



LICOFITAS Y HELECHOS DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DEL ESTADO DE HIDALGO, MÉXICO

LYCOPHYTES AND FERNS OF THE MOUNTAIN CLOUD FOREST OF HIDALGO STATE, MEXICO

ADRIANA GISELA HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ¹, ARTURO SÁNCHEZ-GONZÁLEZ^{1*} Y JOSÉ DANIEL TEJERO-DÍEZ²

¹Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Centro de Investigaciones Biológicas, Ciudad del Conocimiento. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.

²Laboratorio de Botánica, Unidad de Morfología y Función, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, Estado de México, México.

* Autor para la correspondencia: arturosg@uaeh.edu.mx

Resumen

Antecedentes: El bosque mesófilo de montaña (BMM) de México posee alta riqueza de licofitas y helechos. Sin embargo, existen amplias zonas sin inventarios florísticos en este ecosistema, que en la actualidad está severamente afectado por actividades humanas y el calentamiento global.

Preguntas: ¿Cuál es la composición y riqueza de especies de licofitas y helechos del BMM de Hidalgo? ¿Cómo es la diversidad de licofitas y helechos del BMM de Hidalgo, con respecto a la de otras entidades del país con el mismo tipo de vegetación?

Sitio de estudio y periodo de investigación: El estudio incluye 19 municipios de Hidalgo con BMM, entre los años 2015 y 2018.

Métodos: El trabajo de campo se realizó en 14 municipios y se obtuvo información bibliográfica de otros cinco. La determinación fue a nivel de especie y se estimó la diversidad por unidad de área.

Resultados: Se identificaron 279 especies, 91 géneros y 29 familias de pteridobiontes; 10 especies fueron nuevos registros a nivel estatal. El sustrato preferido fue el terrestre, seguido por el epífita y rupícola; ocho de las especies se consideran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-2010.

Conclusiones: El BMM de Hidalgo ocupa el tercer lugar nacional en número de especies de pteridobiontes, superado por Oaxaca y Veracruz. Las familias y géneros más comunes tienen amplia distribución en México. La densidad baja y distribución restringida de algunas especies, por el elevado grado de perturbación del bosque, indican la necesidad de establecer programas de manejo y conservación.

Palabras clave: bosque templado, diversidad taxonómica, extinción, helechos, riqueza de especies.

Abstract

Background: The Cloud Forest (CF) of Mexico has high richness of lycophytes and ferns. However, there are large areas without floristic inventories in this ecosystem, which is currently severely affected by human activities and global warming.

Questions: What is the composition and richness of lycophytes and ferns species of the BMM of Hidalgo? Is the taxonomic diversity of lycophytes and ferns of the BMM of Hidalgo different from that of other entities of the country with the same type of vegetation?

Study site and research period: The study was carried out in 19 municipalities of Hidalgo, where the CF is distributed, between 2015 and 2018.

Methods: The field work was carried out in 14 municipalities and the bibliographic information comes from five previous studies. The determination was at the species level and diversity was estimated per unit area.

Results: There are 279 species, 91 genera and 29 families of pteridophytes in Hidalgo; 10 species represented new records at the state level. The preferred growth substrate was terrestrial, followed by epiphyte and rupicolous; eight species are considered in some risk category in NOM-059-2010.

Conclusions: The Hidalgo CF occupies the third national place in number of species of pteridophytes, only surpassed by Oaxaca and Veracruz. The most common families and genera have wide distribution in Mexico. The low density and restricted distribution of some species, due to high degree of disturbance, indicate that it is necessary to establish management and conservation programs.

Key words: cloud forest, extinction, ferns, species richness, taxonomic diversity.



En México, el bosque mesófilo de montaña (BMM, *sensu* Rzedowski 1978) es la formación vegetal que presenta mayor riqueza de especies de licofitas y helechos (pteridobiontes *s.l.*, por compartir el mismo ciclo de vida) por unidad de área, pues, aunque ocupa sólo 0.4 % del territorio nacional alberga 630 de las 1,030 especies reconocidas (Riba 1998, Tejero-Díez *et al.* 2014, Villaseñor 2010). Sin embargo, la riqueza de pteridobiontes en las entidades federativas con mayor superficie de BMM de México: Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Hidalgo, Veracruz, Jalisco y Puebla (INEGI 2016) no es proporcional a su superficie.

En el estado de Hidalgo se han realizado algunos estudios sobre flora vascular en general en varios municipios con BMM (Luna-Vega *et al.* 1994, Alcántara-Ayala & Luna-Vega 1997, 2001, Mayorga *et al.* 1998, Ponce-Vargas *et al.* 2006), donde se destaca la elevada riqueza de pteridobiontes. Además, existen varios trabajos en el BMM enfocados a conocer la composición de pteridobiontes en los municipios de Calnali (Pérez-Cervantes 2009), San Bartolo Tutotepec (Gutiérrez-Lozano *et al.* 2017), Tenango de Doria (Zúñiga-Salvatierra 2009), Tlanchinol (Álvarez-Zúñiga *et al.* 2012) y Zacualtipán de Ángeles (Pérez-Paredes *et al.* 2012). Aún con estos antecedentes, gran parte de la superficie estatal en donde se distribuye el BMM permanece sin estudios florísticos (Luna-Vega *et al.* 2000, Sánchez-González *et al.* 2016).

Aunque se reconoce la enorme importancia del BMM, por los servicios ecosistémicos a la sociedad mexicana, la cobertura original de esta formación vegetal ha mermado drásticamente en las últimas décadas (Aldrich *et al.* 1997, Toledo-Aceves 2010), debido sobre todo al cambio de uso del suelo y el estado de Hidalgo no escapa a esta tendencia (Arriaga *et al.* 2000, Luna-Vega *et al.* 2000, León-Paniagua *et al.* 2010, Villaseñor 2010, Leal-Jiménez 2014). Es probable que la carencia de iniciativas de manejo y conservación del BMM se deba a que no se han ponderado en forma cuantitativa la relación entre dichos servicios ambientales y el impacto antrópico. El grado de perturbación del BMM puede ser monitoreado en forma sencilla y robusta con estudios de su pteridoflora, ya que las especies que la conforman son vulnerables a cambios en las condiciones de humedad, luz y temperatura, por lo que son excelentes indicadoras de la "calidad del hábitat" (Karst *et al.* 2005, Hietz & Briones 1998), aspectos físicos que se alteran en los procesos de deforestación (Hietz-Seifert *et al.* 1996, Rodríguez-Romero *et al.* 2008, Carvajal-Hernández *et al.* 2017).

Los estudios sobre la composición y distribución de especies de licofitas y helechos en ecosistemas templados húmedos pueden servir también de referencia para evaluar los efectos del cambio climático y de uso de suelo sobre las poblaciones de plantas, con lo que pueden funcionar como primera aproximación para desarrollar programas de manejo y conservación de su diversidad (Sanginés-Franco *et al.* 2011). Por ello, los objetivos del presente estudio fueron: (1) realizar un inventario de las especies de licofitas y helechos del BMM del estado de Hidalgo y (2) estimar el valor del índice de diversidad taxonómica de ambos grupos de plantas en el BMM de Hidalgo y contrastarlo con el de otros estu-

dios realizados en el mismo tipo de vegetación en diferentes estados de la República Mexicana.

Materiales y métodos

Área de estudio. El BMM primario en el estado de Hidalgo ocupa una superficie de aproximadamente 71,283.42 ha (INEGI 2016) y se distribuye en 24 de sus municipios. En este trabajo se realizó exploración de campo en 14 municipios que presentan BMM y se incluyó información sobre la composición de la pteridoflora de cinco municipios más, que contaban con estudios previos: Calnali (Pérez-Cervantes 2009), Tenango de Doria (Zúñiga-Salvatierra 2009), Tlanchinol (Álvarez-Zúñiga *et al.* 2012), Zacualtipán de Ángeles (Pérez-Paredes *et al.* 2012) y San Bartolo Tutotepec (Gutiérrez-Lozano *et al.* 2017). Los 19 municipios analizados en el presente estudio contienen más del 90 % de la superficie total estatal con cobertura de BMM primario (INEGI 2016), por lo que el inventario florístico puede ser considerado a nivel estatal. La elevada capacidad de dispersión de las licofitas y helechos (Page 1979, Karst *et al.* 2005, Walker & Sharpe 2010), refuerza la aseveración anterior.

