



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**Composición y riqueza de helechos y licopodios en los bosques de
Fagus grandifolia subsp. *mexicana* del estado de Hidalgo, México**

**T
E
S
I
S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

PRESENTA:

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO, 2015



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 **MARISOL GUTIÉRREZ LOZANO**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis intitulado **“Composición y riqueza de helechos y licopodios en los bosques de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* 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 Angel Villavicencio Nieto	
PRIMER VOCAL:	Dr. Numa Pompilio Pavón Hernández	
SEGUNDO VOCAL:	Dra. Maritza López Herrera	
TERCER VOCAL:	Dr. Arturo Sánchez González	
SECRETARIO:	Dra. María del Consuelo Cuevas Cardona	
PRIMER SUPLENTE:	Dra. María Teresa Pulido Silva	
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 27 de enero de 2015

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



AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Arturo Sánchez González, mi director de tesis, por su tiempo, por su apoyo, su confianza, su paciencia, su preocupación, por sus enseñanzas, por su guía durante este trabajo, por su atención y sobre todo por creer en mí.

A cada uno de mis sinodales: Dr. Miguel Ángel Villavicencio Nieto, Dr. Numa Pompilio Pavón Hernández, Dra. Maritza López Herrera, Dra. María del Consuelo Cuevas Cardona, Dra. María Teresa Pulido Silva y Dr. Luis Fernando Rosas Pacheco por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo, por sus valiosas aportaciones, comentarios y correcciones.

A los compañeros del Herbario: Adriana, Angela, Cinthia, Chanes, Mayra Cecilia, Oscar, Ro, Yarely con quienes compartí gratos momentos durante mi estancia en el herbario y de quienes he aprendido muchas cosas.

A mis amigos de la carrera: Ely, Luis, Nancy, Pedro por compartir momentos inolvidables a su lado a lo largo de la carrera y por seguir disfrutando de nuestra amistad.

A todos los profesores que ahora hacen de mí una mejor persona, a mis compañeros de la generación XXII, que dieron un toque muy especial a esta travesía...no los voy a olvidar.

A CONACYT por la beca otorgada para la realización del presente trabajo, dentro del proyecto básico titulado “Estructura, diversidad de especies vegetales y distribución actual de los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) en el estado de Hidalgo, México”, con clave CB-2011/169141.

Finalmente gracias, a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mí fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, pero sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida, por llenar mi vida de alegría y amor cuando más lo he necesitado.

Los quiero mucho!!!

CONTENIDO GENERAL	PÁGINA
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	4
Estudios de helechos y licopodios en México	4
Estudios de helechos y licopodios en Hidalgo	5
Estudios florísticos realizados en los bosques de <i>Fagus</i> del estado de Hidalgo	6
Los bosques de haya (<i>Fagus grandifolia</i> subsp. <i>mexicana</i>)	7
JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVOS	11
Objetivo general	11
Objetivos particulares	11
MÉTODO	12
Área de estudio	13
Trabajo de campo	14
Trabajo de laboratorio	16
Complejidad del inventario	17
Valor de importancia relativa (VIR) de las especies	17
Semejanza en la composición de especies	17
Relación entre composición de especies, valores estructurales y variables ambientales	18

Índice de biodiversidad taxonómica (IB)	19
RESULTADOS	20
Inventario de las especies de helechos y licopodios	20
Sustratos de crecimiento de las especies	23
Nuevos registros para el estado de Hidalgo	24
Completitud del inventario	29
Valor de importancia relativa (VIR) de las especies	29
Semejanza en la composición de especies	31
Relación entre composición de especies, valores estructurales y variables ambientales	32
Índice de biodiversidad taxonómica (IB)	36
DISCUSIÓN	37
CONCLUSIONES	44
LITERATURA CITADA	46
ANEXO 1. Lista de especies de helechos y licopodios presentes en los bosques de haya (<i>Fagus grandifolia</i> subsp. mexicana) del estado de Hidalgo	59

ÍNDICE DE CUADROS	PÁGINA	
1	Número de familias, géneros y especies de helechos y licopodios en los bosques de haya	19
2	Número de especies y géneros por familia de helechos y licopodios, en los bosques de haya	20
3	Número de especies por género de helechos y licopodios en los bosques de haya	21
4	Porcentaje de completitud del inventario de especies de helechos y licopodios de los bosques de haya	28
5	Especies de helechos y licopodios con mayor valor de importancia relativa por localidad de estudio	29
6	Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)	33
7	Correlación entre los dos primeros ejes de la ordenación y las siete variables ambientales	33
8	Comparación del índice de biodiversidad taxonómica (IB) entre las localidades analizadas y con respecto a los sitios externos	35

ÍNDICE DE FIGURAS	PÁGINA	
1	Localización del área de estudio, en el este del estado de Hidalgo, México	12
2	Fotografías de las localidades con bosque de <i>Fagus</i> , Hidalgo: a) La Mojonera y b) El Gosco	13
3	a) Recolección y búsqueda de helechos y licopodios en campo. b) <i>Elaphoglossum peltatum</i> y c) Ejemplares prensados de helechos y licopodios	15
4	Sustratos de crecimiento de las especies de helechos y licopodios en los bosques de haya	22
5	<i>S. ensiformis</i> . a) Esporangios, b) Venas irregulares y c) Escama del rizoma	24
6	<i>T. senilis</i> . a) Pinna con soros y b) Soro con esporangios cubiertos de setas	26
7	Dendrograma que muestra las relaciones jerárquicas de semejanza florística entre las localidades con bosque de haya y localidades externas	31
8	Diagrama de ordenación de las tres localidades con bosque de haya del estado de Hidalgo y siete variables ambientales	32

RESUMEN

En la última década se ha incrementado el número de estudios florísticos de los bosques de *Fagus* de México, sin embargo, existen todavía algunos grupos de plantas en los que se carece de información, por lo que el objetivo de la presente investigación fue conocer la riqueza, valores estructurales y distribución de las especies de helechos y licopodios en los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) del estado de Hidalgo. El trabajo se basó en la recolección detallada y en el muestreo en campo de los dos grupos de plantas, en tres localidades: El Gosco (Tenango de Doria), La Mojonera (Zacualtipán de Ángeles) y Medio Monte (San Bartolo Tutotepec). Para el análisis de los datos se realizó un análisis de semejanza entre localidades y se estimó el valor de importancia relativa (VIR) de las especies; también se empleó el análisis de correspondencia canónica para establecer la relación entre algunas variables ambientales locales con respecto a la composición y valores estructurales de las especies de helechos y licopodios. Adicionalmente, se calculó el índice de biodiversidad taxonómica (IB) que considera el tamaño del área. Se recolectaron en total 213 ejemplares de helechos y licopodios, los cuales pertenecen a 21 familias, 44 géneros y 80 especies. Se citan dos nuevos registros para el estado de Hidalgo: *Scoliosorus ensiformis* y *Terpsichore senilis*; cinco de las especies identificadas se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010. Los sustratos de crecimiento más comunes fueron el terrestre y el epífito; las especies con mayor VIR difirieron entre las localidades con bosques de *Fagus*, excepto *Lophosoria quadripinnata*. Por otra parte, la semejanza en la composición de especies fue mayor entre localidades con bosques de *Fagus* que con respecto a otras localidades con bosque mesofilo de montaña (BMM); el valor del IB de los bosques de haya fue más elevado que el de otras regiones o municipios del estado de Hidalgo y de México, lo cual puede tener relación con condiciones ambientales idóneas para helechos y licopodios. Entre las variables analizadas, el potencial de hidrógeno y la temperatura del suelo fueron las que mejor explicaron los cambios en la composición de especies. Los bosques de *Fagus* poseen una alta riqueza de especies por unidad de área, por lo que sería importante implementar programas de conservación y manejo a corto plazo, ante la elevada tasa de disturbio que actualmente presentan.

INTRODUCCIÓN

En México los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) representan una asociación vegetal de especial interés dentro de los bosques mesófilos de montaña (BMM), por ser relictos del Plioceno-Mioceno (aproximadamente 23 millones de años), con una distribución restringida a las regiones montañosas de la Sierra Madre Oriental, en los estados de Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Rowden *et al.*, 2004).

Los bosques de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, en el estado de Hidalgo se localizan en los municipios de Tenango de Doria, Tianguistengo, San Bartolo Tutotepec y Zacualtipán de Ángeles donde predomina un clima templado húmedo (Rowden *et al.*, 2004). Estos bosques se caracterizan por poseer una elevada riqueza de especies, pero son altamente vulnerables a los cambios climáticos y al disturbio provocado por las actividades humanas (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013). Los daños más evidentes en los bosques mesófilos de montaña de México (incluidos los bosques de haya) son inducidos por la extracción de leña, la fragmentación del hábitat y el cambio de uso del suelo hacia la agricultura y la ganadería (Vargas-Rodríguez *et al.*, 2010); lo que lleva a suponer que la composición de las especies de plantas se está modificando, de acuerdo al tamaño y el grado de perturbación al que están siendo sometidos estos bosques.

El interés por estudiar la composición florística de los bosques de *Fagus* en México se ha incrementado en los últimos años, por lo que cada vez existe más información sobre la identidad y biología de las especies que coexisten dentro de esta asociación vegetal. Sin embargo, en dos grupos de plantas en particular, los helechos y licopodios la información es todavía escasa.

Los helechos y licopodios son dos grupos de plantas de origen muy antiguo, que comparten varias características en común: a diferencia de las plantas vasculares con semilla, requieren condiciones ambientales particulares (en especial humedad) para la reproducción sexual (Ranker y Haulfler, 2008). Además, son un componente importante de la estructura del bosque, tienen una participación activa en la regeneración de los ecosistemas y áreas perturbadas; por ello son considerados como indicadores de la calidad del ambiente (Karst *et al.*, 2005; Poulsen y Tuomisto, 1996; Paciencia y Prado, 2005; Arcand y Ranker, 2008; Mehltreter, 2008b; Mehltreter, 2010a; Mehltreter, 2010b). Actualmente la división Lycopodiophyta esta representada por tres familias (Lycopodiaceae, Isoetaceae y Selaginellaceae) y cinco géneros; y la división Polypodiophyta esta integrada por 45 familias y alrededor de 280 géneros (Christenhusz *et al.*, 2011). En México existen aproximadamente 1,008 especies de helechos y licopodios (Mickel y Smith, 2004), para el estado de Hidalgo Hernández (2014) menciona alrededor de 372 especies, pertenecientes a 30 familias y 80 géneros.

La finalidad de este trabajo fue realizar el primer inventario de helechos y licopodios del bosque de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) del estado de Hidalgo; así como analizar la relación entre la composición y los valores estructurales de las especies de helechos y licopodios con respecto al estado de perturbación y condiciones ambientales; para de esta manera contribuir al conocimiento de este grupo de plantas y de la composición florística de los bosques de haya, una asociación vegetal considerada en riesgo de extinción por varios autores (Williams-Linera *et al.*, 2003; Godínez-Ibarra *et al.*, 2007).

ANTECEDENTES

Estudios realizados con helechos y licopodios en México

El estudio de los helechos y licopodios en México aumentó significativamente a partir del año 1962, con publicaciones de revisiones de familias, géneros y listados pteridológicos (Lira y Riba, 1993); sin embargo, muchos de las investigaciones se han realizado en áreas aisladas o particularmente en ciertos estados de la República Mexicana. Por ejemplo, Mickel y Beitel (1988), realizaron el estudio de la Pteridoflora del estado de Oaxaca, en el que incluyen anotaciones sobre la riqueza y distribución de este grupo de plantas en los diferentes municipios; Riba *et al.* (1996) dieron a conocer la Pteridoflora del estado de Morelos.

Por su parte, Arreguín-Sánchez *et al.* (2001) realizaron el inventario de la Pteridoflora del estado de Querétaro, en su manuscrito incluyen imágenes y fichas descriptivas sobre las características que presentan las especies. Destacan también los listados con anotaciones de las Pteridofitas del Estado de México (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004) y el de la riqueza florística de helechos y licopodios de la misma entidad (Tejero-Díez, 2007). Otros estudios importantes con Pteridofitas son los realizados en Baja California, Chihuahua, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo, Península de Yucatán, Coahuila (Lira y Riba, 1993), el Valle de México (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004), Veracruz (Castillo-Campos *et al.*, 2005; Vázquez *et al.*, 2006; Tejero-Díez *et al.*, 2011), Nuevo León (Velasco *et al.*, 2012), Puebla (Cerón-Carpio *et al.*, 2012) y Oaxaca (Santiago, 2013).

Cabe destacar, la obra más sobresaliente, el libro titulado “The Pteridophytes of Mexico” de Mickel y Smith (2004), donde se describen e ilustran 1,008 especies y 16 subespecies, 40 de las cuales son nuevos registros a nivel nacional. Adicionalmente, se han realizado algunas descripciones en el

primer volumen de la obra: Helechos y lycopodios de México (Mendoza-Ruiz y Pérez-García, 2009) e inventarios de especies en el BMM de México (Tejero-Díez *et al.*, 2014).

A pesar de que los estudios de helechos y lycopodios del país se han enriquecido en los últimos años, aún hay carencia de información para ciertas regiones de México en cuanto al número y distribución de las especies, lo cual se ve reflejada en la falta de inventarios.

