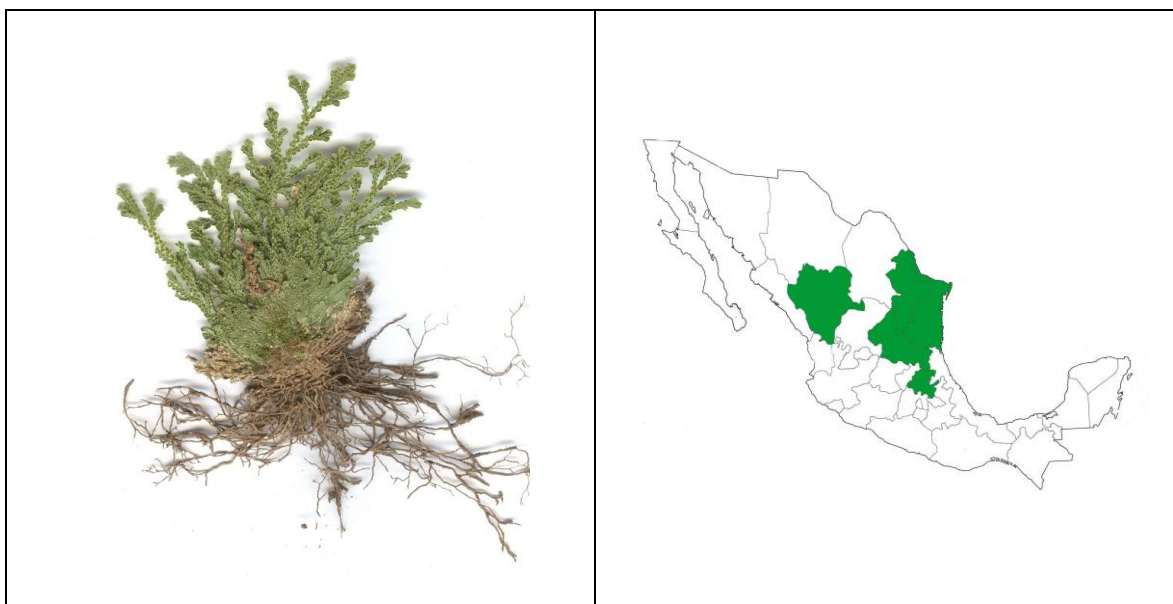


Figura 11. *Selaginella sartorii* (No. de colecta 327 de la localidad Pacula)

Sustrato en el que crecen las Pteridofitas del PNM

Los sustratos más comunes en los que se recolectaron los ejemplares de Pteridofitas fueron: plantas terrestres (74%), rupícolas o que crecen sobre rocas (55%), epifitas (29%) y las que crecen sobre troncos caídos (3%) (Figura 12).

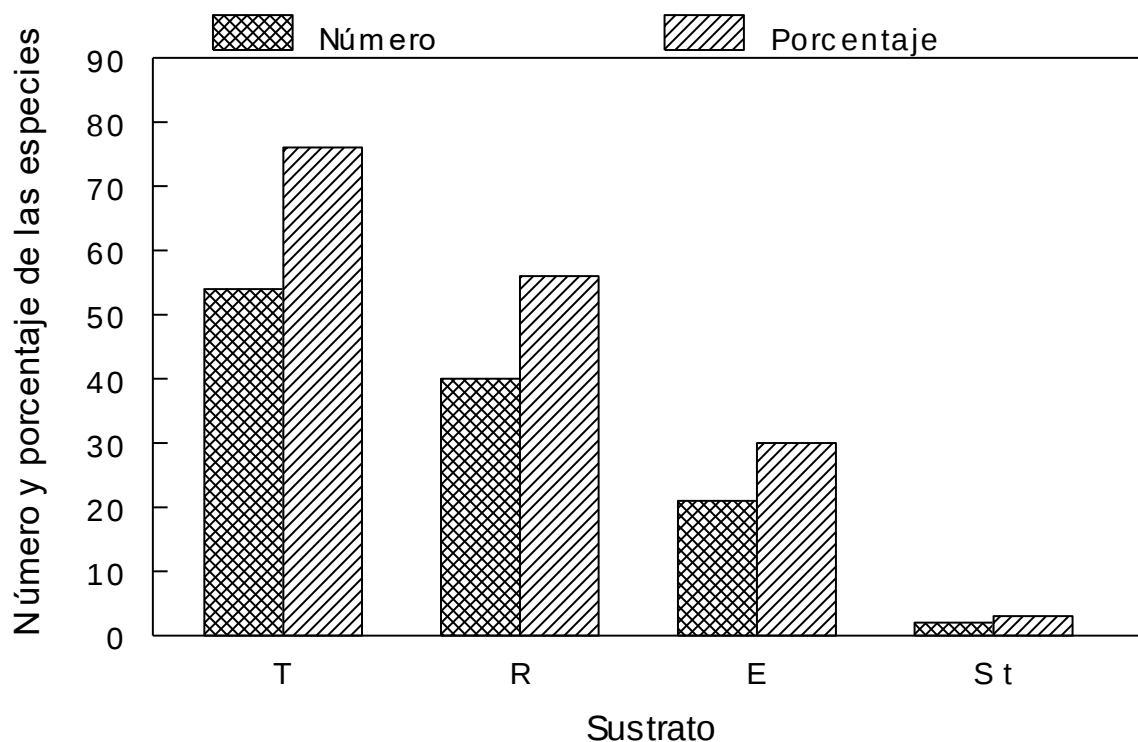


Figura 12. Sustrato en el que crecen las Pteridofitas del PNM. T: Terrestre, R: Rupícolas, E: Epífita, St: Sobre tronco. Se reportan 71 especies pero unas presentan hasta dos tipos de crecimiento.