La mayoría de las localidades visitadas para la recolección de ejemplares se encuentran en el extremo sur de la Sierra Madre Oriental (SMOr), dentro de la sub-cuenca del río Moctezuma, que pertenece a la región hidrológica del río Panuco. Además, se visitó el municipio de Tenango de Doria, que se localiza en la vecindad con la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) (Luna-Vega & Alcántara 2004, Zúñiga-Salvatierra 2009). En el estado de Hidalgo el BMM se desarrolla en el intervalo altitudinal de 730 a 2,500 m, en sierras y montañas de topografía irregular y que presentan diferentes tipos de suelos derivados de rocas sedimentarias marinas (calizas, lutitas y margas del Cenozoico y Mesozoico en la SMOr) y de origen volcánico (desde ígneas andesitas, basaltos y riolitas hasta tobas del Cenozoico y Pleistoceno en la FVT), pero generalmente con horizontes superficiales oscuros con una capa gruesa de material orgánico en forma de humus y ricos en nutrimentos. El clima va de templado a semicálido húmedo, con temperaturas que oscilan entre 16 (17.1)-20 °C y con precipitación acumulada anual desde 1,800 hasta 2,385 mm: la mayor parte se presenta en verano-otoño y en menor cantidad en invierno-primavera. Las condiciones de humedad señaladas y las neblinas características, provienen de los vientos húmedos alisios del Golfo de México, que en esta región chocan con la SMOr y se condensan por fenómenos adiabáticos (Ruiz-Jiménez *et al.* 2012).

Trabajo en campo. Consistió en la búsqueda de ejemplares de licofitas y helechos en distintas localidades de 14 municipios del estado de Hidalgo con BMM. En cada localidad se exploraron con detalle distintos tipos de microambientes (taludes, áreas rocosas, cuerpos de agua, escurrimientos, troncos de árboles, entre otros), con la finalidad de recolectar el mayor número posible de especies. Los ejemplares fueron herborizados de acuerdo con la técnica sugerida por Lorea & Riba (1990). Los municipios en los que se realizó la búsqueda y recolección de ejemplares en campo fueron: Acaxochi-

tlán, Agua Blanca de Iturbide, Chapulhuacán, Eloxochitlán, Huazalingo, Huehuetla, Jacala de Ledezma, Juárez Hidalgo, La Misión, Lolotla, Molango de Escamilla, Tepehuacán de Guerrero, Tianguistengo y Xochicoatlán (Figura 1). En la selección de los sitios de recolección se consideró como característica principal, que no existieran señales evidentes de perturbación provocada por actividades humanas (Walker & Sharpe 2010).

Trabajo de laboratorio. El proceso de determinación de los especímenes se realizó con base en la obra de Mickel & Smith (2004) y los nombres fueron verificados con ejemplares tipo en JSTOR Global Plants (2018). En el listado florístico se consideró la clasificación de PPG 1 (2016). La pertinencia de la nomenclatura fue actualizada de acuerdo con las bases de datos Catalogue of Life (Roskov *et al.* 2015) y la forma de abreviar los autores con la base de datos en Tropicos (2018).

Índice de diversidad taxonómica. Para comparar la riqueza de especies de licofitas y helechos del BMM de distintos estados, fue necesario considerar el tamaño del área, para ello se utilizó el índice de diversidad taxonómica o IB, que se obtiene dividiendo el número de especies registradas (S) entre el logaritmo natural (ln) del tamaño del área (A); prefe-

rentemente en hectáreas: $IB = S/\ln A$, que nos indica la proporción de especies existentes por unidad de área considerada (Squeo *et al.* 1998). Los estados con BMM considerados en la comparación, con la respectiva fuente de información fueron los siguientes: Estado de México (Tejero-Díez & Arreguín-Sánchez 2004), Puebla (Rodríguez-Acosta *et al.* 2004), Chiapas, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Querétaro y Veracruz (Tejero-Díez *et al.* 2014). La superficie (ha) que ocupa el BMM en cada una de las entidades consideradas, fue obtenida de INEGI (2016).

Resultados

Composición florística. Se recolectaron 205 ejemplares de licofitas y helechos, que una vez determinados correspondieron a 118 especies, 52 géneros y 19 familias. Este número de taxa, junto con los recopilados en los trabajos de Mickel & Smith (2004), Pérez-Cervantes (2009), Zúñiga-Salvatierra (2009), Álvarez-Zúñiga *et al.* (2012), Pérez-Paredes *et al.* (2012) y Gutiérrez-Lozano *et al.* (2017) suman un total de 279 especies de pteridobiontes (con 14 variedades) que se agruparon en 91 géneros y 29 familias. En Lycopodiopsida se incluyen dos familias, 6 géneros y 31 especies; mientras que en Polypodiopsida son 27 familias, 84 géneros y 248 especies (Tabla 1, Figura 2, Apéndice 1).

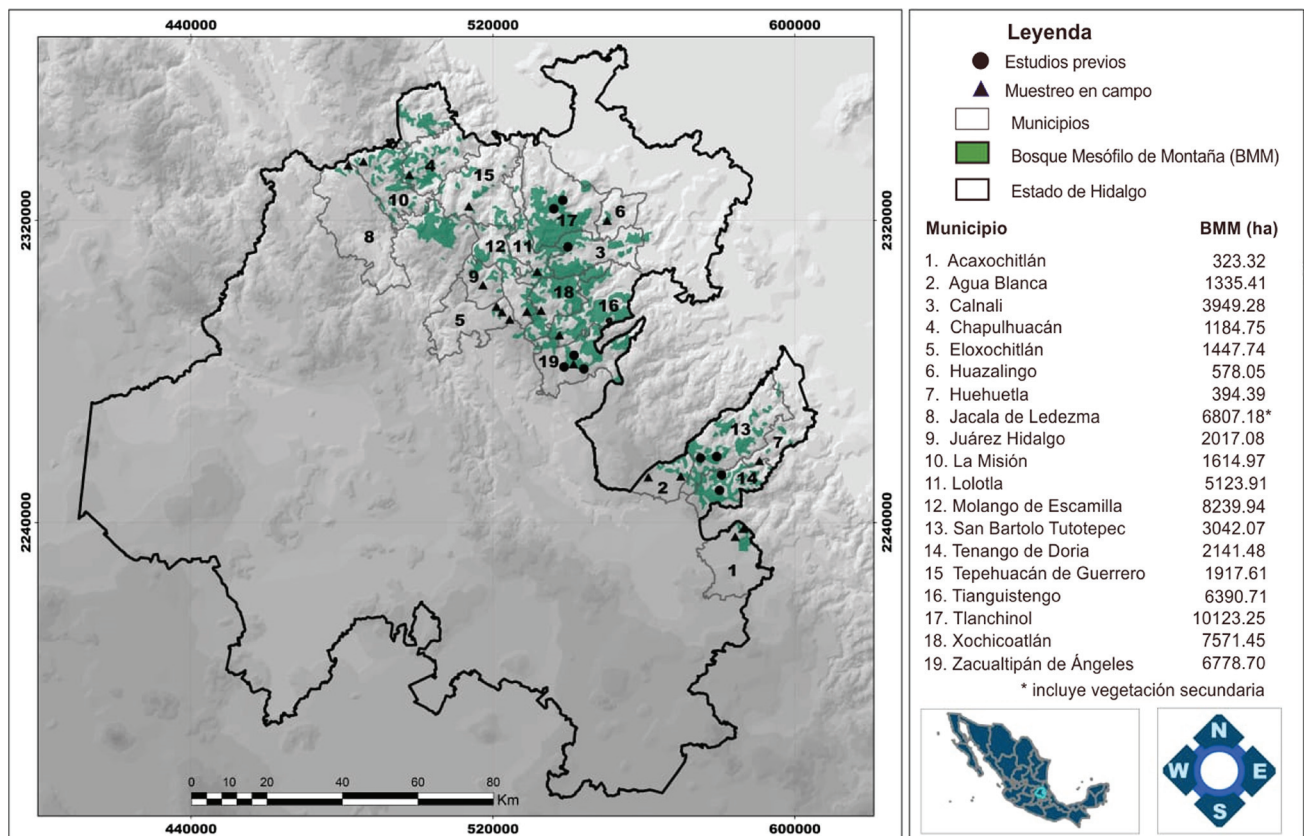


Figura 1. Área de estudio, que incluye 19 municipios con presencia de bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México.

Helechos del bosque mesófilo de Hidalgo

Tabla 1. Número de especies de licofitas y helechos en el BMM de Hidalgo, con respecto a los registrados en México, en el BMM de México y en el estado de Hidalgo.

	México	BMM de México	Hidalgo	BMM de Hidalgo
Especies de licofitas y helechos:	1,030 ¹	630 ¹	362 ²	279 ³
Porcentaje de especies de licofitas y helechos del BMM de Hidalgo con respecto a:	27.08	44.29	77.07	100

¹Tejero-Díez *et al.* (2014); ²Sánchez-González *et al.* (2016); ³presente estudio.

En Polypodiopsida, las familias más representativas fueron: Pteridaceae, Polypodiaceae, Dryopteridaceae, Aspleniaceae y Thelypteridaceae con 50, 50, 38, 20 y 18 especies, respectivamente y en Lycopodiopsida, Selaginellaceae con 24 especies. Nueve de los 91 géneros definidos en el BMM de Hidalgo poseen ocho o más especies: *Selaginella* (24), *Asplenium* (19), *Elaphoglossum* (16), *Pleopeltis* (14), *Pecluma* (10) *Pteris* (9), *Adiantum* (8), *Polypodium* (8) y *Amauropelta* (8); 16 géneros entre 3 y 7 especies y el resto (66) entre 1 y 2 especies (Tabla 2).