Estudios de helechos y lycopodios en Hidalgo

Como han mencionado previamente varios autores (Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Pérez-Paredes *et al.*, 2012, Pérez, 2012, Hernández, 2014), los estudios florísticos con helechos y lycopodios en el estado de Hidalgo se pueden dividir en: (1) estudios con plantas vasculares, que incluyen listados parciales de helechos y lycopodios, en los que en general se registra un número escaso de especies, por ejemplo: 36 especies en Tlanchinol (Luna-Vega *et al.*, 1994); 37 en Tenango de Doria (Alcántara y Luna-Vega, 1997); 27 especies en Molocotlán, Molango y Xochicoatlán (Mayorga *et al.*, 1998); 29 en Eloxochitlán y Tlahuelompa (Alcántara y Luna-Vega, 2001) y 30 en Monte Grande, Lolotla (Ponce-Vargas *et al.*, 2006).

Por otra parte, otros tipos de estudios se enfocan exclusivamente a las especies de helechos y lycopodios, (2) lo que resulta en inventarios más completos, cuando se les compara con los estudios de la flora vascular en general. En el estudio de la Pteridoflora de la Barranca de Omitlán se mencionan 44 especies (Sánchez y Chávez, 1951); en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, 77 (Cuevas *et al.*, 2013); en el municipio de Calnali, 115 especies (Pérez, 2009); en Tenango de Doria, 112 especies (Zúñiga-Salvatierra, 2009); en el Parque Nacional Los Mármoles 71 especies (Ramírez-

Cruz *et al.*, 2009); en el Parque Nacional El Chico (PNC) 62 especies (Serrano, 2010); en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, 125 especies (Pérez-Paredes *et al.*, 2012); en Tlanchinol se encontraron 130 especies (Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012) y en el Valle del Mezquital, 80 especies (Pérez, 2012). En el estudio más reciente, Hernández (2014) estimó que en el bosque mesófilo de montaña (BMM) del estado de Hidalgo se encuentran un total de 263 especies.

Estudios florísticos realizados en los bosques de haya del estado de Hidalgo

Con respecto a los estudios florísticos realizados en los bosques de haya de la entidad, se pueden clasificar en (a): estudios a nivel poblacional con *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, en los que se incluyen como datos adicionales listados parciales de algunas especies que coexisten en estos bosques. Entre ellos destaca el trabajo de López-López (2003) que incluye la evaluación de la regeneración de los individuos de *Fagus* en la Mojonera, Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo. En la misma localidad Godínez-Ibarra *et al.* (2007) realizaron un estudio sobre la producción de semillas y la demografía de plántulas de *Fagus*, e incluyen una lista florística de algunas especies arbóreas: *Clethra macrophylla* M. Martens & Galeotti, *Magnolia schiedeana*, *Pinus patula* Schltl & Cham., *Quercus* spp. y *Turpinia insignis* (Kunth) Tul.

Adicionalmente, Montiel-Mendoza (2011) analizó la estructura poblacional y genética de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* en tres fragmentos de bosque, dos de ellos en la localidad de Tutotepec, estado de Hidalgo; por su parte, Rodríguez-Ramírez *et al.* (2013) estimaron que la superficie ocupada por los fragmentos de bosque de haya del estado de Hidalgo es de aproximadamente 106.79 ha, lo que equivale al 73% de la cobertura a nivel nacional.

Recientemente se han realizado varios estudios encaminados a conocer la composición florística de los bosques de haya del estado de Hidalgo, en grupos particulares de plantas; destacan los siguientes trabajos: Rodríguez-Ramírez (2014), menciona la presencia de 20 especies de árboles y 8 especies de arbustos; Chávez (2014), realizó un inventario de las especies de angiospermas herbáceas y arbustivas, en el que registró 78 especies pertenecientes a 61 géneros y 31 familias. Con respecto a las plantas no vasculares, destaca el estudio realizado por Pérez (2012) en donde menciona 38 especies de hepáticas (Marchantiophyta); el de Cruz (2012) quien identificó cuatro especies de antoceros (Anthoceroophyta) y el de Mejía (en proceso) en el que reconoce aproximadamente 72 especies de musgos (Bryophyta). Sin embargo, es necesario complementar la información florística de otros grupos de plantas, por lo que en el presente estudio se plantea la necesidad de contribuir al conocimiento de la riqueza y composición de especies de helechos y licopodios de los bosques de haya del estado de Hidalgo.

Los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) de México

En Asia oriental es donde surgieron las primeras especies de *Fagus*, mientras que las especies derivadas se hallan en América del Norte, Europa y Asia occidental (Takhtajan, 1969). Los antepasados de los bosques de *Fagus* actuales fueron parte de la geoflora Arcto-terciario, que emigró hacia el sur después del enfriamiento climático durante el Mioceno y Pleistoceno. Después, las poblaciones de *Fagus* desaparecieron del sur y se expandieron hacia el norte de Europa y Norteamérica, durante los períodos glaciales e interglaciares en el Plioceno y Pleistoceno (Williams-Linera *et al.*, 2003).

Durante, el Mioceno medio (25-13 millones de años), *F. grandifolia* formaba parte de la flora de Veracruz, México (Graham, 1973); pero debido a las condiciones ambientales más secas en los períodos del Mioceno y Plioceno (13.5 millones de años) las poblaciones de *Fagus* de América del Norte y México quedaron aisladas entre sí (Williams-Linera *et al.*, 2003). Actualmente el género *Fagus* (Fagaceae) a nivel mundial, está constituido por 10 especies, distribuidas en el hemisferio norte (Denk, 2003; Jones y Moberg, 2003; Denk y Grimm, 2009; Binkley, 2010).

En México los bosques de haya son también conocidos como bosques de *Fagus*, totoral o hayedos, representan una asociación vegetal con requerimientos particulares, dentro de los bosques mesófilos de montaña (BMM) de la Sierra Madre Oriental; tienen una distribución geográfica restringida y fragmentada, se conocen actualmente trece pequeños bosques distribuidos en los estados de Hidalgo, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Ern, 1976; Rowden *et al.*, 2004; Villavicencio-Nieto y Pérez-Escandón, 2008; Montiel-Oscura, 2011; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013). Prosperan en altitudes de entre 1,400 y 2,000 m, en sitios con exposición norte, con pendientes elevadas y topografía abrupta; la variación en las condiciones climáticas dentro de estos bosques es estrecha: la temperatura promedio anual fluctúa entre 14.8° y 15.6° C y la precipitación total anual es mayor de 1,741 mm (Ehnis, 1981; Peters, 1992; Álvarez-Aquino *et al.*, 2004; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013).

En el estado de Hidalgo los bosques de *Fagus* se distribuyen a manera de parches aislados, en los municipios de San Bartolo Tutotepec, Tenango de Doria, Tianguistengo y Zacualtipán de Ángeles; en conjunto ocupan una superficie de 106.79 ha, lo cual equivale al 73.9% de la cobertura a nivel

nacional (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013); por lo que Hidalgo es la entidad en donde está mejor representada esta asociación vegetal en México.

Las especies arbóreas características de esta asociación vegetal son, además de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*: *Clethra mexicana*, *Magnolia schiedeana*, *Pinus patula*, *Podocarpus matudae* y *Quercus laurina* (Ehnis, 1981; Pérez-Rodríguez, 1999; Williams-Linera *et al.*, 2003; Villavicencio-Nieto y Pérez-Escandón, 2008; Rodríguez-Ramírez, 2014). En el sotobosque se desarrollan numerosas especies de plantas arbustivas y herbáceas: *Eugenia capulí*, *Ocotea klotzschiana* (Nees) Hemsl, *Cestrum* spp., *Begonia*, *Deppea*, *Epifagus*, *Miconia*, *Rubus* y *Smilax* (Godínez-Ibarra *et al.*, 2007; Chávez, 2014), entre las que sobresalen los helechos y licopodios.

En la actualidad, los bosques de *Fagus* a nivel local, estatal y nacional se encuentran muy fragmentados, lo cual acentúa su vulnerabilidad (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013). Muchas de las actividades humanas, especialmente cambio de uso de suelo, aprovechamiento maderable, y el pastoreo y la recolección de leña y de semillas para consumo, están afectando de manera significativa la existencia de esta asociación vegetal y por ende al taxón, que se considera “en peligro de extinción” en la legislación mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (Williams-Linera *et al.*, 2003; SEMARNAT, 2010).

JUSTIFICACIÓN

Los estudios florísticos realizados en los bosques de *Fagus* del estado de Hidalgo, son pocos, recientes y están enfocados a ciertos grupos de plantas, entre los que no se han considerado a los helechos y licopodios; por ello en el presente estudio se considera que es esencial generar información sobre la composición, riqueza y distribución de los helechos y licopodios en los bosques de *Fagus* del estado de Hidalgo por varias de las razones que se mencionan a continuación: (1) esta asociación vegetal se considera en riesgo de extinción; (2) algunas especies de helechos y licopodios y de otros grupos de plantas que habitan en los bosques de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* están incluidos en alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (por ejemplo *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Magnolia Schiedeana*, *Podocarpus matudae*); (3) es ampliamente reconocido que los helechos y licopodios son grupos de plantas indicadoras de la calidad del hábitat, por lo que pueden ser utilizadas para definir el grado de perturbación de este ecosistema (Poulsen y Tuomisto, 1996; Paciencia y Prado, 2005; Arcand y Ranker, 2008; Mehltreter, 2008b; Mehltreter, 2010a; Mehltreter, 2010b); y (4) los inventarios de especies proporcionan información fundamental para establecer programas de manejo y conservación de los ecosistemas (Toledo, 1994; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012), por lo que los resultados del presente estudio pueden ser utilizados para proponer acciones de protección de los bosques de haya, que en la actualidad están siendo fuertemente afectados por las actividades humanas.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Conocer la composición, riqueza, valores estructurales y distribución de las especies de helechos y licopodios en los bosques de *Fagus* en el estado de Hidalgo, para tener una referencia de su estado actual y definir con base en las diferencias de las características antes mencionadas, el grado de perturbación que presentan.

Objetivos particulares

- Realizar el inventario de las especies de helechos y licopodios de los bosques de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* del estado de Hidalgo.
- Conocer la riqueza, valores estructurales y distribución de las especies de helechos y licopodios en los bosques de *Fagus* del estado de Hidalgo.
- Definir si la composición y los valores estructurales de las especies de helechos y licopodios están relacionados con las condiciones ambientales locales en los bosques de haya.

MÉTODO

Área de estudio

El estudio se realizó en los BMM localizados al este del estado de Hidalgo (21°24' S, 19°36' N), dentro de la Sierra Madre Oriental, México. Las localidades de estudio son las siguientes: El Gosco (Tenango de Doria), La Mojonera (Zacualtipán de Ángeles) y Medio Monte (San Bartolo Tutotepec); se encuentran inmersas dentro de los BMM, a manera de parches aislados y el dosel es dominado por la especie *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* (Figura 1). El intervalo de altitud en donde se desarrolla esta asociación vegetal fluctúa entre 1,557 y 1,987 m (Rodríguez- Ramírez *et al.*, 2013).

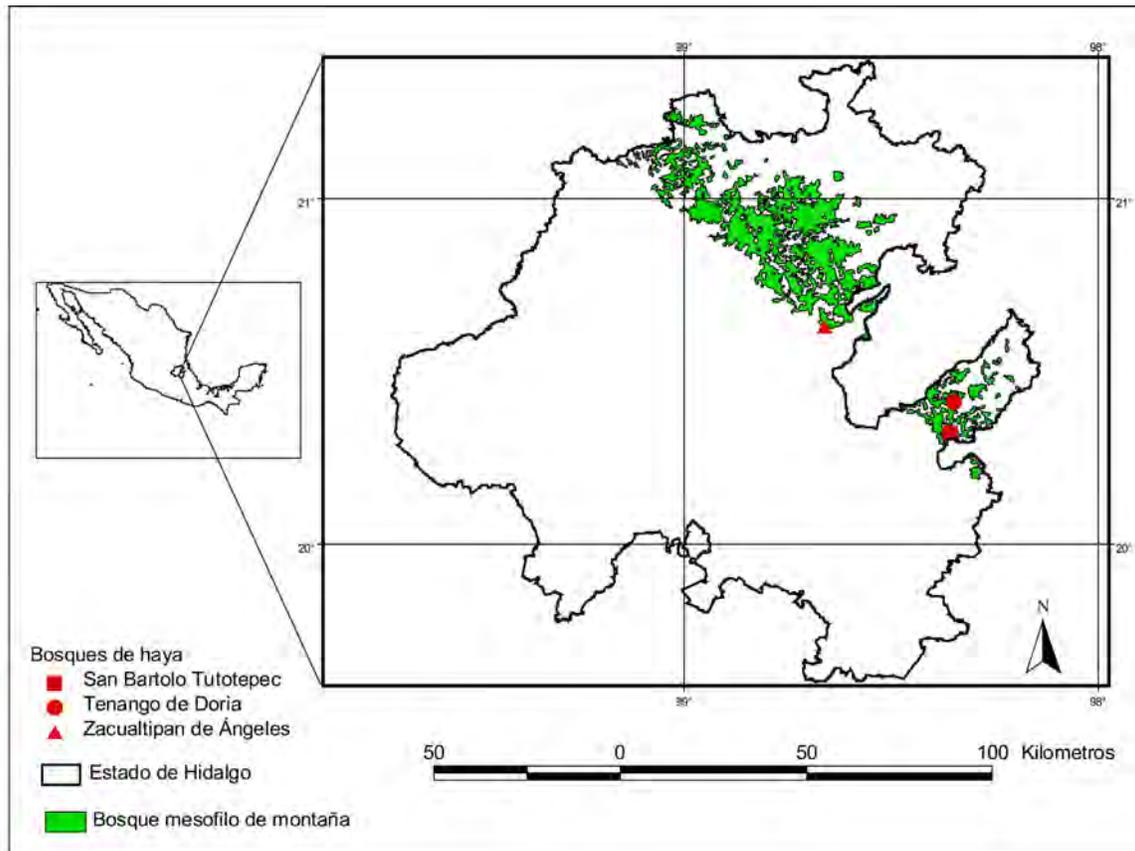


Figura 1. Localización del área de estudio, en el estado de Hidalgo, Mexico

Clima. El clima del bosque de haya de México es C (fm), templado húmedo con lluvias todo el año, característico de un lugar de montaña (García, 1998; Peters, 1995), con un alto grado de humedad, de entre 60 y 85% (Tinoco-Rueda *et al.*, 2009). La temperatura media anual es de 12.7 °C y la mínima anual es de -10 °C, con presencia de neblinas.

