



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**Inventario y análisis florístico de los helechos y
licopodios del bosque mesófilo de montaña del
estado de Hidalgo, México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A:

Adriana Gisela Hernández Álvarez

DIRECTOR DE TESIS: DR. ARTURO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO, 2014



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
 Licenciatura en Biología

M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR, UAEH

PRESENTE

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado al pasante de Licenciatura en Biología **Adriana Gisela Hernández Álvarez**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis intitulado **“Inventario y análisis florístico de los helechos y licopodios del bosque mesófilo de montaña del estado de Hidalgo, México”**, después de revisarlo en reunión de sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE:	Dr. Miguel Ángel Villavicencio Nieto	
PRIMER VOCAL:	M. en C. Manuel González Ledesma	
SEGUNDO VOCAL:	Dr. Ángel Moreno Fuentes	
TERCER VOCAL:	Dr. Arturo Sánchez González	
SECRETARIO:	Dr. Numa Pompilio Pavón Hernández	
PRIMER SUPLENTE:	Dra. Claudia Teresa Hornung Leoni	
SEGUNDO SUPLENTE:	Dr. Luis Fernando Rosas Pacheco	

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi más atenta consideración.

ATENTAMENTE
“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”
 Mineral de la Reforma, Hidalgo a 24 de septiembre de 2014

M. en C. Miguel Angel Cabral Perdomo
Coordinador Adjunto de la Licenciatura en Biología



c.c.p. Archivo



Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería,
 Carretera Pachuca - Tulancingo Km. 4.5, Ciudad del Conocimiento,
 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
 Tel. +52 771 7172000 exts 2532, Fax 2109
cabralma@uaeh.edu.mx mcabralperdomo@gmail.com



AGRADECIMIENTOS

La oportunidad de trabajar y formar parte de este bonito proyecto se la debo a mi director de tesis, Dr. Arturo gracias por todo su apoyo, confianza y mucha paciencia.

Por las correcciones y hacer de este trabajo algo mejor, a mis sinodales: Dr. Ángel, Dra. Claudia, Dr. Fernando, Dr. Numa, Mtro. Ledezma y Dr. Villavicencio.

A mis profesores, por sus conocimientos compartidos, no sólo como investigadores, sino también como personas, gracias por su confianza y llamadas de atención: Biol. Ulises, Dra. Consuelo, Dr. Juan, Dr. Aurelio, Mtro. Mayito,...

Mi familia, en especial a mis padres Agustina y Sergio, serán siempre las personas con las que más estaré agradecida, no sólo por el apoyo en todos los aspectos, sino también por el amor, la paciencia y demás valores que me mostraron.

A mis amigos, con los que me hubiera gustado compartir más tiempo en este camino, pero a quienes siempre tuve presentes, gracias por su confianza y su cariño: Yutsil, Liz, Jes, Jaz, Joselo, Iván y Julio.

A Yare, Érika y Lupita, por ayudarme a entender estas plantas y poder identificarlas.

A mis compañeros de laboratorio, Marisol, Ceci, Cinthia, Luis, Ro, Oscar, Luis, Yukari y Gaby, quienes me brindaron una muy grata compañía en campo y en el laboratorio, con quienes aprendí mucho y

gracias en especial por la ayuda en la recolección de plantas y las risas que me provocaron.

A todos los colegas que me dieron ánimo por los pasillos, y que me inspiraron a continuar.

A Santiago, gracias por mostrarme otra forma de ver y disfrutar la vida, sobre todo por formar parte de la mía.

La realización de este trabajo contó con el apoyo del proyecto FOMIX-Hidalgo titulado “Diversidad Biológica del estado de Hidalgo” 191908 (tercera etapa).

DEDICATORIA

A las personas que amo: mis papás Agustina y Sergio, ejemplo de perseverancia y amor; mis hermanos, Arturo, Antonio, Verahí y Carmen; a mis amigos y a Santiago.

Este trabajo se realizó para dejar una pequeña huella de conocimiento en la gente. Porque sí es posible usarlo para un bien común, te lo dedico a tí biólogo, profesionista, campesino, estudiante, niño,... que quieres aportar un grano de arena para cumplir este sueño.

CONTENIDO GENERAL

Índice de cuadros.....	V
Índice de figuras.....	VI
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
Antecedentes.....	5
Importancia de los helechos y licopodios.....	5
Importancia para el hombre.....	5
Bosque Mésofilo de Montaña.....	8
Situación actual de BMM en Hidalgo.....	11
Antecedentes de estudios con helechos y licopodios en México.....	13
Antecedentes de estudios de helechos y licopodios en el estado de Hidalgo.....	16
JUSTIFICACIÓN.....	18
OBJETIVOS.....	19
ÁREA DE ESTUDIO.....	20
MATERIAL Y MÉTODO.....	25
Semejanza en la composición de especies de helechos y licopodios entre BMM.....	28
Índice de biodiversidad taxonómica.....	33
RESULTADOS.....	30
Composición taxonómica del BMM.....	30
Nuevos registros de helechos y licopodios para el estado de Hidalgo.....	33
Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	34

Especies consideradas como probables indicadoras de la calidad del BMM.....	35
Sustrato de crecimiento de los helechos y licopodios del BMM.....	39
Diversidad beta entre municipios con BMM.....	40
Índice de diversidad taxonómica.....	42
DISCUSIÓN.....	43
Composición florística del BMM.....	43
Helechos y licopodios como indicadores de la calidad del hábitat...	53
Sustrato de crecimiento de los helechos y licopodios del BMM.....	56
Semejanza entre localidades con BMM.....	57
CONCLUSIONES.....	61
LITERATURA CITADA.....	63
Anexo 1. Listado de helechos y licopodios del BMM del estado de Hidalgo.....	76
Anexo 2. Descripción de los nuevos registros.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Ejemplos de interacciones entre helechos y otros seres vivos.....	6
2. Actividades benéficas o perjudiciales de los helechos y licopodios para el hombre.....	7
3. Principales estudios con helechos y licopodios en la República Mexicana.....	15
4. Municipios y regiones de Hidalgo con inventarios de helechos y licopodios.....	17
5. Riqueza taxonómica de los helechos y licopodios del BMM del estado de Hidalgo.....	30
6. Familias con mayor número de especies en los BMM del estado de Hidalgo.....	31
7. Géneros con mayor riqueza de especies en los BMM del estado de Hidalgo.....	32
8. Número y porcentaje de especies de helechos y licopodios del BMM de Hidalgo.....	32
9. Nuevos registros de especies de helechos y licopodios para el estado de Hidalgo.....	33
10. Especies en alguna categoría de riesgo en la NOM-059 (SEMARNAT, 2010).....	35
11. Especies consideradas como indicadoras de perturbación.....	36
12. Diversidad beta, riqueza de especies y número de especies compartidas entre los sitios analizados.....	40
13. Índice de biodiversidad taxonómica de los sitios analizados.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ejemplo de cambio de uso de suelo del BMM.....	13
2. Municipios del estado de Hidalgo con BMM.....	22
3. Ejemplar maduro de <i>Adiatopsis radiata</i> y prensado de ejemplares ..	26
4. Ejemplos de helechos y licopodios en sitios perturbados del BMM de Hidalgo	37
5. Ejemplo de especies de helechos propuestos como posibles indicadores de la buena calidad del BMM de Hidalgo.....	38
6. Porcentaje de especies de helechos y licopodios por tipo de sustrato de crecimiento en el BMM del estado de Hidalgo	39
7. Dendrograma del análisis de agrupamiento	41
8. Ejemplo de helecho en zona de bajo disturbio.....	55
9. Ejemplar deshidratado de <i>Selaginella martensii</i>	86
10. Ejemplar deshidratado de <i>Selaginella rzedowskii</i>	87
11. Ejemplar deshidratado de <i>Anemia pastinacaria</i>	88
12. Ejemplar deshidratado de <i>Anemia speciosa</i>	89
13. Ejemplar de <i>Asplenium harpeodes</i>	90
14. Ejemplar de <i>Marattia laxa</i>	91
15. Ejemplar deshidratado de <i>Megalastrum subincisum</i>	92
16. Ejemplar de <i>Pleopeltis angusta</i> var. <i>angusta</i>	93
17. Ejemplar de <i>Serpocaulon triseriale</i>	94
18. Ejemplar de <i>Thelypteris tuerckheimii</i>	95

RESUMEN

En el estado de Hidalgo se han registrado 362 especies de helechos y licopodios, cifra que puede incrementarse debido a la falta de estudios en una tercera parte de los municipios, en especial los que poseen bosque mesófilo de montaña (BMM). Este ecosistema contiene la mayor riqueza de estas especies con respecto a otros tipos de vegetación de México, pero debido a las actividades humanas y al calentamiento global su área de distribución está disminuyendo rápidamente. Considerando lo anterior, los objetivos de este estudio fueron realizar un inventario de especies de helechos y licopodios del BMM de Hidalgo, analizar su estructura florística, mencionar las especies indicadoras de la calidad del hábitat, estimar la semejanza en la riqueza de especies y determinar la riqueza taxonómica (entre diferentes localidades con BMM). Después de explorar los BMM de Hidalgo, se identificaron 263 especies, 76 géneros y 28 familias de helechos y licopodios; 10 de las especies son nuevos registros a nivel estatal. Las familias y géneros más comunes coinciden con los mencionados en otros estudios a nivel local, estatal y nacional para el BMM. Las cifras indicadas colocan a Hidalgo como la tercera entidad con mayor número de helechos y licopodios del BMM de México. El sustrato preferido por estas plantas fue el terrestre, seguido por el epífita y rupícola; nueve de las especies están incluidas en alguna categoría de riesgo en la NOM-059, pero es probable que muchas más deban considerarse, por el elevado grado de fragmentación del BMM. Por otra parte, es probable que la semejanza en la composición de especies se relacione con la distancia geográfica y con la localización de los bosques en dos distintas provincias florísticas.




INTRODUCCIÓN

Los helechos y licopodios son plantas vasculares sin semilla, producen esporas, y los miembros de ambos linajes tradicionalmente han sido llamados pteridofitas, o helechos y afines (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2006, 2008). Son plantas cormofitas, es decir, presentan verdaderos órganos como raíz; tallo (generalmente subterráneo llamado rizoma) y hojas, que comúnmente se les llama frondas (Mendoza-Ruíz y Pérez-García, 2009).

Los helechos pertenecen a la división Polypodiophyta, dentro de la cual se reconocen cuatro clases: Psilotopsida, Equisetopsida, Marattiopsida y Polypodiopsida; 11 órdenes y 45 familias (Smith *et al.*, 2006; Christenhusz *et al.*, 2011). La división Lycopodiophyta está integrada por tres clases: Lycopodiopsida, Isoëtopsida y Selaginellopsida (Smith *et al.*, 2006). Ambos grupos de plantas, comprenden alrededor de 12,000 especies, distribuidas en todo el planeta, en todos los tipos de vegetación y en altitudes que oscilan entre 0 y 5,000 m (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004); muestran un patrón de distribución general llamado gradiente de diversidad latitudinal en ambos hemisferios, en donde el número de especies por unidad de área incrementa desde los polos hacia el Ecuador, excepto en algunos géneros (Moran, 2008).

De cualquier forma, la distribución de los helechos y licopodios está condicionada principalmente por factores como la luz, temperatura, humedad del suelo e historia evolutiva; por la alta vagilidad de las esporas, su distribución depende de la tolerancia a las condiciones ambientales (Mendoza-Ruíz y Pérez-García, 2009; Kessler, 2010) de las distintas formas de vida que presentan:




epífitas, hemi-epífitas, epipétricas (saxícolas), terrestres (herbáceas y arborescentes), acuáticas y subacuáticas (Riba, 1998). Su ciclo de vida, mejor conocido como alternancia de generaciones, se caracteriza por presentar una fase de tipo asexual o esporofito (productor de esporas), que es dominante, y otra de tipo sexual, o gametofito (productor de gametos), ya sea unisexual o bisexual y que es totalmente independiente del esporofito (Sharpe *et al.*, 2010).

Los helechos y licopodios raramente son dominantes estructurales en algún tipo de vegetación (Mehltreter, 2008a); sin embargo, pueden formar parte de la vegetación secundaria en áreas perturbadas o ser componentes característicos de algunos tipos de vegetación, además de que existen numerosas especies con amplia distribución (Riba, 1998).

El bosque mesófilo de montaña (BMM) de México es el tipo de vegetación con mayor riqueza de especies de helechos y licopodios, seguido por el bosque tropical húmedo, bosque de pino-encino, bosque tropical caducifolio, vegetación xerófila y la acuática (Riba, 1998; Villaseñor, 2010).

Recientemente el número de especies de helechos y licopodios en México ha aumentado a 1,030, gracias a descripciones de nuevas especies o publicaciones de nuevos registros en los últimos diez años; al mismo tiempo, en el BMM de México los helechos y licopodios representan más del 60% del total nacional con 630 especies (Tejero-Díez *et al.*, 2014). No obstante, la pteridoflora mexicana sigue sin completarse, debido a la carencia de estudios a nivel local y estatal (Lira y Riba, 1993; Mendoza-Ruíz y Pérez-García, 2009; Tejero-Díez *et al.*, 2014).



El estado de Hidalgo posee al menos 30 familias, 80 géneros y 362 especies de helechos y licopodios; la mayoría de ellas se encuentran en el BMM, que de acuerdo con información reciente posee el 24% de los helechos y licopodios presentes en el BMM de México (Pérez *et al.*, 2011; Tejero-Díez *et al.*, 2014). Sin embargo, aún existen muchos municipios en la entidad, sin estudios florísticos (Luna *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2011). La exploración de las áreas con BMM del estado de Hidalgo en donde no se han realizado inventarios florísticos con helechos y licopodios, brindará la oportunidad de incrementar el conocimiento sobre la riqueza y distribución de las especies y aportará datos básicos, que sirvan en el futuro para establecer programas de manejo y conservación de este ecosistema, considerado en riesgo de desaparecer.

ANTECEDENTES

Importancia de los helechos y licopodios

Los helechos y licopodios a nivel biológico forman asociaciones simbióticas con hongos, interacciones que representan recursos alimenticios para otros organismos; son el hábitat de distintos tipos de organismos con los cuales establecen interacciones; son fuente de alimento, principalmente para artrópodos, pero también para algunos herbívoros vertebrados; durante la sucesión vegetal en hábitats perturbados, la gran variedad de formas de vida de los helechos puede afectar las condiciones de luz en el sotobosque (excepto cuando los individuos son medianos y pequeños), la disponibilidad de nutrientes a través de la adquisición, retención y liberación de los mismos (por descomposición) y el contenido de agua en el suelo (Cuadro 1), pues las matas de rizomas o los montículos de helechos pueden dar protección física contra la erosión del suelo (Arcand y Ranker, 2008; Mehlreter, 2010b; Richardson y Walker, 2010; Walker y Sharpe, 2010), por ejemplo.

Importancia para el hombre

Este grupo de plantas puede proveer de beneficios o bien perjuicios a los humanos, se sabe que al menos 60 especies de helechos tienen la habilidad potencial de ocupar áreas donde pueden provocar cambios abruptos en las condiciones ambientales (Walker y Sharpe, 2010). Por ejemplo, los helechos terrestres pueden destruir ecosistemas locales, esfuerzos de conservación, manejo de vida silvestre y la productividad de la tierra; los helechos acuáticos

invaden lagos de agua dulce, ríos y canales, interfiriendo con la navegación, drenaje, transporte, flujo del agua, pesca, calidad del agua y salud humana (Roderick *et al.*, 2010; Cuadro 2)

Cuadro 1. Ejemplos de interacciones entre helechos y otros seres vivos

Especie	Actividad
<i>Osmunda claytoniana</i>	Reduce la luz del sol en el sotobosque de un 3.3 a 1.1% ³
<i>Dicranopteris linearis</i>	Inmoviliza N y P, extendiendo el tiempo de vida de helechos arborescentes pero reduce la colonización de árboles después de un incendio en las selvas ³
<i>Azolla</i> sp.	Posee pelos en sus hojas que “capturan” y después encapsulan bacterias fijadoras de nitrógeno, obteniendo fácilmente ese nutriente ¹
<i>Lecanopteris</i> sp.	Posee espacios que funcionan como micro-hábitats para especies de hormigas; las cuales también crean pequeños túneles en el rizoma, permitiéndole una mejor absorción de nutrientes ¹
<i>Pteridium</i> sp.	En condiciones húmedas actúa como hábitat para el ácaro hematófago <i>Ixodes ricinus</i> , el cual provoca enfermedades a humanos y ganado ²
<i>Salvinia minima</i>	Desplazó la vegetación nativa y fuente de alimento de aves, cuando fue introducida a Louisiana ²

¹Richardson y Walker (2010); ²Roderick *et al.* (2010); ³Walker y Sharpe (2010)

Otros usos que el hombre da a estas plantas en México y en el mundo son: ornamental (géneros como *Adiantum* y *Nephrolepis*); medicinal (en México comúnmente son utilizados los géneros *Selaginella* y *Equisetum*); alimenticio (*Marattia weinmanifolia* en Oaxaca); como macetas (truncos de helechos

arborescentes); en construcción de viviendas o cercados; abrasivos, para la elaboración de tintes o flashes y juegos artificiales (Muñiz Díaz de León *et al.*, 2007).

Cuadro 2. Actividades benéficas o perjudiciales de los helechos para el hombre


Ejemplos benéficos para el hombre	
Especie	Actividad
<i>Azolla</i> sp.	La simbiosis con la bacteria fijadora de nitrógeno, <i>Anabaena azollae</i> , le provoca un alto contenido de N, el cual es aprovechado en los cultivos de arroz como un fertilizante ¹
<i>Pteridium</i> sp.	Por la facilidad con que se desarrolla puede ser usado como biocombustible, usarse en biodigestores para generar biogás, composta, y elaborarse comida para ganado a través del proceso de ensilado o de heno al vapor ³
<i>Pteris vittata</i> , <i>P. cretica</i> y <i>Pityrogramma calomelanos</i>	Acumulan arsénico y ofrecen un proceso de biorremediación para tratar suelos contaminados derivados de procesos industriales ²
Ejemplos de efectos nocivos de los helechos para los humanos	
Especie	Actividad
<i>Pteridium</i> sp.	Puede ser tóxico y carcinógeno para animales que lo consumen, afectando la actividad ganadera e incluso la salud humana ³
<i>Salvinia molesta</i>	Forma matas flotantes densas que impiden el paso de la luz a otras plantas acuáticas, reduce el contenido de oxígeno, degrada la calidad del agua para otros organismos acuáticos y promueve condiciones para el crecimiento de mosquitos vectores de la encefalitis, fiebre del dengue y elefantiasis ²

¹Richardson y Walker (2010); ²Roderick *et al.* (2010); ³Walker y Sharpe (2010)

Bosque Mesófilo de Montaña de México

Definir este tipo de bosque es complejo, a través del tiempo se le ha nombrado de múltiples maneras en los estudios de vegetación (Ortega y Castillo, 1996). Prueba de ello es que un trabajo de consulta, revisión y extracción sobre temas diversos relacionados con el BMM, se obtuvo un listado de 40 sinónimos (30 de ellos en un idioma diferente al español) y 69 asociaciones vegetales (34 en un idioma diferente al español) en México (Gual-Díaz y González-Medrano, 2014). Algunas de las razones por las cuales se le ha denominado de diferente forma son la dificultad que representa encuadrar la vegetación en unidades discretas y la ausencia de un principio básico o claro que sirva de base para la clasificación (Pérez y Gómez, 2010).

A pesar de todo, es mejor conocido como Bosque Mesófilo de Montaña o BMM (*sensu* Miranda, 1947 y Rzedowski, 1978), y se define como la formación vegetal, donde se pueden agrupar varias comunidades de estos seres vivos que comparten características fisonómicas, ecológicas, climáticas y florísticas (Ortega y Castillo, 1996, González-Espinosa *et al.*, 2012; Gual-Díaz y González-Medrano, 2014); siendo único de él que el ambiente presente neblinas o alta humedad atmosférica persistente, frecuente o estacional que, generalmente envuelve a la vegetación (Tejero-Díez *et al.*, 2014). Aunque Gual-Díaz y González-Medrano (2014) refieren que la designación más aceptada para Latinoamérica es la que surgió del Simposio Bosques Tropicales Nublados de Montaña (Tropical Montane Cloud Forest Symposium): Bosque Nublado Tropical de Montaña (Tropical Montane Cloud Forest), varios autores proponen que para México se excluya la




parte tropical, debido a que en México este tipo de bosque existe en latitudes superiores al del Trópico de Cáncer (Villaseñor, 2010).

Las comunidades arbóreas que conforman el BMM, en el territorio nacional se encuentran en regiones montañosas, cuya altitud varía desde 280-400 hasta 2,879 m o incluso, hasta los 3,200 m; los límites altitudinales inferiores y superiores se deben a la influencia de la topografía o a la alta disponibilidad local de humedad (Ortega y Castillo, 1996; Luna *et al.*, 2001; Gual-Díaz y González-Medrano, 2014).

Las condiciones ambientales en donde se desarrolla este tipo de vegetación se presentan en zonas restringidas de México, por lo que el BMM tiene una distribución geográfica limitada y fragmentaria, en forma de archipiélago, en donde cada isla tiene una composición biótica característica, dependiendo de la altitud, latitud, humedad, clima y suelo propios de cada lugar (Rzedowski, 1978; Ponce-Vargas *et al.*, 2006).