El sustrato de crecimiento en el que se encontró el mayor número de especies fue el terrícola, con 136 (49.27 %), 73 especies (26.44 %) crecen en dos o tres sustratos, 31 (11.23 %) sólo sobre forófitos (corticólicas o epífitas) y 26 (9.42 %) tienen como único sustrato las rocas (rupícola). Sólo 16 (5.8 %) no muestran especificidad por algún tipo de sustrato (es decir,

que crecen en 2 o 3 sustratos). El resto de los pteridobiontes se encontraron en dos sustratos: 30 especies son rupícolas o terrícolas, 16 son corticólicas o terrícolas y 11 tienen hábito corticícola o rupícola.

Índice de diversidad taxonómica. A partir de la información de estudios florísticos realizados en el BMM en diferentes entidades federativas de la República Mexicana, se estimó que el BMM del Hidalgo es el tercero más rico de especies por unidad de área o índice de diversidad taxonómica (IB) al alcanzar 24.96 especies (ha), antecedido por Oaxaca (32.17) y Veracruz (34.53) y seguido por Puebla (21.79) y Chiapas (21.75), estados cuya ubicación geográfica corresponde en general a las principales regiones montañosas del país: Sierra Madre del Sur, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Serranías Transistmicas (Tabla 3).

Tabla 2. Familias y géneros con mayor riqueza especies en el BMM del estado de Hidalgo

Familia	Número de especies	Géneros	Número de especies
Pteridaceae	50	<i>Selaginella</i>	24
Polypodiaceae	50	<i>Asplenium</i>	19
Dryopteridaceae	38	<i>Elaphoglossum</i>	16
Selaginellaceae	24	<i>Pleopeltis</i>	14
Aspleniaceae	20	<i>Pecluma</i>	10
Thelypteridaceae	18	<i>Pteris</i>	9
Hymenophyllaceae	11	<i>Adiantum</i>	8
Blechnaceae	9	<i>Amauropelta</i>	8
Dennstaedtiaceae	9	<i>Polypodium</i>	8
Athyriaceae	7	<i>Myriopteris</i>	7
Lycopodiaceae	7	<i>Anemia</i>	6
Anemiaceae	6	<i>Campyloneurum</i>	5
Gleicheniaceae	5	<i>Christella</i>	5
Cyatheaceae	3	<i>Diplazium</i>	5
Cystopteridaceae	2	<i>Dryopteris</i>	5
Dicksoniaceae	2	<i>Gaga</i>	5
Equisetaceae	2	<i>Phanerophlebia</i>	5
Marattiaceae	2	<i>Dennstaedtia</i>	4
Ophioglossaceae	2	<i>Hymenophyllum</i>	4
Psilotaceae	2	<i>Pityrogramma</i>	4



Figura 2. Algunas especies de helechos característicos del BMM del estado de Hidalgo, México. **A.** *Polypodium rhodopleuron* Kunze, **B.** *Cyathea fulva* (M. Martens & Galeotti) Fée, **C.** *Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd. var. *angusta*, **D.** *Psilotum complanatum* Sw., **E.** *Gleichenella pectinata* (Willd.) Ching, **F.** *Alansmia senilis* (Fée) Moguel & M. Kessler, **G.** *Adiantopsis radiata* (L.) Fée, **H.** *Diplazium ternatum* Liebm. **I.** *Marattia laxa* Kunze, **J.** *Cyathea fulva* (M. Martens & Galeotti) Fée, **K.** *Lophosoria quadripinnata* (J. F. Gmel.) C. Chr., **L.** *Elaphoglossum peltatum* (Sw.) Urb.

Discusión

Los resultados indican que el BMM del estado de Hidalgo posee 27.1 % de las especies que componen la Pteridoflora de México (1,030 especies: Tejero-Díez *et al.* 2014), 77.1 % de la estatal (362 especies: Sánchez-González *et al.* 2016) y 83.2 % de la región III que comprende los estados de Hidalgo, Puebla, Querétaro y parte San Luis Potosí (Tejero-Díez *et al.* 2014), de acuerdo con la regionalización del BMM en México de la CONABIO (2010). Esta riqueza de especies representa, además, 44.3 % del total de especies presentes en el BMM de México (Tejero-Díez *et al.* 2014).

Tal como ocurre en entidades como Querétaro (Cartujano *et al.* 2002), Veracruz (Tejero-Díez *et al.* 2011) y a nivel Nacional (Tejero-Díez *et al.* 2014), en Hidalgo el BMM es el tipo de vegetación que contiene la mayor riqueza de especies de licofitas y helechos (Sánchez-González *et al.* 2016). Los factores que están asociados con esta elevada riqueza taxonómica de pteridobiontes en el BMM son probablemente la alta heterogeneidad ambiental del gradiente de altitud (Bickford & Laffan 2006, Kluge *et al.* 2006), la elevada humedad ambiental-atmosférica en el intervalo de distribución del bosque, que favorece a los dos grupos de plantas en su reacción estomática y presencia de luz (Kawai *et al.* 2003, Brodribb *et al.* 2005) y la ocupación del estrato vertical de vegetación (epifítico), que en Hidalgo contiene al menos 31 % de las especies registradas, aspectos que generalmente no se dan a mayores o menores altitudes (Jean-Yves *et al.* 2009, Schneider *et al.* 2004, Tejero-Díez *et al.* 2014).

En el presente estudio, los nueve géneros más representativos de licofitas y helechos contienen 41.7 % de las especies (ocho o más especies cada uno). La existencia de una alta proporción de géneros con pocas especies no tiene relación con el grado de completitud del inventario de especies de pteridobiontes. En cambio, corrobora un patrón biogeográfico ampliamente documentado en diferentes regiones templadas del planeta, según el cual una secuencia de pocos taxones comprende la mayoría de las especies de una flora determinada (Tolmatschew 1971, Rzedowski 1978). Estos

nueve géneros representativos y característicos del BMM de Hidalgo, podrían ser considerados como indicadores ambientales, dado que su espectro taxonómico coincide con el observado a nivel nacional para este tipo de vegetación (Tejero-Díez *et al.* 2014): en el que los géneros más comunes son *Adiantum*, *Asplenium*, *Diplazium*, *Elaphoglossum*, *Hymenophyllum*, *Pecluma*, *Pleopeltis*, *Polypodium*, *Pteris*, *Selaginella* y *Thelypteris* (*s.l.*).

Las características que se pueden considerar como típicas de la pteridoflora del BMM en Hidalgo, son: a) *Selaginella* es el género con mayor riqueza de especies, b) la presencia notable de especies de *Asplenium* y *Elaphoglossum*, c) la prevalencia del complejo *Polypodium-Pleopeltis*, d) la elevada riqueza de especies de los géneros que antes se consideraban como *Thelypteris* (16), entre lo que destaca *Amauropelta* con 8 especies, y e) el bajo número de especies de *Diplazium* e *Hymenophyllum*. De acuerdo con Korall & Kenrick (2002) y Walker & Sharpe (2010), *Selaginella* (el grupo heterófilo homeohídrico) y *Thelypteris* (*s.l.*) son géneros comunes en climas cálidos y en áreas abiertas, el primero en sotobosque y el segundo en ríos, arroyos, escurrimientos de agua y zonas ruderales, aspecto que define bien al BMM en Hidalgo, el cual está sumamente impactado (CONABIO 2010). Los géneros *Asplenium* y *Elaphoglossum*, aunque son los más diversos en México (Mickel & Smith 2004), tienen a su vez un lugar prominente en el sotobosque de la zona montañosa húmeda (Rouhan *et al.* 2004, Mehltreter 2008a), mientras que el complejo *Polypodium-Pleopeltis* domina el estrato vertical o epifito (Smith & Tejero-Díez 2014). Los géneros *Diplazium* e *Hymenophyllum* son comunes en el límite altitudinal inferior cálido-húmedo del BMM, por lo que su menor riqueza específica puede estar asociada con el hecho de que el estado de Hidalgo no tiene salida al mar (Nieder *et al.* 1999, Krömer & Kessler 2006, Mehltreter 2008a). En contraste, los géneros de pteridobiontes típicos de otros tipos de vegetación en climas subhúmedos, como por ejemplo en bosques de *Quercus*, de coníferas (Ramírez-Cruz *et al.* 2009), matorral xerófilo (Pérez-Paredes *et al.* 2012, Pérez-Atilano *et al.* 2015) o bosque tropical, son diferentes y la mayoría

Tabla 3. Índice de diversidad de pteridobiontes de los estados con mayor cobertura de BMM en México

Estado	Superficie con BMM (ha) ¹	Número de especies	Región de procedencia del BMM	IB= S/lnA
Chiapas	224493,8	268 ²	Serranías Trans-istmicas	21.75
Guerrero	104684,1	223 ²	Sierra Madre del Sur occidente	19.29
Hidalgo	71541,4	279 ³	Sierra Madre Oriental centro	24.96
Jalisco	33465,1	115 ²	Sierra Madre Occidental sur/ Faja Volcánica Transmexicana occidente	11.04
México	10828,5	149 ⁴	Faja Volcánica Transmexicana centro-occidente	16.04
Oaxaca	221839,6	396 ²	Sierra Madre del Sur oriente y occidente	32.17
Puebla	29163,8	224 ⁵	Sierra Madre Occidental sur	21.79
Querétaro	327,8	110 ²	Sierra Madre Occidental centro	18.99
Veracruz	43787,8	369 ²	Sierra Madre Oriental/Sierra Madre del Sur	34.53

¹ INEGI (2016), ² Tejero-Díez *et al.* (2014), ³ Presente estudio, ⁴ Tejero-Díez & Arreguín-Sánchez (2004), ⁵ Rodríguez Acosta *et al.* (2004).

pertenecen a Pteridaceae (*Adiantum* y *Myriopteris*), Dryopteridaceae (*Ctenitis*) y Thelypteridaceae (*Goniopteris*).