Cobertura. Los bosques de haya tienen una extensión de 106.79 ha, lo que equivale al 73% de la cobertura a nivel nacional (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013), por ello varios autores mencionan que los bosques en Hidalgo son los de mayor extensión y mejor conservados (Williams-Linera *et al.*, 2003). La Mojonera tiene una extensión de 45 ha; Medio Monte de 34.25 ha y El Gosco tiene 4.5 ha.

Suelos. Predominan el andosol húmico y vítrico, según la clasificación de FAO-UNESCO; la textura del suelo es franco arcilloso arenosa, con vidrio volcánico en algunos lugares y el pH oscila entre 4 y 6 (Peters, 1995). La topografía del terreno es irregular, las pendientes fluctúan entre 20° y 42° (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013).



Figura 2. Fotografías de las localidades con bosque de *Fagus* en Hidalgo: a) La Mojonera, b) El Gosco.

Trabajo de campo

Consistió en dos fases, la primera fue la exploración y recolecta detallada de ejemplares de helechos y licopodios en las tres localidades más representativas del bosque de *Fagus* del estado de Hidalgo, ubicadas en los municipios de Tenango de Doria, San Bartolo Tutotepec y Zacualtipán de Ángeles. Aunque existe un pequeño fragmento de este tipo de bosque en el municipio de Tianguistengo, Hidalgo, su tamaño es menor a 1 ha y está sumamente perturbado debido a las actividades humanas, por lo que no se consideró en el presente trabajo.

La recolecta de los ejemplares se realizó en el periodo comprendido entre diciembre de 2011 y mayo de 2014, e incluyó 19 salidas de campo; se realizó en sitios bajo el dosel del bosque de haya, o en claros o microambientes tales como márgenes de cuerpos de agua, arroyuelos y zonas rocosas, dentro del bosque. Es importante mencionar que no se recolectaron especímenes en la periferia de las localidades de los bosques de interés, para evitar el efecto de borde y con la finalidad de no incluir especies típicas de ambientes perturbados o de otras asociaciones vegetales aledañas. Para la recolección de ejemplares se seleccionaron individuos completos, libres de daño físico, que presentaban rizoma y esporangios maduros, debido a que estas estructuras son esenciales para la determinación taxonómica a nivel específico en helechos y licopodios (Lot y Chiang, 1986). El tiempo de búsqueda y recolección de ejemplares en cada localidad osciló entre cuatro y cinco horas, dependiendo de las características del terreno, en algunos lugares la topografía fue abrupta por lo que la exploración fue más lenta y parcial.

Después de la recolecta, los ejemplares fueron prensados, para ello se colocaron entre papel periódico, sobre el que se anotaron las iniciales del colector y su número de colecta. Con este número

de referencia fue posible relacionar posteriormente la información más detallada escrita en la libreta de campo (altitud, latitud, lugar y fecha de colecta, características del micro-ambiente, entre otros datos). Cada uno de los ejemplares se colocó entre dos cartones corrugados (que favorecen el flujo del aire) y se prensó apretando las correas de la prensa botánica (Figura 3) (Lot y Chiang, 1986).



Figura 3. a) Recolección y búsqueda de helechos y licopodios en campo. b) *Elaphoglossum peltatum* y c) Ejemplares prensados de helechos y licopodios.

La segunda fase del trabajo de campo consistió en la colocación de parcelas de muestreo en cada bosque, para ello se utilizó el método del cuadrado (Franco *et al.*, 2001), que permite determinar con precisión la densidad, cobertura y frecuencia de las especies dentro de los sitios de muestreo, y no requiere que se establezcan parcelas en forma de cuadro necesariamente, es decir, se pueden emplear áreas con otra forma geométrica para destacar la importancia estructural de cada una de las especies, en este caso de helechos y licopodios. Se establecieron cinco parcelas de muestreo de 60 m² (3 x 20 m) cada una, por localidad con bosque de *Fagus*, separadas entre sí por una distancia de al menos 20 m; el tamaño de cada parcela es el recomendado en otros estudios para el muestreo del

estrato herbáceo en comunidades vegetales de climas templados (Mueller-Dombois y Elenberg, 1974; Franco *et al.*, 2001). El número de parcelas se consideró adecuado, debido a que en los bosques maduros de haya el estrato herbáceo es relativamente pobre, por la elevada cobertura del dosel (Rodríguez-Ramírez, 2014). En cada parcela se registraron los datos necesarios para estimar las características estructurales: cobertura, densidad y valor de importancia relativa (ver en sección de trabajo de laboratorio).

Es importante mencionar que debido a que varias de las especies de plantas que coexisten en los bosques de haya del estado de Hidalgo, se encuentran en alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, se contó con dos permisos de colecta: OFICIO NUM.SGPA/DGVS/02750/12 y OFICIO NUM. SGPA/DGVS/01245/13 otorgados por la Dirección General de Vida Silvestre, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Los valores de las características ambientales de cada localidad, fueron retomados del trabajo de Rodríguez-Ramírez (2014), realizado en las mismas localidades de muestreo del presente estudio, e incluyen datos de humedad, temperatura, potencial de hidrógeno (pH) del suelo, cantidad y profundidad de hojarasca, cobertura arbórea y pendiente del terreno.

Trabajo de laboratorio

Los ejemplares recolectados se trasladaron al herbario (HGOM) del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), posteriormente la prensa se colocó en una secadora convencional, durante dos días aproximadamente, dependiendo del grado

de hidratación de las plantas recolectados. Una vez secos los ejemplares se identificaron a nivel especie, con base en las claves taxonómicas de Mickel y Smith (2004).

Después de la identificación, los especímenes se montaron en cartulinas de papel bond de 29 x 40 cm de buena calidad y libres de ácido, con una etiqueta en la parte inferior izquierda con los datos estándar sugeridos por Lot y Chiang (1986) y se integraron a la colección del herbario HGOM, del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEH y un duplicado se donó al herbario MEXU, con sede en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Completitud del inventario

Para calcular el grado de completitud del inventario de especies, se utilizaron los estimadores no paramétricos Bootstrap y Jackknife (Colwell y Coddington, 1994), con base en datos de presencia o ausencia, bajo el supuesto de que mientras más especies raras se contabilizan, mayor es el número de especies que faltan por incluir en el inventario. Los cálculos se realizaron con el programa EstimateS v. 9.1.0 (Colwell, 2013).

Valor de importancia relativa (VIR)

Con los valores relativos de los atributos estructurales: cobertura y densidad, se estimó el valor de importancia relativa (VIR) de las especies (Mueller-Dombois y Elenberg, 1974). La densidad se definió como el número de individuos de cada especie por unidad de área y la cobertura (C) viene dada por la fórmula: $C = \pi \left[\frac{1}{4}(d_1 + d_2) \right]^2$, donde $\pi = 3.1416$, d_1 y d_2 son los diámetros mayor y menor

perpendiculares entre sí de la proyección vertical de la copa del individuo; y el VIR= $\frac{1}{2}$ (cobertura relativa + densidad relativa).

Semejanza en la composición de especies

La semejanza en la composición de especies se analizó en forma numérica, mediante el análisis de agrupamiento (CA: Cluster Analysis 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 los sitios son sintetizados en un sólo grupo. Se eligió el índice de Jaccard como la medida de distancia para definir la semejanza entre los grupos (McCune y Mefford, 1999) y como método de unión de grupos el de promedio entre grupos (UPGMA), ya que introduce relativamente poca distorsión en la distancia entre agrupamientos con respecto a la matriz de distancias original (Ludwig y Reynolds, 1988); para realizar este análisis se utilizó el programa PC-ORD (McCune y Mefford, 1999).

Los resultados se presentan en un dendrograma, en el que para definir el número de grupos se eligió un nivel de corte estándar de 50%, en el que se considera o pondera un compromiso entre la pérdida de información y la simplificación de un número de unidades interpretables desde un punto de vista natural (McCune y Grace, 2002).

Relación entre composición de especies, valores estructurales y variables ambientales

Se utilizó el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), una técnica de ordenación directa que representa un caso especial de regresión múltiple, donde la composición o algún valor estructural de las especies (el VIR en el presente estudio) se relaciona directamente con las variables ambientales

(Palmer, 2003). La opción selección hacia adelante (forward), incluida en el programa CANOCO (Ter Braak y Šmilauer, 1998), permitió elegir las variables que mejor explicaban la variación en los datos. Con base en la prueba permutación de Monte Carlo, se determinó si los valores de los ejes de ordenación y los valores de correlación entre las especies y las variables ambientales obtenidas con el CCA, fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Índice de biodiversidad taxonómica

El índice de biodiversidad taxonómica (IB), propuesto por Squeo *et al.* (1998), pondera los valores de riqueza de especies tomando en cuenta el tamaño del área. En el presente estudio se utilizó este índice para comparar los valores de riqueza de especies de helechos y licopodios de los bosques de *Fagus*, con respecto a los obtenidos en otras investigaciones realizadas con ambos grupos de plantas en los bosques mesofilos de montaña de Hidalgo y México. La fórmula para calcular el índice es: $IB = S / \ln A$, donde S es el número de especies registradas y A el tamaño del área (Squeo *et al.*, 1998; Ramírez *et al.*, 2009).

RESULTADOS

Inventario de las especies de helechos y licopodios

En las tres localidades con bosque de *Fagus* se recolectaron un total de 213 ejemplares de helechos y licopodios, los cuales pertenecen a 21 familias, 44 géneros y 80 especies (Cuadro1; Anexo 1). Dos de las especies identificadas representan nuevos registros para el estado de Hidalgo: *Scoliosorus ensiformis* y *Terpsichore senilis*.

De las 21 familias registradas en la presente investigación, 19 pertenecen a la división Polypodiophyta y sólo dos (Lycopodiaceae y Selaginellaceae) a Lycopodiophyta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de familias, géneros y especies de helechos y licopodios, presentes en los bosques de haya del estado de Hidalgo.

	Familias	Géneros	Especies
Polypodiophyta	19	40	71
Lycopodiophyta	2	4	9
Total de taxones	21	44	80
Porcentaje de taxones con respecto al estado de Hidalgo*	65.6%	53%	22%

* Hernández (2014)

Las familias de helechos y licopodios que se encuentran mejor representadas en cuanto a número de géneros fueron: Polypodiaceae con ocho, Dryopteridaceae con seis, Pteridaceae con cinco y Lycopodiaceae con tres. El resto de las familias poseen dos géneros o menos. Con respecto a las familias con mayor número de especies, destacan Polypodiaceae con 16, Dryopteridaceae con 11,

Hymenophyllaceae con nueve, Aspleniaceae con seis, Pteridaceae y Blechnaceae con cinco. Las familias restantes se encuentran representadas por cuatro especies o menos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de especies y géneros por familia de helechos y licopodios, presentes en los bosques de haya.

Familias	Géneros	Especies
Polypodiaceae	8	16
Dryopteridaceae	6	11
Pteridaceae	5	5
Lycopodiaceae*	3	5
Hymenophyllaceae	2	9
Gleicheniaceae	2	2
Blechnaceae	2	5
Cyatheaceae	2	2
Dicksoniaceae	2	2
Selaginellaceae*	1	4
Ophioglossaceae	1	1
Psilotaceae	1	1
Marattiaceae	1	1
Anemiaceae	1	1
Plagiogyriaceae	1	1
Dennstaedtiaceae	1	1
Cystopteridaceae	1	1
Aspleniaceae	1	6
Thelypteridaceae	1	3
Athyriaceae	1	2
Lomariopsidaceae	1	1

* Familias de la división Lycopodiophyta, el resto de la división Polypodiophyta

Los géneros con mayor número de especies fueron: *Asplenium* y *Elaphoglossum* con seis, *Hymenophyllum* y *Polypodium* con cinco, y *Selaginella* y *Trichomanes* con cuatro especies. Los géneros restantes están representados por tres especies o menos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de especies por género de helechos y licopodios, presentes en los bosques de haya.