En México el BMM se desarrolla en un clima húmedo de altura; dentro del conjunto de comunidades que se desarrollan en las zonas montañosas, ocupa sitios más húmedos que los típicos de los bosques de *Quercus* y de *Pinus*, generalmente más cálidos que los del bosque de *Abies*, pero más frescos que los que condicionan la existencia de los bosques tropicales (Rzedowski, 1978). Se estima que este tipo de vegetación ocupa aproximadamente el 1.0% del territorio nacional, presenta una mezcla de comunidades maduras y secundarias; de las primeras hay poco más de 0.4% (INEGI, 2007). En la República Mexicana se localiza en 20 de las 32 entidades federativas, a lo largo de la vertiente del



Atlántico sobre la Sierra Madre Oriental, formando una faja angosta y no del todo continua que se extiende desde el suroeste de Tamaulipas hasta el norte de Oaxaca y Chiapas, incluyendo porciones de Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz; en Oaxaca la franja se ensancha un poco, pero se interrumpe a nivel del Istmo de Tehuantepec. En la vertiente del Pacífico su presencia es aún más dispersa, se ha registrado desde el Norte de Sinaloa hasta la Sierra del Soconusco en Chiapas. Los estados con mayor superficie son Oaxaca (35,217 ha), Chiapas (27,526 ha), Hidalgo (21,641 ha), San Luis Potosí (17,184), Guerrero (14,156 ha), Veracruz (12,325 ha), Puebla (7,452 ha) y Colima (6,870ha) (Ortega y Castillo, 1996; Challenger, 1998; Villaseñor, 2010; Gual-Díaz y González-Medrano, 2014).

Pese a ocupar una extensión reducida, el BMM es el ecosistema que alberga la mayor riqueza de especies de flora y fauna por unidad de área (Challenger, 1998); se calcula que alrededor de 2,500 a 3,000 especies de plantas vasculares habitan exclusiva y preferentemente en estos bosques (Rzedowski, 1996; Villaseñor, 2010).


Sin embargo, los BMM se consideran como el ecosistema terrestre más amenazado a nivel nacional; debido al cambio de uso del suelo y los efectos derivados del cambio climático global se les asigna una alta prioridad para la conservación y la promoción del desarrollo sustentable en áreas aledañas (Aldrich *et al.*, 1997; León y Paniagua *et al.*, 2010; Toledo-Aceves *et al.*, 2011; Calderón-Aguilera *et al.*, 2012).

Situación actual del BMM en Hidalgo

Como producto del esfuerzo de la CONABIO para la conservación y manejo sostenible de los BMM, se han delimitado regiones y subregiones de México para un análisis de priorización. El estado de Hidalgo se encuentra en la región Huasteca Alta Hidalguense, dividida en las subregiones Mesófilos del NE de Hidalgo a Huayacocotla y Mesófilos de San Bartolo Tutotepec a Cuetzalan. Los bosques de esta región se localizan dentro de la región terrestre prioritaria (RTP) Sierra Gorda-Río Moctezuma y la RTP Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental (Arriaga *et al.*, 2000); además los BMM han sido reconocidos por su importancia para las aves migratorias, y se encuentran dentro de las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA), la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda y el municipio de Tlanchinol (León y Paniagua *et al.*, 2010).

Las dos subregiones presentan un alto nivel de fragmentación, principalmente por causa del hombre: la actividad agrícola está presente con cultivos como maíz, frijol y frutales (plátano, naranja y durazno, principalmente), que crecen en milpas. También se presenta la tala selectiva ilegal en sitios donde el BMM se encuentra en estado primario (Luna *et al.*, 1994; Alcántara y Luna, 1997; Mayorga *et al.*, 1998; Luna *et al.*, 2001; Ponce-Vargas *et al.*, 2006).

Subregión Mesófilos del Noroeste de Hidalgo a Huayacocotla (Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz). Posee una alta conectividad e integridad, pues aún persisten áreas relativamente extensas, en buen estado de conservación o con niveles relativamente bajos de degradación, en los municipios de Molango,



Tianguistengo, Tlahuiltepa, Tlanchinol, Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles (Luna *et al.*, 1994; Mayorga *et al.*, 1998; Luna *et al.*, 2001; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Pérez-Paredes *et al.*, 2012). A pesar de ello, los niveles de amenaza son altos, debido a: la ganadería extensiva que sustituye al BMM por pastizales inducidos o cultivados (Figura 1); la construcción de caminos y la tala de rodales dentro del bosque; existencia de conflictos por la propiedad de la tierra; los habitantes de sitios aledaños a los bosques presentan niveles altos de marginación, que junto a la alta densidad poblacional, repercute en la calidad y permanencia del BMM al existir una fuerte presión no sustentable sobre los recursos maderables y no maderables y el cambio de uso del suelo. De esta manera, a pesar del buen estado del BMM, existen fuertes presiones que pueden afectarlo a corto y mediano plazo, por lo que se consideran en prioridad crítica para la conservación (León y Paniagua *et al.*, 2010; Toledo-Acevedes *et al.*, 2010).

Subregión Mesófilos de San Bartolo Tutotepec a Cuetzalan (Hidalgo, Puebla, Veracruz). Son bosques fragmentados y degradados, albergan menor riqueza biológica, incluyendo especies endémicas y exclusivas, en comparación con la subregión Noroeste (Alcántara y Luna, 1997; Luna *et al.*, 2000).

Las amenazas a la permanencia de los remanentes de BMM en esta subregión, incluyen una fuerte demanda de recursos maderables y no maderables, el establecimiento de cultivos agrícolas y la ganadería extensiva. Además, existen conflictos por la propiedad de la tierra, principalmente en Tenango de Doria. A pesar de ello, los pocos manchones de BMM relativamente conservados se ubican


en zonas poco accesibles y por lo tanto, existen pocas probabilidades de afectación o destrucción a corto plazo, como algunos rodales en Tenango de Doria y San Bartolo Tutotepec (Zúñiga, 2009). Las oportunidades para la conservación de estos bosques son bajas, sin embargo se les ha calificado como prioridad alta para la conservación (Téllez-Valdés *et al.*, 2006; Zúñiga, 2009; León y Paniagua *et al.*, 2010).



Figura 1. Cambio de uso de suelo hacia actividades ganaderas del BMM en el municipio de Tianguistengo, Hidalgo

Antecedentes de estudios con helechos y licopodios en México

Entre los estudios florísticos con estos dos grupos de plantas en México, destacan a nivel estatal los realizados en el Estado de México (Tejero-Díez, 2007), Morelos (Riba *et al.*, 1996), Nuevo León (Velazco *et al.*, 2012), Querétaro (Díaz-Barriga y Palacios-Ríos, 1992; Arreguín-Sánchez *et al.*, 1996) y Veracruz (Tejero-



Díez *et al.*, 2011); en cada uno de estos trabajos se exploraron distintos tipos de vegetación, destacando el BMM por presentar la mayor riqueza de especies de helechos y licopodios.

Otros estudios importantes, realizados a nivel local o municipal, son los siguientes: Carreño (2006), comparó la composición de especies de helechos en cafetales y bosques adyacentes en Veracruz. Los trabajos de Cerón-Carpio *et al.* (2006), Vázquez *et al.* (2006), Cerón-Carpio *et al.* (2012) y Santiago-Cruz (2013), se enfocaron en realizar listados de los helechos y licopodios en diferentes tipos de vegetación en Oaxaca, Puebla y Veracruz, respectivamente. En la Cuenca hidrográfica de Necaxa, Puebla (Cerón-Carpio *et al.*, 2012), y en la región de Banderilla, Veracruz (Vázquez *et al.*, 2006) se identificaron un total de 89 y 128 especies, respectivamente.

En un estudio reciente, Tejero-Díez *et al.* (2014), incluyen una lista de 630 especies, hasta el momento la más completa, de helechos y licopodios del BMM de México. Adicionalmente, en el mismo trabajo estimaron el porcentaje de especies presentes en cada entidad con BMM: Veracruz (52%), Chiapas (42%), Oaxaca (38%), Guerrero (35%), Hidalgo (24%), estado de México (23%) y Querétaro (17%); y también muestra la riqueza de especies de helechos y licopodios en los diferentes tipos de vegetación de México (Cuadro 3).

Cuadro 3. Principales estudios con helechos y licopodios en la República Mexicana

Autor y año	Estudios de helechos y licopodios en entidades de México
Díaz-Barriga y Palacios-Ríos (1992)	Lista preliminar de especies de Pteridofitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro
Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> (1996)	Ubicación y distribución de especies en diferentes tipos de vegetación, del estado de Querétaro
Riba <i>et al.</i> (1996)	Pteridoflora del estado de Morelos
Lorea-Hernández y Velázquez-Montes (1998)	Pteridofitas; Lista de los taxa y su distribución geográfica en la entidad (Guerrero)
Tejero-Díez (2007)	Riqueza florística de licopodios y helechos del estado de México
Tejero-Díez <i>et al.</i> (2011)	Análisis Pteridoflorístico de Veracruz
Velasco <i>et al.</i> (2012)	Riqueza de pteridofitas de Nuevo León
Autor y año	Estudios de helechos y licopodios en regiones de México
Carreño (2006)	Evaluación de cafetales bajo sombra y fragmentos de bosque adyacentes como hábitats para conservar la diversidad de los helechos en el estado de Veracruz
Cerón-Carpio <i>et al.</i> (2006)	Listado y distribución en diferentes tipos de vegetación de pteridofitas del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla
Vázquez <i>et al.</i> (2006)	Inventario de helechos y plantas afines presentes en Banderilla, Veracruz, especialmente en los relictos de BMM
Cerón-Carpio <i>et al.</i> (2012)	Inventario de la Pteridoflora de la Cuenca hidrográfica del río Necaxa, Puebla
Santiago (2013)	Pteridoflora de la comunidad de Santa Cruz Yagavila, municipio de Ixtlán de Juárez Oaxaca
Tejero-Díez <i>et al.</i> (2014)	Inventario pteridoflorístico de los BMM de México

Antecedentes de estudios de helechos y licopodios en el estado de Hidalgo

En el estado de Hidalgo se han realizado varias investigaciones con ambos grupos de plantas, algunas de ellas incluyen análisis florísticos y biogeográficos de la flora vascular en general, con referencia parcial a los helechos y licopodios, y otras son exclusivas de estos últimos, a nivel municipal o regional (Cuadro 4). Los estudios con inventarios parciales de helechos y licopodios se realizaron en distintos municipios con BMM del estado; la riqueza de especies obtenida fluctúa entre 27 en la región de Molocotlán, Molango-Xochicoatlán y 36 en el municipio de Tlanchinol.

En contraste, en todos los trabajos que se han enfocado exclusivamente a los helechos y licopodios se ha encontrado un número mayor de especies. El primer estudio específico con ambos grupos de plantas en Hidalgo fue realizado por Sánchez-Mejorada (1951) en la Barranca de Omitlán; después de más de un lustro, a partir del año 2009 se han publicado varias investigaciones en distintos municipios, que incluyen los principales tipos de vegetación y áreas naturales protegidas del estado de Hidalgo (Pérez, 2009; Ramírez-Cruz *et al.*, 2009; Zúñiga, 2009; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Pérez, 2012; Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Cuevas *et al.*, 2013; Gutiérrez, en proceso). En la presente investigación fueron de especial interés los estudios realizados en el BMM de los municipios de Calnali (Pérez, 2009), Tenango de Doria (Zúñiga, 2009), Tlanchinol (Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012) y Zacualtipán de Ángeles (Pérez-Paredes *et al.*, 2012), en cada uno de ellos se registraron más de 106 especies de helechos y licopodios (Cuadro 4).

Cuadro 4. Municipios y regiones de Hidalgo en donde se han realizado inventarios de helechos y licopodios, se incluye el tipo de vegetación

Estudios de flora vascular con registros parciales de helechos y licopodios			
Región o municipio	Vegetación	Especies	Referencias
Tlanchinol	BMM	36	Luna <i>et al.</i> (1994)
Tenango de Doria	BMM	32	Alcántara y Luna (1997)
Molocotlán, Molango- Xochicoatlán	BMM	27	Mayorga <i>et al.</i> (1998)
Eloxochitlán y Tlahuelompa	BMM	31	Alcántara y Luna (2001)
Monte Grande, Lolotla	BMM	32	Ponce-Vargas (2006)
Estudios específicos de helechos y licopodios			
Región o municipio	Vegetación	Especies	Referencias
-Barranca de Omitlán, Omitlán de Juárez	BA, BJ, BP	52	Sánchez y Chávez (1951)
-Calnali	BMM	114	Pérez (2009)
-Parque Nacional los Mármoles	BJQ, BP, BQ BTC, ME, VS	65	Ramírez-Cruz <i>et al.</i> (2009)
-Tenango de Doria	BMM, BPQ	107	Zúñiga (2009)
-Tlanchinol	BMM	130	Álvarez-Zúñiga <i>et al.</i> (2012)
-Valle del Mezquital	MC, VR, VS	80	Pérez (2012)
-Zacualtipán de Ángeles	BMM, BP, BPQ	127	Pérez-Paredes <i>et al.</i> (2012)
-Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán	BQ, BTC, VR	79	Cuevas <i>et al.</i> (2013)
-Bosques de haya (<i>Fagus grandifolia</i> subsp. <i>mexicana</i>)	BMM (bosque de haya)	75	Gutiérrez (en proceso)

BA= Bosque de *Abies*, BJ= Bosque de *Juniperus*, BJQ= Bosque de *Juniperus-Quercus*, BMM= Bosque mesófilo de montaña, BP= Bosque de *Pinus*, BPQ= Bosque de *Pinus-Quercus*, BQ= Bosque de *Quercus*, BTC= Bosque tropical caducifolio, MC= Matorral desértico crasicaule, ME= Matorral espinoso, VR= Vegetación riparia, VS= Vegetación secundaria (nomenclatura según Rzedowski, 1978)

JUSTIFICACIÓN

Los helechos y licopodios son organismos que alcanzan su mayor riqueza taxonómica en el BMM, más que en cualquier otro tipo de ecosistema de México (Rzedowski, 1978). Sin embargo, estos bosques se consideraron en peligro de extinción, como producto de la intensa explotación de los recursos bióticos desde hace siglos por las poblaciones humanas existentes (Challenger, 2011).

La elevada tasa de deforestación y la carencia de programas de manejo y conservación del BMM de montaña de México y del estado de Hidalgo en particular, ilustran la necesidad de realizar estudios básicos sobre la composición y distribución de las especies que aún forman parte de este ecosistema (Dirzo y Raven, 1994; León y Paniagua *et al.*, 2010; González-Espinosa *et al.*, 2012). En el caso de los helechos y licopodios del BMM, se magnifica este objetivo, por un lado debido a que la mayoría de las especies son altamente susceptibles a los cambios en las condiciones ambientales, por lo que son considerados como indicadores del “estado de salud” de los ecosistemas (Poulsen y Tuomisto, 1996; Paciencia y Prado, 2005; Arcand y Ranker, 2008; Mehlreter, 2008b, 2010a, 2010b); y por otro, la existencia de parches de BMM en distintos municipios del estado de Hidalgo, sin estudios florísticos, especialmente dedicados a los helechos y licopodios.

Por eso, para proponer estrategias de manejo y conservación, es necesario conocer lo que se protege, en este caso la composición, riqueza y distribución de las especies de helechos y licopodios en el BMM del estado de Hidalgo.



OBJETIVO GENERAL

- Realizar un inventario de las especies de helechos y licopodios del BMM del estado de Hidalgo.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar la composición florística de los helechos y licopodios del BMM.
- Aportar información sobre las especies de helechos y licopodios indicadoras de la calidad del BMM mediante literatura y la observación en campo.
- Estimar la semejanza en la composición de especies de helechos y licopodios entre los BMM de Hidalgo y de otras entidades de México (resultados de otros estudios).
- Obtener la riqueza taxonómica de helechos y licopodios de los BMM del estado de Hidalgo y de otras entidades de México (resultados de otros estudios).


ÁREA DE ESTUDIO

Comprende el BMM de Hidalgo, distribuido en 22 municipios, incluidos los de la Región Terrestre Prioritaria 102 (RTP 102), Bosques mesófilos de la Sierra Madre Oriental: Acaxochitlán, Calnali, Chapulhuacán, Eloxochitlán, Huazalingo, Huehuetla, Jacala de Ledezma, Juárez Hidalgo, La Misión, Lolotla, Molango de Escamilla, Pisaflores, San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria, Tepehuacán de Guerrero, Tianguistengo, Tlanchinol, Xochicoatlán y Zacualtipán de Ángeles; más los de los municipios de: Agua Blanca, Cuautepec de Hinojosa y Tlahuiltepa (Rzedowski, 1978; Arriaga *et al.*, 2000; Luna *et al.*, 2000; León y Paniagua *et al.*, 2010; Villaseñor, 2010; Figura 2).

A excepción del BMM del municipio de Acaxochitlán que está situado en la Provincia fisiográfica de Lagos y Volcanes de Anáhuac, el resto de los BMM se encuentran dentro de la Provincia fisiográfica del Karst Huasteco, entre las coordenadas 19°22'-21°31' latitud Norte y 97°59'-99°18' longitud Oeste, a una altitud de 750-2400 m (CEEMH, 1988; INEGI, 2000; Luna *et al.*, 2000; SEDESOL, 2013).

Los bosques mesófilos de montaña en el área de estudio, presentan las siguientes condiciones ambientales:

Clima. Este tipo de bosque se asocia a una estacionalidad pluvial poco marcada, presencia frecuente de neblina al nivel de la vegetación, alta humedad atmosférica y ausencia de heladas; la humedad junto con la baja luminosidad suple las deficiencias de lluvia en el periodo seco del año y en muchas partes su incidencia

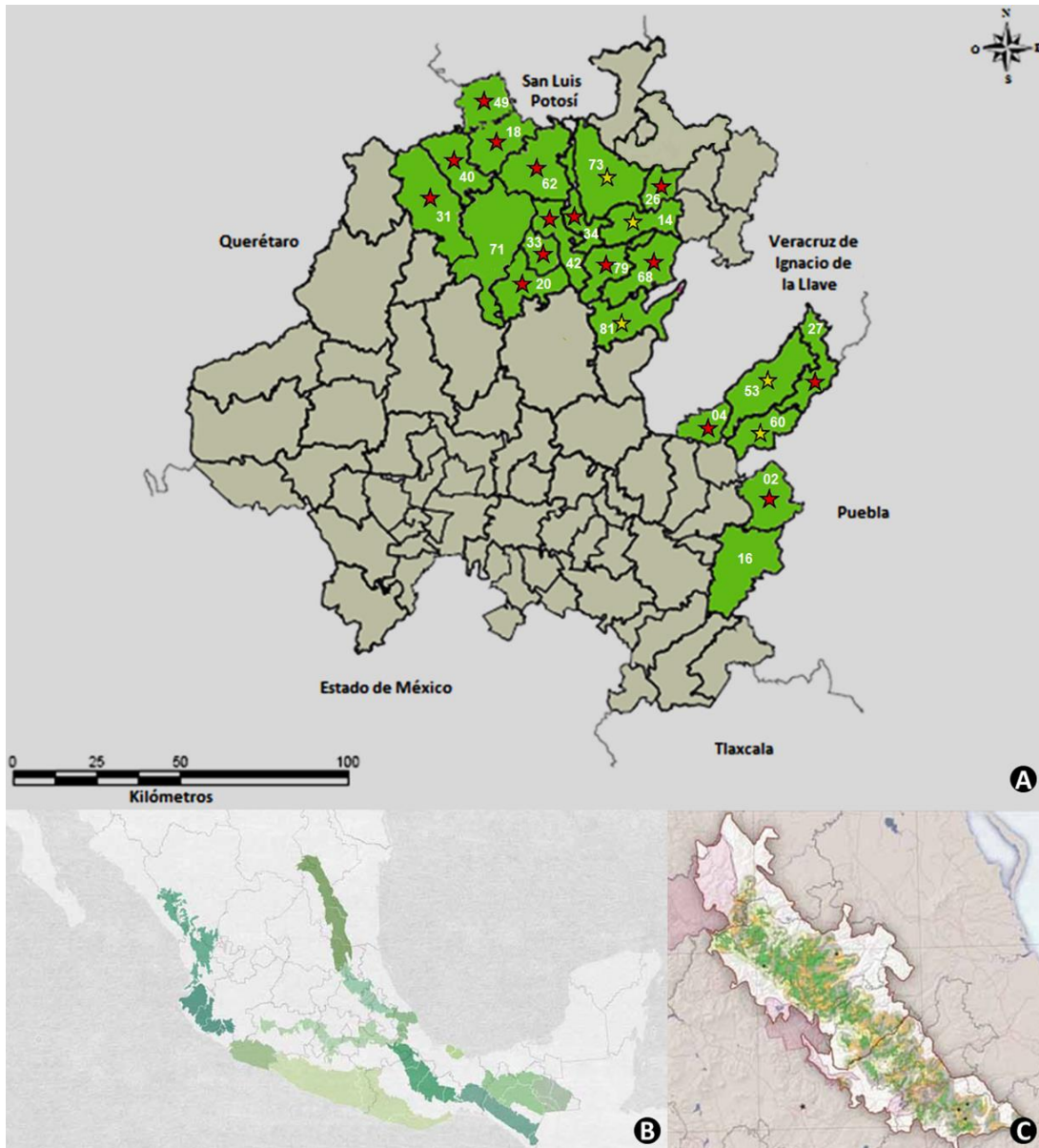


parece ser decisiva para la existencia del BMM (Rzedowski, 1978; González-Espinoza *et al.*, 2012).

El clima característico es de tipo Cf, dentro de la clasificación de Köppen (1948), pero en algunas partes el bosque prospera en donde prevalecen condiciones catalogadas como Af, Am y aún Aw y Cw (CONABIO, 1997; Rzedowski, 1978; Gual-Díaz y González-Medrano, 2014). La altitud oscila entre 750 y 2,400 m y la precipitación media anual es de entre 1,000 y 3,000 mm; el número de meses secos varía de 0 a 4 (Rzedowski, 1978).


Orografía. Se desarrolla en regiones de relieve accidentado y las laderas de pendiente pronunciada constituyen su hábitat más frecuente; desciende a menudo hasta orillas de arroyos, pero no se le ha observado en suelos con drenaje deficiente. A menudo se desarrolla sobre substrato de calizas, con topografía kárstica, sobre laderas de cerros andesíticos, basálticos, así como los formados por tobas, granitos, gneis y muchos otros tipos de roca (Luna *et al.*, 1994).

