




Contribución al conocimiento de las licofitas y los helechos de Españaíta, Tlaxcala, México

Contribution to the knowledge of lycophytes and ferns of Españaíta, Tlaxcala, Mexico

Saúl Castañeda-Díaz^{1*} ,
Ro Linx Granados-Victorino¹ ,
Arturo Sánchez-González² 

¹Área de Biología, Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5, carr. México-Tezcoco, CP. 56230. Chapingo, Estado de México, México.

²Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Ciudad del Conocimiento, carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, CP. 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. Tel: 771 7172000, ext. 6676.

*Autor de correspondencia: scastanedad@chapingo.mx

Artículo científico

Recibido: 08 de septiembre 2021

Aceptado: 23 de marzo 2023

Como citar: Castañeda-Díaz S, Granados-Victorino RL, Sánchez-González A (2023) Contribución al conocimiento de las licofitas y los helechos de Españaíta, Tlaxcala, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 10(1): e3123. DOI: 10.19136/era.a10n1.3123

RESUMEN. La falta de un listado completo de las licofitas y los helechos del estado de Tlaxcala motivó el presente trabajo, el objetivo fue documentar la riqueza de la pteridoflora de dicha entidad. De 2013 a 2018 se recolectaron 34 números de licofitas y helechos en el municipio de Españaíta; las plantas se herborizaron, identificaron y depositaron en el Herbario Jorge Espinoza Salas (JES). Los ejemplares corresponden a 8 familias, 15 géneros y 23 taxones; de estas, 2 son del género *Selaginella* P. Beauv. A partir de la información de las fuentes consultadas, se elaboró una lista de 58 taxones de la entidad, lo que implica que en Españaíta se encuentra el 39.6% de los taxones conocidos en Tlaxcala. De estos, 2 son nuevos registros: *Marsilea mollis* B. L. Rob. & Fernald y *Polypodium guttatum* Maxon. 20 taxones son de hábito terrestre; 2, son epífitas, y 1, acuático. La vegetación con mayor riqueza son los bosques, dominados en el dosel por *Quercus* spp. y *Juniperus deppeana* Steud. Pese a que la mayor proporción de la vegetación de Españaíta es secundaria, es posible encontrar en ella una riqueza considerable de especies susceptibles de ser conservadas.

Palabras clave: Helechos, *Marsilea mollis*, nuevos registros, *Polypodium guttatum*, pteridoflora, riqueza florística .

ABSTRACT. The non-existence of a complete list of lycophytes and ferns for the state of Tlaxcala motivated this work, whose objective is to document the richness of pteridoflora existing in Tlaxcala state. From 2013 to 2018, the collection of 34 numbers of lycophytes and ferns was carried out in the municipality of Españaíta, the plants were herbalized, identified and deposited in the Jorge Espinoza Salas (JES) Herbarium, the specimens corresponds to eight families, 15 genera and 23 taxa. Of these, two taxa are of the genus *Selaginella* P. Beauv. From the sources consulted, a list of 58 taxa was prepared for the state, which implies that 39.6% of the taxa known in the entity are found in the municipality of Españaíta. Of these, two are new records for the state: *Marsilea mollis* B.L. Rob. & Fernald and *Polypodium guttatum* Maxon. 20 taxa are terrestrial; two, epiphytes, and one, aquatic. The types of vegetation with more taxa are the forests of *Quercus* spp. and *Juniperus deppeana* Steud. Although the vegetation of the municipality of Españaíta is secondary vegetation, it is possible to find in it a considerable richness of species capable of being conserved.

Key words: Ferns, *Marsilea mollis*, new records, *Polypodium guttatum*, pteridophyte flora, floristic richness.

INTRODUCCIÓN

En México existen más de 1 000 especies de licofitas y helechos (Mickel y Smith 2004, Villaseñor 2016), por lo que es uno de los países con mayor riqueza en pteridoflora. Entidades como Chiapas, Oaxaca y Veracruz tienen más de 500 especies cada una, lo cual se debe, principalmente, a las condiciones ambientales propicias para el desarrollo de estas plantas (Martínez y Ramos 2014). Desde el punto de vista florístico, Tlaxcala no se conoce bien, pese a su ubicación en el centro del país, ya que ha atraído poco la atención de los botánicos, por ser un área principalmente agrícola con poca vegetación primaria (Vibrans 1997). Aunado a lo anterior, el escaso conocimiento de la pteridoflora de Tlaxcala puede deberse a que los estudios taxonómicos y florísticos se han enfocado en plantas vasculares con semilla (Martínez y Ramos 2014), ya que la recolección de helechos es ocasional y se evita, por la dificultad para identificarlos.

Las referencias sobre la flora vascular en general, incluyendo algunas especies de licofitas y helechos del estado de Tlaxcala son las de Fernández *et al.* (1998), Arreguín *et al.* (2004), Gómez y Arreguín (2004), y Castillejos *et al.* (2007). Pero los trabajos que aportan más información sobre las pteridofitas del estado son los de Mickel y Smith (2004) y Villaseñor (2016), en los que se incluyen 42 y 46 taxones, respectivamente. Por la ubicación en el centro del país, desde hace mucho tiempo existe una fuerte presión antrópica de sus recursos forestales (Haulon *et al.*, 2007), lo cual ha generado que una proporción importante de su superficie esté cubierta por vegetación secundaria y algunos remanentes de vegetación nativa que, según Acosta *et al.* (1992), se localiza en lugares poco accesibles, lo que proporciona una buena oportunidad para su conservación. Lo anterior, ha propiciado un desconocimiento de la flora de la entidad, principalmente de la pteridoflora, a pesar de la importancia que tienen los inventarios biológicos ante el acelerado cambio de los ecosistemas, con los consiguientes efectos negativos en los servicios ecosistémicos. Debido a lo anterior, el objetivo del presente estudio es documentar la