Géneros	Número de especies	Géneros	Número de especies
<i>Asplenium</i>	6	<i>Alsophila</i>	1
<i>Elaphoglossum</i>	6	<i>Cyathea</i>	1
<i>Hymenophyllum</i>	5	<i>Dicksonia</i>	1
<i>Polypodium</i>	5	<i>Lophosoria</i>	1
<i>Selaginella</i>	4	<i>Dennstaedtia</i>	1
<i>Trichomanes</i>	4	<i>Pteris</i>	1
<i>Thelypteris</i>	3	<i>Gaga</i>	1
<i>Woodwardia</i>	3	<i>Adiantum</i>	1
<i>Pleopeltis</i>	3	<i>Scoliosorus</i>	1
<i>Huperzia</i>	3	<i>Vittaria</i>	1
<i>Blechnum</i>	2	<i>Cystopteris</i>	1
<i>Diplazium</i>	2	<i>Arachnoides</i>	1
<i>Campyloneurum</i>	2	<i>Ctenitis</i>	1
<i>Melpomene</i>	2	<i>Dryopteris</i>	1
<i>Lycopodium*</i>	1	<i>Phanerophlebia</i>	1
<i>Botrychium</i>	1	<i>Polystichum</i>	1
<i>Lycopodiella</i>	1	<i>Lomariopsis</i>	1
<i>Psilotum</i>	1	<i>Lellingeria</i>	1
<i>Marattia</i>	1	<i>Melpomene</i>	1
<i>Diplopterygium</i>	1	<i>Pecluma</i>	1
<i>Sticherus</i>	1	<i>Phlebodium</i>	1
<i>Anemia</i>	1	<i>Terpsichore</i>	1
<i>Plagiogyria</i>	1		

* Géneros de la división Lycopodiophyta, el resto de la división Polypodiophyta

Es importante resaltar que cinco de las especies identificadas en los bosques de haya del estado de Hidalgo, se encuentran en alguna categoría de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010: *Psilotum complanatum* se considera amenazada (A), mientras que *Alsophila firma*, *Cyathea*

fulva, *Marattia weinmannifolia* y *Dicksonia sellowiana* están catalogadas como sujetas a protección especial (Pr).

Sustratos de crecimiento

Los sustratos de crecimiento de las especies de helechos y licopodios de los bosques de *Fagus* de Hidalgo fueron principalmente el terrestre (42%), seguido por el hábito rupícola-terrestre (15%) y en menor porcentaje sobre plantas (12.5%). Sin embargo algunas especies (10%) crecen en cualquiera de los tres sustratos (plantas, rocas y suelo); mientras que el resto pueden desarrollarse en dos sustratos: epífitas-terrestres (7.5%), epífitas-rupícolas (7.5%) y sólo cuatro especies crecen sobre roca (5%).

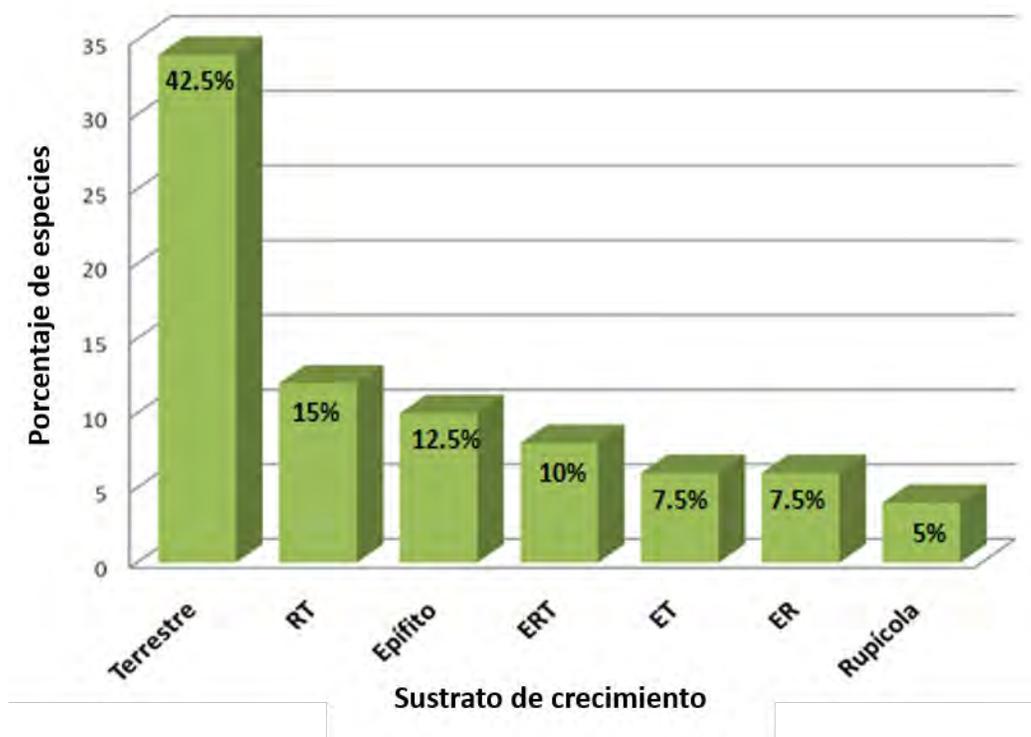


Figura 4. Sustratos de crecimiento de las especies de helechos y licopodios en los bosques de haya. Simbología de los sustratos: ETR=epífita-terrestre-rupícola, ET=epífita-terrestre, RT=rupícola-terrestre y ER=epífita-rupícola.

Nuevos registros para el estado de Hidalgo

De acuerdo con los datos de distribución de las especies de helechos y licopodios en México, publicados por Mickel y Smith (2004), con base en la revisión de literatura y mediante consulta de ejemplares en los herbarios HGOM (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo) y MEXU (Universidad Nacional Autónoma de México), dos de las especies recolectadas en los bosques de *Fagus*, representan nuevos registros para el estado de Hidalgo.

A continuación se presenta una breve descripción de las principales características de ambos taxones, con base en la información de la obra de Mickel y Smith (2004); se incluyen además observaciones propias, de algunas de las características de los ejemplares recolectados.

Descripción de los nuevos registros para el estado de Hidalgo

Scoliosorus ensiformis (Hook.) T. Moore.



Figura 5. *S. ensiformis*. a) Esporangios, b) Venas irregulares y c) Escama del rizoma.

Rizoma corto, diámetro 2-4 mm; **escamas** del rizoma linear-lanceoladas y largamente atenuadas en el ápice, color café claro a oscuro; **frondas** monomórficas hasta 45 cm de largo, estípites ausentes; **láminas** simples ovado-lanceoladas, de 25 a 35 cm de largo y de 1.5 a 2 cm de ancho, con ápices acuminados y glabros, venas reticuladas oscuras, presencia de 2 a 3 hileras de areolas oblicuas en medio de las venas y los márgenes de la lámina. Los **soros** se encuentran en ranuras raramente superficiales, generalmente lineales, miden de 1 a 10 mm de largo, siguen el patrón de la vena: formando un patrón de conexión irregularmente suelto en cada lado de la vena media, presencia de abundantes parafisos claviformes de color rojizo, de 0.3 a 0.5 mm de largo. **Esporas** bilaterales reniformes, de color blanquecino a crema (Figura 5).

Sustrato y distribución. Epífita o sobre rocas (rupícola); en bosque templados o BMM; 550-2,800 msnm. México: Guerrero, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Veracruz y Chiapas; Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panama.

Terpsichore senilis (Fée) A. R. S

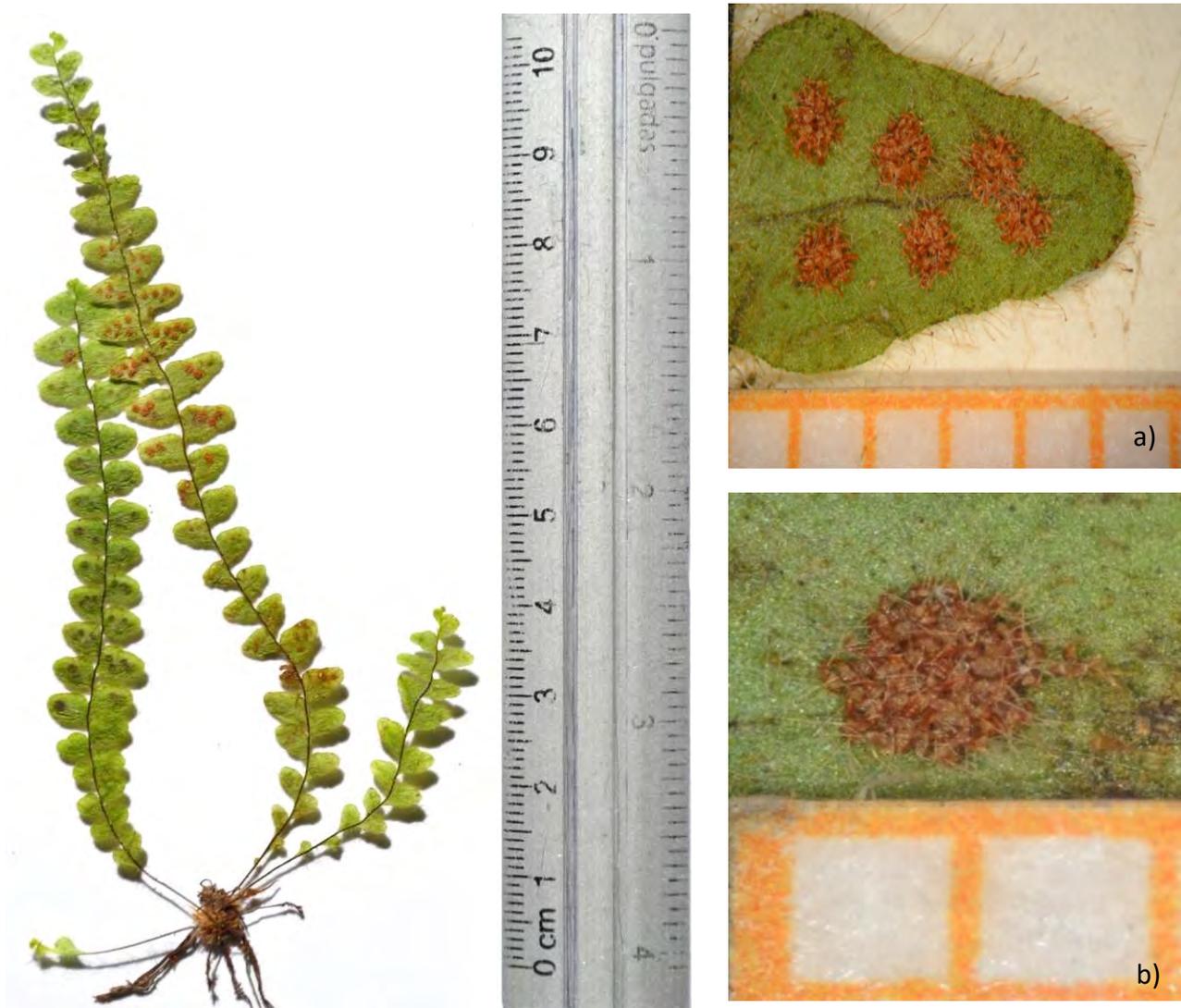


Figura 6. *T. senilis*. a) Pinna con soros y b) Soro con esporangios cubiertos de setas.

Rizoma horizontal, escamas en el ápice linear-lanceoladas, aproximadamente de 0.3 mm de ancho y 1.5 mm de largo, de color castaño claro a oscuro; **frondas** monomórficas, pinnadas hasta 25 mm de largo, con numerosas setas marginales; **pecíolo** de alrededor de 0.4 mm de diámetro, generalmente de color marrón opaco, también presenta numerosas setas de color hialino rojizo de 1-2 mm de largo. **Pinnas** de 0.5-1 cm de ancho y 0.2-0.4 cm de largo, base redonda, ápices obtusos; costas y venas no conspicuas y en algunos casos no visibles; presencia de setas de color rojizo pálido, y pelos de 1-2 mm de largo (en grupos), **soros** glabros o setosos; esporangios agrupados, con numerosas setas de 0.5 mm de largo en la cápsula. Las **esporas** monoletas, elipsoidales, ligeramente reniformes (Figura 6).

Sustrato y distribución. Rupícola; en bosques templados; 2,750 msnm. México: Chiapas; Guatemala, Honduras, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia.

Completitud del inventario

Los estimadores Jackknife y Bootstrap indican una completitud de entre 76 y 87%, respectivamente. El estimador Bootstrap predice una riqueza potencial de 91 especies, mientras que Jackknife de 104 especies. Lo que indica que falta una mayor exploración en campo para que el inventario este completo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de completitud del inventario de especies de helechos y licopodios de los bosques de haya del estado de Hidalgo, evaluado con dos estimadores no paramétricos.