Suelos. Los suelos son de someros a profundos, de color amarillo, rojo o negruzco, con abundancia de materia orgánica en los horizontes superiores; son ácidos (pH 4 a 6), de textura arenosa a arcillosa y húmedos durante todo el año (Rzedowski, 1978). Existen también suelos tipo Feozem háplico y Regosol éutrico o RGe (Arriaga *et al.*, 2000).



02 Acaxochitlán	26 Huazalingo	42 Molango de Escamilla	68 Tianguistengo
04 Agua Blanca de Iturbide	27 Huehuetla	49 Pisaflores	71 Tlahuiltepa
14 Calnali	31 Jacala de Ledezma	53 San Bartolo Tutotepec	73 Tlanchinol
16 Cuautepec de Hinojosa	33 Juárez hidalgo	60 Tenango de Doria	79 Xochicoatlán
18 Chapulhuacán	34 Lolotla	62 Tepehuacán de Guerrero	81 Zacualtípán de Ángeles
20 Eloxochitlán	40 La Misión		


Figura 2. A) Distribución del BMM en los municipios del estado de Hidalgo: municipios con ejemplares recolectados (símbolo estrella roja) y con datos de estudios previos (estrella amarilla). Distribución de BMM en México (B), y en Hidalgo (C). Fuente: Gual-Díaz y Rendón-Correa (2010)



Geología. La evidencia paleoecológica señala la presencia de elementos característicos del BMM en México desde el Terciario Temprano (Eoceno-Oligoceno) y, no obstante su distribución fragmentaria, es posible identificar desde el Mioceno Inferior un núcleo florístico básico (Rzedowski y Palacios-Chávez, 1977; Rzedowski, 1996). Los estudios sobre cambios en la vegetación en los milenios recientes indican que la distribución del BMM puede considerarse como residual, con expansiones y retracciones recurrentes (Figuroa-Rangel *et al.*, 2008, 2010, 2012).

Flora. En el BMM de la región denominada Huasteca Alta Hidalguense crecen alrededor de 421 especies de plantas, de las cuales 203 son endémicas; este bosque se caracteriza por ser denso, compuesto por dos o tres estratos arbóreos, el superior con alturas hasta de 30-35 m (León y Paniagua *et al.*, 2010; Villaseñor, 2010). Las especies arbóreas de hoja decidua son comunes, durante el invierno pierden las hojas, pero los bosques nunca se ven completamente desprovistos de follaje; los árboles perennifolios dominan casi siempre el estrato medio (Rzedowski, 1978, 1996).

Entre los árboles más altos se encuentran el liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) y varias especies de pinos (*Pinus* spp.) y encinos (*Quercus* spp.). En el área habitan algunas especies de cícadras (Zamiaceae) de los géneros *Dioon*, *Zamia* y *Ceratozamia*, además de muchas otras especies fanerógamas que están consideradas en alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana, v. gr. al menos dos especies de *Magnolia* (León y Paniagua *et al.*, 2010).



Los helechos y lycopodios ocupan varios estratos en estos bosques, como el herbáceo y epífita; pero en ningún otro ecosistema son tan comunes y con tan alta riqueza de especies. Los helechos arborescentes, frecuentemente utilizados para elaborar maquique o xaxim (*Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Dicksonia sellowiana*) son elementos característicos de estos bosques, junto con las especies de epífitas pertenecientes a varios grupos de plantas: bromelias, también conocidas como tencho o ech' (*Tillandsia eizii*, *T. imperialis*, *T. ponderosa*, entre otras), helechos (de los géneros *Elaphoglossum*, *Polypodium*, *Psilotum*, entre otros), orquídeas (de varios géneros: *Calanthe*, *Cranichis*, *Encyclia*, *Lepanthes*, *Malaxis*, *Ponthieva*, *Prosthechea*, entre otros) y briofitas (León y Paniagua *et al.*, 2010; Villaseñor, 2010).

MATERIAL Y MÉTODO

El presente estudio forma parte de un proyecto más amplio, que inició en el año 2005, en el que se han explorado los municipios de Calnali, Tenango de Doria, San Bartolo Tutotepec, Tlanchinol y Zacualtipán de Ángeles, para obtener un inventario de la Pteridoflora del BMM del estado de Hidalgo. Por esta razón, la recolección de ejemplares se realizó en los BMM de municipios que no habían sido explorados previamente.

El trabajo de campo se realizó en los fragmentos de BMM con menor evidencia de disturbio (lejanos a poblados, sin caminos y con el dosel bien desarrollado y denso) de 15 municipios: Acaxochitlán, Agua Blanca, Chapulhuacán, Eloxochitlán, Huazalingo, Huehuetla, Jacala de Ledezma, Juárez Hidalgo, La Misión, Lolotla, Molango de Escamilla, Pisaflores, Tepehuacán de Guerrero, Tlanguistengo y Xochicoatlán. Consistió en dos salidas a cada municipio, con un total de 14 horas de trabajo de campo (horas/persona) en cada una.

Durante la exploración en campo se puso especial énfasis en la recolección de plantas de talla pequeña, que comúnmente se encuentran en micro-hábitats particulares, debido a que las especies de helechos y licopodios de talla grande son conspicuos y por lo tanto la probabilidad de que se hubieran recolectado previamente es mayor.


Se recolectaron ejemplares fértiles, ya que en las claves de identificación a nivel de especie se incluyen varias características de los soros y de los esporangios (Figura 3). Cada ejemplar recolectado incluyó el ápice, la parte media

y la base de la lámina, la base del estípite, los pelos y/o escamas asociadas y el rizoma, ya sea como parte del ejemplar completo (en individuos de menos de 30 cm) o por separado (en individuos grandes). Además, en la libreta de campo se anotaron las características generales de las plantas y de su hábitat (lugar y fecha de recolecta, altitud, latitud, nombre común de la planta, entre otros), para la elaboración posterior de las etiquetas para los ejemplares de herbario (Lorea y Riba, 1990). Es importante mencionar que durante el trabajo de campo se contó con dos permisos de colecta: OFICIO NUM.SGPA/DGVS/02750/12 y OFICIO NÚM.SGPA/DGVS/01245/13, otorgados al Dr. Arturo Sánchez González, por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.



Figura 3. A) Ejemplar maduro (con esporangios) de *Adiantopsis radiata* (L.) Fée y B) Prensado de ejemplares de helechos recolectados en Tepehuacán de Guerrero, Hidalgo


En cuanto al procesamiento del material vegetal, el prensado se realizó de forma rápida, pues hay especies que son muy frágiles y se marchitan en poco tiempo (Pérez, 2009); los ejemplares recolectados se colocaron dentro de papel periódico (en el que anotaron las iniciales del colector y número de recolecta) y se



intercalaron entre cartones corrugados, para favorecer el flujo de aire y se procedió a prensarlos (Lorea y Riba, 1990; Zúñiga, 2009). Previo al prensado, se eliminó el exceso de sustrato, restos de plantas u otros materiales extraños a los rizomas o tallos subterráneos. En el caso de las frondas, se arreglaron de manera que mostrarán las caras abaxial y adaxial, las grandes se doblaron o se cortaron en piezas de menos de 30 cm, el mismo procedimiento se aplicó para los estípites y rizomas grandes (Figura 3; Pérez, 2009).

En el caso de los helechos con forma de vida arborescente, se anotó la altura de la planta, la longitud de las frondas, si éstas se encontraban en diferentes verticilos (número de frondas en cada verticilo), el grado de división de la lámina, el número de pinnas en cada fronda, y el color, la forma y la disposición de los soros. Se recolectó la base del estípite con escamas o pelos, la pinna basal, uno o dos pares de pinas intermedias y las pinnas apicales (Lorea y Riba, 1990).

Posteriormente, en el laboratorio (herbario HGOM, Centro de Investigaciones Biológicas, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo), cada prensa se colocó en una secadora convencional por dos o tres días, dependiendo del grado de hidratación y las características de los ejemplares, para evitar en lo posible que se quemaran o se favoreciera el crecimiento de hongos por el calor y la humedad (Lorea y Riba, 1990). Los ejemplares secos se identificaron a nivel de especie, con base en las claves de Mickel y Smith (2004); la nomenclatura fue actualizada de acuerdo con los trabajos de Smith *et al.* (2006, 2008), Fay-Wei *et al.* (2012); Grusz y Windham (2013), para los géneros y Christenhusz *et al.* (2011) para las familias.




Los ejemplares más completos y mejor conservados se montaron en cartulinas de papel bond de buena calidad y libre de ácido, con medidas de 29 x 40 cm. En cada ejemplar se incluyeron los respectivos datos estándar, para integrarlos a la colección del Herbario HGOM (Pérez, 2009).

La elección de las especies de helechos y licopodios que se proponen como indicadores de la calidad del BMM se basó en criterios cualitativos, que consistieron en (1) anotar el nombre de las especies que se desarrollaban en ambientes con perturbación evidente, y (2) se consultaron trabajos previos en los que se mencionaban especies con estas características. Se considero arbitrariamente que un BMM con alto grado de perturbación (baja calidad del hábitat), posee caminos y veredas, está situado cerca de asentamientos humanos, áreas de cultivo o ganadería (potreros) y el dosel está modificado, de tal manera que la entrada de luz es alta. Por lo contrario, en un BMM con bajo grado de perturbación (alta calidad del hábitat), hay pocas veredas, está situado lejos de asentamientos humanos, áreas de cultivo y potreros, la cobertura del dosel es alta y no se encuentran desechos generados por actividades humanas (Rodríguez-Romero *et al.*, 2008; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Gutierrez, en proceso).

Semejanza en la composición de especies de helechos y licopodios entre BMM

Esta semejanza se realizó de forma numérica, mediante el análisis de agrupamiento (Cluster analysis o CA, por sus siglas en inglés), una técnica jerárquica aglomerativa que analiza los sitios en forma individual para fusionarlos



sucesivamente en grupos de tamaño creciente, hasta que todos los sitios son sintetizadas en un sólo grupo. Se eligió el índice de Sorensen como la medida de distancia para definir la semejanza entre los grupos y como método de unión el de promedio entre grupos (McCune y Grace, 2002). Para realizar el análisis se utilizó el programa de cálculo PC-ORD (McCune y Mefford, 1999). Además, para observar la tasa de reemplazo se calculó la diversidad beta, mediante la fórmula 1-semejanza (obtenida mediante el índice de Sorensen). En este análisis, se compararon las especies de helechos y licopodios de seis BMM, cuatro en el estado de Hidalgo (Pérez, 2009; Zúñiga, 2009; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Pérez-Paredes *et al.*, 2012), uno situado en el estado de Puebla (Cerón-Carpio *et al.*, 2012) y otro en el estado de Veracruz (Vázquez *et al.*, 2006). Se eligieron dichos trabajos, debido a que todos son inventarios exclusivos de helechos y licopodios en BMM.

Índice de biodiversidad taxonómica

Con la finalidad de comparar la riqueza de especies entre sitios o áreas de diferente tamaño, se utilizó el índice de biodiversidad taxonómica o IB, que se obtiene dividiendo el número de especies registradas (S) entre el logaritmo natural del tamaño del área (A) en hectáreas: $IB=S/\ln A$ (Squeo *et al.*, 1998). Los sitios comparados fueron los BMM de Hidalgo (Pérez, 2009; Zúñiga, 2009; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Gutierrez, en proceso) y los BMM de Puebla (Cerón-Carpio *et al.*, 2012) y Veracruz (Vázquez *et al.*, 2006).

RESULTADOS

Composición taxonómica del BMM

Se recolectaron 196 ejemplares, que pertenecen a 119 especies, 53 géneros y 19 familias de helechos y licopodios; 10 de las especies identificadas representan nuevos registros a nivel estatal. Considerando los datos de los inventarios previos sobre las ambos grupos del BMM del estado de Hidalgo (Pérez, 2009; Zúñiga, 2009; Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012), en el presente estudio se incluyen en el listado final para el BMM del estado de Hidalgo 263 especies (con diez variedades), 76 géneros y 28 familias. En la división Lycopodiophyta se incluyen dos familias, 4 géneros y 30 especies, una de las familias, Selaginellaceae incluye un género y 26 especies. La división Polypodiophyta contiene 26 familias, 72 géneros y 233 especies (Cuadro 5; Anexo 1).

Cuadro 5. Riqueza taxonómica de la Pteridoflora del BMM del estado de Hidalgo

Grupo	Familias	Géneros	Especies
Lycopodiophyta	2	4	30
Polypodiophyta	26	72	233
Total	28	76	263

Las familias con mayor número de especies dentro de la división Polypodiophyta son Pteridaceae, Polypodiaceae, Dryopteridaceae, Aspleniaceae y Thelypteridaceae con 49, 48, 33, 18 y 17 especies, respectivamente (Cuadro 6). Diez de los 76 géneros de helechos y lycopodios del BMM de Hidalgo poseen un alto número de especies, entre 7 y 23; del total de géneros seis contienen más de 10 especies, cinco entre 6 y 8 especies y el resto entre 1 y 5 especies (Cuadro 7).

Cuadro 6. Familias con mayor número de especies en los BMM del estado de Hidalgo

Familia	Géneros	Especies
Pteridaceae	15	49
Polypodiaceae	12	48
Dryopteridaceae	7	33
Aspleniaceae	2	18
Thelypteridaceae	2	17
Hymenophyllaceae	2	10
Selaginellaceae	1	24

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio, el BMM del estado de Hidalgo posee el 25.53% de las especies de helechos y lycopodios de México y el 41.75% del total de especies de ambos grupos de plantas, presentes en el BMM a nivel nacional (Cuadro 8).

Cuadro 7. Géneros con mayor riqueza de especies en los BMM del estado de Hidalgo

Género	Número de especies
<i>Selaginella</i>	24
<i>Asplenium</i>	17
<i>Thelypteris</i>	16
<i>Elaphoglossum</i>	14
<i>Pleopeltis</i>	12
<i>Polypodium</i>	12
<i>Adiantum</i>	8
<i>Pteris</i>	8
<i>Pecluma</i>	7

Cuadro 8. Número y porcentaje de especies de helechos y licopodios del BMM de Hidalgo con respecto a las que se mencionan a nivel nacional, en el BMM de México y en el estado de Hidalgo

Helechos y licopodios	México	BMM de México	Hidalgo	BMM de Hidalgo
Número de especies	1030¹	630¹	362²	263³
Porcentaje de especies del BMM de Hidalgo con respecto a:	25.53	41.75	72.65	100

²Pérez *et al.* (2011); ¹Tejero-Díez *et al.* (2014); ³presente estudio

Nuevos registros de helechos y lycopodios para el estado de Hidalgo

De acuerdo con los datos de distribución de las especies de helechos y lycopodios en México de Mickel y Smith (2004), y con base en la revisión de literatura reciente, en el presente estudio se identificaron 15 especies como nuevos registros para el BMM del estado de Hidalgo; 10 de ellas representan una nueva distribución a nivel estatal, y las otras cinco: *Asplenium resiliens*, *Cochlidium linearifolium*, *Melpomene pilosissima*, *Polypodium liebmanii* y *Scoliosorus ensiformis*, ya se habían recolectado en tipos de vegetación diferentes al BMM en el estado de Hidalgo. Se incluye una descripción general de cada uno de los nuevos registros a nivel estatal, de acuerdo con la información contenida en la obra de Mickel y Smith (2004; Anexo 2) y a continuación la distribución de los mismos en el país (Cuadro 9).

Cuadro 9. Nuevos registros de especies de helechos y lycopodios para Hidalgo

Especies	Colector	Lugar de recolecta	Distribución en México
<i>Selaginella martensii</i> Spring.	ASG 4428	La Misión	México, Oaxaca, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz
<i>Selaginella rzedowskii</i> Lorea-Hern.	ASG 4429	La Misión	Guerrero
<i>Anemia pastinacaria</i> Moritz ex Prantl	RLGV 2	Huehuetla	Chiapas, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Oaxaca y Veracruz
<i>Anemia speciosa</i> C. Presl	ASG 5406	Huehuetla	Chiapas y Oaxaca
<i>Asplenium harpeodes</i> Kunze	ASG 5391	Huazalingo	Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla y Veracruz.

Especies	Colector	Lugar de recolecta	Distribución en México
<i>Marattia laxa</i> Kunze	AGHA 70	Tepehuacán de Guerrero	Oaxaca, Puebla y Veracruz.
<i>Megalastrum subincisum</i> (Willd.) A. R. Sm. & R. C. Moran	AGHA 48	Huazalingo	Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz
<i>Pleopeltis angusta</i> Humb. & Bonpl. ex Willd	MGL 154	Agua Blanca	Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nayarit y Oaxaca
<i>Serpocaulon triseriale</i> (Sw.) A. R. Sm.	AGHA 105	Huehuetla	Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tabasco y Veracruz
<i>Thelypteris schaffneri</i> (Fée)	ASG4300	Jacala de Ledezma	Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz

Colectores: AGHA= Adriana Gisela Hernández Álvarez, ASG= Arturo Sánchez González, MGL= Marisol Gutiérrez Lozano y RLG= Ro Linx Granados Victorino

Especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010

De las 263 especies de helechos y licopodios identificadas hasta el momento en el BMM del estado de Hidalgo, nueve se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059 (SEMARNAT, 2010): *Nephrolepis cordifolia* es la única en peligro de extinción, *Campyloneurum phyllitidis* y *Psilotum complanatum* están amenazadas y el resto se considera bajo protección especial (Cuadro 10).

Cuadro 10. Especies en alguna categoría de riesgo en la NOM-059 (SEMARNAT, 2010)

Especie	Categoría
<i>Alsophila firma</i>	Pr
<i>Campyloneurum phyllitidis</i>	A
<i>Cibotium schiedeii</i>	P
<i>Cyathea fulva</i>	Pr
<i>Dicksonia sellowiana</i>	Pr
<i>Marattia laxa</i>	Pr
<i>Marattia weinmanifolia</i>	Pr
<i>Nephrolepis cordifolia</i>	P
<i>Psilotum complanatum</i>	A

P: peligro de extinción, Pr: protección especial, A: amenazada

Especies consideradas como probables indicadoras de la calidad del BMM

Del total de especies de helechos y licopodios presentes en el BMM de Hidalgo se encontraron algunas especies en áreas expuestas, como orillas de carreteras, caminos secundarios, límites de potreros, zonas de agricultura y en terrenos cercanos a los poblados, que de acuerdo con Rodríguez-Romero *et al.* (2008), Walter y Sharpe (2010) y Gutiérrez (en proceso), colonizan lugares con algún tipo de disturbio. En el Cuadro 11, se enlistan las especies que se encontraron en el BMM de Hidalgo y que han sido propuestas como indicadoras de algún tipo de disturbio:

Cuadro 11. Especies consideradas como indicadoras de perturbación y posible origen de disturbio hallados en el BMM, de acuerdo con Walter y Sharpe (2010), Rodríguez-Romero *et al.* (2008) y Gutiérrez (en proceso)

Especie	Origen de disturbio	
	Humano	Fuego
<i>Cheilanthes bonariensis</i>	*	*
<i>Cystopteris fragilis</i>	*	
<i>Gaga marginata</i>	*	
<i>Diplopterigium bancroftii</i>	*	
<i>Gleichenella pectinata</i>	*	*
<i>Licopodiella cernua</i>	*	
<i>Lophosoria quadripinnata</i>	*	
<i>Lygodium venustum</i>	*	
<i>Pellae ternifolia</i>	*	*
<i>Pityrogramma calomelanos</i>	*	*
<i>Pteridium aquilinum</i>	*	*
<i>P. arachnoideum</i>	*	*
<i>Sticherus sp.</i>	*	

Además de las especies mencionadas en el Cuadro 11, durante los recorridos y exploración en campo, se observaron otras creciendo comúnmente en orillas de caminos o claros de bosque, en varios municipios: *Adiantum capillus-veneris*, *Anemia adiantifolia*, *Anemia mexicana*, *Anemia phyllitidis*, *Blechnum appendiculatum*, *Blechnum polypodioides*, *Cheilanthes cucullans*, *Cheilanthes farinosa*, *Cheilanthes notholaenoides*, *Cheilanthes pyramidalis*, *Elaphoglossum*

sartorii, *Huperzia reflexa*, *Lycopodium clavatum*, *Llavea cordifolia*, *Lycopodium thyoides*, *Pellaea ovata*, *Phanerophlebia nobilis*, *Pityrogramma calomelanos*, *P. ebenea*, *Polystichum distans*, *Pteridium caudatum*, *Selaginella extensa*, *S. hoffmani*, *Sticherus underwoodianus*, *Thelypteris cheilanthoides*, *T. oligocarpa*, *Woodwardia martinezzi*, *Woodwardia semicordata* y *Woodwardia spinulosa* (Figura 4).



Figura 4. Ejemplos de helechos y licopodios en sitios perturbados del BMM de Hidalgo: A. *Sticherus* sp. creciendo en orillas de caminos en el municipio de Tianguistengo, y B. *Lycopodium thyoides* en un claro del bosque en Acaxochitlán

Sin embargo, también se observó la presencia de helechos y licopodios que podrían indicar condiciones de escasa-intermedia perturbación de los BMM, tales como las especies arborescentes: *Alsophila firma*, *A. tryoniana*, *Cyathea fulva* y *Dicksonia sellowiana*; especies epífitas como: *Campyloneurum serpentinum*, *Cochlidium linearifolium*, *C. serrulatum*, varias especies de *Elaphoglossum* (*E. monicae*, *E. obscurum*, *E. peltatum*, entre otros), *Lellingeria prionodes*, *Melpomene leptostoma*, *M. moniliformis*, *Micropolypodium taenifolium*, *Niphidium crassifolium*,

Pecluma atra, *Pleopeltis angusta*, *P. plebeia*; varias especies de *Polypodium* (*P. echinolepis*, *P. lepidotrichum*, *P. liebmanii*, entre otros), *Psilotum complanatum*, *P. nudum*, *Scoliosorus ensiformis*; especies terrestres como *Botrychium decompositum*, *B schaffneri*, *Marattia laxa*, *M. weinmannifolia*, y especies con distribución restringida en este bosque, como *Cibotium schiedei*, *Megalastrum atrogriseum*, *M. subincisum*, *Osmunda regalis*, *Plagiogyria pectinata* (Mickel y Smith, 2004; Mehltreter, 2010a; Pérez-Paredes *et al.*, 2014; Tejero-Díez *et al.*, 2014; Figura 5).