riqueza de especies de las licofitas y los helechos en el municipio de Españita, Tlaxcala, para contribuir al incremento del conocimiento florístico de la entidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de Españita se localiza en la Faja Volcánica Transmexicana, en la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac, entre las coordenadas 19° 23' y 19° 30' de latitud norte y 98° 21' y 98° 31' de longitud oeste. Se encuentra en la parte suroeste de la entidad y su superficie representa el 3.5% del total de estado de Tlaxcala, México; colinda con los municipios de Sanctórum de Lázaro Cárdenas, al norte; Hueyotlipan, al este, e Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, al sur, y con el estado de Puebla, al suroeste (Figura 1). El relieve está dominado por mesetas con cañadas, la altitud promedio es de 2 550 msnm, y las rocas son, principalmente, tobas intermedias de origen ígneo. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, con alta humedad -C(w2)-; la temperatura media anual de 22.5 °C, y la precipitación total anual de 1 215 mm. Se encuentra en las regiones hidrológicas Balsas (90.0%) y Pánuco (10.0%), que desembocan en los ríos Atoyac y Moctezuma, respectivamente. El 55.0% de la superficie municipal se dedica a la agricultura; el 33.0% es vegetación forestal, y el resto, pastizal, u otros usos.

El periodo de recolección del material vegetal comprendió de julio de 2013 a noviembre de 2018. Se efectuaron 22 muestreos por estación, que tuvieron alrededor de 10 horas por cada salida al campo. En los recorridos, se realizaron exploraciones, en forma de barrido dirigido, en zonas idóneas para el desarrollo de helechos y licopodios, tratando de cubrir la mayor superficie posible del municipio. Los tipos de vegetación en donde se recolectaron los ejemplares corresponden a tepetates y pastizal con *Juniperus deppeana* Steud., en el paraje La Presa del Pueblo; bosque de *J. deppeana* y de *Quercus*, en el paraje el Ocotál; bosque de *Quercus*, en el paraje El Brincadero; pastizal con *J. deppeana*, en el paraje Barranca San Juan, y vegetación acuática, en la presa El Alcocer. Se recolectaron al menos tres e-

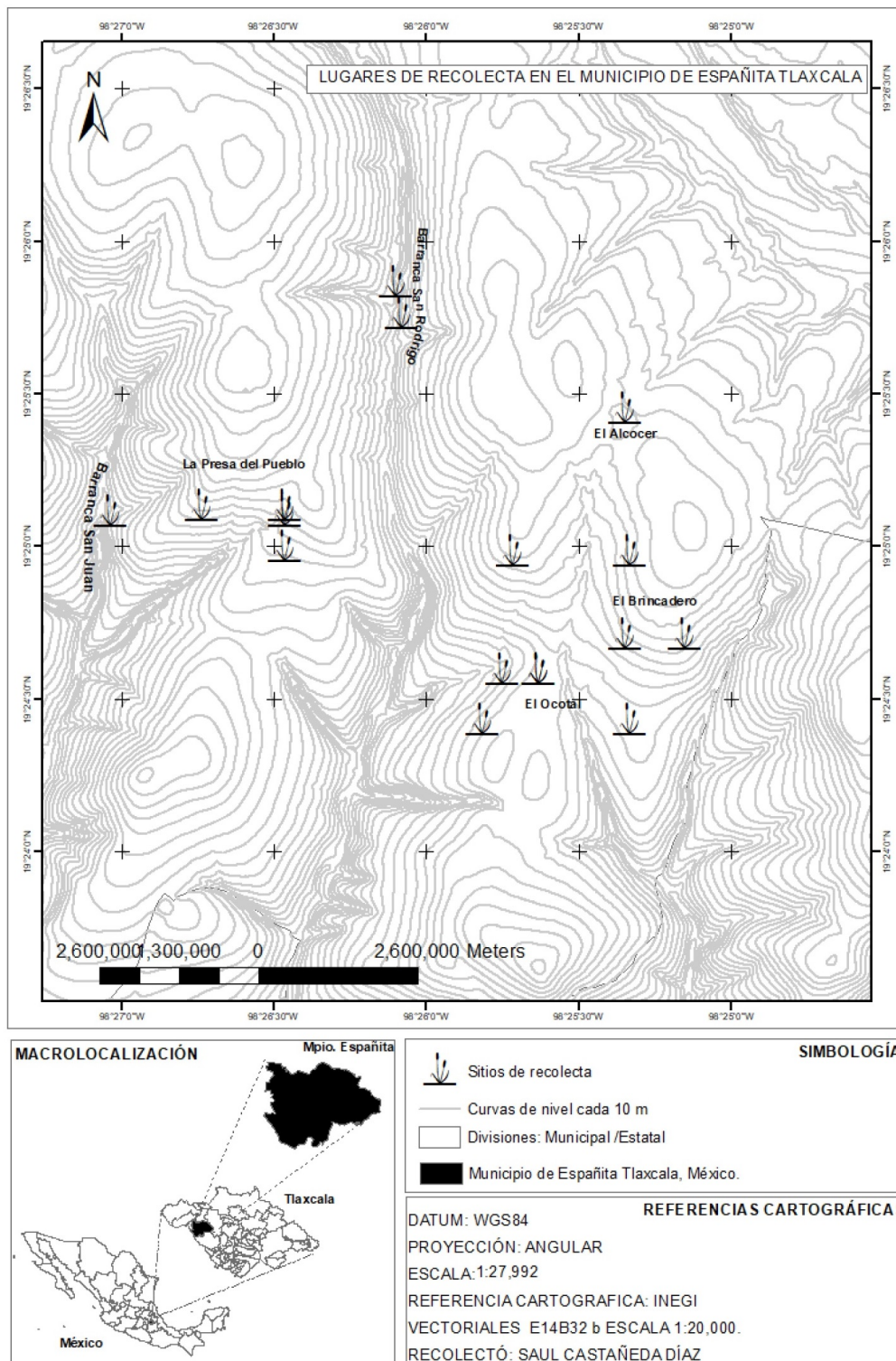


Figura 1. Localidades de recolección de helechos y licopodios en el municipio de Españaña, Tlaxcala.

jemplares de cada especie para su determinación y la donación a herbarios, siguiendo las recomendaciones de Sánchez y González (2007).