	Riqueza esperada		
	Observada	Bootstrap	Jackknife
Número de especies	79	91	104
Porcentaje de completitud		87%	76%

Valor de importancia relativa (VIR) de las especies

Las especies de helechos y licopodios con mayor importancia estructural difirieron entre localidades, excepto *Lophosoria quadripinnata* que fue la única especie presente y dominante en todas ellas. En El Gosco las especies con mayor VIR fueron: *L. quadripinnata*, *Ctenitis erinacea* y *Cyathea fulva*; En La Mojonera *Dryopteris wallichiana*, *L. quadripinnata* y *Polystichum distans*; y en Medio Monte fueron *L. quadripinnata*, *Plagiogyria pectinata*, *Dicksonia sellowiana* y *Woodwardia martinezii* (Cuadro 5).

Cuadro 5. Especies de helechos y licopodios con mayor valor de importancia relativa en las localidades de muestreo. Los números asignados a cada una de las especies, son la clave para identificar su posición en el diagrama de ordenación de la Figura 8.

Localidades de muestreo	El Gosco	La Mojonera	Medio Monte
Especie	Valor de Importancia Relativa (%)		
1.			
<i>Lophosoria quadripinnata</i>	35.2	11.9	20.6
55. <i>Dryopteris wallichiana</i>	-	20.9	-
25. <i>Plagiogyria pectinata</i>	-	-	20.2
54. <i>Ctenitis erinacea</i>	16.5	3.6	-
28. <i>Dicksonia sellowiana</i>	4.8	8.5	12.6
48. <i>Woodwardia martinezii</i>	-	2.9	11.6
63. <i>Polystichum distans</i>	5.2	10.9	0.4
27. <i>Cyathea fulva</i>	8.5	-	1.1
59. <i>Elaphoglossum peltatum</i>	7.5	-	3.4
61. <i>Elaphoglossum seminudum</i>	1.8	7.3	7.5
64. <i>Lomariopsis mexicana</i>	0.5	-	6.4
53. <i>Arachnoides denticulata</i>	5.4	2.5	2.1
30. <i>Dennstaedtia globulifera</i>	-	5.2	-
12. <i>Marattia weinmannifolia</i>	0.5	3.7	0.6
9. <i>Selaginella silvestris</i>	2.8	0.5	3.5
33. <i>Pteris orizabae</i>	-	3.6	-
49. <i>Woodwardia semichordata</i>	-	2.8	-
75. <i>Polypodium lepidotrichum</i>	2.7	2.4	-
31. <i>Adiantum andicola</i>	-	2.5	-
43. <i>Thelypteris atrovirens</i>	1.5	1.3	2.5
37. <i>Asplenium sessilifolium</i> var. <i>sessilifolium</i>	0.4	2.2	0.7
51. <i>Diplazium ternatum</i>	-	-	2.0
58. <i>Elaphoglossum obscurum</i>	0.6	1.9	-
47. <i>Blechnum stoliniferum</i>	1.8	0.4	-
40. <i>Asplenium monanthes</i>	-	1.8	0.3
15. <i>Hymenophyllum polyanthos</i>	1.1	-	1.7
72. <i>Pleopeltis plebeia</i>	-	1.2	-
39. <i>Asplenium cuspidatum</i>	-	0.8	0.3

36. *Cystopteris fragilis*

0.4

-

-

Continuación. Cuadro 5. Especies de helechos y licopodios con mayor valor de importancia relativa en las localidades de muestreo. Los números asignados a cada una de las especies, son la clave para identificar su posición en el diagrama de ordenación de la Figura 8.

Localidades de muestreo	El Gosco	La Mojonera	Medio Monte
Especie	Valor de Importancia Relativa (%)		
7.	0.4	-	-
<i>Selaginella flexuosa</i>	0.4	-	-
79. <i>Polypodium rodhopleuron</i>	0.4	-	-
52. <i>Diplazium lonchophyllum</i>	0.4	-	-
68. <i>Melpomene leptostoma</i>	0.4	-	0.3
76. <i>Polypodium longepinnulatum</i>	-	-	0.4
71. <i>Phlebodium pseudoaureum</i>	-	-	0.3
35. <i>Vittaria graminifolia</i>	-	-	0.3

Semejanza en la composición de especies

El análisis de agrupamiento permitió identificar tres grupos, con base en la semejanza en la composición de especies de helechos y licopodios: el primero está formado por los bosques de *Fagus* (El Gosco, La Mojonera y Medio Monte) y el trabajo realizado en Zacualtipán de Ángeles (BMM), las cuales comparten más especies entre sí que con respecto al segundo grupo que está integrado por el municipio del estado de Veracruz (Banderilla), y el último grupo es el municipio Landa de Matamoros, localizado en el estado de Querétaro, que posee un conjunto de especies más disímil, con respecto a los bosques de *Fagus* (Figura 7).

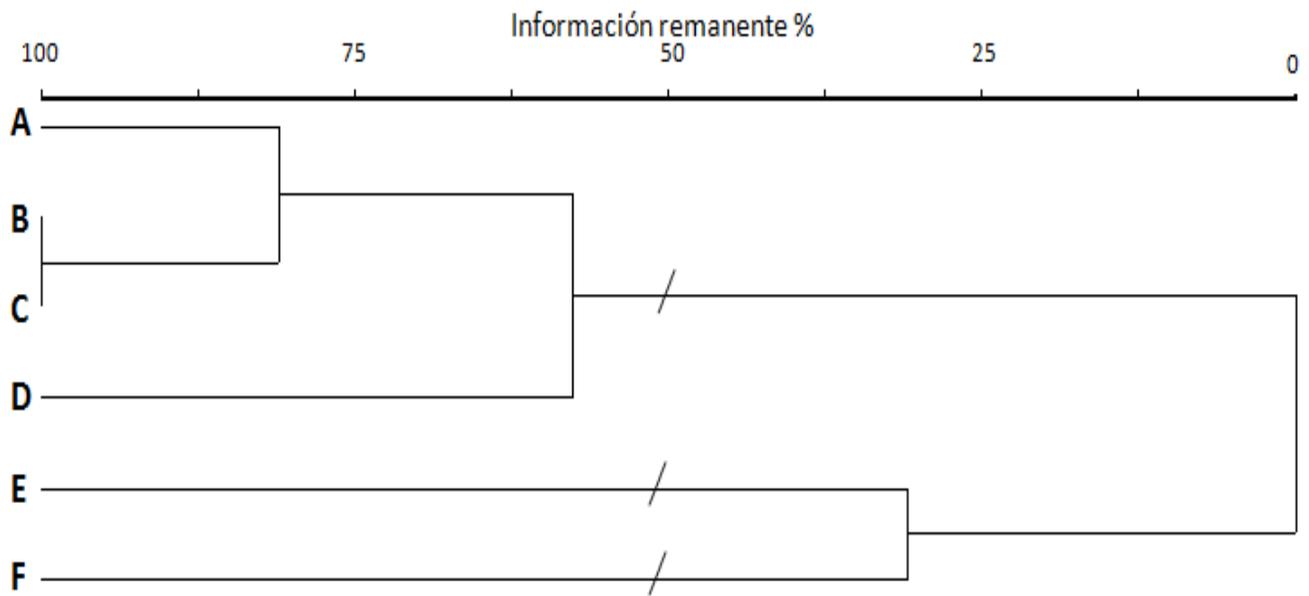


Figura 7. Dendrograma del análisis de agrupamiento que muestra las relaciones jerárquicas de semejanza entre las localidades de estudio y los sitios externos, con base en la composición de especies de helechos y licopodios. La escala vertical es la función objetiva de Wishart, e indica el porcentaje de información remanente a medida que los grupos se fusionan (/: nivel de corte). Cada rama del dendrograma muestra la localidad de estudio correspondiente. Tenango de Doria (A), Zacualtípán de Ángeles (B), San Bartolo Tutotepec (C), Zacualtípán de Ángeles en BMM (D), Banderilla, Veracruz (E) y Landa de Matamoros, Querétaro (F).

Relación entre composición de especies, valores estructurales y las variables ambientales

La Figura 8 muestra la ordenación de los sitios, las especies y los factores ambientales obtenida mediante el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA). Los valores de las raíces características para los dos primeros ejes de la ordenación (Cuadro 6) indican que existe una

diferenciación significativa entre las tres localidades a lo largo de estos ejes de variación, asociada a las variables ambientales consideradas.

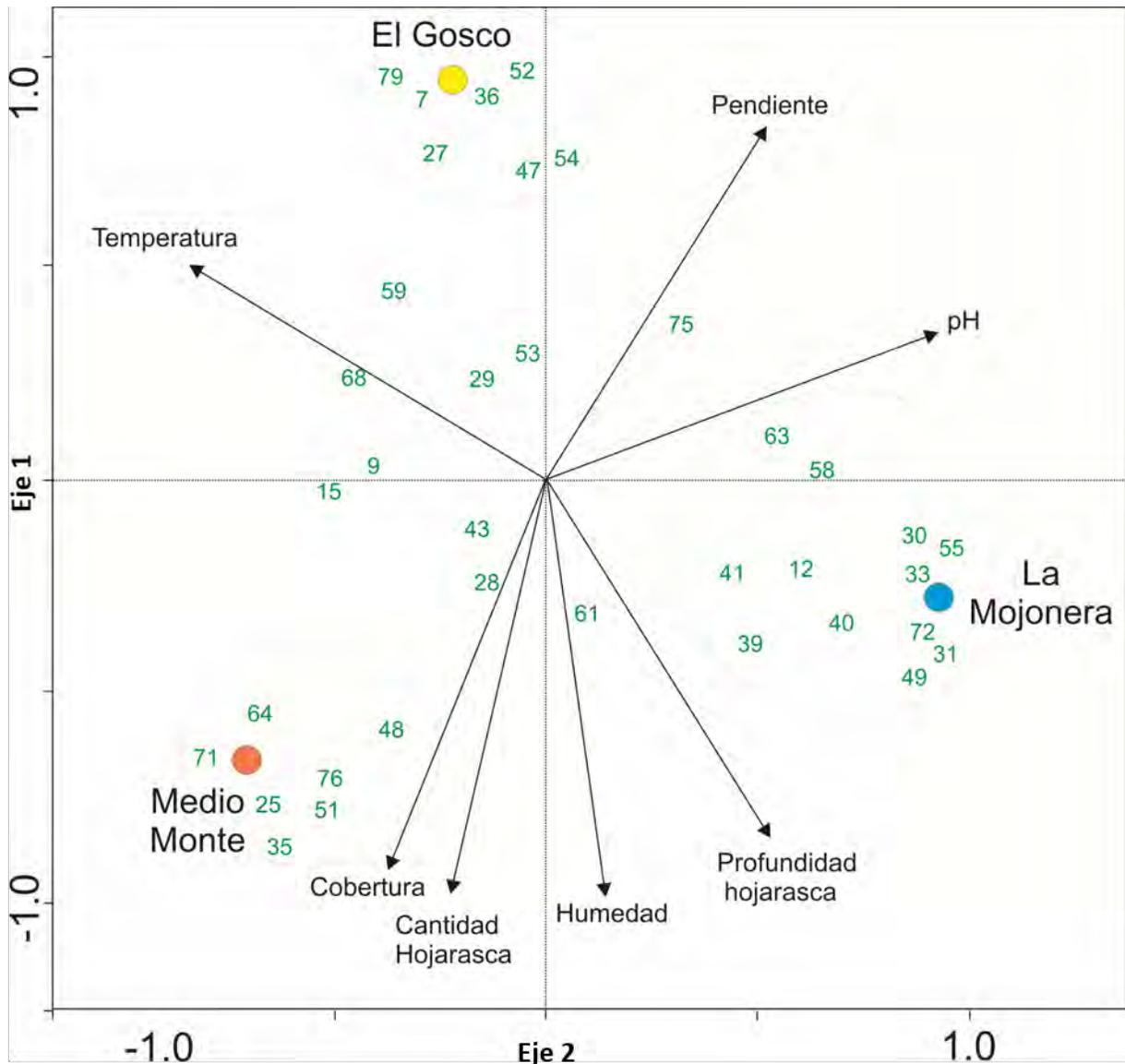


Figura 8. Diagrama de ordenación de las tres localidades con bosque de haya del estado de Hidalgo y siete variables ambientales. El significado de la abreviación, pH: Potencial de Hidrógeno. Los números dentro de los círculos indican las especies características de cada localidad y los que aparecen en el centro del diagrama, a las especies comunes en las tres localidades; la clave con los nombres de las especies está incluida en el Cuadro 5 y en el Anexo 1.

Cuadro 6. Resultados del Análisis de Correspondencia Canónica en donde se indican los valores de las raíces características, la correlación entre las especies y los factores ambientales; y el porcentaje de varianza explicada por los datos de las especies y por las relaciones especies-ambiente, para los dos primeros ejes de la ordenación.

Ejes	1	2
Raíces características	0.46	0.36
Correlación especies-factores ambientales	1.0	1.0
Varianza acumulada (%):		
de las especies	56	100

Cuadro 7. Correlación entre los dos primeros ejes de la ordenación y las siete variables ambientales. En letra negra se señalan las variables más correlacionadas con el primer y segundo eje de ordenación.