Patrón de distribución de las especies de Pteridofitas en los diferentes tipo de vegetación

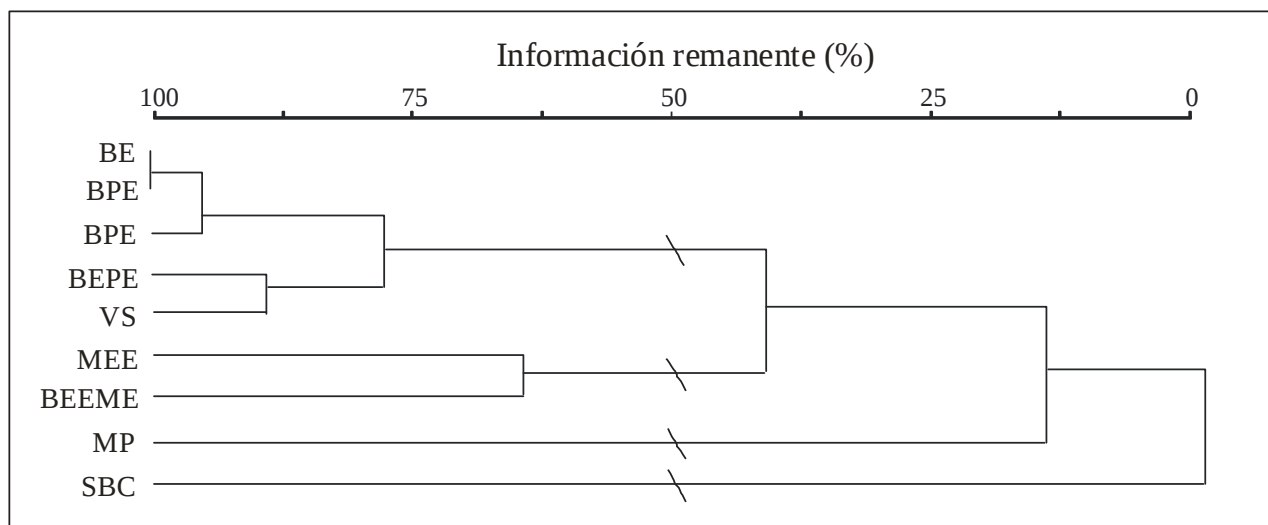


Figura 13. Dendrograma del análisis de agrupamiento que muestra las relaciones jerárquicas entre los tipos de vegetación, de acuerdo a la composición de especies de

Pteridofitas. Cada rama del dendrograma esta etiquetada con el tipo de vegetación correspondiente. La escala vertical es la función objetiva de Wishart, e indica el porcentaje de información presente a medida que los grupos se fusionan (línea azul: nivel de corte). Bosque de encino (BE), bosque de pino-encino (BPE), bosque de encino-enebro (BEE), bosque de encino-pino-enebro (BEPE), bosque de encino-enebro-matorral espinoso (BEEME), matorral espinoso-enebro (MEE), selva baja caducifolia (SBC), malpaís (MP) y vegetación secundaria (VS).

Con respecto a los tipos de vegetación presentes dentro del PNM, se encontraron nueve tipos, con base en las especies dominantes: bosque de encino (BE), bosque de pino-encino (BPE), bosque de encino-enebro (BEE), bosque de encino-pino-enebro (BEPE), bosque de encino-enebro-matorral espinoso (BEEME), matorral espinoso-enebro (MEE), selva baja caducifolia (SBC), malpaís (MP) y vegetación secundaria (VS). Los resultados indican que cada tipo de vegetación posee un conjunto característico de especies de Pteridofitas que se pueden agrupar en cuatro tipos básicos (Figura 13, Apéndice 1). El primer grupo formado por especies de Pteridofitas características de vegetación templada subhúmeda donde dominan encinos, pinos y enebros; el segundo de vegetación de zonas más secas, donde intervienen elementos de matorral espinoso, el tercer grupo formado por un sitio de muestreo particular, una zona seca pedregosa, donde la riqueza de especies fue baja y el cuarto grupo por vegetación de tipo tropical seca.

Familias, géneros y especies de Pteridofitas del estado de Hidalgo

Los resultados de la recopilación bibliográfica indican que el estado de Hidalgo posee, hasta el momento, 25 familias, 70 géneros y 277 especies de Pteridofitas. La estimación anterior se basa principalmente en las especies de Pteridofitas reportadas para el estado de Hidalgo por Sánchez y Chávez (1951),

Luna-Vega *et al.* (1994), Alcántara y Luna-Vega (1997), Mayorga *et al.* (1998), Alcántara y Luna-Vega (2001), Mickel y Smith (2004), Ponce-Vargas *et al.* (2006) y en los datos del presente estudio.

Las familias con mayor número de géneros para el estado de Hidalgo fueron: Pteridaceae, con 15 (21%); Dryopteridaceae, con 9 (13%); Polypodiaceae, con 7 (10%); Athyriaceae con 4 (6%); Dennstaedtiaceae, Lycopodiaceae y Grammitidaceae con tres géneros cada una (Figura 14).

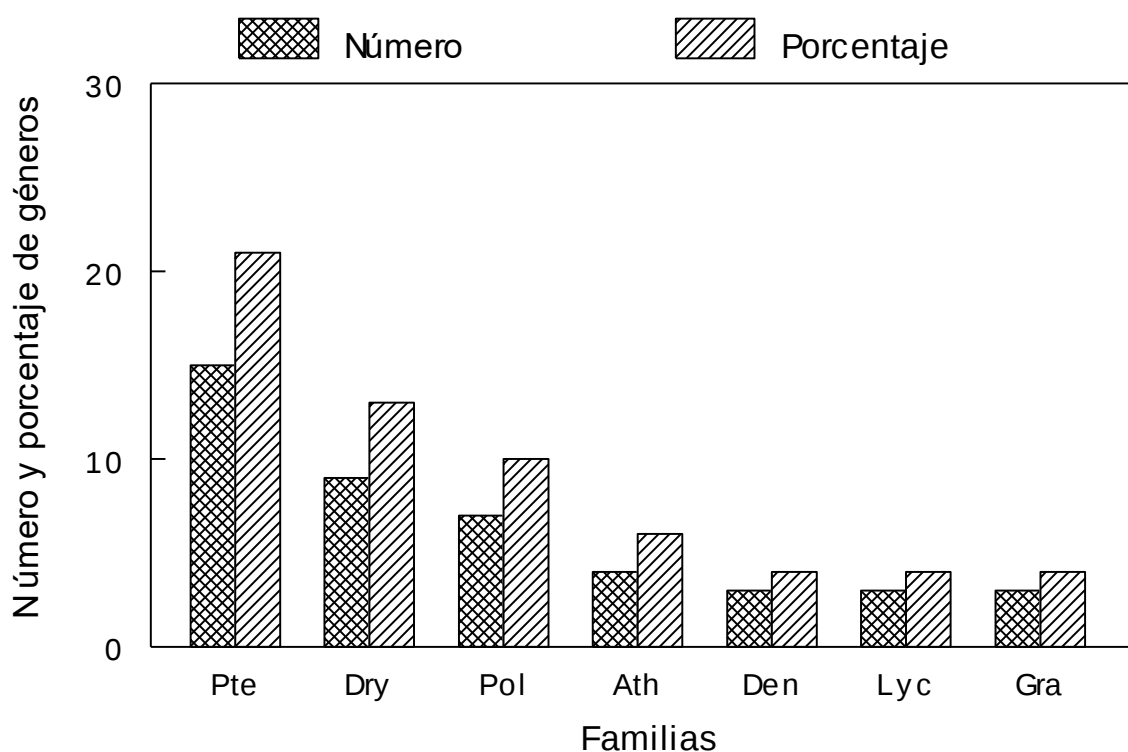


Figura 14. Familias con mayor número de géneros. Pte: Pteridaceae, Dry: Dryopteridaceae, Pol: Polypodiaceae, Ath: Athyriaceae, Den: Dennstaedtiaceae, Lyc: Lycopodiaceae, Gra: Grammitidaceae