Los especímenes fueron identificados hasta la categoría taxonómica de especie, y un ejemplar de cada uno de ellos fue depositado en el Herbario Nacional de México (MEXU) y en el Herbario Jorge Espinoza Salas (JES) de la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo. La determinación se realizó con base en las claves de Mickel y Smith (2004). Adicionalmente, se realizó la búsqueda de información bibliográfica para conformar una lista de las especies de pteridofitas presentes en Tlaxcala. Las fuentes de información más relevantes fueron Vibrans (1997), Mickel y Smith (2004), Castillejos *et al.* (2007) y Villaseñor (2016). En el listado florístico final, la nomenclatura fue actualizada de acuerdo con PPG I (2016) y con las bases de datos del IPNI (2021) y Tropicos (2021).

Para determinar la completitud del inventario en los ámbitos municipal y estatal, se utilizaron los estimadores no paramétricos Jackknife y Bootstrap, los cuales fueron calculados mediante el programa PAST 3.26 (Hammer *et al.* 2001).

RESULTADOS

Se recolectaron 34 ejemplares de licofitas y helechos en España, Tlaxcala, que corresponden a 7 familias, 14 géneros y 21 especies de helechos y 2 especies de *Selaginella*. La familia Pteridaceae fue la mejor representada, con 7 géneros y 12 especies (Tabla 1). Los géneros más representativos fueron *Myriopteris* Fée, *Pellaea* Link y *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. Ex Willd., con 3 especies cada uno. Dos de las cuales constituyen nuevos registros para el estado: *Marsilea mollis* B. L. Rob. & Fernald (registro 34637) y *Pleopeltis guttata* (Maxon) E. G. Andrews & Windham (registro 33146).

En el ámbito estatal, la riqueza de helechos y licopodios es de 58 taxones, cuyas familias con mayores especies son Pteridaceae, con 23 especies; Polypodiaceae, con 9; Dryopteridaceae, con 6, y Se-

laginellaceae, con 5. Los géneros más representativos son *Pleopeltis*, con 7 especies; *Myriopteris* y *Selaginella*, con 5 cada uno, y *Adiantum*, *Asplenium*, *Astrolepis* y *Pellaeae*, con 4 cada uno.

Los estimadores no paramétricos Jackknife y Bootstrap predicen que, aumentando el esfuerzo de muestreo, se podrían registrar entre 29.8 y 39.0 taxones, respectivamente; es decir que los 23 taxones registrados representan entre el 60.0 y 77.0% del inventario de helechos y licopodios de la zona.

En los distintos tipos de vegetación de España, los bosques de *Quercus* y de *Juniperus deppeana* albergaron el mayor número de especies (10 y 9, respectivamente). En las tepetateras, se recolectaron 4 especies de helechos: *Argyrochosma incana* (C. Presl) Windham, *Astrolepis integerrima* (Hook.) D. M. Benham & Windham, *Myriopteris aurea* (Poir.) Grusz & Windham y *Myriopteris lendigera* (Cav.) J. Sm; y en el bosque de *Quercus* y pastizal fueron *Myriopteris aurea* (Poir.) Grusz & Windham y *Pleopeltis plebeia* (Schtdl. & Cham.) A. R. Sm. & Tejero.

En cuanto al hábito, la mayoría de las especies son terrestres (18), pero 12 se encontraron también sobre rocas (epipétricas), 5 crecen exclusivamente en suelo y 1 especie sobre suelo y árboles -*Elaphoglossum petiolatum* (Sw.) Urb.-. De las especies restantes, *Pellaea ovata* (Desv.) Weath. y *Pellaea sagittata* (Cav.) Link se encontraron sobre roca; *Marsilea mollis* B.L. Rob. & Fernald, en agua; *Pleopeltis polylepis* (Roem. ex Kunze) T. Moore, sobre troncos de árboles de *Quercus* spp., y *Pleopeltis mexicana* (Fée) Mickel & Beitel, sobre roca y *Juniperus deppeana* (Figura 2).

En el ámbito estatal, el sustrato de crecimiento de la mayoría de las especies fue el terrestre (46), pero 24 de estas se encontraron también sobre roca (epipétricas), 19 exclusivamente en suelo y solamente 3 fueron también epifitas. De las especies restantes, 4 fueron exclusivamente epipétricas, 1 se encontró sobre roca y sobre árboles, 4 crecían exclusivamente sobre árboles y 3 fueron acuáticas (Tabla 2).

Tabla 1. Lista de especies con su número de registro en la colección del Herbario JES, hábito y presencia por tipo de vegetación en el municipio de España, Tlaxcala.