Variable	Eje 1	Eje 2
Potencial de Hidrógeno	0.937	0.348
Humedad de suelo	0.144	-0.989
Cantidad hojarasca	-0.220	-0.975
Profundidad hojarasca	0.531	-0.847
Temperatura del suelo	-0.859	0.510
Cobertura arbórea	-0.377	-0.925

Pendiente del terreno	0.528	0.848
-----------------------	-------	--------------

La variable ambiental que presentó mayor correlación positiva con el primer eje de la ordenación fue el potencial de hidrógeno (Cuadro 7, Figura 8); la variable con mayor correlación negativa para el mismo eje fue la temperatura del suelo. En cuanto al segundo eje de la ordenación, las variables con mayor correlación negativa fueron: humedad del suelo, cantidad de hojarasca, cobertura arbórea y profundidad de la hojarasca (Cuadro 7, Figura 8), y con mayor correlación positiva, sólo la pendiente del terreno. De acuerdo con el valor del factor de inflación (FI), dos de las variables seleccionadas contribuyeron independientemente a la ordenación ($FI < 1.04$): el potencial de hidrógeno y la humedad del suelo. Los valores de las demás variables presentaron auto-correlación alta.

Los datos aleatorizados generados con permutaciones Monte Carlo, indican que los valores de las raíces características de los dos primeros ejes de ordenación, fueron estadísticamente significativos ($P < 0.05$), lo que sugiere que el diagrama de ordenación proporciona una representación significativa (no al azar) de la distribución de las especies de helechos y licopodios dentro de las parcelas de muestreo (Cuadro 6). En el diagrama de ordenación se puede apreciar que cada localidad posee al menos siete especies características (encerradas en los círculos), la mayoría con valores de

importancia bajos (Figura 8). Los puntos que se encuentran en el centro del diagrama corresponden a las especies compartidas, es decir, a las que se encuentran en las tres localidades.

Índice de biodiversidad taxonómica (IB)

Los valores del IB, estimados para 12 regiones o municipios del estado de Hidalgo, incluyendo el presente estudio y los sitios externos en Querétaro y Veracruz, indican que la mayor riqueza de especies de helechos y licopodios por unidad de área se presenta en los bosques de *Fagus* del estado de Hidalgo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Índice de biodiversidad taxonómica (IB) en diferentes municipios o regiones del estado de Hidalgo y de otros estados: Veracruz y Querétaro, donde se han realizado estudios de helechos y licopodios. Se incluyen datos del intervalo de altitud y tamaño de cada área de estudio.

DISCUSIÓN

En los últimos 15 años se han realizado varios estudios florísticos y ecológicos en los bosques de *Fagus* de México, con énfasis en las plantas vasculares con flor (Alcántara y Luna-Vega, 2001; Chávez, 2014, Rodríguez, 2014) y las plantas no vasculares (Cruz, 2012; Pérez, 2012; Mejía, en proceso). También existen algunas investigaciones a nivel poblacional con *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* (López-López, 2003; Godínez-Ibarra, 2007; Montiel-Oscuro, 2011; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013); sin embargo los resultados del presente estudio constituyen la primer referencia detallada

Lugar	Altitud	Área (ha)	Especies	IB
Valle del Mezquital, Hidalgo (Pérez, 2012)	1,590-2,770	683,169	80	5.95
Barranca de Omitlán (Sánchez y Chávez <i>et al.</i> , 1951)	2,080-3,048	2,000	52	6.84
RBBM, Hidalgo (Cuevas <i>et al.</i> , 2012)	1,000-2,000	96,000	79	6.89
PNM, Hidalgo (Ramírez-Cruz <i>et al.</i> , 2009)	1,300-2,950	23,150	71	7.06
PNC, Hidalgo (Serrano, 2010)	2,282-2,982	2,739	62	7.83
Tenango de Doria, Hidalgo (Zúñiga, 2009)	630-2,250	21,070	112	11.24
Calnali, Hidalgo (Pérez, 2009)	318-2,370	19,020	115	11.67
Landa de Matamoros, Qro. (Cartujano <i>et al.</i> , 2002)	800-2,200	2,700	96	12.15
Tlanchinol, Hidalgo (2012)	1,107-1900	38,000	130	12.32
Zacualtipán, Hidalgo (Pérez-Paredes <i>et al.</i> , 2012)	1,004-2,050	24,160	125	12.38
Banderilla, Veracruz (Vázquez <i>et al.</i> , 2006)	1520	2,221	128	16.61
Bosques de haya (<i>Fagus grandifolia</i> subsp. <i>mexicana</i>), Hidalgo (presente estudio)	1,557-1,987	106.79	80	17.12

sobre la composición de especies de helechos y licopodios en dicha asociación vegetal.

Aún cuando existen varios municipios o regiones dentro del estado de Hidalgo en los que se registra una cifra elevada de especies de helechos y licopodios, como por ejemplo los BMM (Hernández, 2014) con 260 especies, el municipio de Tlanchinol con 130 especies (Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012), Zacualtipán de Ángeles con 125 especies (Pérez-Paredes *et al.*, 2012), Calnali con 115 especies (Pérez, 2009) y Tenango de Doria con 112 especies (Zúñiga, 2009); los bosques de haya con 80 especies, contienen la mayor riqueza de helechos y licopodios por unidad de área de la entidad y probablemente a nivel nacional. El elevado número de especies observado en los municipios o regiones antes referidas y en el presente estudio, se debe probablemente a que ambos grupos de plantas se ven favorecidos por las condiciones de temperatura moderada, disponibilidad de agua casi todo el año y cobertura del dosel elevada, características típicas del BMM (Pérez-Paredes *et al.*, 2013; Hernández, 2014). Adicionalmente, los BMM poseen el mayor número de especies de helechos y licopodios (y otros organismos) por unidad de área (Arreguín-Sánchez *et al.*, 1996; Cerón-Carpio *et al.*, 2006; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2009; Tejero-Díez *et al.*, 2014). En cambio la vegetación xerófila y la acuática albergan una menor porción de especies (Riba, 1998; Rzedowski, 2006; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2009).

Según Whittaker *et al.* (2001) la relación especie-área considera, independientemente del grupo taxonómico o del tipo de ecosistema de que se trate, que el número de especies tenderá a incrementar conforme aumenta el tamaño del área. Sin embargo éste no es el patrón de riqueza obtenido para los bosques de *Fagus* de México, ya que el valor del IB es alto con respecto al área que ocupa, por lo que deben ser considerados otros factores independientes de la relación especie-área, y

que son igualmente críticos, tales como la productividad, la disponibilidad de energía (clima) y la heterogeneidad ambiental (Triantis *et al.*, 2008).

Las familias de helechos y licopodios con mayor número de géneros y especies dentro de los bosques de haya de Hidalgo: Polypodiaceae, Dryopteridaceae y Pteridaceae son también las más representativas a nivel estatal, nacional y mundial, independientemente de las condiciones ambientales y tipos de vegetación que prevalezcan (Alcántara y Luna-Vega, 1997; Mayorga *et al.*, 1998; Alcántara y Luna-Vega, 2001; Ponce-Vargas *et al.*, 2006, Pérez, 2009; Ramírez *et al.*, 2009; Zúñiga, 2009; Serrano, 2010; Cuevas *et al.*, 2012; Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Hernández, 2014).

Algunas de las especies identificadas en la presente investigación, se encuentran en alguna categoría de protección dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010): *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Dicksonia sellowiana* y *Marattia weinmannifolia* están catalogadas como especies sujetas a protección especial (Pr), en tanto *Psilotum complanatum* se encuentra en la categoría de especie amenazada (A). Sin embargo, es probable que en poco tiempo, muchas de las especies de helechos y licopodios y de otros grupos de plantas que se desarrollan en los bosques de haya alcancen alguna categoría de riesgo, debido a su escasa cobertura, a la explotación de los recursos naturales que albergan (madera, semillas, extracción de plantas, cambio de uso del suelo), y a la manera en que los consumen, sin regulación alguna (Williams-Linera, 2003; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013).

Con base en datos recientes que indican que la riqueza de especies de helechos y licopodios del estado de Hidalgo es alrededor de 361 especies (Pérez-Paredes, 2013) y considerando algunos nuevos registros recientes (Pérez, 2012; Gómez-Noguez *et al.*, 2013; Hernández, 2014) y los de la presente investigación (dos), se adicionan 12 especies como nueva distribución para la entidad.

Lo anterior indica que Hidalgo ocupa la cuarta posición en cuanto a número de especies de helechos y licopodios en México con 372, sólo superado por Oaxaca con 690, Chiapas con 650 y Veracruz con 508 (Riba, 1998; Hernández, 2014). Es importante mencionar que es posible que el número de especies siga incrementándose, conforme se estudien los bosques de otros municipios y regiones de la entidad.

Los resultados obtenidos con los estimadores no paramétricos Bootstrap y Jackknife, indican que se requiere de mayor esfuerzo de muestreo para obtener un inventario más completo de los bosques de haya del estado de Hidalgo. Sin embargo, es ampliamente reconocido que en los inventarios de diversidad biológica resulta a menudo imposible registrar la totalidad de las especies en un área determinada (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012).

El constante hallazgo de nuevos registros de especies de helechos y licopodios en el estado de Hidalgo (Pérez, 2009; Ramírez *et al.*, 2009; Zúñiga, 2009; Serrano, 2010; Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Cuevas *et al.*, 2012; Pérez-Paredes *et al.*, 2012; Pérez, 2012; Gómez-Noguez *et al.*, 2013; Hernández, 2014; presente estudio) y en otras regiones o entidades (Mendoza *et al.*, 2001; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004; Farfán-Roldan *et al.*, 2006; Krömer y Acebey, 2007; Cerón- Carpino *et al.*, 2012), dan prueba de la amplia distribución de ambos grupos de plantas y de la necesidad de seguir realizando estudios florísticos en México (Rojas-Alvarado y Tejero-Díez, 2002).

En el caso de una de las especies identificadas como nuevo registro: *Scoliosorus ensiformis* se ha recolectado en varias entidades, algunas colindantes con Hidalgo (Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz), por lo que era de esperarse su presencia. En cambio, la otra especie *Terpsichore senilis* está restringida al sur de México (Chiapas), lo que podría sugerir una

distribución disyunta, o bien, que se carecen de estudios detallados con los helechos en varias entidades de la república mexicana en las que podría estar presente (Mickel y Smith, 2004). Actualmente no existen ejemplares de *T. senilis* recolectados en México en el herbario nacional MEXU (observación personal), por lo que la donación de al menos dos ejemplares de esta pequeña y rara especie (Mickel y Smith, 2004) enriquecerá la colección de Pteridofitas más importante a nivel nacional.

De acuerdo con Pérez-García *et al.* (1995), las formas de crecimiento más comunes de los helechos y licopodios en diversos tipos de vegetación en México son las terrestres y las epífitas; ambos tipos de hábito se ven favorecidos por las condiciones de alta humedad durante todo el año y la temperatura promedio moderada (entre 15-20°C) dependiente de la altitud, que prevalece en ecosistemas como el BMM (Tejero-Díez *et al.*, 2014). En concordancia con estos datos, el sustrato de crecimiento más común de estos dos grupos de plantas en los bosques de haya fue el terrestre (42.5%); en otros estudios a escala local, como los realizados por Ramírez *et al.* (2009), Pérez (2009), Zúñiga (2009), Serrano (2010), Álvarez-Zúñiga *et al.* (2012), Pérez-Paredes *et al.* (2012) y Hernández (2014), se observó el mismo patrón: la mayoría de las especies presentaron hábito terrestre y excepcionalmente, el sustrato más común fue el epífita (Lira y Riba, 1984). Las condiciones climáticas que prevalecen en los bosques templados húmedos y sub-húmedos de México (*sensu* Rzedowski, 2006) favorecen que se mantenga un balance hídrico adecuado en los helechos y licopodios en ambos tipos de sustrato de crecimiento (Tejero-Díez, 2009).

En cambio, en los helechos y licopodios de zonas con clima árido y semiárido, el sustrato de crecimiento más común es el rupícola, seguido por el terrestre (Cuevas *et al.*, 2008; Hietz, 2010;

Pérez, 2012); lo cual se atribuye a las condiciones topográficas y tipos de suelo que se presentan en estas zonas, definidas principalmente por laderas abruptas y suelos tipo litosol (Carrasco-Velázquez *et al.*, 2008). Ante la escasez de agua, suele haber una mayor incidencia de estos dos grupos de plantas en las paredes líticas poco o no expuestas a la radiación solar y/o entre las grietas de las rocas, donde los rizomas están inmersos y protegidos de la radiación solar directa (Rzedowski, 2006; Arreguín-Sanchez *et al.*, 2009; Cuevas *et al.*, 2012; Pérez, 2012).