Figura 5. Ejemplos de helechos cuya presencia y abundancia podría indicar buena calidad del BMM de Hidalgo: A y B, *Marattia laxa* Kunze y *Psilotum complanatum* Sw. respectivamente, municipio de Tepehuacán de Guerrero; y C, bosque de *Alsophila firma*, municipio de Huazalingo

Sustrato de crecimiento de los helechos y lycopodios del BMM

Los resultados del presente estudio indican que la mayoría de las especies identificadas (132), se desarrollan en el sustrato terrestre (50.19%); 75 especies (28.52%) crecen en dos o tres sustratos; 31 especies son sólo epífitas (11.79%); y 26 especies tienen como único sustrato de crecimiento el rupícola (9.89%). Es importante señalar que de las especies que no muestran especificidad por algún tipo de sustrato, (es decir, que crecen en 2 ó 3 sustratos), sólo 17 especies (6.46%) pueden considerarse como generalistas, al crecer en cualquiera de los tres sustratos (suelo, roca y árbol-arbusto); mientras que el resto puede desarrollarse en dos sustratos: 32 especies son rupícolas o terrestres; 16 especies son epífitas o terrestres; y 10 especies tienen hábito epífito o rupícola (Figura 6).

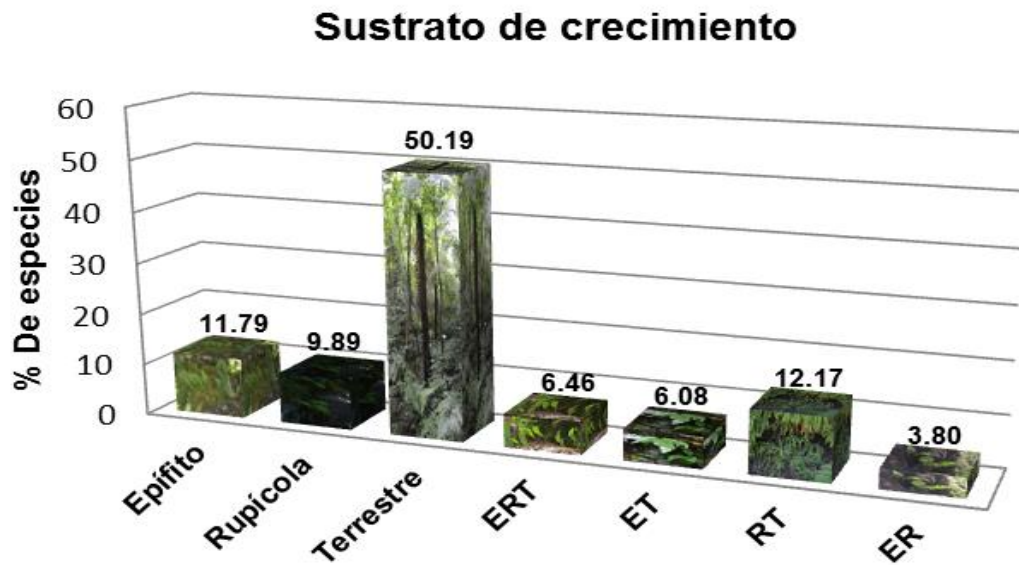


Figura 6. Porcentaje de especies de helechos y lycopodios por tipo de sustrato de crecimiento, en el BMM del estado de Hidalgo. Simbología de los sustratos: ETR= epífito-terrestre-rupícola, ET= epífito-terrestre, RT= rupícola-terrestre y ER=epífito-rupícola

Diversidad beta entre municipios con BMM

En general, los valores más altos de semejanza en la composición de especies (menor diversidad beta) se presentaron entre los municipios con BMM del estado de Hidalgo; mientras que la menor semejanza (mayor diversidad beta) se observó entre los municipios con BMM de Puebla y Veracruz, entre sí y con respecto a los municipios del estado de Hidalgo.

Los municipios con BMM con mayor semejanza en la composición de especies (menor diversidad beta) fueron Zacualtipán y Tlanchinol; y la menor semejanza (mayor tasa de reemplazo) fue entre el municipio de Calnali y la Banderilla, Veracruz (Cuadro 12).

Cuadro 12. Diversidad beta (1-índice de semejanza de Sorensen: números en la diagonal superior), riqueza de especies (diagonal media) y número de especies compartidas (números en la diagonal inferior) entre los sitios analizados

	Tenango	Calnali	Zacualtipán	Tlanchinol	Necaxa	Banderilla
Tenango	111	0.50	0.52	0.48	0.56	0.62
Calnali	55	115	0.54	0.50	0.55	0.65
Zacualtipán	56	55	125	0.41	0.57	0.62
Tlanchinol	62	61	76	130	0.55	0.56
Necaxa	43	46	47	50	89	0.56
Banderilla	45	42	49	57	48	128

Números en negritas indican la diversidad beta más alta y más baja entre las localidades analizadas

El dendrograma generado a partir del análisis de agrupamiento, ilustra de forma gráfica la semejanza en la composición de especies entre los municipios antes referidos (Figura 7), en un nivel de corte de 50% de la información remanente, se observan tres grupos bien definidos: Grupo 1. Incluye a los municipios 1, 2, 3 y 4, correspondientes a Calnali, Tenango, Tlanchinol y Zacualtipán de Ángeles, todos dentro del estado de Hidalgo. Grupo 2. Incluye sólo al municipio de Necaxa, Puebla. Grupo 3. Incluye sólo la Región de Banderilla, Veracruz.

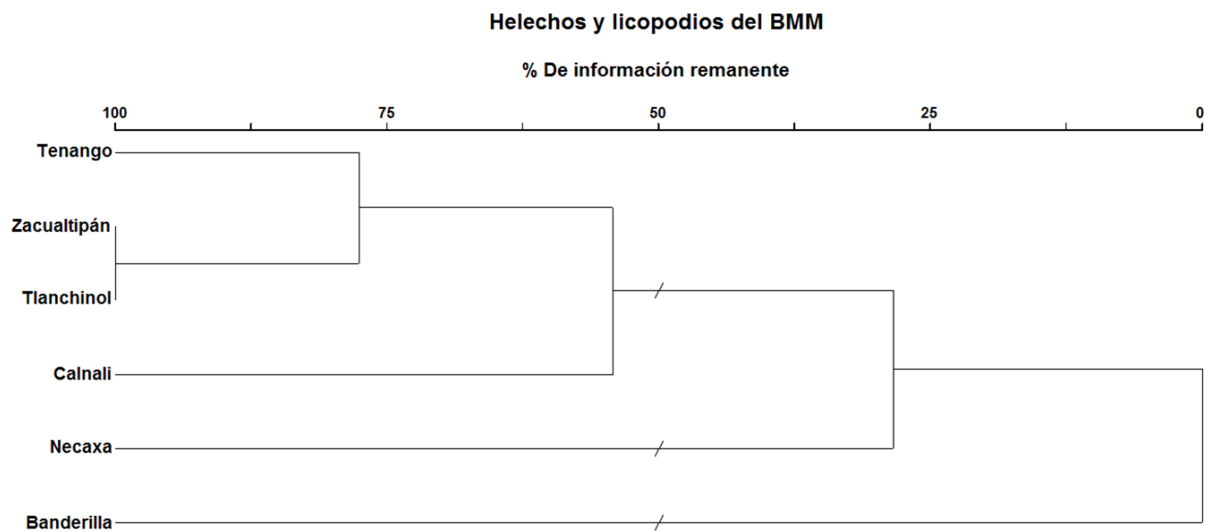


Figura 7. Dendrograma del análisis de agrupamiento, que muestra las relaciones jerárquicas entre los municipios con BMM. Cada rama del dendrograma esta etiquetada con el nombre del municipio. La escala vertical es la función objetiva de Wishart, e indica el porcentaje de información presente a medida que los grupos se fusionan.

Índice de diversidad taxonómica

A partir de los datos recopilados de los estudios llevados a cabo en los BMM del estado de Hidalgo (Pérez, 2009; Zúñiga, 2009; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Gutiérrez: en proceso) y de Puebla y Veracruz (Vázquez *et al.*, 2006; Cerón-Carpio *et al.*, 2012), se estimó que los sitios que contienen el mayor número de especies por unidad de área (ha) fueron la Región de Banderilla, en Veracruz (16.61 spp/ha) y los bosques de haya del estado de Hidalgo (16.46); mientras que la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, Puebla es la que posee menor riqueza (8.56 especies/ha) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Variables ambientales, riqueza de especies e Índice de biodiversidad taxonómica (IB) de los municipios analizados de los estados de Hidalgo, Puebla y Veracruz

Región o municipio con BMM	Temperatura promedio (°C)	Precipitación pluvial (mm/año)	Altitud (m)	Riqueza de especies	Área (ha)	IB
Tenango de Doria ³	17.2	1,655.9	1,466	107	21,070	10.75
Calnali ²	19	1,800-2,500	960	114	19,020	11.57
Zacualtipán de Ángeles ⁶	14.6	1,316.2	1,674.35	127	24,160	12.58
Tlanchinol ⁴	17.2	2,156.2	1,590	130	38,000	12.32
Bosques de haya de Hidalgo ⁷	9-18	1,200-2,050	1,557-1,987	75	95.24	16.46
Río Necaxa (Puebla) ⁵	24-30, 3-15	200-2,300	560-2,323	89	32,630	8.56
Banderilla (Veracruz) ¹	18	1,500	1,520	128	2,221	16.61


¹Vázquez *et al.*, 2006; ²Pérez, 2009; ³Zúñiga 2009; ⁴Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; ⁵Cerón-Carpio *et al.*, 2012; ⁶Pérez-Paredes *et al.*, 2012; ⁷Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013

DISCUSIÓN

Composición florística del BMM

En años recientes se ha incrementado el interés en realizar estudios florísticos detallados, exclusivamente sobre helechos y licopodios en varias entidades de México (Carreño, 2006; Cerón-Carpio *et al.*, 2006; Vázquez *et al.*, 2006; Rodríguez *et al.*, 2008; Cerón Carpio *et al.*, 2012; Santiago, 2013; Cetzal-Ix *et al.*, 2013). Los datos aportados en estas investigaciones aumentaron notablemente el número de especies de helechos y licopodios; por lo que es probable que en los estados de la República Mexicana en donde existen pocos estudios detallados con ambos grupos de plantas (v. gr. Oaxaca) la riqueza de especies este subestimada (Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012); excepto en el estado de Veracruz, donde varios especialistas en helechos y licopodios han concentrado sus estudios desde hace más de tres décadas (Palacios-Ríos, 1992; Vázquez *et al.*, 2006; Tejero-Díez *et al.*, 2011).


Algo semejante ocurrió en estado de Hidalgo, donde desde hace nueve años se inició un proyecto con el objetivo de realizar un inventario lo más completo posible de helechos y licopodios (Sánchez-González, comunicación personal) y cuyos datos para el BMM se retoman en el presente estudio. En estudios previos a dicho inventario, realizados en tres municipios (Tenango de Doria, Tlanchinol y Zacualtipán de Ángeles) con BMM (Luna *et al.*, 1994; Alcántara y Luna, 1997; Mayorga *et al.*, 1998; Alcántara y Luna, 2001), se subestimó en más del 50% el número de especies de ambos grupos de plantas, de acuerdo con los resultados obtenidos posteriormente por Zúñiga (2009), Álvarez-Zúñiga *et al.* (2012) y Pérez-



Paredes *et al.* (2012), respectivamente, dentro del citado proyecto y observado igualmente en el presente estudio.


En este estudio, los datos obtenidos comprueban la elevada riqueza de helechos y licopodios del BMM del estado de Hidalgo: las 263 especies registradas representan una cuarta parte de la que existe a nivel nacional; el 41.75% de la que está presente en los BMM de México y, el 72.65% del total estatal. Conforme a esto, el BMM del estado de Hidalgo ocupa el tercer lugar en riqueza de especies a nivel nacional (con más del 41%), sólo superado por Veracruz (52%) y Chiapas (42%); y por arriba de Oaxaca (38%), Guerrero (35%), Estado de México (23%) y Querétaro (17%); estas cifras contrastan con estimaciones recientes (Tejero-Díez *et al.*, 2014), donde se menciona que Hidalgo contiene el 24% de las especies de helechos y licopodios presentes en el BMM de México. Además, la flora de helechos y licopodios de Hidalgo aumenta a 372 especies con los 10 nuevos registros reportados.

De acuerdo con Whittaker *et al.* (2001) en la relación especies-área, se considera que independientemente del grupo taxonómico o del tipo de ecosistema de que se trate, el número de especies tiende a incrementarse conforme aumenta el tamaño del área. En este sentido y considerando que los estados con mayor cobertura de BMM son, en orden de importancia Oaxaca, Chiapas e Hidalgo (Ortega y Castillo, 1996); se esperaría que en los BMM del estado de Oaxaca existiera un mayor número de especies de helechos y licopodios que en los del estado de Hidalgo. Si se adiciona que además del área existen otros factores independientes, que son igualmente críticos y tienen también un alto poder




explicativo de los patrones de riqueza de especies, tales como la productividad, la disponibilidad de energía (clima) y la heterogeneidad ambiental (Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012); los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz presentan condiciones un poco más propicias que el de Hidalgo para albergar mayor diversidad biológica (García *et al.*, 2008; Anta-Fonseca *et al.*, 2010; Challenger *et al.*, 2010; Cruz *et al.*, 2010; Pérez y Gómez, 2010).

En el mismo sentido, pero a escala municipal/regional los valores del índice de biodiversidad taxonómica indican que los BMM de la región de Banderilla, Veracruz, y los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) del estado de Hidalgo poseen una elevada riqueza de especies de helechos y licopodios por unidad de área, cuando se comparan con los BMM de otros municipios de Hidalgo y Puebla. Este elevado número de especies presentes en ambos sitios, podría deberse a que el grado de perturbación es todavía bajo-intermedio (Vázquez *et al.*, 2006; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013, 2014); en el caso específico de los bosques de haya, se desarrollan únicamente en sitios con características ambientales específicas de humedad y temperatura, que son también ideales para los helechos y licopodios. Como ambos grupos de plantas son consideradas indicadoras de la calidad del hábitat, por ser altamente sensibles a las perturbaciones (Williams-Linera *et al.*, 2003; Paciencia y Prado, 2005; Arcand y Ranker, 2008; Mehltreter, 2008b, 2010a, 2010b; Vargas-Rodríguez *et al.*, 2010), los valores de riqueza de especies, más bajos en los municipios con BMM del estado de Hidalgo, podrían estar relacionados directamente con el elevado grado de perturbación observado durante los recorridos de campo.




Por otra parte, al comparar los resultados del presente estudio con otros trabajos enfocados exclusivamente a los helechos y licopodios en diferentes tipos de vegetación del estado de Hidalgo, tales como bosques de *Quercus* y de coníferas (Sánchez y Chávez, 1951; Ramírez-Cruz *et al.*, 2009) y matorral xerófilo (Pérez, 2012; Cuevas *et al.*, 2013), se corrobora que los BMM son el tipo de vegetación con mayor riqueza de especies de helechos y licopodios a nivel estatal. Los mismos resultados se han obtenido para los BMM en otros estados, como Veracruz (Tejero-Díez *et al.*, 2011) y a nivel Nacional (Tejero-Díez *et al.*, 2014). Este ecosistema alberga el mayor número de especies de flora y fauna en relación con su área en México y los helechos y licopodios se encuentran particularmente bien representados (Rzedowski, 1996; Challenger, 1998; Villaseñor, 2010).

Existen múltiples factores que pueden estar relacionados con el elevado número de especies presentes en el BMM; por un lado se sabe que la riqueza de especies no se distribuye uniformemente en la regiones montañosas, es menor en altitudes bajas (<800 m), incrementa en altitudes intermedias (800-2,000 m), en el intervalo donde prospera el BMM en México (Luna *et al.*, 2001; Moran, 2008; Gual-Díaz y González-Medrano, 2014), y disminuye en altitudes elevadas. La combinación óptima de temperatura moderada y alta humedad y heterogeneidad ambiental (diferentes pendientes, exposiciones, suelos, microclimas) en altitudes intermedias, provee de las condiciones óptimas para el desarrollo de los helechos y licopodios (Moran, 2008; Tejero-Díez *et al.*, 2014) y muchos otros grupos de seres vivos.




Con respecto a la composición taxonómica, las familias Selaginellaceae (Lycopodiophyta), Dryopteridaceae, Polypodiaceae y Pteridaceae (Polypodiophyta) son las más representativas, por el número de especies en el BMM de Hidalgo; estos resultados coinciden con los de trabajos previos realizados en el BMM de estados como Puebla (Cerón-Carpio *et al.*, 2012) y Veracruz (Vázquez *et al.*, 2006; Tejero-Díez *et al.*, 2011) y a nivel nacional (Tejero-Díez *et al.*, 2014). Es importante mencionar que las familias antes referidas son también las más comunes en distintos tipos de vegetación dentro del estado de Hidalgo (Ramírez-Cruz *et al.*, 2009; Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Cuevas *et al.*, 2013) y son también las que poseen el mayor número de especies a nivel nacional y mundial, por lo que era de esperarse estos resultados. De acuerdo con Tejero-Díez *et al.* (2014), en los helechos y licopodios como en otros grupos de plantas, unas cuantas familias pueden concentrar un número muy elevado de especies, por lo que para caracterizar la composición taxonómica de algún tipo de vegetación en particular, generalmente son los géneros lo que tienen mayor importancia.

En cuanto a la composición de géneros, los seis géneros más representativos (con 10 o más especies cada uno) en el BMM del estado de Hidalgo son: *Asplenium*, *Elaphoglossum*, *Pleopeltis*, *Polypodium*, *Selaginella* y *Thelypteris*; y representan el 36.12% de las especies. Otros estudios en BMM mencionan resultados similares, tanto a nivel estatal como nacional (Vázquez *et al.*, 2006; Tejero-Díez *et al.*, 2011; Cerón-Carpio *et al.*, 2012; Tejero-Díez *et al.*, 2014); en contraste, los géneros de helechos y licopodios más comunes en otros tipos de vegetación, como por ejemplo en bosques de *Quercus*, bosques de



coníferas (Ramírez-Cruz *et al.*, 2009) y matorrales xerófilos (Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Cuevas *et al.*, 2013), son diferentes. De acuerdo con los resultados antes mencionados, algunos géneros tales como *Asplenium*, *Elaphoglossum* y *Polypodium* constituyen un referente más para la caracterización del BMM de México, pues se reconoce que son propios de las zonas templadas de montaña; mientras que *Selaginella* y *Thelypteris* lo son de zonas más cálidas o tropicales (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004; Tejero-Díez *et al.*, 2011; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012). La alta representación de estos dos últimos géneros se debe principalmente a la gran cantidad de ríos y arroyos presentes en el BMM, que funcionan como corredores biológicos que conectan entre sí diferentes zonas ecológicas (o tipos de vegetación) aledañas (Tejero-Díez *et al.*, 2014). Por su parte, el género *Pleopeltis*, ha sido definido como un taxón epífito, con adaptaciones morfo-anatómicas de índole xeromórfico, que como otros géneros integrantes de Pteridaceae, son componentes importantes de los bosques templados húmedos y subhúmedos de las regiones montañosas de México, ya que forman el suelo del dosel y contribuyen a mantener el balance hídrico del bosque (Tejero-Díez, 2009).


Continuando con los datos a nivel genérico, se estimó que el 39.16% de los géneros contienen entre 3 y 9 especies y el 24.71% restante una o dos especies. La existencia de una gran proporción de géneros que contienen pocas especies no tiene relación con el grado de completitud del inventario de especies de helechos y licopodios; en cambio, sí corrobora un patrón biogeográfico ampliamente documentado en diferentes regiones templadas del planeta (incluido




México), según el cual una secuencia de pocos taxones comprende la mayoría de las especies de una flora determinada (Tolmatschew, 1971; Sánchez-González *et al.*, 2005).

Con respecto a la completitud del presente estudio, de acuerdo con algunos autores, la detección de especies para completar un inventario, depende directamente de su abundancia, del método de muestreo y la experiencia del investigador (Nakamura y Soberón, 2008, Álvarez *et al.*, 2012). En el presente estudio se retomó información de estudios previos en el BMM del estado de Hidalgo en los que se empleó un esfuerzo de muestreo similar (Pérez, 2009; Zúñiga, 2009; Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012). Sin embargo, en los BMM explorados en el presente el tiempo de búsqueda y recolección de ejemplares fue limitado y se focalizó principalmente a especies de tamaño pequeño y a micro-hábitats especiales, con la premisa de que las especies más conspicuas tenían mayor probabilidad de haber sido recolectadas previamente; como el esfuerzo de muestreo fue menor y el tamaño del área explorada fue diferente en cada municipio (por el elevado grado de perturbación y desaparición de la cubierta vegetal), no se consideró adecuado utilizar análisis estadísticos para estimar el porcentaje de completitud.

Es probable que el inventario de especies de helechos y licopodios del BMM del estado de Hidalgo este aun incompleto. Sin embargo, se requeriría de un esfuerzo de muestreo excesivo en tiempo y recursos humanos, que aportaría realmente muy pocas especies, por las siguientes razones:


- 
- Las esporas de los helechos y licopodios poseen una alta vagilidad, lo que explica la amplia distribución de la mayoría de las especies y el que existan pocos endemismos (Arcand y Ranker, 2008; Moran, 2008; Tejero-Díez *et al.*, 2014). Considerando esta información, es probable que el inventario del presente estudio sea bastante representativo de la riqueza de especies del BMM del estado de Hidalgo, dado que los inventarios más completos se realizaron en municipios ubicados en los extremos (San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria y Tlanchinol) y en la parte central (Calnali y Zacualtipán de Ángeles) de la distribución del BMM en la entidad.
 - Las especies que en el presente estudio representan nuevos registros para el BMM de Hidalgo o para el estado de Hidalgo en general, son escasas a nivel local e incluso podrían ser en realidad representantes de individuos provenientes de localidades o tipos de vegetación contiguos, como se ha mencionado en otras investigaciones (González-Oreja *et al.*, 2010; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012).
 - De acuerdo con algunos autores, conforme un inventario se va completando, es cada vez menos frecuente registrar especies nuevas y el esfuerzo de muestreo requerido para poder añadir más, se incrementa considerablemente; por lo que el balance costo (esfuerzo adicional) beneficio (número de especies nuevas) es cada vez menos favorable (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; López-Gómez y Williams-Linera, 2006). En el presente estudio, después de la exploración en campo en siete municipios, en un periodo de aproximadamente un año y un mes, sólo se identificaron 10 especies más como nuevos registros



para el BMM del estado de Hidalgo, lo que adicionó 4% a la riqueza de especies conocida; por lo que se requeriría al menos de un esfuerzo de búsqueda y recolección de ejemplares similar, para poder igualar o incrementar dicho porcentaje.

- Los helechos con hábitats específicos (por vivir en microhábitats particulares o por mantener alguna relación simbiótica) son susceptibles a cambios en el ambiente, tanto de origen natural como humano (Arcand y Ranker, 2008; Tejero-Díez *et al.*, 2011; Figura 8). Dichos hábitats son actualmente escasos y suelen encontrarse en lugares poco accesibles; tal es el caso de los BMM con menor grado de disturbio, que se desarrollan en barrancas y cañadas estrechas, en donde las actividades antrópicas no son posibles (Alcántara y Luna, 2001; Williams-Linera *et al.*, 2002; Anta-Fonseca *et al.*, 2010; Challenger *et al.*, 2010; Toledo-Acevedes, 2010; Toledo-Acevedes *et al.*, 2011; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012). Tomando en cuenta lo anterior, y que el tipo de muestreo realizado en este estudio no permitió la exploración de ambientes poco accesibles, más el creciente deterioro del BMM que podría afectar a los hábitats menos degradados antes de ser explorados, varias especies corren el riesgo de extinguirse localmente antes de ser registradas o descritas (Arcand y Ranker, 2008).

Cabe mencionar que las 10 especies identificadas como nuevos registros para el estado de Hidalgo, se han recolectado en los BMM de entidades aledañas, como el Estado de México, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz; y en BMM de entidades lejanas, como Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Jalisco,




Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Tabasco y Tamaulipas; por lo que no es de sorprender su presencia, que puede explicarse por la alta vagilidad de sus esporas, capaces de llegar a dichos bosques a pesar de la distancia y la topografía (Luna *et al.*, 1999; Moran, 2008; Tejero-Díez *et al.*, 2014).

Con respecto al estado de protección en que se encuentran estas plantas, nueve de las especies de helechos y lycopodios identificadas en el presente estudio, están incluidas en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059- (SEMARNAT-2010), lo que representa el 3.42% de total de especies registradas en el BMM de Hidalgo, el 36% del total de especies consideradas en alguna categoría de riesgo en el BMM de México y el 2.5% de las especies presentes en Hidalgo. De cualquier forma, la NOM-059 ha sido ampliamente cuestionada, pues al parecer incluye especies que no requieren de protección, tales como *Selaginella porphyrospora*, que tiene amplia distribución y es considerada viaria y rupícola, y *Nephrolepis cordifolia*, que además de ser una planta introducida, ornamental, puede tener potencial de convertirse en maleza en ciertos ambientes (Tejero-Díez *et al.*, 2011; Tejero-Díez *et al.*, 2014). En cambio, otras especies, como *Alsophila tryoniana* y *Cibotium schidei* no se enlistan en la NOM-059, a pesar de tener una distribución restringida, pues sólo se han recolectado en sitios perturbados, en algunos municipios con BMM del estado de Hidalgo (Tenango de Doria y Calnali, respectivamente) y Veracruz (Mickel y Smith, 2004; Tejero-Díez *et al.*, 2011).

Helechos y licopodios como indicadores de la calidad del hábitat

En todos los municipios en donde se realizó la búsqueda y recolección de ejemplares, se desarrollan diferentes tipos de vegetación en colindancia con el BMM; principalmente bosque de *Quercus*, *Pinus-Quercus* (Acaxochitlán, Eloxochitlán, Huazalingo, Juárez Hidalgo, Lolotla, Pisaflores, Tenango de Doria y Zacualtipán de Ángeles), bosque tropical perennifolio (Calnali, Chapulhuacán, La Misión, Huehuetla, Tepehuacán de Guerrero, Tianguistengo) y vegetación secundaria (común en todos los municipios); la elevada capacidad de dispersión de las esporas de los helechos y licopodios, podría favorecer la presencia de taxones característicos de otros tipos de vegetación dentro del BMM; ejemplos de ello son algunas especies de los géneros *Acrostichum*, *Adiantopsis*, *Cyathea*, *Marattia*, *Microgramma*, *Odontosoria* y *Scoliosorus* (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004), que se consideran de afinidad cálida húmeda y se desarrollan en altitudes bajas en los estados de Chiapas, Guerrero, Puebla, Oaxaca y Veracruz (Ortega y Castillo, 1996; Lorea-Hernández y Velázquez-Montes, 1998; Luna *et al.*, 2001; Mickel y Smith, 2004).

De acuerdo con algunos autores (Ramírez-Cruz *et al.*, 2009; Pérez, 2012; Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Cuevas *et al.*, 2013), los géneros *Cheilanthes*, *Gaga*, *Myriopteris* y *Selaginella* son típicos de ambientes secos (matorral xerófilo) y subhúmedos (bosque de *Quercus*, *Pinus-Quercus*, bosque de coníferas), pero también son frecuentes en el BMM del estado de Hidalgo (presente estudio). Los géneros mencionados poseen una elevada riqueza de especies y presentan



adaptaciones especiales para tolerar o evadir el estrés hídrico (Mendoza-Ruíz y Pérez-García, 2009; Hietz, 2010; Pérez, 2012).

En todas las localidades visitadas, se observó un alto grado de degradación y fragmentación del BMM, producto de actividades como la ganadería, agricultura (maíz, café, naranja, plátano, flores de ornato, entre otras), tala ilegal, construcción de casas, principalmente (León y Paniagua *et al.*, 2010; observación personal). Sin embargo, algunas especies de helechos y licopodios poseen alta capacidad de dispersión, por lo que se consideran como oportunistas o pioneras (propias de las primeras etapas de la sucesión): colonizan claros o sitios abiertos naturalmente por la caída de árboles o artificialmente por el hombre (Strasburger *et al.*, 1993; Walker y Sharpe, 2010). Como ejemplo de ello se puede mencionar a *Pteridium aquilinum* (Walker y Sharpe, 2010) común en bosques abiertos, cercanos a poblados en todos los municipios explorados; y algunas especies de *Cheilanthes*, *Gaga*, *Myriopteris*, *Selaginella* y *Thelypteris*, que son consideradas típicas de climas cálidos y semicálidos húmedos, pero también son comunes en sitios perturbados (por ejemplo taludes laterales a caminos secundarios y carreteras) y raramente se encuentran en el interior del bosque (Rodríguez-Romero *et al.*, 2008; Tejero-Díez *et al.*, 2011). En el caso de *Lophosoria quadripinnata*, considerada como especie típica del BMM, una alta densidad de individuos dentro del bosque es considerada como un indicador de alteración del hábitat (Mehltreter, 2008a, 2008b; Gutiérrez, en proceso, observación personal).



Figura 8. *Scoliosorus ensiformis* T. Moore, helecho que habita en BMM sin presencia de daño, de acuerdo con Mehlreter (2010a), sin embargo en el presente estudio, se halló en un manchón de BMM en Eloxochitlán, Hidalgo, rodeado de vegetación secundaria y a escasos metros de un área recién talada para la siembra de maíz


En contraste, los helechos y licopodios que se proponen como indicadores de un BMM con poco disturbio o con buena calidad del hábitat (con pocas veredas; lejanos a poblados, milpas y potreros y con vegetación abundante), éstos se limitan a pequeños manchones rodeados por vegetación secundaria o en micro-hábitats donde el acceso de la gente es complicado al situarse comúnmente en barrancas, cimas de montañas, cascadas o lugares muy alejados (Alcántara y Luna, 2001; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; observación personal); sin embargo, es posible que con el crecimiento poblacional, la explotación de los recursos naturales, el desarrollo de medios de comunicación (principalmente carreteras) y si no se llevan a cabo estrategias de manejo y conservación, estas plantas tenderán a desaparecer en poco tiempo (Challenger, 1998; Williams-Linera *et al.*, 2002; González-Espinosa *et al.*, 2012; Gual-Díaz y González-Medrano, 2014; Leal-Jiménez, 2014; Figura 8).

Sustrato de crecimiento de los helechos y licopodios del BMM

De acuerdo con Watkins *et al.* (2006) en los helechos y licopodios los hábitos de crecimiento terrestre y epífita predominan a nivel mundial; en el caso de México, el sustrato de crecimiento más común es el terrestre (Pérez-García *et al.*, 1995). Acorde con lo antes mencionado, en el presente estudio la mayoría de las especies de helechos y licopodios del BMM del estado de Hidalgo son de hábito terrestre, y en menor proporción crecen sobre árboles y después sobre rocas. Esto último concuerda con estudios locales y nacionales similares al presente (Vázquez *et al.*, 2006; Pérez, 2009; Zúñiga, 2009; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Tejero-Díez *et al.*, 2014).

Con respecto al desarrollo de especies de helechos y licopodios en dos o más sustratos (hábitos generalistas), puede explicarse por las características típicas del ambiente del BMM, como la alta humedad persistente que favorece la formación de sustratos con abundante materia orgánica sobre rocas, árboles y troncos, la mayoría de los cuales están presentes junto a esorrentías donde el agua llega fácilmente; y que también ayuda a la reproducción (el agua permite el movimiento de los gametos masculinos flagelados hacia la ovocélula), desarrollo y nutrición de estas plantas (Page, 1979; Mehlreter, 2008a; Tejero-Díez *et al.*, 2014).


En el Continente Americano, los helechos ocupan el tercer lugar en número de especies de plantas epífitas, después de orquídeas y bromelias. Los géneros que presentaron mayor riqueza de especies epífitas en la presente investigación fueron *Polypodium*, *Pleopeltis*, *Asplenium* y *Elaphoglossum*, lo cual es un



resultado esperado, considerando que, al menos los tres primeros géneros pertenecen a las familias Polypodiaceae y Aspleniaceae, respectivamente, en las que más del 50% de las especies son epífitas (Mehltreter, 2008a). Los helechos epifitos cuentan con adaptaciones especiales para aprovechar la baja disponibilidad de nutrientes y de agua. La radiación solar a la que están expuestos no representa un problema en el BMM, porque las neblinas son frecuentes y la humedad atmosférica es alta, lo que contrarresta la deficiencia de lluvia (González-Espinoza *et al.*, 2012; Mehltreter, 2008a; Rzedowski, 1978). Algunas de las características que les permiten prevenir la pérdida de agua y/o mantener reservas de agua en los rizomas, ilustradas con las especies recolectadas en la presente investigación, son las siguientes: presencia de hojas divididas (v. gr. *Polypodium polypodioides*), hojas suculentas (v. gr. *Scoliosorus ensiformis*), cobertura densa de escamas (*Elaphoglossum guatemalense*), caída de las frondas (v. gr. *Polypodium rhodopleuron*), enrollamiento de las pinnas exponiendo las escamas hacia el exterior (v. gr. *Pleopeltis furfuracea*), pliegue de las pinnas en forma de acordeón (v. gr. *Asplenium praemorsum*), entre otras características (Mehltreter, 2008a; Tejero-Díez, 2009).


Semejanza entre BMM

Los resultados indican que los BMM del estado de Hidalgo presentan mayor semejanza entre sí, que con respecto a los de los estados de Puebla y Veracruz. De acuerdo con algunos datos aportados en otras investigaciones, las razones para explicar estos resultados podrían ser las siguientes: Ruíz-Jiménez *et al.*




(2012) mencionan que la composición florística de los BMM se relaciona con la distribución de las provincias florísticas de México (Rzedowski, 1978), además de que las localidades más cercanas entre sí, presentan mayor similitud florística, fenómeno conocido como “decaimiento con la distancia” (Sánchez-González *et al.*, 2005; Calderón-Patrón *et al.*, 2012; Marcantonio *et al.*, 2012). En este sentido, la región de Banderilla, Veracruz se ubica dentro de la provincia de las Serranías Meridionales, y las otras localidades analizadas (BMM de Hidalgo y Puebla) en la Provincia de la Sierra Madre Oriental (Rzedowski, 1978), lo que confirma que la tasa de recambio de especies es menor (mayor semejanza) cuando las localidades pertenecen a la misma provincia florística (Ruiz-Jiménez *et al.*, 2012).

Luna *et al.* (1999) estimaron, mediante un análisis de parsimonia de endemismos, que los BMM de la parte Sur de la Sierra Madre Oriental (donde se ubican los municipios de Hidalgo y Puebla, incluidos en el presente estudio), difieren de los de las Serranías Meridionales. Los cambios climáticos que ocurrieron en el pasado, fueron la causa principal del aislamiento entre ambas regiones. Sin embargo, en un análisis fenético sobre la flora genérica de los BMM de México, Acosta (2004) menciona que aunque los bosques de Hidalgo son afines entre sí, se agrupan con elementos de las Serranías Meridionales. Aunque los resultados de los estudios antes mencionados, puedan ser acordes (Luna *et al.*, 1999) o contradecir (Acosta, 2004), los obtenidos en la presente investigación, no son comparables, porque incluyeron la totalidad de la flora vascular, a nivel específico o genérico, respectivamente *versus* sólo helechos y licopodios (presente estudio).



Los helechos y licopodios, a diferencia de la mayoría de las plantas con semilla, poseen esporas pequeñas (30-70 μm de largo) y resistentes (capaces de tolerar temperaturas bajas y la radiación UV), lo que facilita su dispersión a largas distancias (Moran, 2008). En este sentido, es probable que las diferencias en composición de especies entre las localidades con BMM del estado de Hidalgo con respecto a la de Puebla, estén más relacionadas con el diseño de muestreo (o esfuerzo de recolección) que con la distancia geográfica, ya que el municipio de Tenango de Doria (Hidalgo) por ejemplo, es más cercano a la Cuenca Hidrográfica del río Necaxa (Puebla) que al municipio de Tlanchinol (Hidalgo).

Hace casi dos décadas la cobertura del BMM del estado de Hidalgo era de aproximadamente 21,641 ha (Ortega y Castillo, 1996), lo que representaba aproximadamente el 1.03% de la superficie estatal. Recientemente León y Paniagua *et al.* (2010) mencionan que menos del 0.5% de ese territorio se encuentra “protegido”, aunque actualmente existen iniciativas para la protección de este ecosistema (León y Paniagua *et al.*, 2010; Leal-Jiménez, 2014), todavía no hay nada concreto. Sin embargo, durante los recorridos de campo se observó que el grado de perturbación es muy elevado, en algunos sitios sólo existe vegetación secundaria. Es importante resaltar que en el pequeño espacio que ocupan los BMM en Hidalgo (no existen datos confiables sobre la superficie que ocupa actualmente) se concentra el 72.6% de las especies de helechos y licopodios registradas para la entidad, y probablemente también una proporción muy alta de otros grupos de plantas y demás seres vivos. Varios autores han llamado la atención sobre la urgencia de establecer programas de manejo y conservación de



los BMM del estado de Hidalgo y de México en general, debido principalmente a la enorme riqueza de especies que poseen por unidad de área; a los servicios ecosistémicos que brinda y al enorme deterioro y pérdida de la cubierta vegetal a la que están siendo sometidos (Myers, 1997; Challenger, 1998; Luna *et al.*, 2000; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo general:

- El inventario de helechos y licopodios del BMM del estado de Hidalgo incluye 263 especies, distribuidas en 76 géneros y 28 familias.


En relación con los objetivos particulares:

- Las familias con mayor número de especies son: Pteridaceae, Polypodiaceae, Dryopteridaceae, Thelypteridaceae, Aspleniaceae y Selaginellaceae; mientras que los géneros más ricos en especies son: *Selaginella*, *Thelypteris*, *Asplenium*, *Elaphoglossum*, *Polypodium*, y *Pleopeltis*. Se identificaron 10 especies como nuevos registros, lo que incrementa la riqueza de la flora de helechos y licopodios del estado de Hidalgo a 372 especies.

Se identificaron 9 especies que están incluidas dentro de la NOM-059 (SEMARNAT, 2010): *Nephrolepis cordifolia* en peligro de extinción; *Campyloneurum phyllitidis* y *Psilotum complanatum* están amenazadas; *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Dicksonia sellowiana*, *Marattia laxa* y *M. weinmanifolia* se consideran bajo protección especial.

El sustrato de crecimiento preferido por esos grupos de plantas es el terrestre, seguido por el epífita y el rupícola aunque hay un gran porcentaje de especies generalistas.

Los BMM del estado de Hidalgo poseen el 41.75% de las especies de helechos y licopodios del BMM de México, lo que lo ubica como el tercer




lugar a nivel nacional, superando al estado de Oaxaca y por debajo de Chiapas y Veracruz.


- Los BMM presentan un alto grado de deterioro en todos los municipios explorados; algunas de las especies identificadas se encontraron comunmente en sitios con perturbación humana evidente, por lo que se proponen como probables indicadoras de que las condiciones ambientales de los bosques o de su hábitat se han modificado en algún grado.
- La semejanza en la composición de especies de helechos y licopodios fue mayor entre los BMM de la misma provincia florística (por ejemplo entre los BMM del estado de Hidalgo), y menor entre los que se sitúan en provincias florísticas diferentes: por ejemplo los BMM de Hidalgo *versus* la región de Banderilla, Veracruz.
- El índice de biodiversidad taxonómica (IB) se relacionó cualitativamente con el grado de fragmentación de los bosques, pues las localidades que presentaron valores altos de IB son reportados con niveles bajo-intermedio de perturbación (bosques de haya y BMM de banderilla), a diferencia de los bosques con bajos valores de IB (BMM de Hidalgo y Puebla), donde se reporta mayor disturbio.


LITERATURA CITADA

- Acosta S.** 2004. Afinidades de la flora genérica de algunos bosques mesófilos de montaña del nordeste, centro y sur de México: un enfoque fenético. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, serie Botánica* 75 (1): 61-72.
- Alcántara A.O. y Luna V.I.** 1997. Florística y Análisis Biogeográfico del Bosque Mesófilo de Montaña de Tenango de Doria, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología, UNAM. Serie Botánica* 68: 57-106.
- Alcántara A.O. y Luna V.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.
- Aldrich M., Billington C., Edwards M. y Laidlaw R.** 1997. Tropical Montane Cloud Forests: An Urgent Priority for Conservation. World Conservation Monitoring Centre. Cambridge, Reino Unido.
- Álvarez-Zúñiga E., Sánchez-González A., López-Mata L. y Tejero-Díez J. D.** 2012. Composición y abundancia de las Pteridofitas en el Bosque Mesófilo de Montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 90 (2):163-177.
- Arcand N.N. y Ranker T.A.** 2008. Conservation biology. *In: Ranker T.A. y Haufler C.H. (Eds.). Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes.* Cambridge University Press, New York, United States of America, 257-283 pp.
- Anta-Fonseca S., Galindo L.C., González-Medrano F., Koleff O.P., Meave del castillo J., Moya M.H. y Victoria H.A.** 2010. Sierra Norte de Oaxaca. *In: CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) Comp. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible,* CONABIO. México, D.F., 108-115 pp.
- 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. 2004. Pteridoflora ilustrada del Valle de México. Primera Edición. Instituto Politécnico Nacional, 387 pp.
- Arriaga** L., Espinosa J.M., Aguilar C., Martínez E., Gómez L. y Loa E. (coordinadores). 2000. Regiones prioritarias terrestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Calderón-Aguilera** L.E., Rivera-Monroy V.H., Porter-Bolland L., Martínez-Yrizar A., Ladah L.B., Martínez-Ramos M., Alcocer J., Santiago-Pérez A.L., Hernández-Arana H.A., Reyes-Gómez V.M. y Pérez-Salicrup D. 2012. An assessment of natural and human disturbance effects on Mexican ecosystems: current trends and research gaps. *Biodiversity and Conservation* 21: 589-617.
- Calderón-Patrón** J.M., Moreno C.E. y Zuria I. 2012. La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 879-891.
- Carreño** I.G.R. 2006. Evaluación de los cafetales bajo sombra y fragmentos de bosque adyacentes para conservar la diversidad de los helechos en el estado de Veracruz, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México, 120 pp.
- CEEMH** (Centro Estatal de Estudios Municipales de Hidalgo). 1988. Los municipios de Hidalgo. Colección Enciclopédica de los municipios de México, México, D.F., 303 pp.
- Cerón-Carpio** A.B., Arreguín-Sánchez M. de la L. y Fernández-Nava R. 2006. Listado con anotaciones del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, México y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación. *Polibotánica* 21: 45-60.
- Cerón-Carpio** A.B., Contreras-Jiménez J.L., y De Gante-Cabrera V.H. 2012. Inventario Pteridoflorístico del área de protección de Recursos naturales "Cuenca Hidrográfica del río Necaxa", porción Puebla, México. *Polibotánica* 33: 41-55.
- Cetzal-Ix** W., Noguera-Savelli E., Martínez-Icó M. y Ramírez-Marcial N. 2013. Diversidad de helechos en fragmentos de selva mediana subperennifolia del sur de Tabasco, México. *Botanical Sciences* 91 (3): 261-271.

- 
- Challenger A.** 1998. La zona ecológica templada húmeda (el bosque mesófilo de montaña). *In: Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México, Pasado, Presente y Futuro.* CONABIO. México, 443-518 pp.
- Challenger A., Golicher D., González E.M., March M.I., Ramírez M.N. y Vidal R.R.M.** 2010. Sierras del Sur de Chiapas. *In: CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) Comp. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible,* CONABIO. México, D.F., 133-149 pp.
- Challenger A.** 2011. La neblina se levanta: Los árboles del bosque mesófilo de montaña de México, claramente amenazados. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 89: 135-1347.
- Christenhusz M.J.M, Zhang X. y Schneider H.** 2011. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19: 7-54.
- CONABIO.** 1997. Carta de climas México. Sistema de Köppen modificado por E. García. Escala 1:1,000,000. México.
- Cruz A.A., Escobar S.F., Gerez F.P., Muñiz C.M.A., Ramírez R.F. y Williams L.G.** 2010. Los Tuxtlas. *In: CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) Comp. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible,* CONABIO. México, D.F., 98-107 pp.
- Cuevas H.A.L., Sánchez-González A. y Tejero-Díez J.D.** 2013. Pteridophytes of a Semiarid Natural Protected Area in Central Mexico. *Natural Areas Journal* 33 (2): 177-188.
- Díaz-Barriga H. y Palacios-Rios M.** 1992. Listado preliminar de especies de pteridofitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro. *In: Rzedowski J., y Calderón G. (Eds.), Flora del Bajío y Regiones Adyacentes, fascículo complementario III.* Instituto de Ecología. Pátzcuaro, Michoacán, 57 pp.
- Dirzo R. y Raven P. H.** 1994. Un inventario biológico para México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 55: 29-34.


- 
- Fay-Wei L.**, Pryer K.M. and Windham M.D. 2012. *Gaga*, a new genus segregated from *Cheilanthes* (Pteridaceae). *Systematic Botany* 37 (4): 845-860.
- Figueroa-Rangel B.L.**, Willis K.J. y Olvera-Vargas M. 2008. 4200 years of pine-dominated upland forest dynamics in westcentral Mexico: human or natural legacy? *Ecology* 89: 1893-1907.
- Figueroa-Rangel B.L.**, Willis K.J. y Olvera-Vargas M. 2010. Cloud forest dynamics in the Mexican neotropics during the last 1300 years. *Global Change Biology* 16: 1689-1704.
- Figueroa-Rangel B.L.**, Willis K.J. y Olvera-Vargas M. 2012. Late-Holocene successional dynamics in a transitional forest of west-central Mexico. *The Holocene* 22: 143-153.
- García F.J.G.**, Castillo-Campos G., Mehlreter K., Martínez M.L. y Vázquez G. 2008. Composición florística de un bosque mesófilo del centro de Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* 83: 37-52.
- González-Espinosa M.**, Meave J.A., Ramírez-Marcial N., Toledo-Acevedes T., Lorea-Hernández F.G. e Ibarra-Manríquez G. 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Revista Científica y Técnica de ecología y Medio Ambiente, Ecosistemas* 21 (1-2): 36-52.
- González-Oreja J.A.**, de la Fuente-Díaz-Ordaz A.A., Hernández-Satin L., Buzo-Franco D. y Bonache-regidor C. 2010. Evaluación de estimadores no paramétricos de la riqueza de especies. Un ejemplo con aves de áreas verdes de la ciudad de Puebla, México. *Animal Biodiversity and Conservation* 33: 31-45.
- Grusz A.L.** y Windham M.D. 2013. Toward monophyletic *Cheilanthes*: The resurrection and recircumscription of *Myriopteris* (Pteridaceae). *PhytoKeys* 32:49-64.
- Gual-Díaz M.** y Rendón-Correa A (comps.). 2014. Bosques Mesófilos de Montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, 352 pp.
- Gual-Díaz M.** y González-Medrano F. 2014. Los Bosques Mesófilos de Montaña en México. *In*: Gual-Díaz M. y Rendón-Correa A. (comp.). Bosques Mesófilos


- 
- de Montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO. México, D.F., 27-68 pp.
- Gutiérrez L.M.** 2014. Patrones de riqueza y distribución de las Pteridofitas de los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*), Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.
- Hietz P.** 2010. Fern adaptations to xeric environments. *In*: Mehltreter K., Walker L.R. y Sharpe M.J. (Eds.). Fern Ecology. Cambridge University Press, New York, 140-176 pp.
- INEGI** (Instituto Nacional de estadística, geografía e Informática). 2000. Integración Territorial, 2000, México.
- INEGI** (Instituto Nacional de estadística, geografía e Informática). 2007. Carta de uso de suelo y vegetación. Serie IV, escala 1:250000. México.
- Kessler M.** 2010. Biogeography of ferns. *In*: Mehltreter K., Walker L.R y Sharpe J.M. (Eds.). Fern Ecology. Cambridge University Press, New York, United States of America, 22-60 pp.
- Leal-Jiménez M.A.** 2014. Conservar los bosques mesófilos de montaña. *In*: Gual-Díaz M. y Rendón-Correa A. (comp.). Bosques Mesófilos de Montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO. México, D.F., 327-345 pp.
- León y Paniagua L.I.,** Luna-Vega M.A., Martínez-Morales y Tejero-Díez J.D. 2010. Huasteca Alta Hidalguense. *In*: CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) Comp. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible, CONABIO. México, D.F., 60-63 pp.
- 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.


- 
- López-Gómez** A.M. y Williams-Linera G. 2006. Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de la riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la Sociedad Botánica Mexicana* 78: 7-15.
- Lorea** F. y Riba R. 1990. Guía para la recolección y preparación de ejemplares para herbario de pteridofitas. Consejo Nacional de la Flora de México, México. D.F., México.
- Lorea-Hernández** F. y Velázquez-Montes E. 1998. Pteridofitas; Lista de los taxa y su distribución geográfica en la entidad. *In:* Diego-Pérez, N. y R. Ma. Fonseca (Eds.). Estudios florísticos en Guerrero No. 9. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México. D.F., México, 83 pp.
- Luna** V.I., Ocegueda-Cruz 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, Universidad Autónoma de México, Serie Botánica* 65 (1): 31-62.
- Luna** V.I., Alcántara-Ayala O., Espinosa-Organista D. y Morrone J.J. 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preeliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26: 1299-1305.
- Luna** V.I., Alcántara A.O., Morrone J.J. y Espinosa O.D. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forests of Hidalgo, México. *Diversity and Distributions* 6: 137–143
- Luna** V.I., Velázquez A. y Velázquez E. 2001. México. *In:* Kappelle M., Brown A.D. (Eds.), *Bosques Nublados del Neotrópico*, Instituto Nacional de Biodiversidad. Heredia, Costa Rica, 183-229 pp.
- Marcantonio** M., Chiarucci A., Maccherini S., Guglietta D. y Bacaro G. 2012. Caratterizzazione della diversità vegetale nei boschi di faggio dell'Italia centro-settentrionale: un approccio metodologico a fini conservazionistici. *Forest@* 9: 198-216.
- Mayorga** R., Luna V.I. y Alcántara 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.
- McCune** B. y Grace J.B. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon, 300 pp.
- Mehltreter** K. 2008a. Phenology and hábitat specificity of tropical ferns. *In*: Ranker T.A. y Haufler C.H. (Eds.). Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes. Cambridge University Press, New York, United States of America, 201-221 pp.
- Mehltreter** K. 2008b. Helechos. *In*: Manson H.R., Hernández-Ortiz V., Gallina S. y Mehltreter K. (Eds.). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, manejo y conservación. Instituto de Ecología, A.C. e Instituto Nacional de Ecología. (INE-SEMARNAT) México, 83-94 pp.
- Mehltreter** K. 2010a. Fern conservation. 2010. *In*: Mehltreter K., Walker L.R y Sharpe J.M. (Eds.). Fern Ecology. Cambridge University Press, New York, United States of America, 220-254 pp.
- Mehltreter** K. 2010b. Interactions of ferns with fungi and animals. 2010. *In*: Mehltreter K., Walker L.R y Sharpe J.M. (Eds.). Fern Ecology. Cambridge University Press, New York, United States of America, 220-254 pp.
- Mickel** J.T. y Smith A.R. 2004. The Pteridophytes of Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden. New York, United States of America, 1054 pp.
- Miranda** F. 1947. Estudios sobre la vegetación de México. V. Rasgos de la vegetación del río Balsas. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural 8 (1-4): 95-114.
- Muñiz** D. de L., Mendoza-Ruíz A., Pérez-García B. 2007. Uso de helechos y plantas afines. Etnobiología 5: 117-125.
- Moran** R.C. 2008. Diversity, biogeography, and floristics. *In*: Ranker T.A. and Haufler C.H. (Eds.), Biology and Evolution of Fern and Lycophytes. Cambridge University Press, New York, United States of America, 367-394 pp.
- Myers** N. 1997. The world's forests and their ecosystem services. *In*: Daily G.C. (ed.). Nature's services: societal dependence on natural ecosystems. Island Press. Washington, D.C., 215-235 pp.


- 
- Nakamura M.** y Soberón J. 2008. Use of approximate inference in an index of completeness of biological inventories. *Conservation Biology* 23: 469-474.
- Ortega F.** y Castillo G. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* 43: 32-39.
- Paciencia M.L.B.** y Prado J. 2005. Effects of forest fragmentation on pteridophyte diversity in a tropical rain forest in Brazil. *Plant Ecology* 180: 87-104.
- Page C.N.** 1979. The diversity ferns: an ecological perspective. *In: Dyer A.F.* (ed.). *The experimental biology of ferns.* Academic Press. Londres, 9-56 pp.
- Pérez A.Y.** 2012. Riqueza, distribución y morfología foliar de las Pteridofitas del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.
- Pérez C.A.** 2009. Los helechos y lycopodios del municipio de Calnali estado de Hidalgo, México. Tesis de licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.
- Pérez-García B.,** Riba R. y Reyes-Jaramillo I. 1995. Helechos mexicanos, formas de crecimiento, hábitat y variedades edélicas. *Contactos* 11: 22-27.
- Pérez F.M.A.** y Gómez D.H. 2010. Definiciones, importancia y origen. *In: Pérez F.M.A.,* Tejeda-Cruz C. y Silva R.E. (Eds.). *Los bosques mesófilos de montaña en Chiapas: situación actual, diversidad y conservación.* Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (Unicach), Tuxtla Gutiérrez, México, 19-29 pp.
- Pérez P.M.G.,** Serrano M.H., Álvarez Z.E. y Sánchez-González A. 2011. Riqueza y especies de helechos y lycopodios del estado de Hidalgo. *Herreriana* 7 (1): 5-7.
- Pérez-Paredes M.G.,** Sánchez-González A. y Tejero-Díez J.D. 2012. Listado de lycopodios y helechos del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México. *Polibotánica* 33: 57:73.
- Pérez-Paredes M.G.,** Sánchez-González A. y Tejero-Díez J.D. 2014. Estructura poblacional y características del hábitat de dos especies de Cyatheaceae del estado de Hidalgo. *Botanical Sciences* 92(2): 259-271.

- 
- 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. *Rev. Mex. Biodiv.* 77: 177-190.
- Poulsen** A.D. y Tuomisto H. 1996. Small scale to continental distribution patterns of neotropical pteridophytes: the rol of edaphic preferences. *In: Camus J.M, Gibby M. and Johns R. (ed.). Pteridology in Perspective.* Kew: Royal Botanic Gardens, 551-561 pp.
- Ramírez-Cruz** S., Sánchez-González A. y Tejero-Díez J.D. 2009. La Pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 84: 35-43.
- Riba** R., Pacheco L., Valdes A. y Sandoval Y. 1996. Pteridoflora de Morelos, México. Lista de familias, géneros y especies. *Acta Botánica Mexicana* 37: 45-65.
- Riba** R. 1998. Pteridofitas Mexicanas: Distribución y Endemismo. *In: Ramammorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. (Eds.). Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución.* Instituto de Biología, UNAM, México, 369-384 pp.
- Richardson** S.J. y Walker L.R. 2010. Nutrient ecology of ferns. *In: Mehltreter K., Walker L.R y Sharpe J.M. (Eds.). Fern Ecology.* Cambridge University Press, New York, United States of America, 111-139 pp.
- Roderick** C.R., Sheffield E. y Sharpe J.M. 2010. Problem ferns: their impact and management. *In: Mehltreter K., Walker L.R y Sharpe J.M. (Eds.). Fern Ecology.* Cambridge University Press, New York, United States of America, 255-322 pp.
- Rodríguez-Ramírez** E., Sánchez-González A. y Ángeles-Pérez G. 2013. Current distribution and extension of the Mexican beech forests (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*). *Endanreged species research* 20: 205- 216.
- Rodríguez-Ramírez** E. 2014. Composición florística, estructura y distribución espacial de los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) del estado de Hidalgo, México. Tesis Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

- 
- Rodríguez-Romero** L., Pacheco L. y Zavala-Hurtado J.A. 2008. Pteridofitas indicadoras de alteración ambiental en el bosque templado de san Jerónimo Amanalco, Texcoco, México. *Revista Biológica Tropical* vol. 56 (2): 641-656.
- Ruíz-Jiménez** C.A., Tellez-Valdés O. y Luna-Vega I. 2012. Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 1110-1144.
- Rzedowski** J. y Palacios-Chávez R. 1977. El bosque de *Engelhardtia mexicana* (Oreomunnea) en la región de la Chinantla (Oaxaca, México): una reliquia del Cenozoico. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 36: 93-123.
- Rzedowski** J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, Distrito Federal, 432 pp.
- Rzedowski** J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.
- Sánchez-González** A., López-Mata L. y Granados-Sánchez D. 2005. Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schltdl. de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* 56:62-76.
- 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.
- SEDESOL** (Secretaría de Desarrollo Social). 2013. <http://www.microrregiones.gob.mx/zap/medioFisico.aspx?entra=zap&ent=13&mun=004>. Unidad de Microrregiones Dirección General Adjunta de Planeación Microrregional. Algunos derechos reservados © 2013 Consulta 09/05/13 a las 15:00 hrs.
- Sharpe** J.M, Mehltreter K. y Walker L.R. 2010. Ecological importance of ferns. *In*: Mehltreter K., Walker L.R y Sharpe J.M. (Eds.). *Fern Ecology*. Cambridge University Press, New York, United States of America, 1-21 pp.
- 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.

- 
- Smith** A.R., Pryer K.M., Schuettpelz E., Korall P., Schneider H. y Wolf P.G. 2008. Fern classification. *In*: Ranker T.A. y Haufler C.H. (Eds.) Biology and evolution of ferns and licophytes. Cambridge University Press. Cambridge, U.K., 417-465 pp.
- Squeo** F., Caviers L., Arancio G., Novoa J., Matthei O., Marticorena C., Rodríguez., Arroyo M.T.K. y Muñoz M. 1998. Biodiversidad vegetal de Antofagasta. *Revista Chilena de Historia Natural* 71: 571-591.
- Strasburger** E., Noll F., Schenck H. y Schimper A.F. 1993. Tratado de botánica. Omega, Barcelona, España.
- Tejero-Díez** J.D. y Arreguín-Sánchez M.L. 2004. Lista con anotaciones de los pteridófitos del estado de México, México. *Acta Botánica Mexicana* 69: 1-82.
- Tejero-Díez** J.D. 2007. La riqueza florística del estado de México: licopodios y helechos. *Adumbrationes Ad Summae Editionem* 27: 1-32.
- Tejero-Díez** J.D. 2009. Los helechos epífitos: adaptaciones en Polypodiaceae. Red de Información sobre Plantas Epífitas (RIPE), consultado en 2014, en <www.inecol.edu.mx/epifitas/ARCHIVOS/documentos/dtd_2009.pdf>.
- Tejero-Díez** J.D., Torres-Díaz A.N., Mickel J. T., Mehltreter K. V. y Krömer T. 2011. Helechos y licopodios. *In*: Cruz-Arango A., Lorea-Hernández F.G., Hernández-Ortíz V. y Morales-Mavil J.E. (Eds.). La Biodiversidad en Veracruz, Estudio de Estado Volumen 2. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Gobierno del Estado de Veracruz/Universidad Veracruzana/Instituto de Ecología, A.C. México, D.F., 97-115 pp.
- Tejero-Díez** J.D., Torres-Díaz A.N. y Gual-Díaz M. 2014. Licopodios y helechos en el Bosque Mesófilo de Montaña de México. *In*: Gual-Díaz M. y Rendón-Correa A. (comp.). Bosques Mesófilos de Montaña de México, diversidad, ecología y manejo. Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO. México, D.F., 197-220 pp.
- Téllez-Valdés** O., Dávila-Aranda p. y Lira-Saade. 2006. The effects of climate change on the longterm conservation of *Fagus grandifolia* var. *mexicana*, an important species of the Cloud Forest in Eastern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 15: 1095-1107.

- 
- Toledo-Acevedes** T. 2010. Métodos para el análisis de priorización. *In*: CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) Comp. El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible, CONABIO. México, D.F., 60-63 pp.
- Toledo-Acevedes** T., Meave J.A., González-Espinosa M. y Ramírez-Marcial N. 2011. Tropical montane cloud forests: current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *Journal of Environmental Management* 92:974-981.
- Tolmatschew** A. I. 1971. Über einige quantitative wechselbeziehungen der foren der erde (Some quantitative correlations of the floras of the world). *Feddes Repertorium* 82:343-356.
- Vargas-Rodríguez** Y.L., Platt W., Vázquez-García J.A. Y Boquin G. 2010. Selecting Relict Montane Cloud Forest for Conservation Priorities: The Case of Western Mexico. *Natural Areas Journal* 30: 156-173.
- 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.
- Villaseñor** J.L. 2010. El Bosque Húmedo de Montaña en México y sus Plantas Vasculares: Catálogo Florístico-Taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- Walker** L.R. y Sharpe J.M. 2010. Ferns, disturbance and succession. *In*: Mehltreter K., Walker L. R y Sharpe J. M. (Eds.). *Fern Ecology*. Cambridge University Press, New York, United States of America, 177-219 pp.
- Whittaker** R.J., Willis K.J. y Field R. 2001. Scale and species richness: toward a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453-470.
- Williams-Linera** G., Manson R.H e Isunza V.E. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8 (1): 73-89.

- 
- Williams-Linera** G., Rowden A. y Newton A.C. 2003. Distribution and stand characteristics of populations of Mexican beech (*Fagus grandifolia* var. *mexicana*). *Biological Conservation* 109: 27:36.
- Zúñiga** S.J.R., 2009. Helechos y licopodios del municipio de Tenango de Doria, estado de Hidalgo, México. Tesis de licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

**Anexo 1. Listado de especies de helechos y licopodios del BMM
del estado de Hidalgo**

CATEGORÍA TAXONÓMICA	SUSTRATO	COLECTOR
DIVISIÓN LYCOPODIOPHYTA		
CLASE LYCOPODIOPSIDA		
ORDEN LYCOPODIALES		
Familia Lycopodiaceae		
1. <i>Huperzia pringlei</i> Underw. & F. E. Lloyd	T	PPMG 285
2. <i>Huperzia reflexa</i> (Lam.) Trevis. ¹	R, T	ASG 4385
3. <i>Huperzia taxifolia</i> (Sw.) Trevis.	E	APC 290
4. <i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm. ¹	T	ASG 4386
5. <i>Lycopodium clavatum</i> L. ¹	T	AGHA 78
6. <i>Lycopodium thyoides</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd. ¹	T	AGHA 38
CLASE SELAGINELLOPSIDA		
ORDEN SELAGINELLALES		
Familia Selaginellaceae		
7. <i>Selaginella apoda</i> (L.)	R	ASG 4131
8. <i>Selaginella arsenei</i> Weath.	E, R	ASG 4153
9. <i>Selaginella delicatissima</i> Linden ex A. Braun, Index Sem. ¹	T	ASG 4396
10. <i>Selaginella extensa</i> Underw. ¹ ♦	E, T	AGHA 65
11. <i>Selaginella flexuosa</i> Spring. ¹	T	AGHA 2
12. <i>Selaginella harrisii</i> Underw & Hieron.	T	JRZS 274
13. <i>Selaginella hoffmannii</i> Hieron. ¹	R, T	AGHA 64
14. <i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) ¹	R	AGHA 3
15. <i>Selaginella lineolata</i> Mickel & Beitel.	R, T	JRZS 295
16. <i>Selaginella martensii</i> Spring. ^{1, 2}	T	ASG 4428
17. <i>Selaginella oaxacana</i> Spring.	T	APC 72
18. <i>Selaginella pallescens</i> (C.Presl).	R, T	EAZ 375
19. <i>Selaginella pilifera</i> A. Braun. ¹	R	AGHA 63
20. <i>Selaginella polyptera</i> Valdespino.	R, T	JRZS 238
21. <i>Selaginella pulcherrima</i> Liebm. ex E. Fourn	T	APC 334
22. <i>Selaginella rzedowskii</i> Lorea-Hern. ^{1, 2}	T	ASG 4429
23. <i>Selaginella rupincola</i> Underw.	R	ASG 4059
24. <i>Selaginella schiedeana</i> A. Braun. ¹ ♦	R, T	AGHA 101

CATEGORÍA TAXONÓMICA**SUSTRATO COLECTOR**

25. <i>Selaginella silvestris</i> Asplund.	R, T	PPMG 021
26. <i>Selaginella stellata</i> Spring.	T	APC 309
27. <i>Selaginella stenophylla</i> A. Braun.	T	PPMG 309
28. <i>Selaginella subrugosa</i> Mickel & Beitel.♦	T	JRZS 290
29. <i>Selaginella tenella</i> (P.Beauv.) Spring.	T	EAZ 308
30. <i>Selaginella wrightii</i> Hieron.	R	ASG 4157

DIVISIÓN POLYPODIOPHYTA

CLASE EQUISETOPSIDA

ORDEN EQUISETALES

Familia Equisetaceae

31. <i>Equisetum hyemale</i> A. Braun ex Engelm.	T	APC 324
32. <i>Equisetum myriochaetum</i> Schtdl. & Cham. ¹	T	RLGV 3

CLASE MARATTIOPSIDA

ORDEN MARATTIALES

Familia Marattiaceae

33. <i>Marattia laxa</i> Kunze ^{1,2}	T	AGHA 70
34. <i>Marattia weinmannifolia</i> Liebm.	T	APC 272

CLASE POLYPODIOPSIDA

ORDEN CYATHEALES

Familia Cibotiaceae

35. <i>Cibotium schiedei</i> Schldl & Cham.♦	T	APC 76
--	---	--------

Familia Cyatheaceae

36. <i>Alsophila firma</i> (Baker) D. S. Conant ¹	T	YPA 155
37. <i>Alsophila tryoniana</i> (Gastony) D. S. Conant	T	APC 77
38. <i>Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée ¹	T	AGHA 77

Familia Dicksoniaceae

39. <i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	T	EAZ 192
40. <i>Lophosoria quadripinnata</i> C. Chr.	T	EAZ 288

Familia Plagiogyriaceae

41. <i>Plagiogyria pectinata</i> (Liemb.)	T	EAZ 333
---	---	---------

ORDEN GLEICHENIALES

Familia Gleicheniaceae

42. <i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrad.) Underw.	R	PPMG 274
---	---	----------

CATEGORÍA TAXONÓMICA

SUSTRATO COLECTOR

43. <i>Diplopterygium bancroftii</i> (Hook.) A.R. Sm. ¹	R, T	AGHA 36
44. <i>Gleichenella pectinata</i> (Willd.) Ching.	R, T	ASG 4057
45. <i>Sticherus underwoodianus</i> (Maxon) Nakai. ¹	T	ASG 4406

ORDEN HYMENOPHYLLALES

Familia Hymenophyllaceae

46. <i>Hymenophyllum crispum</i> Kunth.	E, R	PPMG 102
47. <i>Hymenophyllum ectocarpon</i> Fée. ¹	E	AGHA 130
48. <i>Hymenophyllum polyanthos</i> Sw.	E	EAZ 377
49. <i>Hymenophyllum tegularis</i> (Desv.) Proctor & Lourteig. ¹	R	AGHA 129
50. <i>Hymenophyllum tunbrigense</i> (L) Sm. ¹	R	AGHA 28
51. <i>Trichomanes capillaceum</i> (L.) ¹	E, R	AGHA 58
52. <i>Trichomanes hymenophylloides</i> Bosch.	R, T	EAZ 400
53. <i>Trichomanes polypodioides</i> L.	R	APC 436
54. <i>Trichomanes radicans</i> Sw.	E, R	APC 63
55. <i>Trichomanes reptans</i> Sw.	E, R	PPMG 127

ORDEN OSMUNDALES

Familia Osmundaceae

56. <i>Osmunda regalis</i> L.	T	ASG 4022
-------------------------------	---	----------

ORDEN POLYPODIALES

Familia Aspleniaceae

57. <i>Asplenium abscissum</i> Willd. ¹	R, T	AGHA 25
58. <i>Asplenium auriculatum</i> Sw. ¹	E, R, T	AGHA 71
59. <i>Asplenium barbaense</i> Hieron. ¹	E, R, T	AGHA 55
60. <i>Asplenium blepharophorum</i> Bertol. ¹	T	AGHA 11
61. <i>Asplenium cuspidatum</i> Lam. ¹	E, R, T	AGHA 6
62. <i>Asplenium harpeodes</i> Kunze ^{1, 2}	E	ASG 4393
63. <i>Asplenium hallbergii</i> Mickel & Beitel.	T	JRZS 140
64. <i>Asplenium minimum</i> M. Martens & Galeotti ¹	T, R	AGHA 88
65. <i>Asplenium miradoreense</i> Liebm.	T	ASG 4181
66. <i>Asplenium monanthes</i> L.	E, R, T	PPMG 003
67. <i>Asplenium praemorsum</i> Sw.	E	APC 338
68. <i>Asplenium pumilum</i> Sw. ¹	T	AGHA 61
69. <i>Asplenium resiliens</i> Kunze. ¹	T	AGHA 16

CATEGORÍA TAXONÓMICA	SUSTRATO	COLECTOR
70. <i>Asplenium riparium</i> Liebm.	T	APC 434
71. <i>Asplenium serra</i> Langsd. & Fisch.	T	EAZ 272
72. <i>Asplenium sessilifolium</i> Desv. var. <i>sessilifolium</i> ¹	R, T	AGHA 7
73. <i>Asplenium sphaerosporum</i> A.R. Sm. ¹	E	AGHA 15
74. <i>Asplenium tuerckheimii</i> Maxon.	T	ASG 4193
75. <i>Holodictyum ghiesbreghtii</i> (E. Fourn) Maxon.♦	R	JRZS 336
Familia Athyriaceae		
76. <i>Athyrium arcuatum</i> Liebm.	T	PPMG 086
77. <i>Athyrium bourgeauii</i> E. Fourn.	T	PPMG 063
78. <i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh. ¹	R, T	AGHA 40
79. <i>Cystopteris membranifolia</i> Mickel.	T	JRZS 271
80. <i>Diplazium expansum</i> Willd.	T	PPMG 141
81. <i>Diplazium franconis</i> Liebm.	T	ASG 4048
82. <i>Diplazium lonchophyllum</i> Kunze. ¹	T	ASG 4421
83. <i>Diplazium ternatum</i> Liebm.	T	EAZ 220
Familia Blechnaceae		
84. <i>Blechnum appendiculatum</i> Willd. ¹	R, T	AGHA 18
85. <i>Blechnum falciforme</i> (Liebm.) C. Chr.	T	JRZS 112
86. <i>Blechnum occidentale</i> L.	T	APC 89
87. <i>Blechnum polypodioides</i> Raddi. ¹	T	AGHA 93
88. <i>Blechnum schiedeianum</i> Hieron.	T	ASG 4166
89. <i>Blechnum stoloniferum</i> (Mett. ex E. Fourn.) C. Chr.	T	ASG 4055
90. <i>Woodwardia martinezii</i> Maxon ex. Weath ¹ ♦	T	AGHA 72
91. <i>Woodwardia semicordata</i> Mickel & Beitel ¹	T	AGHA 43
92. <i>Woodwardia spinulosa</i> M. Martens & Galeotti. ¹	T	AGHA 29
Familia Dennstaedtiaceae		
93. <i>Dennstaedtia bipinnata</i> (Cav.) ¹	T	AGHA 73
94. <i>Dennstaedtia cicutaria</i> (Poir) Hieron.	T	APC 279
95. <i>Dennstaedtia distenta</i> (Kunze) T. Moore. ¹	T	AGHA 39
96. <i>Dennstaedtia globulifera</i> (Poir.) Hieron. ¹	T	AGHA 107
97. <i>Hypolepis blepharochlaena</i> Mickel & Beitel. ¹	T	AGHA 123
98. <i>Hypolepis repens</i> (L.) C.	T	EAZ 281
99. <i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn in v.d. Decken var. <i>feei</i> (W. Schaffn. ex Fée) Maxon ex Yunck.	T	ASG 4019
100. <i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) ¹	T	AGHA 44
101. <i>Pteridium caudatum</i> (L.) ¹	T	AGHA 42

CATEGORÍA TAXONÓMICA

SUSTRATO COLECTOR

CATEGORÍA TAXONÓMICA	SUSTRATO	COLECTOR
Familia Dryopteridaceae		
102. <i>Arachniodes denticulada</i> (Sw.) Ching. ¹	T	AGHA 53
103. <i>Ctenitis equestris</i> (Kunze) Ching var. <i>equestris</i> ¹	T	AGHA 56
104. <i>Ctenitis erinacea</i> A.R. Sm. ¹	T	AGHA 69
105. <i>Ctenitis hemsleyana</i> (Baker ex Hemsl.) Copel.	T	Luna 809
106. <i>Ctenitis melanosticta</i> (Kunze) Copel.	T	APC J
107. <i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	R	PPMG 120
108. <i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.	T	PPMG 004
109. <i>Elaphoglossum erinaceum</i> T. Moore.	R, T	EAZ 474
110. <i>Elaphoglossum glaucum</i> T. Moore.	E	EAZ 381
111. <i>Elaphoglossum guatemalense</i> (Klotzsch) T. Moore.	E	Rojas 5432
112. <i>Elaphoglossum leebrowniae</i> Mickel♦	R, T	PPMG 024
113. <i>Elaphoglossum mesoamericanum</i> Mickel.	T	APC 126
114. <i>Elaphoglossum monicae</i> Mickel.	R, T	JRZS 276
115. <i>Elaphoglossum obscurum</i> (E. Fourn.) C. Chr.♦	R, T	JRZS 119
116. <i>Elaphoglossum peltatum</i> (Sw.) Urb.	E	ASG 4158
117. <i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urb.	E, T	ASG 4078
118. <i>Elaphoglossum potosianum</i> Christ. ¹	R	AGHA 62
119. <i>Elaphoglossum sartorii</i> (Liebm.) Mickel. ¹ ♦	T	AGHA 51
120. <i>Elaphoglossum seminudum</i> Mickel.♦	E, T	PPMG 150
121. <i>Elaphoglossum tejeroanum</i> (Liebm) Mickel.	T	APC 342
122. <i>Elaphoglossum vestitum</i> (Schltdl. & Cham.) Schott ex T. Moore♦	R, T	ASG 4040
123. <i>Megalastrum atrogriseum</i> (C. Chr.) A.R. Sm. & R.C. Moran.	T	EAZ 440
124. <i>Megalastrum subincisum</i> (Willd.) A. R. Sm. & R. C. Moran ^{1, 2}	T	AGHA 48
125. <i>Phanerophlebia gastonyi</i> Yatsk.	T	EAZ 141
126. <i>Phanerophlebia juglandifolia</i> (Humb & Bonpl. ex Willd) J. Sm.	T	EAZ 115
127. <i>Phanerophlebia macrosora</i> (Baker) Underw.	T	APC 284
128. <i>Phanerophlebia nobilis</i> (Schltdl. & Cham.) C. Presl. ¹ ♦	T	ASG 4370
129. <i>Phanerophlebia remotispora</i> E. Fourn.	R, T	ASG 4041
130. <i>Polystichum distans</i> E. Fourn. ¹	T	AGHA 37
131. <i>Polystichum hartwegii</i> A. R. Sm. (Klotzsch) Hieron.	T	ASG 4381
132. <i>Polystichum ordinatum</i> Liebm.	T	JRZS 139
133. <i>Polystichum platyphyllum</i> Willd C. Presl.	T	APC K

CATEGORÍA TAXONÓMICA	SUSTRATO	COLECTOR
Familia Lomariopsidaceae		
134. <i>Lomariopsis mexicana</i> Holttum. ¹	E, T	AGHA 4
Familia Nephrolepidaceae		
135. <i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C. Presl.◊	T	APC B
Familia Polypodiaceae		
136. <i>Campyloneurum amphostenon</i> Kunze ex Klotzsch	E, R, T	APC 105
137. <i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée ¹	E, R, T	AGHA 82
138. <i>Campyloneurum phyllitidis</i> (L.) C. Presl. ¹	E, R, T	AGHA 47
139. <i>Campyloneurum serpentinum</i> Christ	T	APC 83
140. <i>Campyloneurum xalapense</i> Fée ¹	E, R, T	ASG 4389
141. <i>Cochlidium linearifolium</i> (Desv.) Maxon ex C. Chr. ¹	E	AGHA 126
142. <i>Cochlidium serrulatum</i> (Sw.) L. E. Bishop	E, T	JRZS 236
143. <i>Lellingeria prionodes</i> (Mickel & Beitel) A. R. Sm. & R. C. Moran ¹	E	AGHA 128
144. <i>Melpomene leptostoma</i> Fée. ¹	E	ASG 4411
145. <i>Melpomene moniliformis</i> (Lag. ex Sw.) A. R. Sm. & R. C. Moran	T	JRZS 250
146. <i>Melpomene pilosissima</i> (M. Martens & Galeotti) A. R. Sm. & R. C. Moran. ¹	E, T	AGHA 127
147. <i>Microgramma nitida</i> (J.Sm.) A.R. Sm.	E	APC 230
148. <i>Micropolypodium taenifolium</i> Jenman.	E	JRZS 232
149. <i>Niphidium crassifolium</i> L.	E	APC 86
150. <i>Pecluma alfredii</i> (Rosents.) M. G. Price var. <i>cupreolepis</i> (A. M. Evans) A. R. Sm. ¹	E	AGHA 79
151. <i>Pecluma atra</i> A. M. Evans.	R	ASG 4011
152. <i>Pecluma dispersa</i> A. M. Evans	E	APC 82
153. <i>Pecluma ferruginea</i> (M. Martens & Galeotti)	R	PPMG 284
154. <i>Pecluma plumula</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.G.Price	E, R, T	JRZS 299
155. <i>Pecluma ptilodon</i> Kunze	T	APC 122
156. <i>Pecluma sursumcurrens</i> (Copel.) M.G. Price ¹	E, R, T	AGHA 24
157. <i>Phlebodium pseudoaureum</i> (Cav.) Lellinger.	E, T	EAZ 123
158. <i>Pleopeltis angusta</i> Humb. & Bonpl. ex Willd. var. <i>angusta</i> ^{1,2}	E, R	MGL 154
159. <i>Pleopeltis crassinervata</i> (Fée) T. Moore ¹	E, R	AGHA 46
160. <i>Pleopeltis cryptocarpa</i> (Fée) A.R.Sm. & Tejero ¹	E	ASG 4430
161. <i>Pleopeltis fallax</i> (Schtdl & Cham) Mickel & Beitel.	E	JRZS 7

CATEGORÍA TAXONÓMICA	SUSTRATO	COLECTOR
162. <i>Pleopeltis furfuracea</i> (Schltdl. & Cham.) A. R. Sm. & Tejero ¹	E	AGHA 99
163. <i>Pleopeltis lepidotricha</i> (Fée) A. R. Sm. & Tejero♦	E, R, T	JRZS 296
164. <i>Pleopeltis madrensis</i> (J.Sm.) A.R. Sm. & Tejero ¹ ♦	T	AGHA 60
165. <i>Pleopeltis mexicana</i> Feé	E, R	JRZS 73
166. <i>Pleopeltis plebeia</i> (Schltdl. & Cham.) A.R.Sm. & Tejero ¹	E, T	AGHA 112
167. <i>Pleopeltis polylepis</i> (Roemer ex Kunze) T. Moore var. <i>interjecta</i> (Weath.) E. A. Hooper ¹	E, R	ASG 4425
168. <i>Pleopeltis polypodiodes</i> (L.) E.G.Andrews & Windham var. <i>acicularis</i> (Weath.) E.G.Andrews & Windham ¹	E, R, T	AGHA 19
169. <i>Pleopeltis villagranii</i> (Copel.) A. R. Sm. & Tejero♦	E	APC E
170. <i>Polypodium arcanum</i> Maxon♦	E	DTD 4244
171. <i>Polypodium echinolepis</i> Fée	E, T	PPMG 074
172. <i>Polypodium fraternum</i> Schltdl. & Cham. ¹	E	AGHA 119
173. <i>Polypodium guttatum</i> Maxon	E, T	PPMG 070
174. <i>Polypodium hartwegianum</i> Hook.	E, R, T	ASG 4200
175. <i>Polypodium liebmanii</i> C. Chr. ¹ ♦	E	AGHA 76
176. <i>Polypodium longepinnulatum</i> E. Fourn ¹	E, T	AGHA 114
177. <i>Polypodium martensii</i> Mett.♦	E	JRZS 61
178. <i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze. ¹	E, R, T	RLGV 6
179. <i>Polypodium puberulum</i> Schltdl. & Cham.	E	JRZS 40
180. <i>Polypodium rhodopleuron</i> Kunze. ¹	E, R	AGHA 5
181. <i>Polypodium subpetiolatum</i> Hook.	E, T	JRZS 22
182. <i>Serpocaulon triseriale</i> (Sw.) A. R. Sm. ^{1,2}	T	AGHA 105
183. <i>Terpsichore anfractuosa</i> Kunze ex Klotzstch	E	JRZS 232
Familia Pteridaceae		
184. <i>Adiantopsis radiata</i> (L.) Fée. ¹	T	AGHA 84
185. <i>Adiantum andicola</i> Liebm. ¹	E, R, T	AGHA 41
186. <i>Adiantum braunii</i> Mett.	T	JRZS 516
187. <i>Adiantum capillus veneris</i> L. ¹	E, T	AGHA 10
188. <i>Adiantum concinnum</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd ¹	T	AGHA 57
189. <i>Adiantum poiretii</i> Wikstr. ¹	T	AGHA 8
190. <i>Adiantum tenerum</i> Sw.	T	JRZS 341
191. <i>Adiantum trapeziforme</i> L. ¹	T	APC 129
192. <i>Adiantum wilesianum</i> Hook.	T	APC 227

CATEGORÍA TAXONÓMICA	SUSTRATO	COLECTOR
193. <i>Aspidotis meifolia</i> (D. C. Eaton) Pic. Serm. ¹ ◆	T	ASG 4379
194. <i>Astrolepis integerrima</i> (Hook.) D. M. Benham & Windham.	R	APC 101
195. <i>Astrolepis sinuata</i> (Lag. Ex Sw.) D. M. Benham & Windham.	R	ASG 4124
196. <i>Cheilanthes farinosa</i> (Forssk.) Kaulf. ¹	R	AGHA 9
197. <i>Gaga cuneata</i> (Link) Fay-Wei Li & Windham◆	R	ASG 4112
198. <i>Gaga decomposita</i> (M. Martens & Galeotti) Fay-Wei Li & Windham◆	T	APC 429
199. <i>Gaga hirsuta</i> (Link) Fay-Wei Li & Windham ¹	R	AGHA 34
200. <i>Gaga kaulfussii</i> (Kunze) Fay-Wei Li & Windham	R, T	PPMG 016
201. <i>Gaga marginata</i> (Kunth) Fay-Wei Li & Windham	T	ASG 4110
202. <i>Doryopteris palmata</i> (Willd.) J. Sm. ¹	R	JRZS 36
203. <i>Hemionitis palmata</i> L. ¹	R, T	AGHA 94
204. <i>Hemionitis pinnatifida</i> Baker in Hoker & Baker.	R, T	JRZS 39
205. <i>Llavea cordifolia</i> Lag.	E, R, T	JRZS 304
206. <i>Mildella fallax</i> (M. Martens & Galeotti) Nesom.	R, T	JRZS 216
207. <i>Mildella intramarginalis</i> (Kaulf. ex Link) Trevis. ¹	T	ASG 4388
208. <i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	R, T	PPMG 081
209. <i>Myriopteris cucullans</i> (Fée) Grusz & Windham ¹	R	AGHA 21
210. <i>Myriopteris lendigera</i> (Cav.) Fée	R	PPMG 079
211. <i>Myriopteris microphylla</i> (Sw.) Grusz & Windham	R	PPMG 1579
212. <i>Myriopteris notholaenoides</i> (Desv.) Grusz & Windham ¹	R, T	AGHA 14
213. <i>Myriopteris scabra</i> (C. Chr.) Grusz & Windham	R	JRZS 22
214. <i>Myriopteris windhamii</i> Grusz	T	PPMG 097
215. <i>Notholaena copelandii</i> C. C. Hall.	R	EAZ 352
216. <i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.	R, T	EAZ 522
217. <i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link.	R, T	PPMG 080
218. <i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link. ¹	E, T	AGHA 87
219. <i>Pityrogramma dealbata</i> (C. Presl) Domin	T	APC 433
220. <i>Pityrogramma ebenea</i> (L.) Proctor. ¹	T	ASG 4401
221. <i>Pityrogramma trifoliata</i> L. R. M. Tryon ¹	E, T	AGHA 83
222. <i>Pteris cretica</i> L.◇	E, T	PPMG 046
223. <i>Pteris grandifolia</i> L. ¹	T	ASG 4415
224. <i>Pteris longifolia</i> L.	T	APC 231
225. <i>Pteris muricella</i> Fée.	T	EAZ 511
226. <i>Pteris orizabae</i> M. Martens & Galeotti	T	EAZ 403
227. <i>Pteris pulchra</i> Schldl. & Cham.	T	JRZS 312
228. <i>Pteris quadriaurita</i> Retz. ¹ ◇	T	AGHA 111

CATEGORÍA TAXONÓMICA	SUSTRATO	COLECTOR
229. <i>Pteris vittata</i> L. ¹ ◇	T	AGHA 67
230. <i>Scoliosorus ensiformis</i> T. Moore ¹	E	AGHA 115
231. <i>Vittaria lineata</i> (L.) Sm.	E	APC 306
232. <i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf. ¹	E	ASG 4384
Familia Tectariaceae		
233. <i>Tectaria heracleifolia</i> Willd. ¹	T	EAZ 536
Familia Thelypteridaceae		
234. <i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaudich.) Ching. ¹	T	ASG 4402
235. <i>Thelypteris atrovirens</i> (C.Chr.) C.F. Reed.	T	ASG 4172
236. <i>Thelypteris blanda</i> Feé. C. F. Reed.	T	APC 119
237. <i>Thelypteris cheilanthoides</i> (Kunze) Proctor var. <i>cheilanthoides</i> ¹	T	AGHA 31
238. <i>Thelypteris concinna</i> Willd. ¹	T	AGHA 13
239. <i>Thelypteris dentata</i> (Forssk.) E. P. St. John.	T	ASG 4198
240. <i>Thelypteris hispidula</i> (Decne.) C.F. Reed	R, T	PPMG 126
241. <i>Thelypteris kunthii</i> (Desv.) C. V. Morton.	T	APC 85
242. <i>Thelypteris linkiana</i> (C. Presl) R.M. Tryon.	T	APC 288
243. <i>Thelypteris oligocarpa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Ching. ¹	T	AGHA 68
244. <i>Thelypteris ovata</i> R. P. St. John. var. <i>lindheimeri</i> (C. Chr.) A. R. Sm. ¹	T	ASG 4420
245. <i>Thelypteris pilosa</i> (M. Martens & Galeotti) Crawford.	T	ASG 4097
246. <i>Thelypteris pilosula</i> Klotzsch & H.Karst ex. Mett.	T	APC 213
247. <i>Thelypteris puberula</i> (Baker) C.V. Morton	T	ASG 4186
248. <i>Thelypteris rudis</i> (Kunze) Proctor ¹	T	AGHA 33
249. <i>Thelypteris schaffneri</i> (Fée) ^{1,2} ◆	T	ASG 4300
250. <i>Thelypteris toganetra</i> A.R. Sm.	T	APC 204
Familia Woodsiaceae		
251. <i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm. ¹	T	ASG 4383
ORDEN SCHIZAEALES		
Familia Anemiaceae		
252. <i>Anemia adiantifolia</i> (L.) Sw. ¹	T, R	AGHA 59
253. <i>Anemia pastinacaria</i> Moritz ex Prantl ^{1,2}	T	RLGV 2
254. <i>Anemia recondita</i> Mickel.	T	APC 434
255. <i>Anemia speciosa</i> C. Presl ^{1,2}	T	ASG 4408

CATEGORÍA TAXONÓMICA	SUSTRATO	COLECTOR
256. <i>Anemia mexicana</i> Klotzsch var. <i>mexicana</i> ¹	R	AGHA 74
257. <i>Anemia phyllitidis</i> (L.) Sw. ¹	T, R	AGHA 89
258. <i>Anemia tomentosa</i> (Sav.) Sw. Familia Lygodiaceae	T	JRZS 103
259. <i>Lygodium venustum</i> Sw.	T	APC 228
CLASE PSILOTOPSISIDA		
ORDEN OPHIOGLOSSALES		
Familia Ophioglossaceae		
260. <i>Botrychium decompositum</i> M. Martens & Galeotti ¹	T	AGHA 81
261. <i>Botrychium schaffneri</i> Underw.	T	APC 102
ORDEN PSILOTALES		
Familia Psilotaceae		
262. <i>Psilotum complanatum</i> Sw.	E, R, T	AEZ 197
263. <i>Psilotum nudum</i> (L.)	R	ASG 4096

¹Especies identificadas en el presente estudio; ²Nuevos registros para el BMM en Hidalgo; ♦Taxón endémico de México; ◇Taxón introducido o cuya distribución natural no corresponde a México; Colectores: AGHA=Adriana Gisela Hernández Álvarez, APC= Arlen Pérez Cervantes, ASG= Arturo Sánchez González, EAZ= Érika Álvarez Zúñiga; JRZS= José Ramón Zúñiga Salvatierra, PPMG= Pérez Paredes María Guadalupe, Tejero=José Daniel Tejero Díez, RLGV= Ro Linx Granados Victorino

Anexo 2. Descripción de nuevos registros

Selaginella martensii Spring.

Tallos suberectos, ramificados a partir de dos tercios del mismo, color estraminoso a verde pálido; 2-2.5 mm de diámetro, no articulados, no flageliformes y no estoloníferos. **Rizóforos** creciendo hacia 1/3-2/3 partes del tallo, firmes, la mayoría de 0.8-1.2 mm de diámetro. **Hojas** de dos tipos (anisófilas) a lo largo del tallo; **hojas laterales** oblicuamente oblongas de 3.5-5 mm de largo, base redonda, márgenes denticulados a enteros, raramente con pocos cilios alargados en la base, ápices obtusos; **hojas medias** ovadas, con nervaduras prominentes, aristadas, de 0.8-1 mm de largo, cada base con una aurícula en el lado basiscópico, márgenes con bordes ligeramente blancos, largo-ciliados a denticulados distalmente y ápices largo-aristados; **hojas axilares** ovadas, bases cordadas, exauriculadas con pocos cilios en la base o denticuladas a enteras y con ápices obtusos; **estróbilo** cuadrangular de 3-15 mm de largo; **esporófilas** monomórficas, megaesporangio en dos filas ventrales; **megaesporas** blancas de 200-300 μm de diámetro; **microsporas** color naranja-pardas, con pocas y anchas papilas (Figura 9).

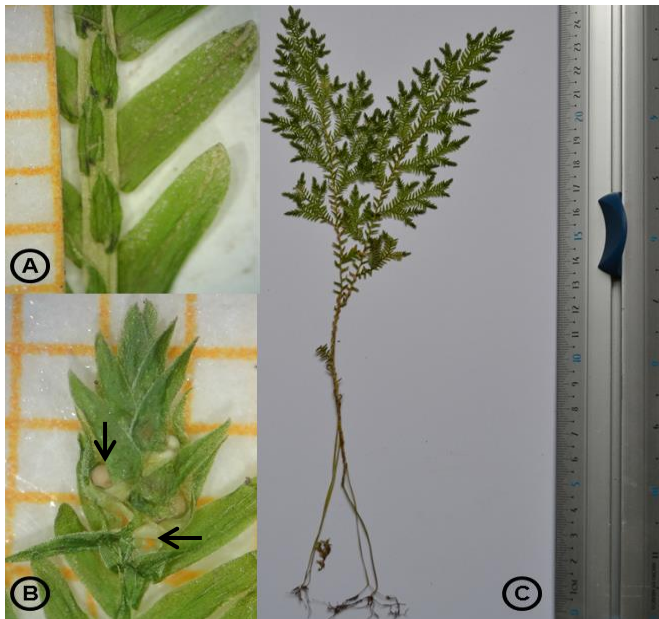


Figura 9. Ejemplar deshidratado de *S. martensii*, mostrando A) hojas medias y laterales, B) estróbilo con mega (flecha vertical parte superior) y microsporangios (flecha horizontal parte inferior) y C) ejemplar completo

***Selaginella rzedowski* Lorea-Hern.**

Tallos rastreros, pardos en las porciones más maduras y verdes en las inmaduras, puntas y ramas; de 4-20 cm de largo y de 0.4-0.7 mm de diámetro, no articulados, no flageliformes, no estoloníferos y de 2-3 veces ramificados. **Rizóforos**, nacen a lo largo del tallo, de color pardo-oscuro y de 0.2-0.3 mm de diámetro. **Hojas** de dos tipos (anisófilas) a lo largo del tallo, lustrosas; **hojas laterales** ovadas a ovado-oblongas de 1.8-2.7 x 0.8-1.3 mm, bases redondeadas, sobreponiéndose fuertemente sobre los tallos, márgenes obscuramente diferenciados, ciliados proximalmente, denticulados o enteros distalmente, ápices obtusos, superficie glabra y sin idioblastos; **hojas medias** lanceoladas de 1.5-2.1 x 0.6-0.9 mm, bases redondeadas, márgenes obscuramente diferenciados a verdes, corto-ciliados proximalmente, denticulados o enteros distalmente; ápices agudos a obtusos. **Hojas axilares** similares a las laterales, base cordada y exauriculada; **estróbilo** cuadrangular de 4-17 mm de largo; **esporófilas** monomórficas; **megaesporangio** en dos filas ventrales; **microesporangio** en dos filas dorsales; **megaesporas** color amarillo-limón, estriadas a reticuladas, de 400-470 μm ; **microesporas** color naranja-pálido a profundamente amarillo, se abren por cuatro líneas de ruptura y miden hasta 50 μm (Figura 10).



Figura 10. Ejemplar deshidratado de *S. rzedowskii* con: A) hojas medias y laterales, B) estróbilo con megaesporangio (flecha parte superior) y microesporangio (flecha parte inferior) y C) ejemplar completo

***Anemia pastinacaria* Moritz ex Prantl**

Rizoma horizontal, compacto, corto-rastrero de 4-8 mm de diámetro; pelos del rizoma color naranja; **frondas estériles** erectas de 8-20 cm de largo; **estípite** con un tamaño de 1/4-1/3 de la longitud de la fronda, de 0.4-1.9 mm de diámetro, color estraminoso e hirsuto; **hojas** oblongas a deltadas, 1-pinnadas de 2.5-9 cm de ancho, cartáceo a subcoriáceas; **pinnas** 5-9 pares, opuestas a subopuestas, estrechamente oblongas, dimidiadas, truncadas en la base, reduciéndose hacia los ápices, agudas en las puntas, márgenes enteros a minuciosamente denticulados o erosos, ocasionalmente ligeramente incisas y formando 1-3 lóbulos sobre el lado acroscópico de la pinna basal; **superficie de la hoja** ligeramente hirsuta a glabra; **venas** libres; **frondas fértiles** de hasta 25 cm de alto, el estípite ocupa 3/5-4/5 de la longitud de la fronda; **pinna fértil** cercana a la pinna estéril, sobrepasandola en altura; **esporas** estriadas y con crestas espinosas (Figura 11).

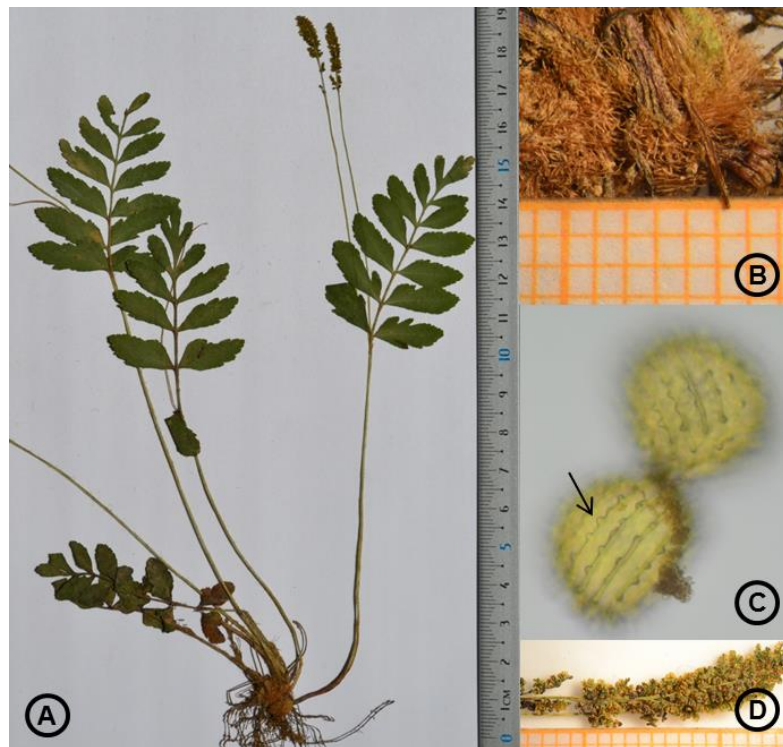


Figura 11. A) Ejemplar deshidratado de *Anemia pastinacaria*, B) rizoma y escamas del rizoma, C) esporas con crestas espinosas (señaladas con la flecha; microscopio óptico 40 x) y D) pinna fértil

***Anemia speciosa* C. Presl**

Pinnas lanceoladas a deltadas de 1.8-3 cm de ancho, base de la pinna truncada y verde en la parte superior; **hojas** 1-pinnadas, de textura coriácea; **pinnas estériles** 1-2 (4) pares por fronda; **pinna fértil** pequeña; **esporas** grandes, cerradas y con crestas paralelas (Figura 12).

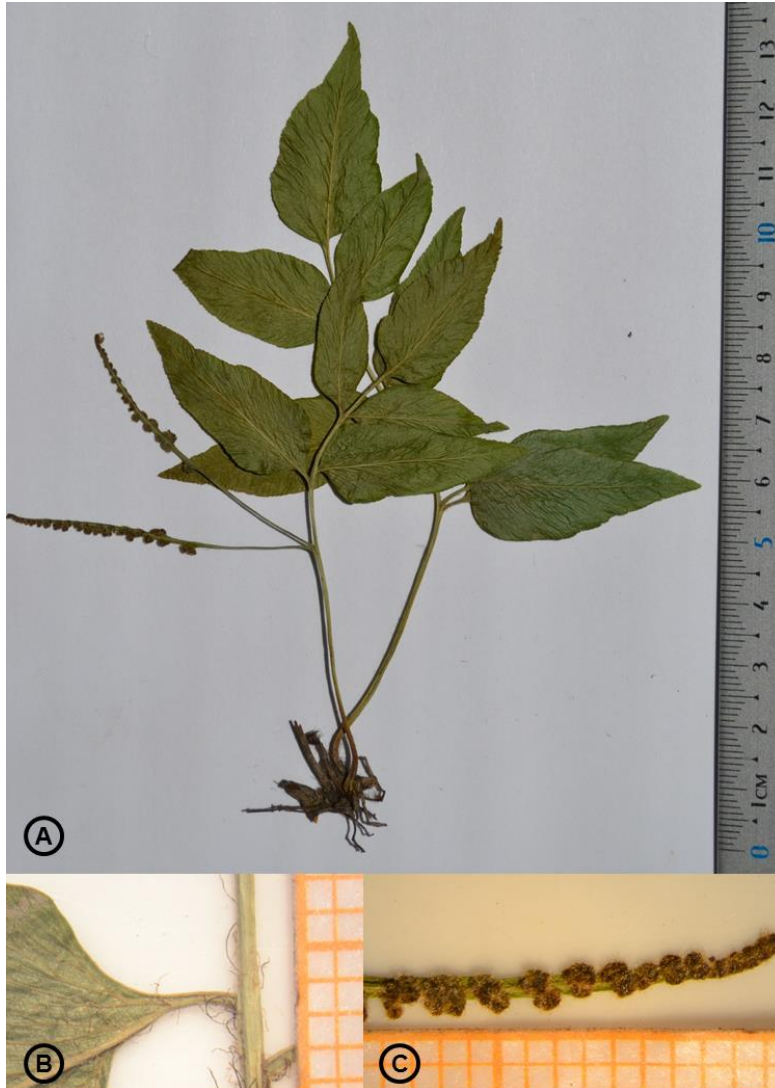


Figura 12. A) Ejemplar deshidratado de *Anemia speciosa*, B) raquis con escamas y C) pinna fértil

***Asplenium harpeodes* Kunze**

Raíces delgadas, fibrosas y no prolíferas; **rizoma** suberecto; **escamas del rizoma** pardas, clatradas, con puntas largas y atenuadas de 6-10 mm de largo y márgenes con dientes ocasionalmente; **frondas** agrupadas, arqueadas o pendientes de (25) 35-70 (-100) cm de largo; **estípite** castaño a negro, opaco a sublustroso de 7-16 cm x 1-2 mm, ocupa 1/10 parte de la longitud de la fronda, glabro y sin alas; **hojas** delgadas a cartáceas, 1-pinnadas con una pinna no radicante, ápices pinnatifidos de (25) 40-70 (-90) x 6-12 cm, pinna proximal deflexa y linear; **raquis** castaño a negro, lustroso, glabro, con alas estrechas de 0.2-0.3 mm de ancho; **pinnas** lanceoladas, falcadas, alrededor de 30 pares, de (3) 4.5-7 x 0.8-1.5 cm, sésiles, márgenes basiscópicos basales cuneados y excavados, ápices largo-atenuados, parte distal (1/3-1/2) de las pinnas de menos de 3 mm de ancho, márgenes serrados, sinusios de 1-3 mm de profundidad; **venas**, la mayoría simples excepto en la porción proximal de la pinna, puntas de las venas evidentes adaxialmente; **indumento** aparentemente ausente, hojas esencialmente glabras; **soros** de (8-) 10-15 pares por pinna (usualmente ningún soro sobre las venas basales ramificadas); sobre ambos lados de la vena media; **indusio** de 2-4 x 0.2-0.5 mm, márgenes enteros; **esporas** reniformes (Figura 13).



Figura 13. A) Ejemplar de *Asplenium harpeodes*, B) rizoma y C) pinna con soros

***Marattia laxa* Kunze**

Frondas bipinnadas de 1.5-4 m de largo; **pínnulas** de 10-30 x 1-3.2 cm, estrechamente oblongas, base redondeada, truncada o cordada a auriculada, ápices acuminados, márgenes serrulados; **venas** libres de una a dos veces divididas (Figura 14).



Figura 14. Ejemplar deshidratado de *M. laxa*: A) fronda, B) parte apical de la pinna media y C) sinangios

***Megalastrum subincisum* (Willd.) A. R. Sm. & R. C. Moran**

Rizoma suberecto, leñoso y firme. **Estípite** estraminoso a parduzco, hasta 50 cm x 7 mm; mide hasta 1/3 de toda la longitud de la fronda, glabrescente o con escamas esparcidas, lineares, fibrilosas (con numerosas fibras muy finas) distalmente. **Escamas de la base del estípite** densas, castañas, lustrosas, lineares, de 10-30 x 0.1-0.3 mm, con dientes prominentes marginales falcados; las células elongadas. **Láminas** deltadas hasta 1.5 mm de largo; 3 pinnada-pinnatífidas en las bases; par proximal de pinnas hasta 1 m de largo; mucho más desarrolladas basiscópica que acroscópicamente; pinnas medias, la mayoría 2 pinnado-pinnatífidas; sésiles a pecioladas hasta 1 cm. **Indumento en la cara abaxial**: escamas dentadas en el raquis, costa y entre las venas en forma de pelos de 0.5-4 mm de largo; algunas veces con pelos aciculares hialinos esparcidos de 0.1-0.3 mm de largo sobre la costa y cóstulas y; algunas veces algunos pelos sobre el tejido de la lámina entre las venas. **Indumento en la cara adaxial** de pelos firmes, curvados, aciculares y septados de 0.3-0.8 mm de largo sobre la costa y cóstulas; venas y tejido entre las venas usualmente glabro. **Soros** supramediales y exindusiados (Figura 15).



Figura 15. *M. subincisum*: A) fronda deshidratada, B) pelos aciculares de la cóstula, C) soros, D) escamas del raquis y E) pelos septados de la cara adaxial del raquis

***Pleopeltis angusta* var. *angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd**

Rizoma largo-rastrero de 1.5-2 mm de diámetro; **escamas del rizoma** comosas (con un conjunto apical de tricomas), negras con márgenes pálidos y estrechos de 1.5-2 x 0.5-0.8 mm; márgenes fimbriados. **Frondas** distales, ligeramente dimórficas; frondas fértiles más reducidas. **Estípites** castaño, ocupa de 1/3 a 3/5 de la longitud de la fronda, glabro; alado casi hasta la base. **Hojas** profundamente pinnatisectas de 4-20 cm de ancho; con 1-2 (hasta 5) pares de lóbulos opuestos o subopuestos; lineares y ascendentes de 4-12 cm x 4-7 mm. **Nervaduras** (de raquis y costa) abaxialmente de castaño a negro, usualmente prominentes desde la base hasta los ápices de las pinnas. **Venas** no visibles claramente. **Escamas de la cara abaxial** de la hoja redondas, de 0.3 mm de ancho u ovada-lanceoladas de 0.8-1 mm de largo; centro pardo; márgenes denticulados, más oscuras y más divididas las que están del soro. **Soros** oblongos, usualmente más amplios que los espacios de la lámina; con escamas peltadas en el soro de 0.5-0.8 mm de ancho, centro pardo oscuro, márgenes pálidos y fimbriados (Figura 16).



Figura 16. *Pleopeltis angusta* var. *angusta*: A) soro con escamas peltadas, B) escamas de la cara abaxial de la lámina, C) escamas del rizoma y D) frondas deshidratadas

***Serpocaulon triseriale* (Sw.) A. R. Sm.**

Rizoma corto rastrero, de 7-10 mm de diámetro; **escamas del rizoma** con márgenes estrechos y pálidos, porción central color pardo claro, con paredes engrosadas color pardo oscuras, forma ovada-acuminada, de 4-5 x 2-3 mm; **frondas** de 36-90 cm de largo, 1-2 cm distantes; **estípites**, 1/4-2/5 de la longitud de la fronda, color estraminoso a castaño, glabro; **hojas** 1-pinnadas, ampliamente oblongas, de 16-50 cm de ancho, con una pinna terminal similar a las laterales; **pinnas**, 3-14 pares, de 1.3-3.2 cm de ancho, las pinnas proximales con bases cuneadas y las distales ampliamente adnadas, linear a oblongas, acuminadas, glabras excepto por tricomidios de 0.1-0.3 mm de largo, raros a dispersos, márgenes enteros; **venas** reticuladas con 3-4 filas de areolas entre la costa y los márgenes de la pinna; **soros** redondos, dispuestos en 2-3 filas entre la costa y los márgenes de la pinna; esporangios glabros (Figura 17).



Figura 17. A) Ejemplar de *Serpocaulon triseriale*, B) escama del rizoma y C) soros y venación reticulada de en la pinna

***Thelypteris schaffneri* (Fée) C.F. Reed**

Rizoma corto rastrero; **frondas** monomórficas de 65-110 cm de largo; **estípite** estraminoso a parduzco, de 35-65 cm x 2.5-5 mm, con pelos estrellados o furcados dispersos de 0.1 mm de largo y con pocas escamas basales; **hojas** delgadas con la consistencia de papel, pustuladas sobre la superficie abaxial; 1 pinnado-pinnatífidas, de 25-45 x 25-35 cm, sin brotes en las axilas de las pinnas distales. **Pinnas** 3-7 pares laterales y una pinna terminal conforme de 15-25 x 2.5-4 cm, con incisiones hacia la costa de hasta 1/2-2/3 de ancho; con peciolo de 3-15 mm de largo; las pinnas enteras, algo reducidas o truncadas en las bases y reduciéndose gradualmente hacia los ápices y largo-acuminados. **Segmentos** subfalcados, agudos u obtusos; **venas**, 15-18 pares por segmento, 3-4 pares de venas proximales de los segmentos adyacentes, se unen en los sinusios; **indumento abaxial** de pelos simples dispersos de 0.1-0.5 mm sobre la costa, cóstulas y venas; el tejido entre las venas es glabro, raquis con pelos estrellados de 0.1-0.2 mm y algunos pocos sin ramificarse. **Soros** submarginales con indusio persistente, blancuzco, reniforme y marginalmente setoso; **esporangios** glabros (Figura 18).



Figura 18. *T. schaffneri*: A) fronda deshidratada, B) soros y C) pelos estrellados de la costa