Familia	Especie	Hábito	Vegetación Hidrófila	Bosque de <i>Juniperus</i>	Pastizal	Bosque de <i>Quercus</i>	Tepetate
Licofitas							
Selaginellaceae	<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring	Terrestre	-	33140	-	-	-
Selaginellaceae	<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl.) Spring	Terrestre	-	33134, 33936	-	33133	-
Helechos							
Aspleniaceae	<i>Asplenium monanthes</i> L.	Terrestre	-	-	-	33145	-
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	Terrestre	-	33144	-	-	-
Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urb.	Terrestre	-	-	-	35001	-
Marsileaceae	<i>Marsilea mollis</i> B.L. Rob. & Fernald	Acuática	34637	-	-	-	-
Ophioglossaceae	<i>Botrychium virginianum</i> (L.) Sw.	Terrestre	-	-	-	35296	-
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis guttata</i> (Maxon) E.G. Andrews & Windham	Terrestre	-	-	34590	33146	-
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis mexicana</i> (Fée) Mickel & Beitel	Epífita	-	33 129	-	-	-
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roemer ex Kunze) T. Moore	Epífita	-	-	-	33139	-
Pteridaceae	<i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.	Terrestre	-	-	-	33411, 33141	-
Pteridaceae	<i>Argyroschisma incana</i> (C.Presl) Windham	Terrestre	-	-	-	-	33128
Pteridaceae	<i>Astrolepis integerrima</i> (Hook.) D. M. Benham & Windham	Terrestre	-	-	-	-	33142
Pteridaceae	<i>Gaga kaulfussii</i> (Kunze) F.W. Li & Windham	Terrestre	-	33 136, 35300	-	-	-
Pteridaceae	<i>Gaga marginata</i> (Kunth) Fay W.Li & Windham	Terrestre	-	-	-	33147	-
Pteridaceae	<i>Mildella fallax</i> (M. Martens & Galeotti) G.L. Nesom	Terrestre	-	-	-	34319	-
Pteridaceae	<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	Terrestre	-	-	33130	-	33103, 33135
Pteridaceae	<i>Myriopteris lendigera</i> (Cav.) J. Sm.	Terrestre	-	-	-	-	33149
Pteridaceae	<i>Myriopteris myriophylla</i> (Desv.) J. Sm.	Terrestre	-	33142, 33143	-	-	-
Pteridaceae	<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.	Terrestre	-	35297	-	-	-
Pteridaceae	<i>Pellaea sagittata</i> (Cav.) Link	Terrestre	-	33138, 35298	-	-	-
Pteridaceae	<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link	Terrestre	-	-	-	33131, 33137, 35299	-
Woodsiaceae	<i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.	Terrestre	-	33148	-	-	-
Total			1	9	2	10	4

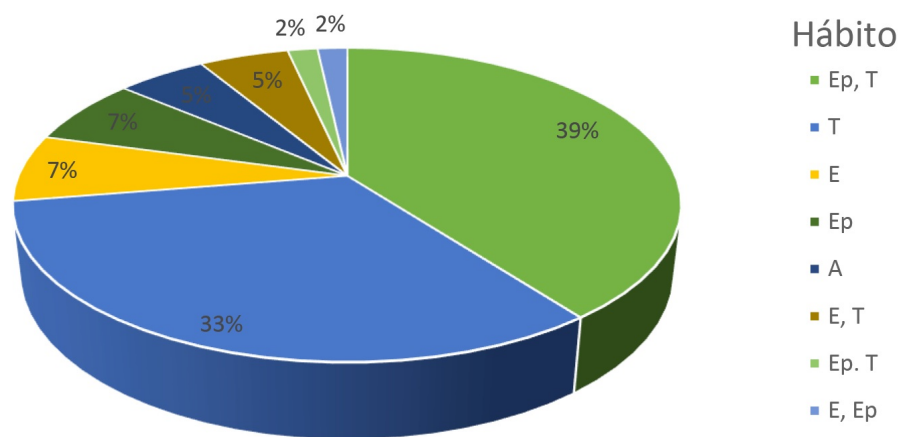


Figura 2. Distribución de frecuencias porcentuales del hábito de los Helechos y lycopodios del estado de Tlaxcala. A: Acuático, E: Epífita, Ep; Epipétrico, T: Terrestre.

Tabla 2. Lista de especies de helechos y licofitas registradas en el estado de Tlaxcala, México.

Taxón	Mickel y Smith (2004)	Castillejos, Solano y Ángeles (2007)	Vibrans (1997)	Villaseñor (2016)	Presente estudio	Hábito
Licofitas						
Selaginellaceae						
1. <i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring	-	-	-	1	1	Ep, T
2. <i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	-	1	-	1	1	Ep, T
3. <i>Selaginella peruviana</i> (Milde) Hieron.	1	-	-	-	-	Ep, T
4. <i>Selaginella sellowii</i> Hieron. (=Selaginella rupestris (L.) Spring)	-	1	1	-	-	Ep, T
5. <i>Selaginella wrightii</i> Hieron	-	-	-	1	-	Ep
Helechos						
Aspleniaceae						
6. <i>Asplenium castaneum</i> Schldtl. & Cham.	1	-	-	1	-	Ep, T
7. <i>Asplenium hallbergii</i> Mickel & Beitel	1	-	-	1	-	T
8. <i>Asplenium monanthes</i> L.	1	1	1	1	1	T
9. <i>Asplenium resiliens</i> Kunze	1	-	-	1	-	Ep, T
Blechnaceae						
10. <i>Blechnum appendiculatum</i> Willd.	1	-	-	1	-	T
Cystopteridaceae						
11. <i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	-	1	1	1	-	T
Dryopteridaceae						
12. <i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	1	-	-	1	1	Ep, T
13. <i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.	1	-	-	1	-	T
14. <i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urb.	1	-	-	-	1	E, T
15. <i>Phanerophlebia nobilis</i> (Schldtl. & Cham.) C. Presl	1	1	1	1	-	T
16. <i>Polystichum distans</i> E. Fourn.	1	-	-	-	-	T
17. <i>Polystichum speciosissimum</i> (A. Braun ex Kunze) Copel.	1	-	-	1	-	T
Equisetaceae						
18. <i>Equisetum hyemale</i> L.	-	1	-	-	-	T
Marsileaceae						
19. <i>Marsilea mollis</i> B.L. Rob. & Fernald	-	-	-	-	1	A
Ophioglossaceae						
20. <i>Botrychium virginianum</i> (L.) Sw.	1	-	-	1	1	T
21. <i>Ophioglossum nudicaule</i> L. f.	1	-	-	1	-	T
Polypodiaceae						
22. <i>Melpomene moniliformis</i> (Lag. ex Sw.) A.R. Sm. & R.C. Moran	1	-	-	-	-	T
23. <i>Pecluma atra</i> (A.M. Evans) M.G. Price	1	-	-	-	-	E, T
24. <i>Pleopeltis astrolepis</i> (Liebm.) E. Fourn.	-	1	-	1	-	E
25. <i>Pleopeltis fallax</i> (Schldtl. & Cham.) Mickel & Beitel	-	1	-	-	-	E
26. <i>Pleopeltis guttata</i> (Maxon) E.G. Andrews & Windham	-	-	-	-	1	Ep, T
27. <i>Pleopeltis madrensis</i> (J. Sm.) A.R. Sm. & Tejero	1	-	-	-	-	E
28. <i>Pleopeltis mexicana</i> (Fée) Mickel & Beitel	-	-	-	1	1	E, Ep
29. <i>Pleopeltis plebeia</i> (Schldtl. & Cham.) A.R. Sm. & Tejero	-	1	1	1	-	E, T
30. <i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kunze) T. Moore	1	1	1	1	1	E
Pteridaceae						
31. <i>Adiantum andicola</i> Liebm.	1	-	-	1	-	T
32. <i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	1	1	-	1	-	Ep, T
33. <i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.	1	1	1	1	1	T
34. <i>Adiantum raddianum</i> C. Presl	1	1	-	-	-	T
35. <i>Argyrochosma incana</i> (C. Presl) Windham	1	-	-	1	1	T
36. <i>Astrolepis crassifolia</i> (Houlston & T. Moore) D.M. Benham & Windham	1	-	-	1	-	Ep, T
37. <i>Astrolepis integerrima</i> (Hook.) D.M. Benham & Windham	-	1	1	1	1	Ep, T
38. <i>Astrolepis laevis</i> (M. Martens & Galeotti) Mickel	1	-	-	1	-	Ep, T
39. <i>Astrolepis sinuata</i> (Lag. ex Sw.) D.M. Benham & Windham	-	-	-	1	-	Ep, T
40. <i>Gaga marginata</i> (Kunth) F.W. Li & Windham	1	1	1	1	1	Ep, T
41. <i>Gaga kaufussii</i> (Kunze) F.W. Li & Windham	1	-	-	1	1	Ep, T
42a. <i>Mildella fallax</i> (M. Martens & Galeotti) G.L. Nesom	1	1	-	1	1	Ep, T
42b. <i>Mildella intramarginalis</i> (Kaulf. ex Link) Trevis. var. intramarginalis	-	1	1	1	-	Ep, T
43. <i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	1	1	1	1	1	Ep, T

Tabla 2. Continuación.

44. <i>Myriopteris lendigera</i> (Cav.) J. Sm.	1	1	-	1	1	Ep, T
45. <i>Myriopteris marsupianthes</i> Fée	1	1	-	1	-	Ep, T
46. <i>Myriopteris microphylla</i> (Sw.) Grusz & Windham	-	-	1	1	-	Ep, T
47. <i>Myriopteris myriophylla</i> (Desv.) J. Sm.	1	1	1	1	1	Ep, T
48. <i>Notholaena galeottii</i> Fée	1	1	-	1	-	Ep, T
49. <i>Pellaea cordifolia</i> (Sessé & Moc.) A.R. Sm.	1	1	1	1	-	Ep
50. <i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.	1	-	-	-	1	Ep
51. <i>Pellaea sagittata</i> (Cav.) Link	1	1	-	1	1	Ep
52. <i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link. subsp. ternifolia	1	1	1	1	1	Ep, T
Salviniaceae						
53. <i>Azolla microphylla</i> Kaulf.	1	-	-	1	-	A
54. <i>Azolla filiculoides</i> Lam.	-	-	-	1	-	A
Thelypteridaceae						
55. <i>Thelypteris pilosa</i> (M. Martens & Galeotti) Crawford	1	1	-	1	-	T
56. <i>Amauropelta pilosula</i> (Klotzsch & H. Karst. ex Mett.) Á. Löve & D. Löve	1	1	-	1	-	T
Woodsiaceae						
57. <i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.	1	1	-	1	1	T

Hábito, A: Acuático, E: Epífita, Ep; Epipétrico, T: Terrestre.

DISCUSIÓN

La riqueza de especies de licofitas y helechos se puede comparar con la obtenida por Vibrans (1997), quien menciona 15 taxones para una localidad en Huamantla; mientras que Sánchez et al. (2006), reportan 7 especies de pteridofitas en los bosques de oyamel del cerro Tláloc, en Estado de México. Por su parte, Jano y Andrés (2011) mencionan 25 taxones en la comunidad La Gloria, Aculco, Puebla. Mientras que Hernández et al. (2016), reportan 9 taxones en el cerro Metecatí, en el Estado de México. Otros trabajos florísticos locales son el de Ramírez et al. (2016), quienes identificaron 7 especies en Mesa Alta, Zacatecas. También en Zacatecas, en la Sierra de Órganos, Enríquez et al. (2003) encontraron 10 especies de pteridofitas. En tanto que Silva y Soto-González (2016) documentaron 20 especies en una localidad de Tuxpan, Michoacán. Sobre lo mismo, Hernández et al. (2015) encontraron 46 especies de licofitas y helechos en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato. Aunque se trata de flora local y de lugares con una extensión reducida, como es el caso del cerro Metecatí, en Estado de México, con 67 ha (Hernández et al. 2016), o el de la comunidad La Gloria, Puebla (Jano y Andrés 2011), lo hace comparable la cantidad de taxones del municipio estudiado. Pero no es comparable con la riqueza de pteridofitas presentes en Banderilla, Veracruz, donde se reportan 130 taxones en 22 km² (Vázquez et

al. 2006) de relictos de bosque mesófilo de montaña (BMM), ecosistemas en los que las pteridofitas constituyen una parte importante de la biomasa (Rzedowski 1996). Lo que coincide con Carvajal et al. (2018), quienes reportan el 37.0% de la diversidad de pteridoflora de Tabasco en un relicto de BMM de 0.9 km². Aunque hay un número considerable de estudios florísticos con pteridofitas en el ámbito local, los valores de riqueza de especies obtenidos son mayores, comparados con los del presente estudio. Es probable que las condiciones climáticas desempeñen un papel clave en la riqueza y la distribución de las especies, pues un patrón general observado en distintas localidades de México con BMM, tipo de vegetación que se caracteriza por la presencia de temperatura moderada y mucha humedad, es la presencia de más de 100 especies de pteridofitas (Vázquez et al. 2006, Pérez et al. 2012, Hernández et al. 2019).

En el estado de Tlaxcala, se registraron 1 297 especies de plantas vasculares, en 503 géneros y 119 familias (Villaseñor 2016). Lo cual implica que las pteridofitas encontradas representan el 1.7% de las especies, 2.9% de los géneros y 6.7% de las familias de plantas vasculares y el 61.0% de las familias de licofitas y helechos presentes en la entidad, así como el 57.6% de los géneros y el 39.6% de los taxones. Al respecto, Tejero et al. (2014) consideran que en este estado se encuentra el 0.3% de las 630 especies de pteridofitas presentes en el BMM del

país, lo que representa alrededor de 2 especies. Sin embargo, no incluyen datos de las especies o localidades que permitan confirmar que este tipo de vegetación se distribuye en la entidad, ya que Acosta *et al.* (1992), Castillejos *et al.* (2007) e Islas *et al.* (2008) no reconocen al BMM como parte de los tipos de vegetación presentes en el estado. Por lo que es posible que *Botrichium virginianum* (L.) Sw. sea una de esas especies, aunque en la lista de estas hay varias más que también son comunes en el BMM (Hernández *et al.* 2019). La poca riqueza de especies puede estar relacionada con el tamaño del área de estudio, el esfuerzo del muestreo, su ubicación y la inexistencia de gradientes ambientales pronunciados que propicien el recambio importante de especies, como lo explican Carvajal *et al.* (2018). A pesar de esto, es posible que puedan encontrarse especies de climas méxicos en cañadas o barrancas, donde las condiciones microclimáticas permiten el desarrollo de los gametofitos, que han sido poco explorados botánicamente, debido a su poca accesibilidad y a que pueden servir como lugares para la conservación.

Si se consideran los 13 taxones registrados por Vibrans (1997), los 41 incluidos en la obra de Mickel y Smith (2004), los 28 documentados por Castillejos *et al.* (2007), los 46 reportados por Villaseñor (2016) y los 2 nuevos registros encontrados en el presente trabajo, la riqueza de licofitas y helechos en el estado es de 12 familias, 25 géneros y 53 taxones de helechos, y 1 familia, 1 género y 5 especies de licofitas. A partir de estos datos, se estimó que en Españaíta se encuentra el 39.6% de la pteridoflora registrada para la entidad. Lo que es interesante si se considera que el municipio estudiado es solo el 3.5% de la superficie del estado, por lo que, si se aumenta el esfuerzo del muestreo, podrían encontrarse nuevos registros para la entidad y el municipio.

Los 58 taxones de pteridofitas presentes en Tlaxcala son pocos si se comparan con la pteridoflora de otras regiones. Apenas es comparable con la pteridoflora presente en la región huasteca de Hidalgo, donde se reportan 73 taxones de licofitas y helechos para el bosque tropical subcaducifolio (Martínez *et al.* 2019). La pteridoflora tlaxcalteca es inferior que los 173 taxones de pteridofitas re-

portados en Morelos (Riba *et al.* 1996); o que las 155 especies reportadas para la parte central del estado de Veracruz (Carvajal y Krömer 2015), o las 169 especies para el estado de Tabasco (Carvajal *et al.* 2018). De hecho, la riqueza reportada es inferior a la reportada por Tejero (2007) para el estado de México de 253 taxones, los 365 taxones del estado de Hidalgo (Sánchez *et al.* 2017), los 367 taxones del estado de Puebla (Mendoza y Ceja 2020), las 643 especies del estado de Oaxaca (Mickel y Smith 2004) o las 698 del estado de Chiapas (Cruz *et al.* 2013). Estas diferencias contrastantes en el número de especies puede estar asociado con factores bióticos y abióticos, como la presencia de distintos tipos de vegetación, la extensión territorial, la topografía, las condiciones climáticas, el esfuerzo del muestreo, entre otros. A pesar de lo anterior, si se aumenta el esfuerzo del muestreo, es posible encontrar nuevos registros en la entidad, pues, según Martínez y Ramos (2014), todavía falta por registrar el 10.0% de la pteridoflora nacional.

Sobre los reportes del estado de Tlaxcala se tienen el de Martínez *et al.* (2011) quienes identificaron 4 especies de pteridofitas -*Myriopteris aurea* (Poir.) Grusz & Windham, *M. lendigera* (Cav.) J. Sm., *M. myriophylla* (Desv.) J. Sm. y *Pellaea ternifolia* (Cav.) Link-, además de 136 especies de plantas vasculares con semilla en las tepetateras de los municipios de Alzayanca y Atlangatepec, lo que equivale al 10.0% de la flora conocida en la entidad (Villaseñor 2016). Al respecto, en el presente estudio se encontraron 4 especies de helechos en los afloramientos tepetatosos, aunque solo 2 fueron compartidas: *M. aurea*, *M. lendigera*. Lo cual indica la riqueza de especies de plantas vasculares de las zonas áridas y semiáridas de México y en las zonas perturbadas, como lo son las tepetateras (Guzmán *et al.* 2015, Pérez *et al.* 2015). De acuerdo con Silva y Soto (2016), especies de los géneros *Gaga Pryer*, F.W. Li & Windham, *Myriopteris* Fée - ambos géneros segregados de *Cheilanthes* Sw. (Lee y Windham 2013, Fay *et al.* 2012), *Pleopeltis* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Polypodium* L. y *Selaginella*-, entre otras. Han desarrollado poiquilohidria y otras estrategias que les permiten ser tolerantes a la dese-

cación (Pampurova y Dijck 2014), lo que explica su presencia en zonas tepetatasas. Al respecto, Carvajal *et al.* (2014) sugieren que los ambientes perturbados son importantes para las especies secundarias adaptadas a estas condiciones, razón por la cual la vegetación secundaria y los ambientes como las tepetateras deben ser considerados reservorios potenciales de especies.

Sobre las especies de helechos adaptadas a las condiciones de aridez, como sucede en Españita; Hernández *et al.* (2015) señalan que el bosque de *Quercus* albergan la mayor cantidad de especies de pteridofitas, lo cual coincide con lo reportado en este trabajo (Tabla 1). La riqueza de helechos en este tipo de vegetación fue baja, en comparación con las 20 especies encontradas en otro bosque de *J. deppeana* en Michoacán (Silva y Soto 2016). Las especies comunes en esos dos bosques fueron *Dryopteris cinnamomea* (Cav.) C. Chr., *Selaginella pallescens* (C. Presl) Spring y *Woodsia mollis* (Kaulf.) J. Sm. Aunque el número de especies de *Selaginella* es más alto en los trópicos, donde la mayoría crecen como epifitas (Judd *et al.* 2016), es común encontrarlas en el bosque de *J. deppeana*, debido a que generan adaptaciones para sobrevivir en ambientes secos (Pampurova y Dijck 2014, Guzmán *et al.* 2015, Pérez *et al.* 2015).

La localidad El Alcocer, donde se encontró *Marsilea mollis*, es un cuerpo artificial de agua. La construcción de obras de captación del líquido vital es importante en la zona, ya que favoreció el establecimiento de una especie acuática, debido a que en la región se carece de corrientes permanentes o

cuerpos naturales de agua. En cambio, en otros lugares, como en el valle de México o la cuenca del río Lerma, el cambio de uso de suelo y la alteración de los ambientes acuáticos representan una amenaza para la conservación de las especies (Arreguín *et al.* 2009, Zepeda *et al.* 2012), por lo que esta localidad es importante para mantener la riqueza florística del municipio, por lo que es necesario tomar medidas para protegerla.

CONCLUSIONES

Se encontró una riqueza considerable de licofitas (*Selaginella* spp.) y helechos, en relación con la flora conocida en la entidad, a pesar de que gran parte de la vegetación es secundaria y de no tener condiciones méxicas o un gradiente ambiental que permita la existencia de una riqueza tan vasta como en otras entidades. Esto indica que debe conservarse la vegetación natural y la vegetación secundaria, así como las obras de captación de agua y aquellas que favorecen los microclimas y fomentan la biodiversidad.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del Herbario Jorge Espinoza Salas de la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo y de la ingeniera Lucero González García para la edición de la figura presentada.

LITERATURA CITADA

- Acosta, PR, Delgado MJL, Cervantes SP (1992) La vegetación del estado de Tlaxcala. Gobierno de Tlaxcala. Tizatlán, Tlaxcala. 31p.
- Arreguín SML, Fernández NR, Quiroz GDL (2004) Pteridoflora del Valle de México. 1ª ed. Instituto Politécnico Nacional. México. 387p.
- Arreguín SML, Quiroz GDL, Fernández NR (2009) Pteridofitas extintas o raras del Valle de México. Polibotánica 27: 17- 29.
- Carvajal HC, Krömer T (2015) Riqueza y distribución de helechos y licófitos en el gradiente altitudinal del Cofre de Perote, centro de Veracruz, México. Botanical Sciences 93: 601- 614.

- Carvajal HCI, Silva ML, Kessler M, Lehnert M (2018) Adiciones a la pteridoflora de Tabasco: la importancia del bosque mesófilo de montaña. *Acta Botánica Mexicana* 124: 7-18.
- Carvajal HCI, Krömer T, Vázquez TM (2014) Riqueza y composición florística de pteridobiontes en bosque mesófilo de montaña y ambientes asociados en el centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 491-501.
- Castillejos CC, Solano CE, Ángeles EE (2007) Florística del estado de Tlaxcala. En: Luna I, Morrone JJ, Espinosa D (ed) *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. UNAM. México. pp: 255-271.
- Cruz AA, Melgarejo ED, Camacho V (2013) Introducción. En: Cruz AA, Melgarejo ED, Camacho F, Nájera KC (comp) *La biodiversidad de Chiapas: Estudio de estado Vol. I CONABIO, Gobierno del estado de Chiapas*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. pp: 13-22.
- Enríquez EED, Koch SD, González MSE (2003) Flora y vegetación de la Sierra de Órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. *Acta Botánica Mexicana* 64: 45- 89.
- Fay WL, Pryer KM, Windham MD (2012) *Gaga*, a new genus segregated from *Cheilanthes* (Pteridaceae). *Systematic Botany* 37: 845-860.
- Fernández NR, Rodríguez JC, Arreguín SML, Rodríguez JA (1998) Listado florístico de la cuenca del río Balsas, México. *Polibotánica* 9: 1-151.
- Gómez SG, Arreguín SML (2004) Clave genérica ilustrada para la identificación de pteridofitas de la Cuenca del río Balsas, México. *Polibotánica* 17: 45-69.
- Guzmán CL, Sánchez MA, Pacheco L (2015) Helechos y licofitas del municipio de Cardonal, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 573-581.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.
- Haulon M, Werner G, Flores GG, Vera RA, Felix HP (2007) Assessment of erosion rates during rehabilitation of hardened volcanic soils (tepetates) in Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 3: 498- 509.
- Hernández AG, Sánchez GA, Tejero DJD (2019) Licofitas y helechos del bosque mesófilo de montaña del estado de Hidalgo, México. *Botanical Sciences* 97: 236- 249.
- Hernández CMJ, Koch OSD, Pulido SMTP, Luna CM, García VE (2016) Estudio florístico del cerro Metecatli, del complejo montañoso Tetzcutzingo, Texcoco, Estado de México, México. *Botanical Sciences* 94: 377- 392.
- Hernández HV, Larios PHB, Colli MJC (2015) Diversidad de helechos y licofitas de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2(3): 401- 408.
- IPNI (2021) Índice Internacional de Nombres de Plantas. The Royal Botanic Gardens Kew, Harvard University Herbaria & Australian National Botanic Gardens. <http://www.ipni.org>. Fecha de consulta: 24 de mayo de 2021.
- Islas GJ, Magaña TOS, Buendía RE (2008) Entorno físico, político-administrativo, social y económico de la actividad forestal. En: Guerra De la CV, Mallén RC (Comp) *Tlaxcala sus recursos forestales: Conservación, aprovechamiento y bases para su manejo sustentable*. INIFAP. México. pp: 2-28.
- Jano THR, Andrés HAR (2011) Diversidad de pteridofitas en la localidad La Gloria en Apulco, Puebla, México. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* 2: 38- 50.
- Judd WS, Campbell CS, Kellogg EA, Stevens PF, Donoghue MJ (2016) *Plant systematics a phylogenetic approach*. 4ª Ed. Sinauer Associates. Massachusetts, E.U. 565p.

- Lee GA, Windham MD (2013) Toward a monophyletic *Cheilanthes*: The resurrection and recircumscription of *Myriopteris* (Pteridaceae). *PhytoKeys* 32: 49- 64.
- Martínez CD, Hernández HNN, Isidro HB, Hernández AAG, Sánchez GA (2019) Diversidad de licopodios y helechos del bosque tropical subcaducifolio del estado de Hidalgo, México. *Acta Botánica Mexicana* 126: e1434. DOI: 10.21829/abm126.2019.1434.
- Martínez SE, Ramos CH (2014) Biodiversidad de Pteridophyta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* supl. 85: 110- 113.
- Martínez PJL, Castillo CG, Santiago MMG, Hernández CLV (2011) Análisis florístico en tepetates del estado de Tlaxcala. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 623- 637.
- Mendoza RA, Ceja RJ (2020) Nuevos registros de licofitas y helechos para el estado de Puebla, México. *Acta Botánica Mexicana* 127: 1- 22. DOI: 10.21829/abm127.2020.1637.
- Mickel JT, Smith AR (2004) The Pteridophytes of Mexico. Part I (Descriptions and maps). *Memoirs of The New York Botanical Garden*. Volume 88. NY, USA. 1054p.
- Pampurova S, Dijck Pvan (2014) The desiccation tolerant secrets of *Selaginella lepidophylla*: what we have learned so far? *Plant Physiology and Biochemistry* 80: 285- 290.
- Pérez AY, Sánchez GA, Tejero DJD (2015) Species richness, distribution and morphological variation of monilophytes and lycophytes in a semi-arid region of Mexico. *American Fern Journal* 105: 238- 256.
- Pérez PMG, Sánchez-GA, Tejero DJD (2012) Listado de licopodios y helechos del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México. *Polibotánica* 33: 57- 73.
- PPG I (2016) A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* 54: 563- 603.
- Ramírez PJ, Koch OS, Balleza CJJ, Adame GM, Romero NJ (2016) Flora de la cima de la Mesa Alta, Jerez, Zacatecas, México. *Botanical Sciences* 94: 357- 375.
- Riba R, Pacheco L, Valdés A, Sandoval Y (1996) Pteridoflora del estado de Morelos, México. Lista de familias, géneros y especies. *Acta Botánica Mexicana* 37: 45- 65.
- Rzedowski J (1996) Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35: 25- 44.
- Sánchez GA, López ML, Vibrans H (2006) Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del Cerro Tláloc, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 79: 67- 78.
- Sánchez GA, González LM (2007) Técnicas de recolecta de plantas y herborización. En: Contreras RA, Cuevas CC, Goyenechea I, Iturbe U (ed) *La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo. pp: 123-133.
- Sánchez GA, Pérez AY, Hernández Á AG, Gutiérrez LM, Álvarez ZE, Pérez PMG, et al. (2017) Los helechos y licopodios del estado de Hidalgo, México. En: Ramírez BA, Sánchez GA, Sánchez RG, Cuevas C (ed). *Biodiversidad del estado de Hidalgo Tomo I*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca de Soto, México. pp: 65-97.
- Silva SP, Soto-González JT (2016) Pteridoflora del bosque de *Juniperus* del cerro El Molcajete, de la comunidad Palmitas, municipio de Tuxpan, Michoacán. *Ciencia Nicolaita* 68: 24- 44.
- Tejero DJD (2007) La riqueza florística del estado de México: licopodios y helechos. *Adumbrationes ad Summae Editionem* 27: 1-32.

- Tejero DJD, Torres DAN, Gual DM (2014) Licopodios y helechos en el bosque mesófilo de montaña en México. En: Gual-Díaz M, Rendón-Correa A (Comp) Bosques mesófilos de montaña de México diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp: 197- 220.
- Tropicos (2021) Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org>. Fecha de consulta: 21 de mayo de 2021.
- 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.
- Vibrans H (1997) Lista florística comentada de plantas vasculares silvestres en San Juan Quetzalcoapan, Tlaxcala, México. *Acta Botánica Mexicana* 38: 21- 67.
- Villaseñor JL (2016) Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87: 559- 902.
- Zepeda GC, Lot HA, Nemiga XA, Madrigal UD (2012) Florística y diversidad de las ciénegas del río Lerma, Estado de México, México. *Acta Botánica Mexicana* 98: 23- 49.