Por otra parte, la especie con mayor importancia estructural en los bosques de haya de Hidalgo fue *Lophosoria quadripinnata*, que se caracteriza por ser típica del BMM y por su capacidad de crecer en ambientes perturbados (Álvarez-Zúñiga *et al.*, 2012; Hernández, 2014). Los resultados del presente estudio corroboran la anterior afirmación, en el sentido de que la dominancia (VIR) de esta especie fue elevada en la localidad El Gosco, en donde se desarrolla un bosque pequeño (menor de 4.5 ha), con alto grado de fragmentación, baja conectividad y con disturbio evidente. En contraste, en las localidades de La Mojonera y Medio Monte (Villavicencio-Nieto y Pérez-Escandón, 2008), que son los dos bosques de haya con mayor extensión territorial de México y con escasa evidencia de perturbación (Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013), los valores estructurales de *L. quadripinnata* fueron menores.

El empleo de datos cualitativos (presencia-ausencia) de las especies en las localidades de estudio en Hidalgo y en dos entidades de México, permitió reconocer que existe cierto grado de fidelidad en las especies de helechos y licopodios hacia las condiciones ambientales que prevalecen en los bosques de haya del estado de Hidalgo. En cambio, en las localidades externas con BMM, en donde el dosel es dominado o codominado por otros géneros de árboles como *Liquidambar*,

Magnolia, *Pinus*, *Podocarpus* y *Quercus* (Martínez-Morales, 2007; Jardel *et al.*, 2014), la composición de especies de ambos grupos de plantas difirió más con respecto a la de los bosques de haya.

Sin embargo, la mayor semejanza en la composición de especies de los localidades con bosques de haya del estado de Hidalgo, con respecto a las externas puede estar relacionado con el fenómeno conocido como “decaimiento con la distancia”; según el cual las localidades geográficamente más cercanas son más semejantes entre sí que con las localidades más distantes (Sánchez-González *et al.*, 2005; Marcantonio *et al.*, 2012). Varios autores mencionan que los bosques de haya de México se desarrollan sólo en sitios que reúnen condiciones climáticas y topográficas específicas, en los que el intervalo de variación de las mismas es estrecho (Williams-Linera *et al.*, 2003; Fang y Lechowicz, 2006; Téllez-Valdés *et al.*, 2006; Rodríguez-Ramírez *et al.*, 2013). Los resultados de la presente investigación apoyan sólo en parte esta afirmación, porque los valores de semejanza florística entre las localidades con bosque de haya son bajos (menores de 0.4) y cada uno posee al menos siete especies de helechos y licopodios diferentes, lo cual podría interpretarse como un indicador de que las condiciones ambientales no son tan homogéneas entre estos bosques (Tuomisto *et al.*, 2003; Sánchez-González y López-Mata, 2005).

Es interesante mencionar que es probable que los bosques de haya de México y del estado de Hidalgo en particular, sean los de mayor riqueza de especies de helechos y licopodios por unidad de área a nivel mundial, cuando se les compara con otros bosques del planeta cuyo dosel es dominado por alguna especie de *Fagus*. En algunos estudios florísticos realizados en los bosques de *Fagus sylvatica* de diferentes países o regiones de Europa, se mencionan sólo unas cuantas especies (menos de diez) de helechos y licopodios (Rodríguez *et al.*, 2009; Peña *et al.*, 2011) y en los bosques del Este

de Asia, que cubren grandes extensiones (de cientos a miles de hectáreas en países como China, Corea y Japon, entre otros), sólo se mencionan 145 especies en total (Hukusima *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

- En el bosque de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*, se identificaron 21 familias, 44 géneros y 80 especies de helechos y licopodios.
- Las familias con mayor riqueza de géneros fueron Polypodiaceae, Dryopteridaceae, y Pteridaceae.
- Los géneros con mayor número de especies fueron *Asplenium*, *Elaphoglossum*, *Polypodium*, *Selaginella* e *Hymenophyllum*.
- Se recolectaron dos especies de helechos que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo: *Scoliosorus ensiformis* y *Terpsichore senilis*.

- Existe mayor semejanza en la composición de especies entre localidades con bosques de *Fagus*, que con respecto a las otras dos localidades, situadas en otras entidades México y por lo tanto más distantes geográficamente.
- El índice de biodiversidad (IB) fue alto en los bosques de *Fagus*, comparado con el de otras regiones ó municipios del estado de Hidalgo y de México, lo que probablemente se deba a la presencia de condiciones ambientales idóneas para el desarrollo de los helechos y licopodios, más que al tamaño del área.
- El sustrato de crecimiento más frecuente en los helechos y licopodios de los bosques de *Fagus* del estado de Hidalgo fue el terrestre.
- La composición y valores estructurales de las especies de helechos y licopodios difirió entre las localidades con bosque de haya analizadas, por lo que ambos grupos de plantas pueden ser considerados indicadores de cambios en las condiciones ambientales locales, por ejemplo en el pH, temperatura, humedad y cantidad de hojarasca del suelo, y en la cobertura arborea.
- Las especies con mayor VIR difieren entre las localidades con bosques de *Fagus*, excepto *Lophosoria quadripinnata*, especie considerada en el presente estudio indicadora de perturbación.
- Los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) del estado de Hidalgo contienen un número elevado de especies de helechos y licopodios (y de otros grupos de plantas) por unidad de área, por lo que es necesario implementar medidas para su manejo y conservación.

LITERATURA CITADA

- Alcántara A. O. y Luna-Vega I. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 68: 57-106.
- Alcántara A.O. y Luna 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.
- Álvarez-Aquino C., Williams-Linera G. y Newton, A. C. 2004. Experimental native tree seedling establishment for the restoration of a mexican cloud forest. Restoration Ecology 12 (3), 412–418.
- 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.
- Arreguín-Sánchez Ma. de la L., Fernández-Nava R., Palacios-Chávez R. y Quiroz-García D. L. 2001. Pteridoflora ilustrada del estado de Querétaro, México. Primera Edición. Secretaría de Educación Pública. 470 pp.
- Arreguín-Sánchez Ma. de la L., Fernández-Nava R., Palacios-Chávez R. y Quiroz-García D. L. 2004. Pteridoflora ilustrada del Valle de México. Primera Edición. Instituto Politécnico Nacional, 387 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., Quiroz-García D.L. y Acosta-Castellanos S. 2009b. Análisis de la distribución de las especies de helechos y afines del Valle de México, notas ecológicas y florísticas. Polibotánica 28: 15-36.
- Binkley D. 2010. The Past and Future of Rocky Mountain Forests: Connecting People and Ecology. p. 95-100 in Global Change and Sustainable Development in Mountain Regions, Innsbruck University Press.
- Castillo-Campos G., Medina A. M. E., Dávila A. P. D. y Zavala H. J. A. 2005. Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. Acta Botánica Mexicana 73: 19-57.
- 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.
- Chávez S. M. C. 2014. Diversidad y distribución de angiospermas herbáceas y arbustivas de los bosques de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* (Martínez) E. Murray del 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.
72 p.

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.

Colwell R. K. y Coddington J. A., 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B) 345: 101-118.

Colwell R. K. 2013. Statistical estimation of species richness and shared species from samples Version 9.1.0. University of Connecticut. Connecticut. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimate>.

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.33:177-188.

Cruz J. A. 2012. Anatomía, morfología y distribución de las especies de Anthocerotophyta en tres zonas ecológicas del estado de Hidalgo. 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. 106 p.

Denk T. 2003. Phylogeny of *Fagus* L. (Fagaceae) based on morphological data. Plant Systematics and Evolution 240: 55-81.

Denk T. y Grimm W. G. 2009. The biogeographic history of beech trees. Review of Palaeobotany and Palynology. 158: 83-100.

Ehnis D. E. 1981. *Fagus mexicana* Martínez: su ecología e importancia. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Ern H. 1976. Descripción de la vegetación montañosa en los estados de Puebla y Tlaxcala. Mueller-SAI, Chile. 128 p.
- Farfán-Roldán I., Gómez-Alanis C. y Arreguín-Sánchez Ma. de la L. 2006. Un nuevo híbrido para México de *Pleopeltis polylepis* (Roemer exkunze) T. Moore var. *Polylepis* x *Polypodium Guttatum* Maxon. Polibotánica 22: 9-19.
- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Quinta Edición, México. 90 p.
- Godínez-Ibarra. O. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana* en la Mojonera, Hidalgo, México. Revista Mexicana de la Biodiversidad 78: 117-128.
- Franco L. J., Cruz A. G., Cruz G. A., Rocha R. A., Navarrete S. N., Flores M. G., Kato M. E., Sánchez C. S., Abarca A. L. G. y Bedia S. C. M. 2001. Manual de Ecología. Segunda edición. Trillas. México. pp: 93-99.
- Hernández A. A. G. 2014. Inventario y análisis florístico de los helechos y licopodios del bosque mesófilo de montaña del 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. 100 p.
- Hietz P. 2010. Fern adaptations to xeric environments. pp. 140-176. In: Mehltreter K., Walker L.R. y Sharpe M.J. (eds.). Fern Ecology. Cambridge University Press, New York.
- Hokusima T., Matsui T., Nishio T., Pignatti S., Yang L., You Lu S., Kim M.H., Yoshikawa M., Honma H., Wang Y. 2013. Phytosociology of the Beech (*Fagus*) Forests in East Asia. Geobotany Studies. Springer. Heidelberg. 254 pp.

- Jardel P. J. E., Cuevas G. R. y Santiago P. A. L. 2014. Ecología y manejo de los bosques mesófilos de montaña en México. En: Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Eds. Gual-Díaz M, Rendón-Correa A. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp. 141-181.
- Jímenez-Valverde A. y Hortal. J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología 8:151-161.
- Jones P.D. y Moberg A. 2003. Hemispheric and large-scale surface air temperatura variations: an extensive revisión and an update to 2001. Journal of Climatic. 16: 206-223.
- Karst J., Gilbert B. y Lechowicz M. J. 2005. Fern community assembly: the roles of chance and the environment at local and intermediate scales. Ecology. 86: 2473-2486.
- Krömer T. y Acebey A. 2007. *Thelypteris tuxtensis* (Thelypteridaceae), a New Species in Subgenus *Goniopteris* from Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. American Fern Journal 97: 139-139.
- 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.
- Lot A. y Chiang F. 1986. Manual de Herbario, administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. 142 pp.
- López-López P. 2003. Evaluación de la regeneración del haya (*Fagus grandifolia* Ehrh. ssp. *mexicana* Martínez), en el ejido "La Mojonera", Zacualtipán, Hidalgo. Universidad Autónoma de Chapingo, México, Texcoco. 33-56 pp

- Ludwig A. J. y Reynolds F. J. 1988. Statistical ecology: a primer on methods and computing. John Wiley. New York, New York. 337 pp.
- Luna-Vega I., Ocegueda C. S. y Alcántara A. O. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México, Serie Botánica 65: 31-62.
- Marcantonio M., Chiarucci A., Maccherini S., Guglietta D., 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 Grace J.B. 2002. Analysis of ecological communities. MjM Software Design. Gleneden Beach, Oregon. 300 p.
- 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 p.
- Mendoza A., Windhem M., Pérez-García B. y Yatskievych G. 2001. Una nueva especie de Pellaea (Pteridaceae) del estado de San Luis Potosí, México. Acta Botánica Mexicana 57: 15-21.
- Mehlreter 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.
- Mejía C. En proceso. Composición y riqueza de los musgos de los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) del estado de Hidalgo, México. Tesis Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Mendoza-Ruiz A. y Pérez-García B. 2009. Helechos y licopodios de México. Vol.1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 287 pp.
- Mickel J. T. y Beitel J. M. 1988. Pteridophyte flora of Oaxaca, México. Memoirs of the New York Botanical Garden 46: 1-568.
- Mickel J. T. y Smith A. R. 2004. The Pteridophytes of Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden. New York, United States of America. 1-1054 pp.
- Montiel-Oscara D. 2011. Estructura poblacional y genética de *Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*. Tesis de postgrado, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, México, Texcoco. 28-36 pp.

- Mueller-Dombois D. y Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley. New York, New York. 547 pp.
- 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.
- Palmer W. M. 2003. Ordination methods for ecologists. <http://www.carex.osuunx.ucc.okstate.edu>.
- Peña L., Amezaga I. y Onaindia M. 2011. At which spatial scale are plant species composition and diversity affected in beech forests. Annals of Forest Science 68:1351-1362.
- Pérez 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 licopodios 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 J. I. 1995. Helechos mexicanos: formas de crecimiento, hábitat y variantes edáficas. Contactos 11: 22-27.
- 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.

- Pérez R. V. 2012. Distribución y riqueza de especies de Marchantiophyta en tres zonas ecológicas del estado de Hidalgo. 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-Rodríguez P. M. 1999. Las hayas de México, monografía de *Fagus grandifolia* spp. *mexicana*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México. 51 p.
- Peters R. 1995. Architecture and development of Mexican beech forest. Vegetation science in forestry. In: Box E.O., Peet R.K., Masuzawa T., Yamada I., Fujiwara K., Maycock, P.F. (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 325-343.
- 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. Boletín de la Sociedad Botánica de México 84: 35-43.
- Riba R., Pacheco L. Valdes A. y Sandoval Y. 1996. Pteridoflora del estado de Morelos, México. Lista de familias, géneros y especies. Acta Botánica Mexicana 37: 45-65.