Las familias con mayor número de especies fueron: Pteridaceae, con 72 (26%); Dryopteridaceae, con 41 (14.8%); Polypodiaceae, con 38 (13.7%);

Selaginellaceae, con 19 (6.9%); Thelypteridaceae, con 15 (5.4%), Aspleniaceae, con 14 (5.1%); Athyriaceae, con 11 (4%), Dennstaedtiaceae, con 9 (3.2%); Lycopodiaceae, con 8 (2.9%); y Grammitidiaceae con cuatro especies (Figura 15).

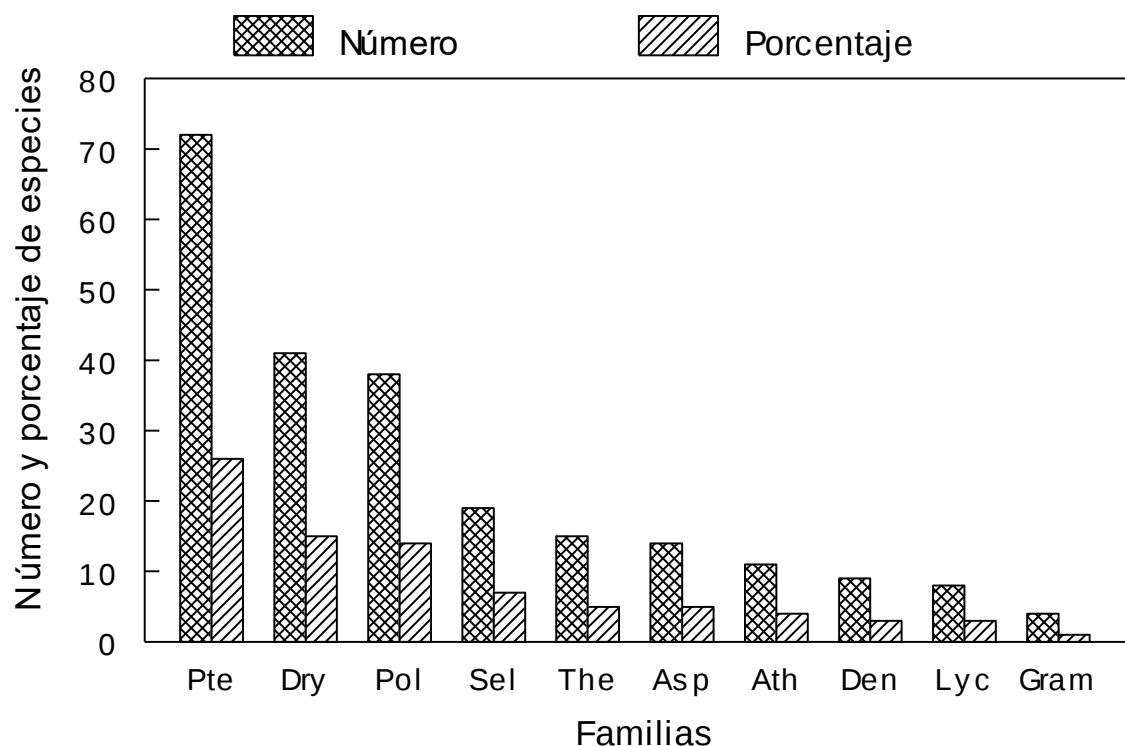


Figura 15. Familias con mayor numero de especies. Pte: Pteridaceae, Dry: Dryopteridaceae, Pol: Polypodiaceae, Ath: Athyriaceae, Den: Dennstaedtiaceae, Lyc: Lycopodiaceae, Gra: Grammitidaceae

Los géneros con más riqueza de especies para el estado de Hidalgo fueron: *Cheilanthes*, con 23 (8.3%); *Polypodium* con 21 (7.6%); *Selaginella* con 19 (6.9%), *Elaphoglossum* y *Thelypteris*, con 15 (5.4%); *Asplenium*, con 14 (5.1%); *Notholaena*, con 9 (3.2%); y *Adiantum* y *Dryopteris* con siete especies (Figura 16).

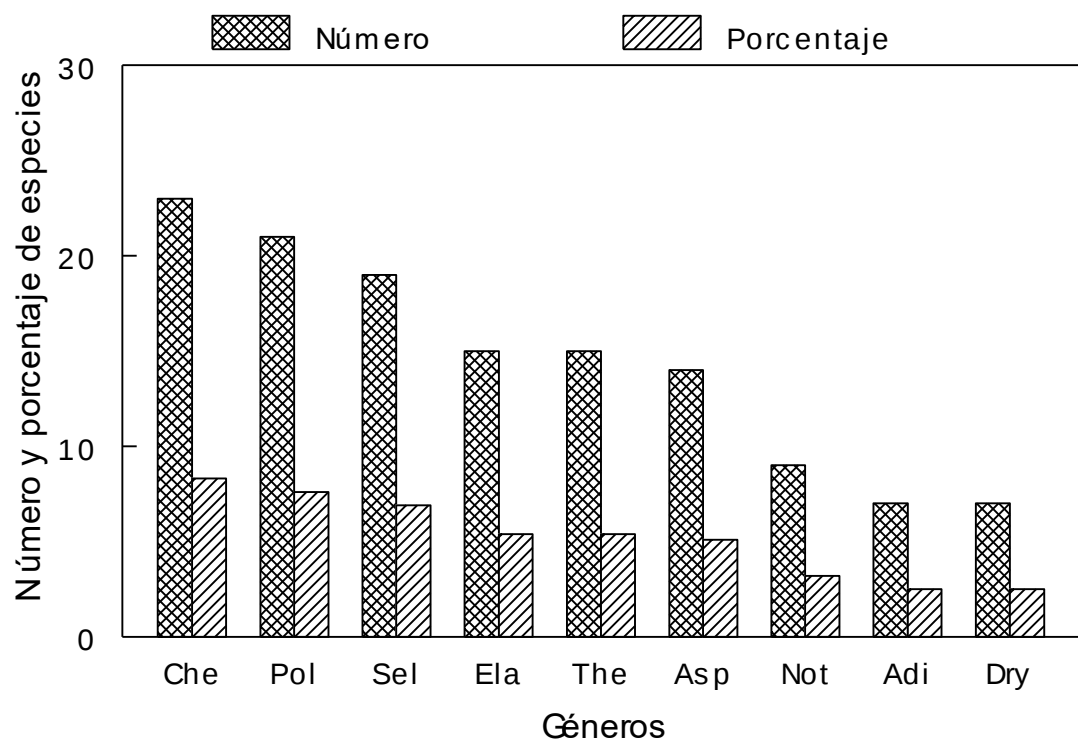


Figura 16. Géneros con mayor número de especies. Che: *Cheilanthes*, Pol: *Polypodium*, Sel: *Selaginella*, Ela: *Elaphoglossum*, The: *Thelypteris*, Asp: *Asplenium*, Not: *Notholaena*, Adi: *Adiantum*, Dry: *Dryopteris*.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio indican que el estado de Hidalgo posee hasta el momento 277 especies de Pteridofitas, lo cual lo coloca entre los de mayor riqueza a nivel nacional, sólo superado por estados como Oaxaca (93,952 km² de superficie), Chiapas (73,211 km²), Guerrero (64,281 km²) y Veracruz con una superficie de 71,699 km² (Mickel y Smith, 2004; Tejero-Díez, 2007). En estados aledaños, la riqueza de especies de Pteridofitas es menor, en Guanajuato (30,491 km²) se registran hasta el momento 70 especies (Tejero-Díez, 2007), en Morelos con 4,950 km² de superficie, 173 (Riba *et al.*, 1996), en Querétaro (11,499 km²), 175 (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2001) y en el Estado de México (21,461 km²), 253 especies (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004; Tejero-Díez, 2007).

Esta riqueza florística tan elevada se relaciona principalmente con la orografía del estado de Hidalgo, representada por la Sierra Madre Oriental (al norte, noroeste y este) y los valles, llanuras y serranías aisladas (al sur y oeste); lo que ha generado una gran variedad de micro-ambientes contrastantes, desde secos hasta húmedos (Sánchez y Chávez, 1951; Scheinvar, 1993; Luna-Vega y Alcántara, 2004).

Es probable que la riqueza de especies de Pteridofitas del estado de Hidalgo sea mayor, pues aun existen vastas áreas que requieren ser estudiadas (Ramírez y Sánchez-González, 2007; Tejero-Díez, 2007). El PNM es hasta el momento, la región mejor explorada y/o con mayor riqueza de taxa de Pteridofitas de la entidad. El inventario realizado incluye 12 familias, 29 géneros y 71 especies, que representan 48%, 43% y 26%, respectivamente, de los taxa reportados para el estado de Hidalgo.

El único estudio comparable a nivel estatal, es el de Sánchez y Chávez (1951), sobre las Pteridofitas de la Barranca de Omitlán, donde reportan 52 especies. La mayoría de los estudios florísticos realizados en el estado de Hidalgo han tenido como objetivo principal a las gimnospermas y angiospermas y sólo secundariamente a las Pteridofitas (Luna-Vega *et al.*, 1994; Alcántara y Luna-Vega, 1997; Mayorga *et al.*, 1998; Alcántara y Luna-Vega, 2001; Ponce-Vargas *et al.*, 2006), lo cual explica la carencia de inventarios pteridológicos completos.

En el Plan de Manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (CONANP, 2003) se indica la presencia de sólo seis especies de Pteridofitas, pero en realidad existen al menos 45 especies (Cuevas, resultados en proceso). Recientemente, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas publicó el listado florístico del PNM (CONANP, 2007), en el que sólo se registran cuatro familias, 10 géneros y 14 especies de Pteridofitas. Estos datos reflejan la carencia de estudios florísticos formales en las áreas naturales protegidas del estado de Hidalgo.

Es importante contar con inventarios florísticos confiables en las áreas naturales protegidas de México, por ejemplo, los resultados de la presente investigación indican que hay ensambles de especies de Pteridofitas característicos de tipos de vegetación en el PNM, esta información es muy útil, pues como lo han mencionado distintos autores, las Pteridofitas pueden ser utilizadas como indicadores de otros grupos de plantas y también del estado actual de los ecosistemas (Beukema y Van-Noordwijk, 2004; Salovaara *et al.*, 2004; Karst *et al.*, 2005). Arreguín-Sánchez *et al.* (1996) observaron que de 175 especies de Pteridofitas recolectadas en el estado de Querétaro, 114 prosperan

en un solo tipo de vegetación y las 61 especies restantes tienen una distribución diversa.

Las familias que presentaron la mayor riqueza a nivel de género en el PNM (Pteridaceae, Polypodiaceae, Athyriaceae, Dryopteridaceae y Blechnaceae), se reportan también como las más diversas en los bosques mesófilos de montaña de los municipios de Omitlán, Tlanchinol, Tenango de Doria, Molocotlán, Eloxochitlán, Tlahuelompa y Lolotla (Sánchez y Chávez, 1951; Luna-Vega *et al.*, 1994; Alcántara y Luna-Vega, 1997; Mayorga *et al.*, 1998; Alcántara y Luna-Vega, 2001; Ponce-Vargas *et al.*, 2006).

Las familias con mayor número de especies en el PNM (Aspleniaceae, Dryopteridaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae, y Selaginellaceae), son también las de mayor riqueza en otras zonas del estado de Hidalgo (Luna-Vega *et al.* 1994; Alcántara y Luna-Vega, 1997; Mayorga *et al.*, 1998; Alcántara y Luna-Vega, 2001; Ponce-Vargas *et al.*, 2006). Al menos dos de estas familias (Polypodiaceae y Pteridaceae), son las de mayor riqueza en géneros y especies en regiones de la República Mexicana como Querétaro (Cartujano *et al.*, 2002), Banderillas, Veracruz (Vázquez *et al.*, 2006), Tlatlauquitepec, Puebla (Cerón-Carpio *et al.*, 2006) y en el Parque Estatal Atizapán-Valle Escondido, estado de México (Medina y Tejero-Díez, 2006).

Los géneros *Polypodium* y *Cheilanthes* representan la mayor riqueza de especies en el PNM y en otros municipios del estado (Luna-Vega *et al.*, 1994; Alcántara y Luna-Vega, 1997; Mayorga *et al.*, 1998; Alcántara y Luna-Vega, 2001; Ponce-Vargas *et al.*, 2006). Acorde con los resultados anteriores, los géneros *Polypodium*, *Thelypteris* y *Cheilanthes* son también los de mayor riqueza de

especies en distintas regiones de México (Cabrera y Gómez, 2005; Cartujano *et al.*, 2002; Cerón-Carpio *et al.*, 2006; Medina y Tejero-Díez, 2006; Vázquez *et al.*, 2006).

Las especies de Pteridofitas con más amplia distribución dentro PNM fueron *Cheilanthes notholaenoides*, *Asplenium monanthes* y *Polypodium polypodioides* var. *aciculare*. Las tres especies se distribuyen a lo largo de la República Mexicana (Mickel y Smith, 2004), lo que sugiere que soportan condiciones ambientales variables.

En el PNM la mayoría de las especies de Pteridofitas son de hábitos terrestres, este mismo patrón fue observado por Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez (2004) para los helechos del estado de México. El clima templado subhúmedo que predomina en las regiones montañosas de ambos estados, favorece este hábito de crecimiento. En contraste, en estados como Veracruz donde la estación seca es menos marcada, las Pteridofitas epifitas son más numerosas (Lira y Riba, 1984).

Ocho de las especies recolectadas en el PNM resultaron ser nuevos registros, algunas de ellas tienen amplia distribución en México, por lo que era de esperarse su presencia en el estado de Hidalgo. Otras especies en cambio, son al parecer de distribución restringida, como en el caso de *Cheilanthes spiculata* que sólo se había recolectado en el Distrito Federal, de *Polypodium alansmithii* que se distribuye en los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca, y de *Pleopeltis konzattii*, en Guerrero y Oaxaca (Mickel y Smith, 2004). Aunque este patrón de distribución puede deberse simplemente a la carencia de estudios florísticos en otros estados de la República Mexicana, existe la posibilidad de que las especies tengan una

distribución disyunta; que es cuando dos o más áreas ocupadas por un mismo taxón (o taxones relacionados) se hallan separadas entre sí por una distancia que excede la capacidad normal de dispersión o diseminación del mismo. Es decir, que existe una disyunción geográfica, representada por barreras geográficas que producen aislamiento reproductivo, en el caso de poblaciones de una misma especie (Morrone *et al.*, 1996; Espinosa-Organista *et al.*, 2002).

Como producto de las actividades humanas, las comunidades vegetales de México están sufriendo graves problemas de fragmentación (Challenger, 1998). En este escenario, existe la posibilidad de que distintas poblaciones de especies de Pteridofitas queden separadas entre sí, en islas de vegetación que reúnan las condiciones necesarias para su subsistencia. Por otra parte, desde tiempos precolombinos el hombre ha jugado un papel relevante como dispersor de especies (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001), lo cual puede ser otra probable explicación de la distribución disyunta de algunas de las especies de Pteridofitas presentes en el PNM.

Como en todas las áreas naturales protegidas de México, en el Parque Nacional los Mármolles, la vegetación y los recursos naturales en general están en peligro. Los problemas más graves son los asentamientos humanos, la extracción de mármol, la deforestación y el cambio de uso del suelo hacia campos de cultivo o pastizales (Gálvez y Sánchez-González, 2006; Ramírez y Sánchez-González, 2007). Recientemente, en un estudio realizado por la CONANP (2007) se plantearon algunos criterios para la reducción de la extensión territorial del PNM y el cambio de denominación a Área Natural de Protección de Flora y Fauna. Las consecuencias de esta reducción y probable recategorización deben ser

analizadas con detenimiento, con base en estudios formales que consideren aspectos económicos, sociales y culturales, para así preservar los recursos y procesos naturales en el PNM.

CONCLUSIONES

- En el estado de Hidalgo se registran hasta el momento 25 familias, 69 géneros y 277 especies de Pteridofitas, lo cual lo coloca como uno de los de mayor riqueza de taxa en México
- En el Parque Nacional Los Mármolos existen 12 familias, 29 géneros y 71 especies de Pteridofitas y es hasta el momento la región mejor estudiada y/o con mayor riqueza de especies del estado de Hidalgo
- Las familias más diversas por el número de géneros y especies dentro del PNM fueron Pteridaceae, Polypodiaceae, Athyriaceae, Dryopteridaceae, Blechnaceae y Aspleniaceae
- Los géneros más diversos dentro del PNM fueron *Polypodium*, *Cheilanthes*, *Selaginella*, *Adiantum*, *Notholaena* y *Pleopeltis*, todos con más de cuatro especies
- Se reportan y describen por primera vez ocho especies de Pteridofitas del PNM, como nuevos registros para el estado de Hidalgo, algunas de ellas con probable distribución disyunta
- Las especies de Pteridofitas no se distribuyen al azar, hay ensambles de especies característicos de tipos de vegetación
- La riqueza de Pteridofitas del estado de Hidalgo puede ser más elevada de lo esperado, por que aun existen amplias regiones sin explorar
- Los inventarios florísticos son necesarios en México, todavía carecemos de información básica y fidedigna sobre la composición y distribución de las especies de plantas en las áreas naturales “protegidas”, como lo demuestran los resultados del presente estudio

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara A. O. y Luna-Vega I. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 68: 57-106.
- Alcántara A. O. y Luna-Vega I. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana* 54: 51-87.
- Álvarez Z. E. y Sánchez-González A. 2007. Los encinos del estado de Hidalgo. *Herreriana, Revista de Divulgación de la Ciencia* 3: 22.
- Arreguín-Sánchez Ma. de la L., Fernández-Nava, R. Rodríguez J. A. 1996. Pteridofitas en el estado de Querétaro, México y su ubicación ecológica. *Polibotánica* 3: 82-92.
- Arreguín-Sánchez Ma. de la L., Fernández-Nava R., Palacios-Chávez R. y Quiroz-García D. L. 2001. Pteridoflora ilustrada del estado de Querétaro, México. Primera Edición. Secretaría de Educación Pública. 470 pp.
- Arreguín-Sánchez Ma. de la L., Fernández-Nava R. y Quiroz-García D. L. 2004. Pteridoflora del Valle de México. Primera Edición, Instituto Politécnico Nacional. 387 pp.
- Beukema H. y Van-Noordwijk M. 2004. Terrestrial Pteridophytes as Indicators of Forest-Like Environment in Rubber Production Systems in the Lowlands, Sumatra. *Agricultural Ecosystems and Environment* 104: 63-73.
- Cabrera L. J. A. y Gómez Sánchez M. 2005. Análisis florístico de la Cañada, Querétaro, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 77: 35-50.
- Calderón de Rzedowski G. y J. Rzedowski (eds). 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Segunda Edición. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. 1406 pp.

- Cárdenas G. G., Halme J.K. y Tuomisto H. 2007. Riqueza y Distribución Ecológica de Especies de Pteridofitas en la Zona del Río Yavarí-Mirín, Amazonía Peruana. *Biotropica* 39: 637-646.
- Carreño R., I.G. 2006. Evaluación de los cafetales bajo sombra y fragmentos de bosque adyacentes como hábitats para conservar la diversidad de los helechos en el estado de Veracruz, México. Tesis Maestría en Ciencias. Ecología y Manejo de Recursos Naturales. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. 121 pp.
- Cartujano S., Zamudio S., Alcántara O. y Luna-Vega I. 2002. El bosque mesófilo de montaña en el municipio de Landa de Matamoros, Querétaro. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 70: 13-43.
- Castillo-Campos G., Medina A. Ma. E., Dávila A. P. D. y Zavala H. J A. 2005. Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 73: 19-57.
- 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, Distrito Federal. 847 pp.
- Chater A. O. 2000. Some notes on pressing specimens. *Suplement to Botanical Society of the British Isles News* 75.
- Cerón-Carpio A. B., Arreguín-Sánchez Ma. de la L. y Fernández-Nava R. 2006. Listado con anotaciones de las Pteridofitas del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, México y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación. *Polibotánica*. 21: 45-60.
- CONABIO. 1999. Base de Datos sobre Biodiversidad. México, D. F.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2003. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. 207 pp.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2007. Estudio

- previo justificativo para la modificación del decreto por el que se pretende re-categorizar el Parque Nacional Los Mármoles como Área de Protección de Flora y Fauna. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. 89 pp.
- Cuevas H. A. L. En proceso. Las Pteridofitas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura, UAEH.
- Digby P.G.N. y Kempton R.A. 1987. Multivariate analysis of ecological communities. Chapman and Hall. London. 206 pp.
- Espinosa-Organista D., Morrone J. J., Llorente-Bousques J. y Flores-Villela O. 2002. Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica. Primera Edición. México, D. F. 133 pp.
- Fraile M. E. y Riba R. 1981. Distribución esporangial en estróbilos de especies de *Selaginella*. Boletín de la Sociedad Botánica de México 41: 33-40.
- Gálvez A., V. M. y Sánchez-González A. 2006. La importancia del Estudio de las Briofitas en México y en el estado de Hidalgo. Herreriana, Revista de Divulgación de la Ciencia 2: 7-8.
- Gregory D. y Riba R. 1979. Flora de Veracruz. Selaginellaceae. INIREB. Xalapa, Veracruz.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. Principales resultados por localidad-Hidalgo. <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/conteo2005/localidad/default.asp?c=7317>. Derechos reservados © 2007 INEGI.
- Izco I., Barreno E., Brugués M., Costa M., Devesa J., Fernández F., Gallardo T., Limona X. L., Salvo E., Talavera S. y Valdés B. 1997. Botánica. McGraw-Hill, Madrid. 781 pp.
- Judd S. W., Campbell S. C., Kellogg A. E., Steven F. P. y Donoghue J.M. 2002. Plants Systematics, a Phylogenetic Approach. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts. 576 pp.

- Karst J., Gilbert B. y Lechowicz M.J. 2005. Fern community assembly: the roles of chance and the environment at local and intermediate scales. *Ecology* 86: 2473-2486.
- Lira R. y Riba R. 1993. Las Pteridofitas (helechos y plantas afines) de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural (Volumen Especial)* 44: 99-108.
- Lira R. y Riba R. 1984. Aspectos fitogeográficos y ecológicos de la flora Pteridofita de la sierra de Santa Marta, Veracruz, México. *Biótica* 9: 451-467.
- Looser G. y Rodríguez R. 2004. Los helechos medicinales de Chile y sus nombres vulgares. *Gayana Botánica* 61: 1-5.
- Lot A. y Chiang F. 1986. Manual de Herbario, administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. 142 pp.
- Luna-Vega I., Ocegueda C. S. y Alcántara A. O. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México, Serie Botánica*. 65: 31-62.
- Luna-Vega I. y Alcántara A. O. 2004. Florística del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo. *In: Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. Editores: Luna-Vega I., Morrone J. J. y Espinosa D. Las prensas de ciencias, Facultad de ciencias, UNAM. 169-191 pp.
- Madrigal-Sánchez 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, D.F. 94 pp.
- Mayorga S. R., Luna-Vega I. y Alcántara A. O. 1998. Florística del bosque mesófilo de montaña de Molocotlán, Molango Xochicoatlán, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 63: 101-119.
- McCune B. y Mefford M.J. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological

- Data. Version 4 for Windows. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon. 237 pp.
- Medina L. J. G. y Tejero-Díez J. D. 2006. Flora y vegetación del Parque Estatal Atizapán-Valle Escondido estado de México. *Polibotánica* 21: 1-43.
- Mickel J. T. y Beitel J. M. 1988. Pteridophyte flora of Oaxaca, Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 46: 1-568.
- Mickel J. T. y Smith A. R. 2004. The Pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 1054 pp.
- Morrone J. J., Espinosa-Organista D. y Llorente-Bousquets J. 1996. Manual de Biogeografía Histórica. Primera Edición. México, D. F. 155 pp.
- Pérez B. y Reyes I. 1993. Helechos: Propagación y conservación. *Ciencias* 30: 11-17.
- Pérez-García B., Riba R. y Reyes J. I. 1995. Helechos mexicanos: formas de crecimiento, hábitat y variantes edáficas. *Contactos* 11: 22-27.
- Ponce-Vargas A., Luna-Vega I., Alcántara-Ayala O. y Ruiz-Jiménez C. A. 2006. Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:177-190.
- Prado J. y Windisch P. G. 2000. The genus *Pteris* L. (Pteridaceae) in Brazil. *Boletín del Instituto Botánico* 13: 103-199.
- Pryer K. M., Schuettpelz E., Wolf P. G., Schneider H., Smith A. R. y Cranfill R. 2004. Phylogeny and Evolution of Ferns (Monilophytes) with a focus on the early Leptosporangiate divergences. *American Journal of Botany* 91: 1582-1598.
- Ramírez C. S. y Sánchez-González A. 2007. Las Pteridofitas del estado de Hidalgo. *Herreriana, Revista de Divulgación de la Ciencia* 3: 1-2.
- Riba R., Pacheco L., Valdes A. y Sandoval Y. 1996. Pteridoflora del estado de Morelos, México. Lista de familias, generos y especies. *Acta Botánica Mexicana* 37: 45-65.

- Riba R. y Pérez G. B. 1994. Perspectivas en el estudio de las Pteridofitas. Boletín de la Sociedad Botánica de México 55: 129-135
- Riba R. 1998. Pteridofitas mexicanas: distribución y endemismo. pp. 369-384. *In*: Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. (eds.), Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
- Rivera M. V. H. 2007. Evaluación del impacto ambiental ocasionado por la actividad humana en el Parque Nacional los Mármoles, estado de Hidalgo. Tesis de Maestría.
- Rost L.T., Barbour G. M., Stocking R. C. y Murphy M. T. 2006. Plant Biology. Thomson Book, cole. Segunda Edición. C.U.A. 601 pp.
- Ruokolainen K., Tuomisto H., Macía J. M., Higgins A.M. y Yli-Halla M. 2007. Are floristic and edaphic patterns in Amazonian rain forests congruent for trees, pteridophytes and Melastomataceae? Journal of Tropical Ecology 23:13–25.
- Rzedowski J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *In*: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 129-145 pp.
- Salovaara J. K., Cárdenas G.G. y Tuomisto H. 2004. Forest classification in an Amazonian rainforest landscape using pteridophytes as indicator species. Ecography 27: 689-700.
- Sánchez-González A. y González L. M. 2007. Técnicas de recolecta de plantas y herborización. pp. 123-133. *In*: Contreras Ramos A., Cuevas Cardona C., Goyenechea, I. e Iturbe, U. (eds.). La Sistemática, Base del Conocimiento de la Biodiversidad. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.
- Sánchez M. H. y Chávez C. 1951. Breves Notas sobre las Pteridofitas de la Barranca de Omitlán, Hidalgo. Boletín de la Sociedad Botánica de México 12: 28-36.
- SARH (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos). 1994. Diagnóstico del

- Parque Nacional Los Mármoles, estado de Hidalgo. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. Consultores en Ecología y Medio Ambiente. 55 páginas.
- Scheinvar L. 1993. Datos preliminares sobre la flora cactológica del estado de Hidalgo. *In: investigaciones recientes sobre la flora y fauna de Hidalgo, México*. Editores: M. A. Villavicencio, Y. Marmolejo S. y B. E. Escandón. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, pp. 37-110.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 2a Sección, 6 de marzo de 2002.
- Smith A. R., Pryer K. M., Schuettpelz E., Korall P., Schneider H. y Wolf P. G. 2006. A classification for extant ferns. *Taxonomy* 55: 705-731.
- Tejero-Díez D. J. y Arreguín-Sánchez Ma. de la L. 2004. Lista con anotaciones de los Pteridófitos del estado de México, México. *Acta Botánica Mexicana* 69: 1-82.
- Tejero-Díez D. J. y Mickel J. T. 2004. Pteridofitas. pp. 121-139. *In: A. J. García-Mendoza, Ordóñez M. J. y Briones-Salas M. (eds.) Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza - World Wildlife Found, México.
- Tejero-Díez D. J. y Pacheco L. 2004. Notas taxonómicas y de distribución en *Polypodium plesiosorum* y *P. rhodopleuron* (Polypodiaceae: Pteridophyta). *Anales del instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Botánica* 75: 11-37.
- Tejero-Díez D. J. 2007. La riqueza florística del estado de México: licopodios y helechos. *Adumbrationes Ad Summae Editionem* 27: 1-32.
- Toledo V. M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 14: 17-30.

- Vázquez R. Ma. de los A., Meléndez C. Ma. y Arreguín S. Ma. de la L. 2005. Estudio etnobotánico de *Selaginella lepidophylla* (Hook. et Grev.) Spring (Selaginellaceae-Pteridophyta) en San José Xicohténcatl municipio de Huamantla, Tlaxcala, México. Polibotánica 19: 105-115.
- Vázquez T. M., Campos J.J. y Cruz P. A. 2006. Los helechos y plantas afines del bosque mesófilo de montaña de Banderilla, Veracruz, México. Polibotánica. 22: 63-77.
- Velázquez-Montes E. 2001. *Pteridium* un género de helechos muy particular. Ciencias 64: 20-21.
- Villaseñor J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. Interciencia 28: 160-167.

APÉNDICE 1

Listado de la Pteridofitas del Parque Nacional Los Mármoles, estado de Hidalgo, por tipo de vegetación

	Tipo de vegetacion	No. de colecta
SELAGINELLOPSIDA		
Selaginellaceae		
<i>Selaginella extensa</i> Underw.	BE	328
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.)	SBC	329
Spring in Martius		
<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring in Martius	BE; BEE; MEE y MP	330-334
<i>Selaginella pulcherrima</i> Liebm. ex E. Fourn.	BEE	335
<i>Selaginella sartorii</i> Hieron.*	BE y MP	326-327
EQUISETOPSIDA		
Equisetaceae		
<i>Equisetum myriochaetum</i> Schltdl. & Cham.	SBC	158
POLYPODIOPSIDA		
Aspleniaceae		
<i>Asplenium exiguum</i> Bedd.	BE	325
<i>Asplenium monanthes</i> L.	BE; BEE; BPE; BEPE y VS	67-80
<i>Asplenium resiliens</i> Kunze	BE; BEE y BPE	81-87
Athyriaceae		
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	BE y BPE	116-120
<i>Woodsia aff. mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.	BPE	317-318
Blechnaceae		
<i>Blechnum appendiculatum</i> Willd.	BE y BPE	336
<i>Woodwardia spinulosa</i> M. Martens & Galeotti	BPE	180-181

Apéndice I. Continuación...

	Tipo de vegetación	No. de colecta
Dennstaedtiaceae		
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>feeii</i> (W. Schaffn. ex Fée) Maxon ex Yunck.	BE; BEE y BPE	179
Dryopteridiaceae		
<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	BPE	156
<i>Dryopteris pseudofilix-mas</i> (Fée) Rohtm.	BPE	155
<i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.	BPE	157
<i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urb.	BE y BPE	321
Ophioglossaceae		
<i>Botrychium virginianum</i> (L.) Sw.	BE y BPE	114-115
Polypodiaceae		
<i>Pecluma alfredii</i> var. <i>cupreolepis</i> (A. M. Evans) A. R. Sm.*	BE; BEE y BPE	306-315
<i>Pecluma plumula</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. G. Price	BE y BEE	303-305
<i>Phlebodium pseudoaureum</i> Cav.	BE; BEE; BPE y VS	292-297
<i>Pleopeltis konzattii</i> (Weath.) R. M. Tryon & A. F. Tryon	BE y BEE	255-259
<i>Pleopeltis crassinervata</i> (Fée) T. Moore	BE y BEE	260-262
<i>Pleopeltis mexicana</i> (Fée) Mickel & Beitel	BE; BEE y BPE	263-266
<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roemer ex Kunze) T. Moore var. <i>polylepis</i>	BE; BPE y MEE	267-277
<i>Polypodium alansmithii</i> R. C. Moran*	BE; BEE y BPE	198-202
<i>Polypodium arcanum</i> Maxon var. <i>septentrionale</i> Mickel	BE; BEE y VS	192-193
<i>Polypodium echinolepis</i> Fée*	BE; BEE y BPE	194
<i>Polypodium fraternum</i> Schltdl. & Cham.	BE y BEE	184-185
<i>Polypodium furfuraceum</i> Schltdl. & Cham.	BE y BEE	195-197
<i>Polypodium guttatum</i> Maxon	BE; BPE y VS	203-211

Apendice I. Continuación...

	Tipo de vegetacion	No. de colecta
<i>Polypodium lepidotrichum</i> (Fée) Maxon	BE y BEE	316
<i>Polypodium martensii</i> Mett.	BE; BEE; BPE y VS	212-216
<i>Polypodium plebeium</i> Schltdl. & Cham.	BE; BEE y BPE	186-191
<i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze	BE; BEE; BEPE y VS	217-227
<i>Polypodium polypodiodes</i> (L.) Watt var. <i>aciculare</i> Weath.	BE; BEE; BPE; MEE; BEPE y VS	228-242
<i>Polypodium subpetiolatum</i> Hook. in Benth	BE y BPE	243-245
<i>Polypodium thyssanolepis</i> A. Braun ex Klotzsch	BE; BEE; BPE y VS	246-254
Pteridaceae		
<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	BE; BEE; BPE; BEPE y VS	50-55
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	BE; BEE; BPE	56-61
<i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.	BE; BEE; BPE y BEPE	62-65
<i>Adiantum tenerum</i> Sw.	BE	66
<i>Argychosma formosa</i> (Liebm.) Windham	BE; BEE; BPE y VS	107-111
<i>Argyroschisma incana</i> (C. Presl) Windham	BE y BPE	291
<i>Argyroschisma palmeri</i> (Baker) Windham*	BE y P	105-106
<i>Astrolepis crassifolia</i> (T. Moore & Houlston) D. M. Benham & Windham	BE; BPE; MEE y BEEME	88-91
<i>Astrolepis integerrima</i> (Hook.) D. M. Benham & Windham	BE; BEE; BPE y VS	98-104
<i>Astrolepis laevis</i> (M. Martens & Galeotti) Mickel	BE; BEE; BPE; BEPE y VS	92-97
<i>Bommeria ehrenbergiana</i> (Klotzsch) Underw. in Baillon	VS	112-113
<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willd.) Proctor	BE; BPE; P; BEPE y VS	121-130
<i>Cheilanthes cucullans</i> Fée	BEE y SBC	337
<i>Cheilanthes leucopoda</i> Link	MEE	131
<i>Cheilanthes marginata</i> Kunth	BE; BPE; BEPE y VS	298-300

Apéndice I. Continuación...

	Tipo de vegetación	No. de colecta
<i>Cheilanthes myriophylla</i> Desv.	MP; BEPE y VS	132-133
<i>Cheilanthes notholaenoides</i> (Desv.) Maxon ex Weath.	BE; BEE; BPE; MEE; BEPE; VS y BEEME	134-154
<i>Cheilanthes spiculata</i> Mickel*	BE	302
<i>Cheilopteron rigidum</i> (Sw.) Fée var. <i>rigidum</i>	BE y BEE	299
<i>Llavea cordifolia</i> Lag.	BE; BEE; BPE y VS	159-167
<i>Mildella fallax</i> (M. Martens & Galeotti) Nesom	BE; BEE; BPE; BEPE y VS	171-177
<i>Notholaena aschenborniana</i> Klotzsch	BE y BEE	286
<i>Notholaena candida</i> (M. Martens & Galeotti) Hook.	BEE; SBC; MEE y VS	278-280
<i>Notholaena galeottii</i> Fée	BEE; VS y BEEME	287
<i>Notholaena sulphurea</i> (Cav.) J. Sm. in Seeman	BE; BEE; BPE; VS y BEEME	281-285
<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.	BE y BEPE	170
<i>Pityrogramma trifoliata</i> (L.) R. M. Tryon	SBC	178
<i>Pteris cretica</i> L.	BE	168-169
Schizaeaceae		
<i>Anemia adiantifolia</i> (L.) Sw.	BE	290
<i>Anemia mexicana</i> Klotzsch var. <i>makrinii</i> (Maxon) Mickel*	BEE	324
Thelypteridaceae		
<i>Thelypteris kunthii</i> (Desv.) C. V. Morton	BE; SBC y BPE	182-183
<i>Thelypteris pilosula</i> (M. Martens & Galeotti) Crawford	BE	301

*Nuevos registros para el estado de Hidalgo

BE: Bosque de encino; BEE: Bosque de enebro-encino; SBC: Selva Baja Caducifolia; BPE: Bosque de pino-encino; MEE: Matorral espinoso-enebro; MP: MalPaís; BEPE: Bosque de encino-pino-enebro; VS: Vegetación secundaria; BEEME: Bosque de enebro-encino-matorral espinoso.