En general, las poblaciones de las especies de pteridobiontes no presentan alta densidad y/o cobertura. Sin embargo, en el BMM de Hidalgo *Pteridium* spp., *Selaginella* spp., *Lophosoria quadripinnata* y las especies de Gleicheniaceae prosperan bien en sitios perturbados (Walker & Sharpe 2010, Rodríguez-Romero *et al.* 2008, Tejero-Díez *et al.* 2011, Mehlreter 2008a, 2008b, Gutiérrez-Lozano *et al.* 2017), producto de actividades como la agricultura, ganadería, tala ilegal y construcción de casas a que está sujeta esta vegetación en la entidad (León-Paniagua *et al.* 2010, observación personal). La evaluación de estas especies tiene interés como bioindicador sinantrópico y será conveniente desarrollar índices al respecto en el futuro.

Si bien, en lo general el número de especies tiende a incrementarse conforme el tamaño del área aumenta (Whittaker *et al.* 2001), en el BMM actúan otros factores adicionales como la productividad, la disponibilidad de energía (clima) y el grado de la heterogeneidad ambiental (incluido el impacto antrópico), por lo que sólo así se puede explicar que el estado de Hidalgo, con el cuarto lugar de superficie con BMM a nivel nacional, ocupe el tercer lugar en riqueza de especies de licofitas y helechos (IB: 24.96) en México, sólo después de Oaxaca y Veracruz (García-Franco *et al.* 2008, Anta-Fonseca *et al.* 2010, Challenger *et al.* 2010, Pérez-Ferrera & Gómez-Domínguez 2010, Álvarez-Zúñiga *et al.* 2012).

A nivel mundial y en México, la mayoría de las especies de pteridobiontes se desarrollan sobre suelo y un porcentaje menor (desde 0 hasta cerca de 40 % en México, dependiendo de la humedad y calidad del forófito) son epífitas (Pérez-García *et al.* 1995, Watkins *et al.* 2006). Acorde con lo anterior, un alto porcentaje de especies de Pteridobiontes del BMM del estado de Hidalgo son de hábito terrestre (71.15 %) y en segundo lugar epífitas (26.79 %) (Vázquez *et al.* 2006, Pérez-Cervantes 2009, Zúñiga-Salvatierra 2009, Álvarez-Zúñiga *et al.* 2012, Tejero-Díez *et al.* 2014). Algunas especies epífitas tienen también la capacidad de crecer sobre rocas (*Asplenium*), cerca de escorrentías donde adquieren el agua necesaria para su desarrollo (Page 1979, Mehlreter 2008a, Tejero-Díez *et al.* 2014), por lo que sistemas con presencia de estos microambientes promueven el aumento del número de taxones en cada localidad.

De las 279 especies de licofitas y helechos determinadas, ocho (2.87 %) se encuentran en alguna categoría de riesgo de la NOM-059 (SEMARNAT 2010), lo que representa sólo 3.6 % con respecto al total de la pteridoflora registrada en el BMM de México (Tejero-Díez *et al.* 2014): *Nephrolepis cordifolia* se considera en peligro de extinción; *Campyloneurum phyllitidis* y *Psilotum complanatum* amenazadas y *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Dicksonia sellowiana*, *Marattia laxa* y *M. weinmanifolia* bajo protección especial.

Aunque el porcentaje de especies de licofitas y helechos que se encuentran en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT 2010) es bajo, este indicador no es robusto en México pues incluye algunas especies que no requieren de protección e ignora otras en riesgo inminente de extinción (Tejero-Díez *et al.* 2011, Tejero-Díez *et*

al. 2014). Es necesario considerar más especies, en particular las endémicas de escasa densidad y/o frecuencia por el elevado grado de fragmentación y perturbación de su hábitat. Hace casi dos décadas la cobertura del BMM en el estado de Hidalgo era de aproximadamente 21,641 ha (Ortega-Escalona & Castillo-Campos 1996), lo que representaba cerca de 1.03 % de la superficie estatal. Datos más recientes aportados por León-Paniagua *et al.* (2010) indican que menos de 0.5 % del territorio que ocupa se encuentra “protegido”. Actualmente existen iniciativas para la protección de este ecosistema que todavía no se han concretado (León-Paniagua *et al.* 2010, Leal-Jiménez 2014). Durante los recorridos de campo se observó que el grado de perturbación es muy elevado, en algunos sitios sólo existe vegetación secundaria. Es importante resaltar que en el pequeño espacio que ocupa el BMM de Hidalgo, se concentra 77.1 % de las especies de licofitas y helechos presentes en la entidad. Varios autores han llamado la atención sobre la urgencia de establecer programas de manejo y conservación del BMM de Hidalgo y de México en general, debido a la enorme riqueza de especies por unidad de área que posee, los servicios ambientales que brinda y al enorme deterioro y pérdida de la cubierta vegetal a la que está siendo sometido (Myers 1997, Luna-Vega *et al.* 2000, Rodríguez-Ramírez *et al.* 2013). A partir de los datos emitidos en este estudio, un monitoreo sistemático en intervalos de tiempo podría indicar el grado de deterioro que el BMM desarrolla por el impacto de las actividades humanas. El creciente deterioro de los bosques puede provocar que varias especies se extingan localmente o bien que otras se vuelvan comunes (Arcand & Ranker 2008).

Agradecimientos

Los autores agradecen amplia y sinceramente el trabajo y aportación realizada por Arlen Pérez Cervantes, Erika Álvarez Zúñiga, José Ramón Zúñiga Salvatierra, María Guadalupe Pérez Paredes y Marisol Gutiérrez Lozano, durante sus respectivos trabajos de tesis, en el bosque mesófilo de montaña de varios municipios del estado de Hidalgo. Se reconoce también el apoyo del Biol. Miguel Campos Bustos en la elaboración del mapa del área de estudio. Se agradecen los comentarios de dos revisores anónimos, los cuales contribuyeron a mejorar la calidad del manuscrito.

Literatura citada

- Alcántara-Ayala O, Luna-Vega I. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Botánica* **68**: 57-106.
- Alcántara-Ayala O, Luna-Vega I. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botánica Mexicana* **54**: 51-87.
DOI: <http://doi.org/10.21829/abm54.2001.868>
- Aldrich M, Billington C, Edwards M, Laidlaw R. 1997. *Tropical montane cloud forests: an urgent priority for conservation.*

- World Conservation Monitoring Centre. Cambridge.
- Álvarez-Zúñiga E, Sánchez-González A, López-Mata L, Tejero-Díez JD. 2012. Composición y abundancia de las pteridofitas en el bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Botanical Sciences* **90**: 163-177. DOI: <http://doi.org/10.17129/botsci.481>
- Arcand NN, Ranker TA. 2008. Conservation Biology. En: Ranker TA, Haufler CH. Eds. *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*. New York: Cambridge University Press. pp. 257-283. DOI: <http://doi.org/10.1017/CBO9780511541827> ISBN: 9780511541827
- Anta-Fonseca S, Galindo LC, González-Medrano F, Koleff OP, Meave del Castillo J, Moya MH, Victoria HA. 2010. Sierra Norte de Oaxaca. En: Toledo A. Ed. *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad México. pp. 108-115 ISBN: 978-607-7607-35-9
- Arriaga L, Espinosa JM, Aguilar C, Martínez E, Gómez L, Loa E. (coordinadores). 2000. *Regiones prioritarias terrestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. <<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/terrestres.html>> (accessed March 12, 2018)
- Bickford SA, Laffan SW. 2006. Multi-extent analysis of the relationship between pteridophyte species richness and climate. *Global Ecology and Biogeography* **15**: 588-601. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2006.00250.x>
- Brodribb TJ, Holbrook NM, Zwieniecki MA, Palma B. 2005. Leaf hydraulic capacity in ferns, conifers and angiosperms: impacts on photosynthetic maxima. *New Phytologist* **165**: 839-846. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01259.x>
- Cartujano S, Zamudio S, Alcántara O, Luna I. 2002. El bosque mesófilo de montaña en el municipio de Landa de Matamoros, Querétaro, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **70**: 13-43. DOI: <http://doi.org/10.17129/botsci.1653>
- Carvajal-Hernández C, Krömer T, López-Acosta JC, Gómez-Díaz J, Kessler M. 2017. Conservation value of disturbed and secondary forests for ferns and lycophytes along an elevational gradient in Mexico. *Applied Vegetation Science* **20**: 662-672. DOI: <http://doi.org/10.1111/avsc.12318>
- Challenger A, Golicher D, González EM, March MI, Ramírez MN, Vidal RRM. 2010. Sierras del Sur de Chiapas. En: CONABIO Ed. *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. pp. 133-149. ISBN: 978-607-7607-35-9
- CONABIO. 2010. *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-607-7607-35-9
- García-Franco JG, Castillo-Campos G, Mehltreter K, Martínez ML, Vázquez G. 2008. Composición florística de un bosque mesófilo del centro de Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **83**: 37-52. DOI: <http://doi.org/10.17129/botsci.1787>
- Gutiérrez-Lozano M, Sánchez-González A, López-Mata L, Tejero-Díez D. 2017. Taxonomic richness of lycophytes and ferns of the Mexican beech forest: the highest ever recorded among *Fagus* forests worldwide? *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* **229**: 23-31. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.flora.2017.02.008>
- Hietz P, Briones O. 1998. Correlation between water relations and within-canopy distribution of epiphytic ferns in a Mexican cloud forest. *Oecologia* **114**: 305-316. DOI: <http://doi.org/10.1007/s004420050452>
- Hietz-Seifert U, Hietz P, Guevara S. 1996. Epiphyte vegetation and diversity on remnant trees after forest clearance in Southern Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* **75**: 103-111. DOI: [http://doi.org/10.1016/0006-3207\(95\)00071-2](http://doi.org/10.1016/0006-3207(95)00071-2)
- INEGI. 2016. División política estatal 1:250,000; edición 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México: Cartografía Geoestadística urbana y rural amanzanada.
- Jean-Yves D, Schneider H, Hennequin S. 2009. Epiphytism in ferns: diversity and history. *Comptes Rendus Biologies* **332**: 120-128. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.08.018>
- JSTOR. 2018. JSTOR Global Plants. <<https://guides.jstor.org/globalplants>> (accessed June 7, 2018).
- Karst J, Gilbert TB, Lechowicz MJ. 2005. Fern community assembly: The roles of chance and the environment at local and intermediate scales. *Ecology* **86**: 2473-2486. DOI: <http://doi.org/10.1890/04-1420>
- Kawai H, Kanegae T, Christensen S, Kiyosue T, Sato Y, Imai-zumi T, Kadota A, Wada M. 2003. Responses of ferns to red light are mediated by an unconventional photoreceptor. *Nature* **421**: 287-290. DOI: <http://doi.org/10.1038/nature01310>
- Kluge J, Kessler M, Dunn R. 2006. What drives elevational patterns of diversity? A test of geometric constraints, climate and species pool effects for pteridophytes on an elevational gradient in Costa Rica. *Global Ecology and Biogeography* **15**: 358-371. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2006.00223.x>
- Korall E, Kenrick P. 2002. Phylogenetic relationships in Selaginellaceae based on rbc L sequences. *American Journal of Botany* **89**: 506-517. DOI: <http://doi.org/10.3732/ajb.89.3.506>
- Krömer T, Kessler M. 2006. Filmy ferns (Hymenophyllaceae) as high canopy epiphytes. *Ecotropica* **12**: 57-63.
- Leal-Jiménez MA. 2014. Conservar los bosques mesófilos de montaña. En: Gual-Díaz M, Rendón-Correa A. (Comp.). *Bosques Mesófilos de Montaña de México: diversidad, ecología y manejo*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 327-345. ISBN: 978-607-7607-35-9
- León-Paniagua L, Luna-Vega I, Martínez-Morales MA, Tejero-Díez JD. 2010. Huasteca Alta Hidalguense. En: Toledo A. Ed. *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*, México, D.F.: CONABIO. pp. 60-63, ISBN: 978-607-7607-35-9
- Lorea F, Riba R. 1990. *Guía para la recolección y preparación de ejemplares para herbario de pteridofitas*. México. D.F.: Consejo Nacional de la Flora de México. ISBN: 9686144056

- Luna-Vega I, Ocegueda-Cruz S, Alcántara-Ayala O. 1994. Florística y notas biogeográficas del Bosque Mesófilo de Montaña del Municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Botánica* **65**: 31-62.
- Luna-Vega I, Alcántara-Ayala O, Morrone JJ, Espinosa OD. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forests of Hidalgo, México. *Diversity and Distributions* **6**: 137-143. DOI: <http://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00079.x>
- Luna-Vega I, Alcántara O. 2004. Florística del bosque mesófilo de montaña de Hidalgo. En: Luna I, Morrone JJ, Espinosa D. Eds. *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. México, D.F. CONABIO-UNAM. pp. 169-192. ISBN 970-32-1526-2.
- Mayorga R, Luna-Vega I, Alcántara-Ayala O. 1998. Florística del bosque mesófilo de montaña de Molocotlán, Molango Xochicoatlán, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **63**: 101-119. DOI: <http://doi.org/10.17129/botsoci.1571>
- Mehltreter K. 2008a. Phenology and habitat specificity of tropical ferns. En: Ranker TA, Haufler CH. Eds. *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*. Cambridge New York: University Press. pp. 201-221. DOI: <http://doi.org/10.1017/CBO9780511541827.009>
- Mehltreter K. 2008b. Helechos. En: Manson HR, Hernández-Ortiz V, Gallina S, Mehltreter K. Eds. *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. Biodiversidad, manejo y conservación*, México: Instituto de Ecología, A.C. e Instituto Nacional de Ecología INE-SEMARNAT. pp. 83-94. ISBN: 970-709-112-6
- Mickel JT, Smith AR. 2004. *The Pteridophytes of Mexico Part I (Descriptions and Maps)*. New York: Memoirs of the New York Botanical Garden. ISBN:978-0-89327-488-7
- Myers N. 1997. The world's forests and their ecosystem services. En: Daily GC. Ed. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington, D.C.: Island Press. pp. 215-235. ISBN: 1-55963-476-6
- Nieder J, Engwald S, Barthlott W. 1999. Patterns of neotropical epiphyte diversity. *Selbyana* **20**: 66-75.
- Ortega-Escalona F, Castillo-Campos G. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* **43**: 32-39.
- Page CN. 1979. The diversity ferns: an ecological perspective. En: Dyer AF. ed. *The experimental biology of ferns*. London: Academic Press. 9-56. DOI: <http://doi.org/10.1080/03746607908685341>
- Pérez-Atilano Y, Sánchez-González A, Tejero-Díez JD. 2015. Species richness, distribution and morphological variation of monilophytes and lycophytes in a semi-arid region of Mexico. *American Fern Journal* **105**: 238-256. DOI: <http://doi.org/10.1640/0002-8444-105.3.238>
- Pérez-Cervantes A. 2009. *Los helechos y licopodios del municipio de Calnali estado de Hidalgo, México*. BSc Thesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Pérez-García B, Riba R, Reyes-Jaramillo I. 1995. Helechos mexicanos, formas de crecimiento, hábitat y variedades edáficas. *Contactos* **11**: 22-27.
- Pérez-Farrera MA, Gómez-Domínguez H. 2010. Definiciones, importancia y origen. En: Pérez-Farrera MA, Tejada-Cruz C, Silva RE. eds. *Los bosques mesófilos de montaña en Chiapas: situación actual, diversidad y conservación*. Tuxtla Gutiérrez, México: Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. 19-29. ISBN: 978-607-7510-58-1
- Pérez-Paredes MG, Sánchez-González A, Tejero-Díez JD. 2012. Listado de licopodios y helechos del municipio de Zacualtípán de Ángeles, Hidalgo, México. *Polibotánica* **33**: 57-73.
- Ponce-Vargas A, Luna-Vega I, Alcántara-Ayala O, Ruiz-Jiménez CA. 2006. Florística del bosque Mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **77**: 177-190.
- PPG 1. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* **54**: 563-603. DOI: <http://doi.org/10.1111/jse.12229>
- Ramírez-Cruz S, Sánchez-González A, Tejero-Díez JD. 2009. La Pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **84**: 35-43.
- Riba R. 1998. Pteridofitas Mexicanas: Distribución y Endemismo. En: Ramamorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J. eds. *Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución*. México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 369-384. ISBN-13: 9789683665881
- Rodríguez-Acosta M, Villaseñor JL, Coombes AJ, Cerón-Carpio AB. 2014. *Flora del Estado de Puebla, México*. México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. ISBN-13: 978-6074877465
- Rodríguez-Ramírez E, Sánchez-González A, Ángeles-Pérez G. 2013. Current distribution and extension of the Mexican beech forests (*Fagus grandifolia* subsp. *mexicana*). *Endangered Species Research* **20**: 205-216. DOI: <http://doi.org/10.3354/esr00498>
- Rodríguez-Romero L, Pacheco L, Zavala-Hurtado JA. 2008. Pteridofitas indicadoras de alteración ambiental en el bosque templado de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, México. *Revista Biológica Tropical* **56**: 641-656. DOI: <http://doi.org/10.15517/rbt.v56i2.5614>
- Rouhan G, Dubuisson JY, Rakotondrainibe F, Motley JT, Mickel JT, Labat JN, Moran RC. 2004. Molecular phylogeny of the fern genus *Elaphoglossum* (Elaphoglossaceae) based on chloroplast non-coding DNA sequences: contributions of species from the Indian Ocean area. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **33**: 745-763. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.ympev.2004.08.006>
- Roskov Y, Abucay L, Orrell T, Nicolson D, Kunze T, Culham A, Bailly N, Kirk P, Bourgoin T, DeWalt RE, Decock W, De Wever A. eds. 2015. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 15th February 2015. <<http://www.catalogueoflife.org/col>>. (accessed June 25, 2018).
- Ruiz-Jiménez CA, Téllez-Valdés O, Luna-Vega I. 2012. Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **83**: 1110-1144. DOI: <http://doi.org/10.7550/rmb.29383>
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. México, D.F.: Limusa.
- Sánchez-González A, Tejero-Díez JD, Pérez-Atilano Y, Hernández-Álvarez AG, Gutiérrez-Lozano M, Pérez-Paredes MG, Álvarez-Zúñiga E. 2016. *Helechos y licopodios del estado*

- de Hidalgo*. Hidalgo. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Gobierno del Estado de Hidalgo-Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ISBN: 978-607-482-487-2
- Sanginés-Franco CI, Luna-Vega I, Alcántara-Ayala O, Contreras-Medina R. 2011. Distributional patterns and biogeographic analysis of ferns in the Sierra Madre Oriental, Mexico. *American Fern Journal* **101**: 81-104.
DOI: <http://doi.org/10.1640/0002-8444-101.2.81>
- Schneider H, Schuettelpelz E, Pryer KM, Cranfill R, Magallón S, Lupia R. 2004. Ferns diversified in the shadow of angiosperms. *Nature* **428**: 553-557.
DOI: <http://doi.org/10.1038/nature02361>
- SEMARNAT. 2010. [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*. 2da Sección, 30 de diciembre de 2010.
- Smith AR, Tejero-Díez JD. 2014. *Pleopeltis* (Polypodiaceae), a redefinition of the genus and nomenclatural novelties. *Botanical Sciences* **92**: 43-58.
DOI: <http://doi.org/10.17129/botsci.29>
- Squeo F, Caviars L, Arancio G, Novoa J, Matthei O, Marticorena C, Rodríguez-Arroyo MTK, Muñoz M. 1998. Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* **71**: 571-591.
- Tejero-Díez JD, Arreguín-Sánchez ML. 2004. Lista con anotaciones de los pteridófitos del estado de México, México. *Acta Botanica Mexicana* **68**: 1-82.
DOI: <http://doi.org/10.21829/abm69.2004.981>
- Tejero-Díez JD, Torres-Díaz AN, Mickel JT, Mehltreter KV, Krömer T. 2011. Helechos y licopodios. En: Cruz-Arango A, Lorea-Hernández FG, Hernández-Ortiz V, Morales-Mavil JE. eds. *La Biodiversidad en Veracruz, Estudio de Estado Volumen 2*. México, D.F.: CONABIO/Gobierno del Estado de Veracruz/Universidad Veracruzana/Instituto de Ecología, A.C. 97-115. ISBN: 978-607-7607-51-9
- Tejero-Díez JD, Torres-Díaz AN, Gual-Díaz M. 2014. Licopodios y helechos en el bosque mesófilo de montaña de México. En: Gual-Díaz M, Rendón-Correa A. eds. *Bosques Mesófilos de Montaña de México, diversidad, ecología y manejo*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 197-220. ISBN 978-607-8328-07-9
- Toledo-Aceves T. 2010. Métodos para el análisis de priorización. En: Toledo A. ed. *El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible*, México, D.F. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 60-63. ISBN: 978-607-7607-35-9
- Tolmatschew AI. 1971. Über einige quantitative wechselbeziehungen der foren der erde (Some quantitative correlations of the floras of the world). *Feddes Repertorium* **82**: 343-356.
- Tropicos. 2018. <<http://www.Tropicos.org>> (Agosto 22, 2018)
- Vázquez TM, Campos JJ, Cruz PA. 2006. Los helechos y plantas afines del bosque mesófilo de montaña de Banderilla, Veracruz, México. *Polibotánica* **22**: 63-77.
- Villaseñor JL. 2010. El Bosque Húmedo de Montaña en México y sus Plantas Vasculares: Catálogo Florístico-Taxonómico. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 978-607-02-1557-5
- Walker LR, Sharpe JM. 2010. Ferns, disturbance and succession. En: Mehltreter K, Walker LR, Sharpe JM. eds. *Fern Ecology*. New York: Cambridge University Press. 177-219. ISBN-13: 978-0521728201
- Watkins J, Cardelús C, Colwell R, Moran R. 2006. Species richness and distribution of ferns along an elevational gradient in Costa Rica. *American Journal of Botany* **93**: 73-83. DOI: <http://doi.org/10.3732/ajb.93.1.73>
- Whittaker RJ, Willis KJ, Field R. 2001. Scale and species richness: toward a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* **28**: 453-470.
DOI: <http://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00563.x>
- Zúñiga-Salvatierra JR. 2009. Helechos y licopodios del municipio de Tenango de Doria, estado de Hidalgo, México. BSc. Thesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

Editor de sección: Monserrat Vázquez Sánchez

Contribución de los autores: AGHÁ y ASG realizaron el trabajo de campo, la determinación de las especies, el análisis de los resultados y la escritura del artículo, DTD verificó la determinación y la nomenclatura taxonómica, participó en el análisis de los datos y en la escritura del artículo.

Apéndice 1. Lista de especies de licofitas y helechos del BMM del estado de Hidalgo, México. ¹Especies identificadas en el presente estudio; ²Nuevos registros para el BMM en Hidalgo; Taxón endémico de México; [∅]Taxón introducido o cuya distribución natural no corresponde a México.

CLASE LYCOPODIOPSIDA

ORDEN LYCOPODIALES

Familia Lycopodiaceae

1. *Palhinhaea cernua* (L.) Carv. Vasc. & Franco¹
2. *Lycopodium clavatum* L.¹
3. *Diphasiastrum thyoides* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Holub¹
4. *Huperzia serrata* (Thunb. ex Murray) Trevis.
5. *Phlegmariurus pringlei* B. Øllg.
6. *Phlegmariurus reflexus* (Lam.) B. Øllg.¹
7. *Phlegmariurus taxifolius* (Sw.) Á. Löve & D. Löve

ORDEN SELAGINELLALES

Familia Selaginellaceae

8. *Selaginella apoda* (L.) Spring
9. *Selaginella arsenei* Weath.
10. *Selaginella delicatissima* Linden
11. *Selaginella extensa* Underw.¹
12. *Selaginella flexuosa* Spring¹
13. *Selaginella harrisii* Underw. & Hieron.
14. *Selaginella hoffmannii* Hieron.¹
15. *Selaginella lepidophylla* (Hook. & Grev.) Spring¹
16. *Selaginella lineolata* Mickel & Beitel
17. *Selaginella martensii* Spring^{1,2}
18. *Selaginella oaxacana* Spring
19. *Selaginella pallescens* (C. Presl) Spring
20. *Selaginella pilifera* A. Braun¹
21. *Selaginella polyptera* Valdespino
22. *Selaginella pulcherrima* Liebm. ex E. Fourn.
23. *Selaginella rupincola* Underw.
24. *Selaginella schiedeana* A. Braun¹
25. *Selaginella silvestris* Aspl.
26. *Selaginella* sp.
27. *Selaginella stellata* Spring
28. *Selaginella stenophylla* A. Braun
29. *Selaginella subrugosa* Mickel & Beitel
30. *Selaginella tenella* (P. Beauv.) Spring
31. *Selaginella wrightii* Hieron.

CLASE POLYPODIOPSIDA

ORDEN EQUISETALES

Familia Equisetaceae

32. *Equisetum hyemale* subsp. *affine* (Engelm.) Calder & Roy L. Taylor
33. *Equisetum myriochaetum* Schtdl. & Cham.¹

ORDEN PSILOTALES

Familia Psilotaceae

34. *Psilotum complanatum* Sw.
35. *Psilotum nudum* (L.) P. Beauv.

ORDEN OPHIOGLOSSALES

Familia Ophioglossaceae

36. *Sceptridium decompositum* (M. Martens & Galeotti) Lyon¹
37. *Sceptridium schaffneri* (Underw.) Lyon

ORDEN MARATTIALES

Familia Marattiaceae

38. *Marattia laxa* Kunze^{1,2}
39. *Marattia weinmanniifolia* Liebm.

ORDEN OSMUNDALES

Familia Osmundaceae

40. *Osmunda regalis* L.

ORDEN HYMENOPHYLLALES

Familia Hymenophyllaceae

41. *Didymoglossum bucinatum* (Mickel & Beitel) comb. ined. (Nom. Prov.)
42. *Didymoglossum reptans* (Sw.) C. Presl
43. *Hymenophyllum ectocarpon* Fée¹
44. *Hymenophyllum polyanthos* (Sw.) Sw.
45. *Hymenophyllum tegularis* (Desv.) Proctor & Lourteig¹
46. *Hymenophyllum tunbrigense* (L) Sm.¹
47. *Polyphlebium capillaceum* (L.) Ebihara & Dubuisson¹
48. *Polyphlebium hymenophylloides* (L.) Ebihara & Dubuisson
49. *Trichomanes crispum* L.
50. *Trichomanes polypodioides* L.
51. *Vandenboschia radicans* (Sw.) Copel

ORDEN GLEICHENIALES

Familia Gleicheniaceae

52. *Dicranopteris flexuosa* (Schrad.) Underw.
53. *Diplopterygium bancroftii* (Hook.) A.R. Sm.¹
54. *Gleichenella pectinata* (Willd.) Ching
55. *Sticherus furcatus* (L.) Ching
56. *Sticherus underwoodianus* (Maxon) Nakai¹

ORDEN SCHIZAEALES

Familia Lygodiaceae

57. *Lygodium venustum* Sw.

Familia Anemiaceae

58. *Anemia adiantifolia* (L.) Sw.¹
59. *Anemia mexicana* Klotzsch var. *mexicana*¹
60. *Anemia pastinacaria* Moritz ex Prantl^{1,2}

Helechos del bosque mesófilo de Hidalgo

61. *Anemia phyllitidis* (L.) Sw.¹
 62. *Anemia speciosa* C. Presl^{1,2}
 63. *Anemia tomentosa* (Sav.) Sw.
 ORDEN CYATHEALES
 Familia Plagiogyriaceae
 64. *Plagiogyria pectinata* (Liemb.) Lellinger
 Familia Cibotiaceae
 65. *Cibotium schiedei* Schldtl. & Cham.²
 Familia Dicksoniaceae
 66. *Dicksonia sellowiana* Hook.
 67. *Lophosoria quadripinnata* (J. F. Gmel.) C. Chr.
 Familia Cyatheaceae
 68. *Alsophila firma* (Baker) D. S. Conant¹
 69. *Alsophila tryoniana* (Gastony) D. S. Conant
 70. *Cyathea fulva* (M. Martens & Galeotti) Fée¹
 ORDEN POLYPODIALES
 Familia Pteridaceae
 71. *Adiantopsis radiata* (L.) Fée¹
 72. *Adiantum andicola* Liebm.¹
 73. *Adiantum braunii* Mett. ex Kuhn
 74. *Adiantum capillus-veneris* L.¹
 75. *Adiantum concinnum* Humb. & Bonpl. ex Willd.¹
 76. *Adiantum poiretii* Wikstr.¹
 77. *Adiantum tenerum* Sw.
 78. *Adiantum trapeziforme* L.¹
 79. *Adiantum wilesianum* Hook.
 80. *Aleuritopteris farinosa* (Forssk.) Fée¹
 81. *Aspidotis meifolia* (D. C. Eaton) Pic. Serm.¹
 82. *Astrolepis integerrima* (Hook.) D. M. Benham & Windham
 83. *Astrolepis sinuata* (Lag. Ex Sw.) D. M. Benham & Windham
 84. *Doryopteris palmata* (Willd.) J. Sm.¹
 85. *Gaga cuneata* (Link) Fay-Wei Li & Windham
 86. *Gaga decomposita* (M. Martens & Galeotti) Fay-Wei Li & Windham
 87. *Gaga hirsuta* (Link) Fay-Wei Li & Windham¹
 88. *Gaga kaulfussii* (Kunze) Fay-Wei Li & Windham
 89. *Gaga marginata* (Kunth) Fay-Wei Li & Windham
 90. *Hemionitis palmata* L.¹
 91. *Hemionitis pinmatifida* Baker
 92. *Llavea cordifolia* Lag.
 93. *Mildella fallax* (M. Martens & Galeotti) Nesom
 94. *Mildella intramarginalis* (Kaulf. ex Link) Trevis.¹
 95. *Myriopteris aurea* (Poir.) Grusz & Windham
 96. *Myriopteris cucullans* (Fée) Grusz & Windham¹
 97. *Myriopteris lendigera* (Cav.) Fée
 98. *Myriopteris microphylla* (Sw.) Grusz & Windham
 99. *Myriopteris notholaenoides* (Desv.) Grusz & Windham¹
 100. *Myriopteris scabra* (C. Chr.) Grusz & Windham
 101. *Myriopteris windhamii* Grusz
 102. *Notholaena copelandii* C. C. Hall.
 103. *Pellaea ovata* (Desv.) Weath.
 104. *Pellaea ternifolia* (Cav.) Link
 105. *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link¹
 106. *Pityrogramma dealbata* (C. Presl) Domin
 107. *Pityrogramma ebenea* (L.) Proctor¹
 108. *Pityrogramma trifoliata* (L.) R. M. Tryon¹
 109. *Pteris altissima* Poir.
 110. *Pteris cretica* L.◇
 111. *Pteris grandifolia* L.¹
 112. *Pteris longifolia* L.
 113. *Pteris muricella* Fée
 114. *Pteris orizabae* M. Martens & Galeotti
 115. *Pteris pulchra* Schldtl. & Cham.
 116. *Pteris quadriaurita* Retz.¹
 117. *Pteris vittata* L.¹
 118. *Scoliosorus ensiformis* (Hook.) T. Moore¹
 119. *Vittaria lineata* (L.) Sm.
 120. *Vittaria graminifolia* Kaulf.¹
 Familia Dennstaedtiaceae
 121. *Dennstaedtia bipinnata* (Cav.) Maxon¹
 122. *Dennstaedtia cicutaria* (Sw.) Hieron.
 123. *Dennstaedtia distenta* (Kunze) T. Moore¹
 124. *Dennstaedtia globulifera* (Poir.) Hieron.¹
 125. *Hypolepis blepharochlaena* Mickel & Beitel¹
 126. *Hypolepis repens* (L.) C. Presl
 127. *Pteridium feei* (W. Schaffn. ex Fée) Faull
 128. *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon¹
 129. *Pteridium caudatum* (L.) Maxon¹
 Familia Cystopteridaceae
 130. *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh.¹
 131. *Cystopteris membranifolia* Mickel
 Familia Aspleniaceae
 132. *Asplenium abscissum* Willd.¹
 133. *Asplenium auriculatum* Sw.¹
 134. *Asplenium barbaense* Hieron.¹
 135. *Asplenium blepharophorum* Bertol.¹
 136. *Asplenium cuspidatum* Lam.¹
 137. *Asplenium ghiesbreghtii* E. Fourn.
 138. *Asplenium hallbergii* Mickel & Beitel
 139. *Asplenium harpeodes* Kunze^{1,2}
 140. *Asplenium minimum* M. Martens & Galeotti¹

141. *Asplenium miradorensis* Liebm.
 142. *Asplenium monanthes* L.
 143. *Asplenium polyphyllum* Bertol.
 144. *Asplenium praemorsum* Sw.
 145. *Asplenium pumilum* Sw.¹
 146. *Asplenium resiliens* Kunze¹
 147. *Asplenium serra* Langsd. & Fisch.
 148. *Asplenium sessilifolium* Desv. var. *sessilifolium*¹
 149. *Asplenium sphaerosporum* A. R. Sm.¹
 150. *Asplenium tuerckheimii* Maxon
 151. *Hymenasplenium riparium* (Liebm.) L. Regalado & Prada
 Familia Woodsiaceae
 152. *Woodsia mollis* (Kaulf.) J. Sm.¹
 Familia Onocleaceae
 153. *Onoclepis hintonii* F. Ballard
 Familia Blechnaceae
 154. *Austroblechnum stoloniferum* (Mett. ex E. Fourn.) Gasper & V.A.O. Dittrich
 155. *Blechnum appendiculatum* Willd.¹
 156. *Blechnum occidentale* L.
 157. *Lomaridium fragile* (Liebm.) Gasper & V.A.O. Dittrich¹
 158. *Parablechnum falciforme* (Liebm.) Gasper & Salino
 159. *Parablechnum schiedeanum* (Schltdl. ex C. Presl) Gasper & Salino
 160. *Woodwardia martinezii* Maxon ex. Weath.¹
 161. *Woodwardia semicordata* Mickel & Beitel¹
 162. *Woodwardia spinulosa* M. Martens & Galeotti¹
 Familia Athyriaceae
 163. *Athyrium arcuatum* Liebm.
 164. *Athyrium bourgeauii* E. Fourn.
 165. *Diplazium expansum* Willd.
 166. *Diplazium franconis* Liebm.
 167. *Diplazium lonchophyllum* Kunze¹
 168. *Diplazium ternatum* Liebm.
 169. *Diplazium striatastrum* Lellinger
 Familia Thelypteridaceae
 170. *Amauropelta atrovirens* (C. Chr.) Salino & T.E. Almeida
 171. *Amauropelta cheilanthoides* (Kunze) Á. Löve & D. Löve¹
 172. *Amauropelta concinna* (Willd.) Pic. Serm.¹
 173. *Amauropelta linkiana* (C. Presl) Pic. Serm.
 174. *Amauropelta mucosa* (A. R. Sm.) Á. Löve & D. Löve
 175. *Amauropelta oligocarpa* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Pic. Serm.¹
 176. *Amauropelta pilosula* (Klotzsch & H. Karst ex. Mett.) Á. Löve & D. Löve
 177. *Amauropelta rudis* (Kunze) Pic. Serm.¹
 178. *Christella dentata* (Forsk.) Brownsey & Jermy
 179. *Christella normalis* (C. Chr.) Holttum
 180. *Christella ovata* (R.P. St. John) Á. Löve & D. Löve¹
 181. *Christella puberula* (Bak.) Á. Löve & D. Löve
 182. *Christella quadrangularis* (Fée) Holttum
 183. *Goniopteris blanda* (Fée) Salino & T. E. Almeida
 184. *Goniopteris schaffneri* (Fée) Salino & T. E. Almeida^{1,2}
 185. *Goniopteris toganetra* (A. R. Sm.) Á. Löve & D. Löve
 186. *Macrothelypteris torresiana* (Gaudich.) Ching¹
 187. *Stegnogramma pilosa* (M. Martens & Galeotti) Iwatsuki
 Familia Dryopteridaceae
 188. *Arachniodes denticulada* (Sw.) Ching¹
 189. *Ctenitis equestris* (Kunze) Ching var. *equestris*¹
Ctenitis equestris var. *erosa* Stolze
 190. *Ctenitis erinacea* A. R. Sm.¹
 191. *Ctenitis hemsleyana* (Baker ex Hemsl.) Copel.
 192. *Ctenitis melanosticta* (Kunze) Copel.
 193. *Ctenitis submarginalis* (Langsd & Fisch.) Ching
 194. *Dryopteris cinnamomea* (Cav.) C. Chr.
 195. *Dryopteris futura* A. R. Sm.
 196. *Dryopteris munchii* A. R. Sm.
 197. *Dryopteris nubigena* Maxon & C. V. Monrton
 198. *Dryopteris wallichiana* (Spreng.) Hyl.
 199. *Elaphoglossum erinaceum* (Fée) T. Moore
 200. *Elaphoglossum glaucum* T. Moore
 201. *Elaphoglossum gratum* (Fée) T. Moore
 202. *Elaphoglossum guatemalense* (Klotzsch) T. Moore
 203. *Elaphoglossum ellipticifolium* A. Rojas
 204. *Elaphoglossum mesoamericanum* A. Rojas
 205. *Elaphoglossum monicae* Mickel
 206. *Elaphoglossum obscurum* (E. Fourn.) C. Chr.
 207. *Elaphoglossum peltatum* (Sw.) Urb.
 208. *Elaphoglossum petiolatum* (Sw.) Urb.
 209. *Elaphoglossum potosianum* Christ¹
 210. *Elaphoglossum sartorii* (Liebm.) Mickel¹
 211. *Elaphoglossum seminudum* Mickel
 212. *Elaphoglossum squamipes* (Hook.) T. Moore
 213. *Elaphoglossum tejeroanum* A. Rojas
 214. *Elaphoglossum vestitum* (Schltdl. & Cham.) Schott ex T. Moore
 215. *Megalastrum mexicanum* (C. Chr.) R.C. Moran. & J. Prado
 216. *Megalastrum sparsipilosum* (Willd.) R. C. Moran & J. Prado^{1,2}
 217. *Phanerophlebia gastonyi* Yatsk.
 218. *Phanerophlebia juglandifolia* (Humb & Bonpl. ex Willd) J. Sm.
 219. *Phanerophlebia macrosora* (Baker) Underw.

Helechos del bosque mesófilo de Hidalgo

220. *Phanerophlebia nobilis* (Schltdl. & Cham.) C. Presl¹
 221. *Phanerophlebia remotispora* E. Fourn.
 222. *Polystichum distans* E. Fourn.¹
 223. *Polystichum hartwegii* (Klotzsch) Hieron.
 224. *Polystichum ordinatum* (Kunze) Liebm.
 225. *Polystichum platyphyllum* (Willd.) C. Presl
 Familia Nephrolepidaceae
 226. *Nephrolepis cordifolia* (L.) C. Presl ◊
 Familia Lomariopsidaceae
 227. *Lomariopsis mexicana* Holttum¹
 Familia Tectariaceae
 228. *Tectaria heracleifolia* (Willd.) Underw.¹
 Familia Polypodiaceae
 229. *Alansmia senilis* (Fée) Moguel & M. Kessler
 230. *Ascogrammitis anfractuosa* (Kunze ex Klotzsch) Sundue
 231. *Campyloneurum amphostenon* (Kunze ex Klotzsch) Fée
 232. *Campyloneurum angustifolium* (Sw.) Fée¹
 233. *Campyloneurum phyllitidis* (L.) C. Presl¹
 234. *Campyloneurum serpentinum* (Christ) Ching
 235. *Campyloneurum xalapense* Fée¹
 236. *Cochlidium linearifolium* (Desv.) Maxon ex C. Chr.¹
 237. *Cochlidium serrulatum* (Sw.) L. E. Bishop
 238. *Galactodenia delicatula* (M. Martens & Galeotti) Sundue & Labiak
 239. *Melpomene leptostoma* (Fée) A. R. Sm. & R. C. Moran¹
 240. *Melpomene moniliformis* (Lag. ex Sw.) A. R. Sm. & R. C. Moran
 241. *Melpomene pilosissima* (M. Martens & Galeotti) A. R. Sm. & R. C. Moran¹
 242. *Moranopteris taenifolia* (Jenm.) R. Y. Hirai & J. Prado
 243. *Microgramma nitida* (J. Sm.) A. R. Sm.
 244. *Niphidium crassifolium* L.
 245. *Pecluma alfredii* var. *cupreolepis* (A. M. Evans) A. R. Sm.¹
 246. *Pecluma atra* A. M. Evans
 247. *Pecluma bourgeauana* (E. Fourn.) L. A. Triana
 248. *Pecluma dispersa* A. M. Evans
 249. *Pecluma ferruginea* (M. Martens & Galeotti) M. G. Price
 250. *Pecluma hartwegiana* (Hook.) F. C. Assis & Salino
 251. *Pecluma liebmannii* (C. Chr.) A. R. Sm. & Carv.-Hern.
 252. *Pecluma longepinnulata* (E. Fourn.) F. C. Assis & Salino¹
 253. *Pecluma plumula* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. G. Price
 254. *Pecluma sursumcurrens* (Copel.) M. G. Price¹
 255. *Phlebodium pseudoaureum* (Cav.) Lellinger
 256. *Pleopeltis acicularis* (Weath.) A. R. Sm. & T. Krömer¹
 257. *Pleopeltis angusta* Humb. & Bonpl. ex Willd. var. *angusta*^{1,2}
 258. *Pleopeltis crassinervata* (Fée) T. Moore¹
 259. *Pleopeltis cryptocarpa* (Fée) A. R. Sm. & Tejero¹
 260. *Pleopeltis fallax* (Schltdl. & Cham.) Mickel & Beitel
 261. *Pleopeltis furfuracea* (Schltdl. & Cham.) A. R. Sm. & Tejero¹
 262. *Pleopeltis guttata* (Maxon) E. G. Andrews & Windham
 263. *Pleopeltis lepidotricha* (Fée) A. R. Sm. & Tejero
 264. *Pleopeltis madrensis* (J. Sm.) A. R. Sm. & Tejero¹
 265. *Pleopeltis mexicana* Fée
 266. *Pleopeltis plebeia* (Schltdl. & Cham.) A. R. Sm. & Tejero¹
 267. a) *Pleopeltis polylepis* (Roemer ex Kunze) T. Moore var. *polypepis*
 b) *Pleopeltis polylepis* var. *interjecta* (Weath.) E. A. Hooper¹
 268. *Pleopeltis polypodioides* (L.) E. G. Andrews & Windham
 269. *Pleopeltis villagrani* (Copel.) A. R. Sm. & Tejero
 270. *Polypodium arcanum* Maxon
 271. *Polypodium echinolepis* Fée
 272. *Polypodium fraternum* Schltdl. & Cham.¹
 273. *Polypodium martensii* Mett.
 274. *Polypodium plesiosorum* Kunze¹
 275. *Polypodium puberulum* Schltdl. & Cham.
 276. *Polypodium rhodopleuron* Kunze¹
 277. *Polypodium subpetiolatum* Hook.
 278. *Serpocaulon triseriale* (Sw.) A. R. Sm.^{1,2}
 279. *Stenogrammitis prionodes* (Mickel & Beitel) Labiak¹