- Riba R. 1998. Pteridofitas mexicanas: distribución y endemismo. pp. 369-384. *In*: Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. (eds.). Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rodríguez-Ramírez E. Ch., Sánchez-González A. y Ángeles-Pérez G. 2013. Current distribution and coverage of the Mexican beech forests (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) en Mexico. *Endangered Species Research* 20(3): 205-216.
- Rodríguez-Ramírez E. Ch. 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. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.
- Rodríguez Guitián, M.A., Amigo Vázquez, J., Real, C. & Romero Franco, R. Revisión de la sintaxonomía de los hayedos del occidente de la Cordillera Cantábrica (Noroeste Ibérico) mediante análisis multivariante. *Lazaroa* 30: 191-218 (2009).
- Rojas-Alvarado A. F. y Tejero-Díez J. D. 2002. Una especie nueva de *Dennstaedtia* (Filicales: Dennstaedtiaceae) para México. *Revista de Biología Tropical* 50: 1007-1012.
- Rowden A., Robertson A., Allnutt T., Heredia S., Williams-Linera y Newton A. 2004. Conservation genetics of Mexican beech, *Fagus grandifolia* var. *mexicana*. *Conservation Genetics* 5: 475-484.
- Rzedowski J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25-44.

- Rzedowski J. 2006. Vegetación de México. Primera Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 504 pp.
- Sánchez-González A. y López-Mata L. 2005. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. Diversity and Distribution 11: 567-575.
- Sánchez-González A., López-Mata L. y Granados-Sánchez D. 2005. Semejanza florística entre los bosques de Abies religiosa (H.B.K.) Cham. & Schltld. 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.
- Santiago M. 2013. Pteridoflora de la comunidad de Santa Cruz Yavavligaz municipio de Ixtlan de Juárez, Oaxaca. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de la Sierra Juárez. 239 pp.
- SEMARNAT, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, Diario Oficial de la Federación. México, DF.
- Serrano M. H. 2010. Helechos y lycopodios del Parque Nacional El Chico, Estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. 48 pp.

- Squeo F., Caviers L., Arancio G., Novoa J., Matthei o., Marticorena C., Rodriguez., Arroyo M. T. K. y Muñoz M. 1998. Biodiversidad vegetal de Antofagasta. Revista Chilena de Historia Natural 71:571-591.
- Takhtajan A. 1969. Flowering plants. Origine and dispersal. Oliver & Sons. News York. 538 pp.
- Ter Braak C.J.F. y P. Šmilauer. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power. New York, New York.
- 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. 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., 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.

- Tinoco-Rueda J. A., Toledo-Medrano M. L., Carrillo-Negrete I. J., Monterroso-Rivas I. 2009. Clima y variabilidad climática en los municipios de Hidalgo con presencia de bosque mesófilo de montaña. In: Monterroso-Rivas A.J. (ed) El Bosque Mesófilo en el Estado de Hidalgo. Perspectiva ecológica frente al cambio climático. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco. p 71–98.
- 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.
- Tuomisto H., Ruokolainen K. y Yli-Halla M. 2003. Dispersal, environmental, and floristic variation of western Amazonian forests. Science 299: 241-244.
- 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.
- Velazco C. G., Salcedo S. M., Alanís G. J., González M. y Alavarado M.A. 2012. Helechos de Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León. 187 pp.
- Villavicencio-Nieto M. A. y Pérez-Escandón B. E. 2008. Plantas útiles de Medio Monte, San Bartolo Tutotepec, Hidalgo. Un criterio para establecer un área natural protegida. En: Pulido-Flores G., López-Escamilla A. L. y Pulido-Silva M. T. (eds.). Estudios biológicos en las áreas naturales del estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México. pp. 19-27.

Williams-Linera G., Rowden A. y Newton A. C. 2003. Distribution and stand characteristics of relict populations of Mexican beech (*Fagus grandifolia* var. *mexicana*). Biological Conservation. 109: 27–36.

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.

Zuñiga S. J. R. 2012. Helechos y licopodios del municipio de Tenango de Doria, estado de Hidalgo, México. Tesis de licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de

Anexo 1. Estado de especies de helechos y licopodios presentes en los bosques de haya (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*) del estado de Hidalgo. Los ejemplares con números de colecta del 1 al 118 fueron recolectados por Marisol Gutiérrez Lozano (MGL), 258, 277, 278, 302 por Maria Guadalupe Pérez Paredes (MGPP) y del 4431 al 4527 por Arturo Sánchez González (ASG).

Categoría Taxonómica	No. Colecta	Sustrato
LYCOPODIOPHYTA		
LYCOPODIOPSIDA		
Lycopodiales		
Lycopodiaceae		
1. <i>Huperzia pringlei</i> Underw. & F. E. Lloyd	302	T
2. <i>Huperzia reflexa</i> (Lam.) Trevis.	34, 40	R, T
3. <i>Huperzia serrata</i> (Thunb. ex Murray) Trevis.	73, 90, 4475, 4476	T
4. <i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm.	36, 116, 4483	T
5. <i>Lycopodium clavatum</i> L.	4485	T
SELAGINELLOPSIDA		
Selaginellales		
Selaginellaceae		
6. <i>Selaginella delicatissima</i> Linden ex A. Braun	4525	T
7. <i>Selaginella flexuosa</i> Spring.	49, 83, 4506	T

8. <i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring in Martius	32, 4514, 4524	R, T
9. <i>Selaginella silvestris</i> Asplund.	16, 28, 66, 69, 4441, 4495, 4503	R, T

POLYPODIOPHYTA

PSILOTOPSIDA

Ophioglossales

Ophioglossaceae

10. <i>Botrychium decompositum</i> M. Martens & Galeotii	258, 277	T
--	----------	---

Psilotales

Psilotaceae

Categoría Taxonómica	No. Colecta	Sustrato
11. <i>Psilotum complanatum</i> Sw. *	38, 65, 4444	E

MARATTIOPSIDA

Marattiales

Marattiaceae

12. <i>Marattia weinmannifolia</i> Liebm. *	106, 4480, 4507	T
---	-----------------	---

POLYPODIOPSIDA

Hymenophyllales

Hymenophyllaceae

13. <i>Hymenophyllum crispum</i> Kunth.	4520	E, R
14. <i>Hymenophyllum ectocarpon</i> Fée	93	E
15. <i>Hymenophyllum polyanthos</i> Sw.	23, 29, 48, 58, 4456, 4461, 4468, 4470	E
16. <i>Hymenophyllum tegularis</i> (Desv.) Proctor & Lourteig	50	R
17. <i>Hymenophyllum tunbrigense</i> (L.) Sm.	59, 4462	R
18. <i>Trichomanes capillaceum</i> (L).	31, 4436	E, R
19. <i>Trichomanes hymenophylloides</i> Bosch	278	R, T

20. <i>Trichomanes radicans</i> Sw.	21, 107, 4504	E, R
21. <i>Trichomanes reptans</i> Sw.	92	E, R

Gleicheniales

Gleicheneaceae

22. <i>Diplopterygium bancroftii</i> (Hook.) A. R. Sm.	39, 4446, 4486	R, T
23. <i>Sticherus underwoodianus</i> (Maxon) Nakai.	4455	T

Schizaeales

Anemiaceae

24. <i>Anemia mexicana</i> var. <i>mexicana</i> Klotzsch	35	R
--	----	---

Cyatheales

Plagiogyriaceae

Categoría Taxonómica	No. Colecta	Sustrato
25. <i>Plagiogyria pectinata</i> (Liemb.) Lellinger	53, 86, 4432, 4463	T

Cyatheaceae

26. <i>Alsophila firma</i> (Baker) D. S. Conant *	4517	T
27. <i>Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée *	4526	T

Dicksoniaceae

28. <i>Dicksonia sellowiana</i> Hook. *	4516	T
29. <i>Lophosoria quadripinnata</i> (J. F. Gmel.) C. Chr. In Skottsberg	98, 105, 4484	T

Polypodiales

Dennstaedtiaceae

30. <i>Dennstaedtia globulifera</i> (Poir.) Hieron.	4496	T
---	------	---

Pteridiaceae

31. <i>Adiantum andicola</i> Liebm.	27, 42, 44, 4491	E, R, T
32. <i>Gaga marginata</i> (Kunth) Fay-Wei Li & Windham	99, 4513	T
33. <i>Pteris orizabae</i> M. Martens & Galeotti	100	T
34. <i>Scoliosorus ensiformis</i> (Hook.) T. Moore	95, 115	E

1

35. <i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf.	19, 51, 4505	E
---	--------------	---

Cystopteridaceae

36. *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh. 17, 26, 4522 R, T

Aspleniaceae

37. *Asplenium auriculatum* Sw. 10, 14, 4434, 4452, 4465 E, R, T

38. *Asplenium blepharophorum* Bertol. 6 T

39. *Asplenium cuspidatum* Lam. 4499, 4527 E, R, T

40. *Asplenium monanthes* L. 12, 68, 108, 4437, 4439, 4445 E, R, T

41. *Asplenium sessilifolium* var. *sessilifolium* Desv. 4447, 4500, 4502 R, T

42. *Asplenium serra* Langsd. & Fisch 4466 T

Thelypteridaceae

43. *Thelypteris atrovirens* (C. Chr.) C. F. Reed. 103, 4467, 4477 T

Categoría Taxonómica	No. Colecta	Sustrato
----------------------	-------------	----------

44. *Thelypteris oligocarpa* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Ching 4488 T

45. *Thelypteris rudis* (Kunze) Proctor 1 T

Blechnaceae

46. *Blechnum appendiculatum* Willd. 4, 4509 R, T

47. *Blechnum stoloniferum* (Melt. Ex E. Fourn.) C. Chr. 46, 54, 87 T

48. *Woodwardia martinezii* Maxon ex Weath. 63, 70, 4489, 4490 T

49. *Woodwardia semichordata* Mickel & Beitel 4440, 4515 T

50. *Woodwardia spinulosa* M. Martens & Galeotti 4493 T

Athyriaceae

51. *Diplazium ternanum* Liebm. 11, 89, 4442 T

52. *Diplazium lonchophyllum* Kunze 41, 109, 4508 T

Dryopteridaceae

53. *Arachnoides denticulata* (Sw.) Ching 3, 22, 4487 T

54. *Ctenitis erinaceae* A. R. Sm 2, 7, 18, 20, 33, 4482 T

55. *Dryopteris wallichiana* (Spreng.) Hyl. 4473, 4494, 4501 T

56. *Elaphoglossum erinaceum* var. *erinaceum* (Fée) T. Moore 101, 4519 R, T

57. *Elaphoglossum monicae* Mickel in Mc Vaugh. 30, 4418, 4451, 4492 R, T

58. <i>Elaphoglossum obscurum</i> (E. Fourn.) C. Chr.	13, 118, 4511	R, T
59. <i>Elaphoglossum peltatum</i> (Sw.) Urb.	37, 67, 91, 94, 114 4438, 4450	E
60. <i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urb.	102	E, T
61. <i>Elaphoglossum seminudum</i> Mickel	81, 112, 113	E, T
62. <i>Phanerophlebia remotispora</i> E. Fourn.	74	R, T
63. <i>Polystichum distans</i> E. Fourn.	5, 8, 9, 15, 24, 43, 45, 47, 76, 4454	T

Lomariopsidaceae

64. <i>Lomariopsis mexicana</i> Holttum	71, 4474	E, T
---	----------	------

Polypodiaceae

65. <i>Campyloneurum amphostenon</i> Kunze ex Klotzsch	55, 56, 4448	E, R, T
--	--------------	---------

Categoría Taxonómica	No. Colecta	Sustrato
66. <i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée.	4510	E, R, T
67. <i>Lellingeria prionodes</i> (Mickel & Beitel) A. R. Sm. & R. C. Moran	60	E
68. <i>Melpomene leptostoma</i> Fée.	25, 52, 57, 88, 4433, 4435, 4453, 4478, 4481, 4521	E
69. <i>Melpomene moniliformis</i> (Lag. ex Sw.) A. R. Sm. & R. C. Moran	4471	T
70. <i>Pecluma sursumcurrens</i> (Coppel.) M. G. Prince	96, 4498	E, R, T
71. <i>Phlebodium pseudoaureum</i> (Cav.) Lellinger	82, 117	E, T
72. <i>Pleopeltis plebeia</i> (Schltdl. & Cham.) A. R. Sm. & Tejero	72, 79, 84, 111, 4431, 4479	E, T
73. <i>Pleopeltis madrensis</i> (J. Sm.) A. R. Sm. & Tejero	61, 77	T
74. <i>Pleopeltis mexicana</i> (Fée) Mickel & Beitel	78, 85, 4457	E, R
75. <i>Polypodium lepidotrichum</i> (Fée) Maxon	62, 64, 80, 4459	E
76. <i>Polypodium longepinnulatum</i> E. Fourn	110	E, T
77. <i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze	4458, 4460	E, R, T
78. <i>Polypodium puberulum</i> Schltdl. & Cham.	75, 4464	E
79. <i>Polypodium rodhopleuron</i> Kunze	97, 104, 4472, 4512	E, R

*Especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Sustratos,
E: Epífito, R: Rupícola, T: Terrestre.

¹ Especies que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo.