

Pteridoflora del bosque de *Juniperus* del cerro El Molcajete, de la comunidad Palmitas, municipio de Tuxpan, Michoacán

Patricia Silva-Sáenz, José Trinidad Soto-González

Facultad de Biología, UMSNH

Resumen

Se realizó un inventario de helechos del bosque de *Juniperus* en el cerro el Molcajete, a partir de colectas botánicas y aplicando un método estadístico-ecológico. Se obtuvieron 20 especies, siendo la familia mejor representada Pteridaceae y los géneros *Cheilanthes* y *Polypodium*. Se realiza un análisis de la comunidad a partir del índice de similitud de Sorensen y calculando un Índice de diversidad taxonómica. Se comenta sobre las características de estas plantas para habitar este ambiente. Se documenta bibliográficamente la importancia económica de las especies. Dos especies presentan los mayores valores calculados en las dos asociaciones vegetales de la vegetación: *Selaginella pallezens* (C. Presl) Spring y en menor medida *Gaga kaulfussi* (Kunze) F.W. Li & Windham. Con este inventario, se incluyen 15 registros nuevos para el municipio. Una especie de *Dryopteris* permanece sin identificar por su complejidad y su morfología. Se concluye que el

área es rica en especies, considerando su tamaño, el clima y la vegetación. Sin embargo, aún es insuficiente el conocimiento de su taxonomía y es necesario ampliar la investigación de campo de este grupo de plantas, ayudando a su conservación y ampliando su conocimiento; tanto de ambientes áridos y cálidos, como de otros donde han podido adaptarse.

Palabras clave: Flora, helecho, diversidad, ambiente semicálido, bosque de *Juniperus*, bosque de *Juniperus* - *Quercus*.

Abstract

Pteridoflora of *Juniperus* forest of Cerro El Molcajete, the Palmitas community, municipality of Tuxpan, Michoacán.

An inventory of ferns of *Juniperus* forest on the hill the Molcajete is presented; based on botanical collections and applying a statistical-ecological method. Twenty species were recorded. The best represented family is Pteridaceae and the genus *Cheilanthes* and *Polypodium*. Sorensen similarity index and a taxonomic diversity index were applied. We comment on the qualities of these plants to inhabit this environment. The economic importance of the species is bibliographically documented. Two species presented the highest values in both vegetation associations: *Selaginella pallescens* and *Gaga kaulfussi*. Fifteen new records are documented in this inventory for the municipality. A species of *Dryopteris* could not be identified due to its complexity and their morphology. We conclude that the area is species rich, considering its size, climate and vegetation. However, there is still insufficient knowledge of their taxonomy, the research field needs to be extended to other plant groups, aiding in this conservation and knowledge; both on dry and warm environments, as others where they could adapt.

Keywords: Flora, fern, diversity, semiwarm environment, *Juniperus* forest, *Juniperus* – *Quercus* forest.

Introducción

La necesidad de inventariar la flora de México, cada vez se hace más urgente debido a la rápida modernización del hombre que pone en riesgo la diversidad no solo de pteridofitos, sino de todos los grupos taxonómicos y de la integridad de los ecosistemas en general (Mittermeier y Goettsch, 1992; Dirzo y Raven, 1994; Reyes

y Martínez, 2002; CONABIO y SEMARNAT, 2009; Sarukhán *et al.*, 2009; Rzedowski, 2015). Un inventario florístico es una herramienta de suma importancia para la conservación y manejo de los recursos vegetales, ya que permite tener conocimiento actual de la flora vascular de las diferentes regiones del mundo y de su distribución geográfica en un área determinada permitiendo la identificación y localización de grupos taxonómicos en los diferentes paisajes naturales (Martínez *et al.*, 2008; Gómez-Blanco, 1997; Galindo-Becerril y Fernández-Nava, 2002).

En numerosos casos, los registros de helechos resultan ser datos complementarios de inventarios florísticos más extensos, pero pocas veces son el objetivo principal del estudio como lo es con los árboles o plantas con flores. Además, la consulta bibliográfica denota que es muy poco lo que se sabe acerca de cómo los helechos interactúan con su ecosistema. Los estudios en ecología rara vez incluyen a los helechos, sin embargo en los últimos 20 años las investigaciones han ido en aumento con respecto a este tema (Sharpe *et al.*, 2010).

Al analizar la bibliografía, es notable que las investigaciones de pteridoflora en los bosques de *Juniperus* han sido poco abordadas. El área que aquí estudiamos no ha sido inventariada florísticamente y los registros para este municipio son escasos, por lo que en este estudio se pretende registrar la diversidad de pteridofitas de este cerro acompañados de datos ecológicos y fitosociológicos que ayuden a caracterizar la comunidad. Esto contribuirá a conocer la diversidad de este grupo de plantas, así como en cuestiones de conservación de las especies, del hábitat y del uso potencial.

Cabe destacar que los helechos han sido utilizados como: alimento, como plantas medicinales, ceremoniales, de ornato, en la agricultura, la horticultura, en la extracción de metabolitos secundarios empleados en la industria farmacéutica, y son potenciales indicadores de la contaminación de ecosistemas y utilizados en programas de restauración ecológica (Arcand y Ranker, 2008; Sharpe *et al.*, 2010).

Actualmente no se tienen registros del tipo de vegetación del área de estudio. Un primer recorrido en campo mostró que el cerro presenta en la parte de menor altitud bosque de *Juniperus* combinado con elementos de matorral desde la base a la porción media, y bosque de encino en la parte alta, asimismo, zonas de cultivos en las partes bajas adyacentes del cerro. El objetivo principal fue realizar un inventario de los helechos en este tipo de vegetación.

Caracterización física del área de estudio

El Cerro el Molcajete se ubica en la comunidad de Palmitas en la parte Norte del municipio de Tuxpan, Michoacán, se encuentra entre las coordenadas 19°35'40.96" y 19°36'32.66" de latitud Norte; y 100°27'59. 14" y 100°28'42. 17" de longitud Oeste ocupando una extensión de 133.5 Ha. El principal acceso a la comunidad es a través de la carretera federal México 15 que va desde el municipio de Cd. Hidalgo, a la cabecera municipal de Tuxpan (figura 1).

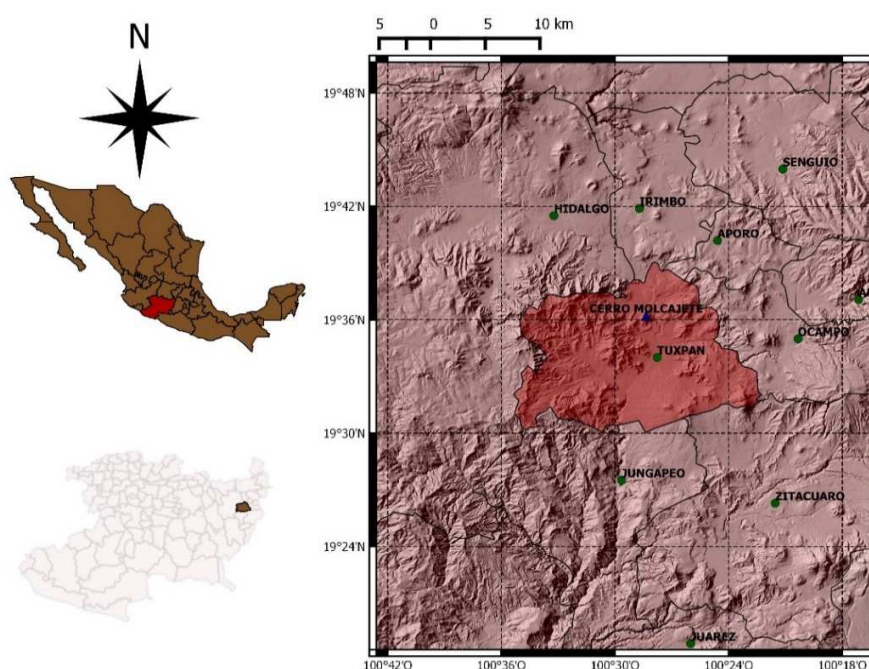


Figura 1. Localización geográfica del cerro El Molcajete, de la comunidad Palmitas, municipio de Tuxpan, en el estado de Michoacán, México.

Fisiográficamente, el municipio de Tuxpan se encuentra entre dos Provincias: al oriente con el Eje Neovolcánico Transversal (cobertura de 52.01%) subprovincia Mil Cumbres, y al occidente con la Sierra Madre del Sur (47.99%) subprovincia Depresión del Balsas (INEGI, 2010). El Cerro se localiza entre los límites de ambas provincias fisiográficas, las cuales son áreas altamente accidentadas debido a sus

diversas geoformas como sierras, mesetas y valles. El Cerro tiene un gradiente altitudinal que va desde los 1840 hasta los 2100m s.n.m. (INEGI, 2014).

Las rocas presentes en el área son ígneas extrusivas principalmente andesitas terciarias. El tipo de suelo predominante son Andosoles y en una menor proporción Vertisoles (INEGI, 2014).

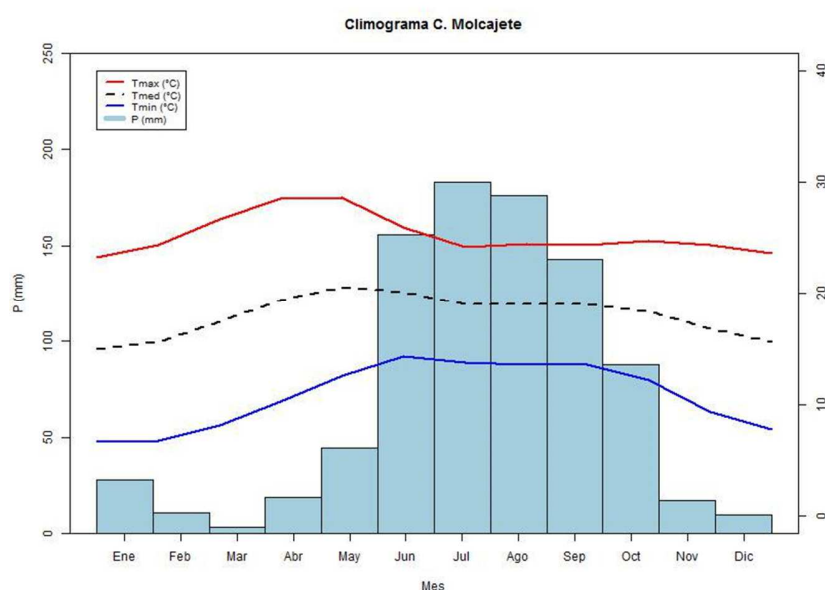


Figura 2. Climograma de la zona de estudio, basado en las estaciones climatológicas Presa de Tuxpan (CFE) y Tuxpan (SMN, 2010).

De acuerdo con el INEGI (2010), el municipio se encuentra en la región hidrológica del Balsas. La principal vertiente del municipio es el río Angangueo, tributario del río Balsas, y que además al pasar por el municipio el río Tuxpan desemboca en la presa Tuxpan. Al río y al municipio lo nutren varios arroyos como El Descolgadero, El Aguacate, El Carrizal, La Ortiga, el Pirícuca, Los Aguacates, La Mora, Las Cajas, Huirunio, La Fábrica, El Encinal, la Laguna, el Resendi, Corral Falso, El Álamo y Chacuis (Chávez, 1999).

Con base en las estaciones meteorológicas más cercanas al sitio de muestreo (Presa de Tuxpan (CFE) y Tuxpan, distanciadas a 4.5 y 4.7 km al sitio de muestreo respectivamente) (SMN, 2016) y al sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1988), se registra el siguiente tipo de clima:

A(C)(w1)(w)b(i')g, que corresponde a un clima semicálido, con verano fresco y largo con la temperatura media del mes más caliente inferior a 22 °C, con temperatura media anual igual o mayor a 18 °C, con lluvias de verano, un porcentaje de lluvia invernal menor de 5% de la anual, con un coeficiente P/T entre 55.3 y 43.2, sin sequía intraestival, con una oscilación térmica entre 5 y 7 °C y marcha de la temperatura tipo Ganges ya que se presenta el mes más caliente antes del solsticio de verano. Posee un régimen de precipitación de 877 mm anuales (figura 2).

Actualmente no se tienen registros del tipo de vegetación del área de estudio. Sin embargo, se observó y determinó que el cerro presenta bosque de *Juniperus* combinado con elementos de matorral y encinos por encima de los 1980m s.n.m., además, se presentan zonas de cultivos en las partes bajas inmediatas del cerro (a los 1840m s.n.m.). Según Rzedowski (1986), los bosques de *Juniperus* a pesar que no cubren gran parte del territorio mexicano (menos del 0.04%), estos se encuentran bien distribuidos a lo largo de todo el país, desde la península de Baja California y Tamaulipas hasta el estado de Chiapas. Prosperando en una gran diversidad de climas como fríos, templados, semihúmedos y semiáridos; y generalmente sobre altitudes mayores a los 1500m s.n.m. estos forman un faja transicional entre el bosque de encino y pino por un lado, y el pastizal, matorral xerófilo o bosque tropical caducifolio por el otro lado, además que no son considerados como una fase de clímax sino una fase de secesión secundaria.

Materiales y métodos

Para obtener la lista florística, se realizó colecta intensiva con tres recorridos durante el mes de julio del 2014, obteniendo 25 números de colecta, considerando las pteridofitas en estado reproductivo para facilitar su determinación taxonómica; se tomaron datos botánico-ecológicos, como: Tipo de vegetación, hábitat, coordenadas geográficas, altitud, abundancia relativa, forma biológica, fenología. Las plantas herborizadas se identificaron usando la clave de Mickel y Smith (2004). Posteriormente se cotejó con ejemplares depositados en los herbarios EBUM (Herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo) e IEB (Instituto de Ecología A.C.). Los ejemplares colectados se depositaron en esas mismas colecciones científicas.

Se revisó la correcta circunscripción de las familias, los géneros y nombres científicos de acuerdo a la página del Missouri Botanical Garden (2016), al Catálogo

de Autoridades Taxonómicas de la CONABIO (2008) y la propuesta de Fay-Wei *et al.* (2012) para el género *Cheilanthes*. Se agregan como notas a pie de página, sinónimos de algunas especies que son más conocidos tradicionalmente. Se elaboró una base de datos en Microsoft Excel 2007, en la cual se incluyó la información registrada. El tipo de vegetación del lugar se determinó siguiendo el sistema de clasificación de Rzedowski (1986). Se realizó un análisis numérico para conocer la composición taxonómica del grupo basándose en las especies colectadas.

Para la caracterización de la comunidad vegetal se empleó el método de línea intercepto (Canfield, 1941), realizando un muestreo estratificado a partir de la base del cerro, ubicando líneas de 50 metros distanciadas 50 metros, en un gradiente altitudinal que va de 1840m a 2100m. Se obtuvieron 6 líneas: dos con Bosque de *Juniperus* y cuatro con Bosque de *Juniperus* – *Quercus*. Con los datos se calcularon los atributos de abundancia, cobertura, frecuencia e índice de importancia ecológica para cada especie. Para el cálculo del índice de similitud de Sorensen con otros estudios equivalentes, se revisó la equivalencia de la identidad de los nombres de las especies y se obtuvo el valor al multiplicar el número de especies compartidas por dos, entre la suma de las especies de la zona uno (este estudio) con la suma de las especies dos (la zona a comparar), esto multiplicado por cien. Asimismo, debido a que la riqueza de especies es dependiente del área, se utilizó el índice de biodiversidad (Squeo *et al.*, 1998, Ramírez-Cruz *et al.*, 2009), donde el Índice de Biodiversidad Taxonómica (IBT) es igual al número de especies dividido por el logaritmo natural del área de estudio en hectáreas.

Resultados

Se obtuvieron 20 especies en la zona de estudio, las cuales se agrupan en 11 géneros y 6 familias (cuadro 1). Las Pteridaceae (con tres géneros y nueve especies) y Polypodiaceae (con tres géneros y cinco especies) son las familias mejor representadas (figura 3); los géneros mejor representados son *Cheilanthes* y *Polypodium* (ambos con tres especies) (figura 4). Con respecto a la forma biológica, son 5 especies epífitas, 14 terrestres y 1 rupícola. Siete especies tienen importancia económica.

Pteridoflora del bosque de Juniperus del cerro El Molcajete...

De acuerdo a la consulta de las bases de datos del SNIB y CONABIO, así como las colecciones EBUM e INECOL, en este estudio se reportan 15 registros nuevos para el municipio.

CUADRO 1

Diversidad de helechos en el cerro el Molcajete de la Localidad Palmitas, mpio. de Tuxpan.

Familia (# géneros/ #especies) Especie	Veg.	F.B.	Altitud (m)	Abundancia relativa	Uso
Selaginellaceae (1/2)					
<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	BJ, BJQ	T	1883- 2091	Muy abundante	Medicinal
<i>Selaginella delicatissima</i> Linden ex A. Braun ¹ *	BJ	T	1867	Muy escasa	
Aspleniaceae (1/1)					
<i>Asplenium heterochroum</i> Kunze en Stolze ¹ *	BJ	T	1871	Muy escasa	Ornato
Dryopteridaceae (1/2)					
<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr. ² *	BJ, BJQ	T	1883- 2091	Muy abundante	Ornato
<i>Dryopteris</i> sp.	BJ	T	1871	Muy escasa	
Polypodiaceae (2/5)					
<i>Pleopeltis polylepis</i> Roem. ex Kunze var. <i>polylepis</i> *	BJ	EJ, C	1871	Escasa	Medicinal
<i>Pleopeltis thyssanolepis</i> (A. Braun ex Klotzsch) E.G. Andrews & Windham ³ *	BJ, BJQ	EJ, M	1883- 2091	Abundante	
<i>Polypodium aureum</i> var. <i>areolatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Baker ⁴ *	BJ, BJQ	R	1883- 2076	Escasa	Medicinal
<i>Polypodium plebeium</i> Schldl. & Cham.*	BJ	EJ, C	1887- 1930	Muy escasa	
<i>Polypodium furfuraceum</i> Schldl. & Cham.	BJ, BJQ	EJ, M	1883- 2091	Abundante	
Pteridaceae (4/9)					
<i>Adiantum braunii</i> Mett. ex Kuhn*	BJ	T	1887- 1930	Escasa	Ornato
<i>Adiantum patens</i> Willd.*	BJQ	T	2015	Muy escasa	
<i>Bommeria pedata</i> (Sw.) E. Fourn.	BJ, BJQ	T	1883- 2091	Abundante	Ornato

¹ Sinónimo *Asplenium palmeri* Maxon

² Sinónimo *Dryopteris rossii* C. Chr.

³ Sinónimo: *Polypodium thyssanolepis* A. Braun ex Klotzsch

⁴ También nombre aceptado (Missouri Botanical Garden, 2016): *Polypodium pseudoaureum* Cav. Sinónimo: *Phlebodium areolatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J. Sm.

Pteridoflora del bosque de Juniperus del cerro El Molcajete...

<i>Cheilanthes allosuroides</i> Mett.*	BJQ	T	2063	Abundante	Ornato
<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willd.) Proctor	BJ, BJQ	T	1883- 2091	Muy abundante	Medicinal, Ornato, Indicador biológico
<i>Cheilanthes cucullans</i> Fée ^{5*}	BJ, BJQ	T	1871	Escasa	
<i>Myriopteris myriophylla</i> (Desv.) Sm. ^{6*}	BJ	E	1871	Escasa	Medicinal, Ornato, Indicador biológico
<i>Gaga kauflussii</i> (Kunze) Fay W. Li & Windham*	BJ, BJQ	T	1883- 2076	Muy abundante	
<i>Gaga cuneata</i> (Kaulf. ex Link) Fay W. Li & Windham ^{7*}	BJ, BJQ	T	1883- 2076	Abundante	
Woodsiaceae (1/1)					
<i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.*	BJ	T	1871	Muy escasa	Ornato, Indicador biológico

* Nuevos registros para el municipio. VEG.= Vegetación. F.B.= Forma biológica. BJ= Bosque de Juniperus. BJQ = Bosque de *Juniperus-Quercus*. T= Terrestre, R= Rupícola, EJ= Epífita en *Juniperus*, C= Cortícola, M= Muscícola

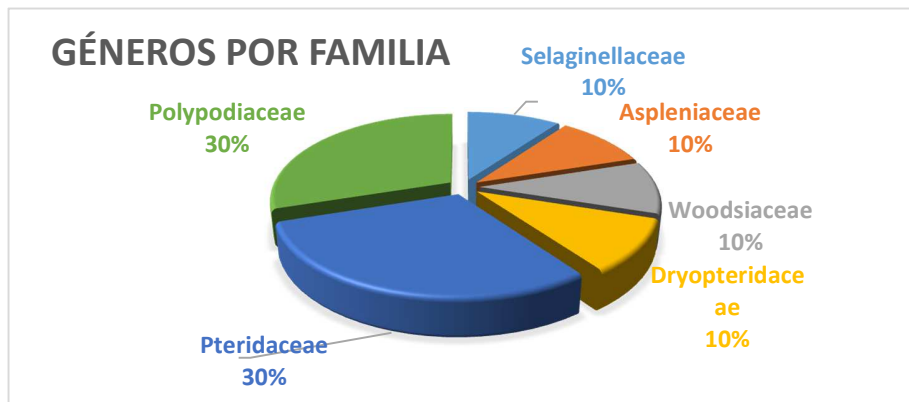


Figura 3. Representación numérica de las familias registradas en el área de estudio.

⁵ Combinaciones para esta basionimia: *Myriopteris cucullans* (Fée) Grusz & Windham

⁶ Sinónimo: *Cheilanthes myriophylla* Desv.

⁷ El nombre *Gaga cuneata*, de acuerdo a Fay-Wei et al. (2012). En Missouri Botanical Garden (2016), nombre aceptado es: *Cheilanthes angustifolia* Kunth en Stolze. En Mickel y Smith (2004): *Cheilanthes cuneata* Kaulf. ex Link

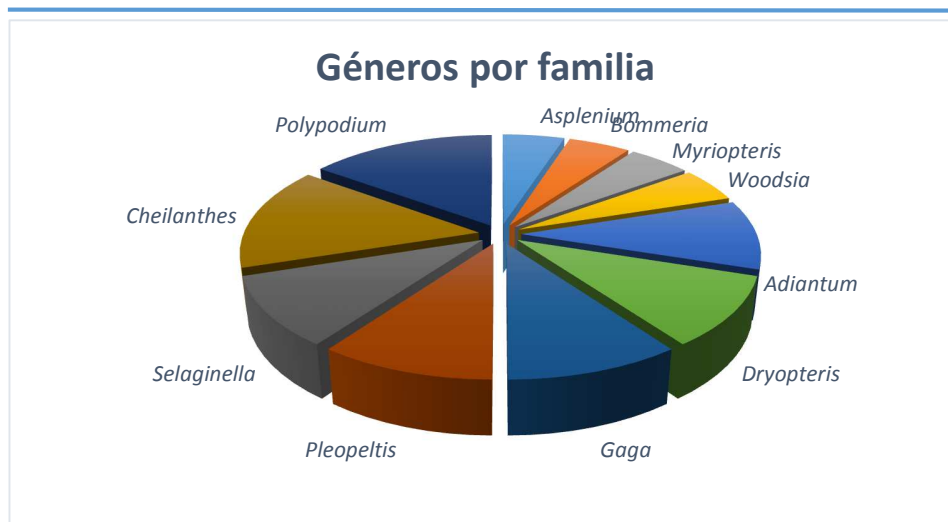


Figura 4. Representación numérica de los géneros registrados en el cerro El Molcajete.

CUADRO 2

Especies más representativas en el Bosque de *Juniperus* (BJ), de acuerdo al muestreo fitosociológico.

Especies de BJ	Den Rel	Cob Rel	Fre Rel	IVI
<i>Selaginella pallescens</i>	55.22	31.71	65.95	152.88
<i>Gaga kauflussii</i>	20.21	25.45	21.73	67.39
<i>Cheilanthes bonariensis</i>	3.93	15.92	2.35	22.20
<i>Pleopeltis thyssanolepis</i>	6.74	4.67	5.63	17.04
<i>Dryopteris cinnamomea</i>	1.02	7.11	0.48	8.61
<i>Adiantum braunii</i>	1.54	5.43	0.55	7.52
<i>Cheilanthes cucullans</i>	2.52	3.94	0.60	7.06
<i>Gaga cuneata</i>	1.75	3.75	1.05	6.55
<i>Polypodium aureum</i> var. <i>areolatum</i> .	4.41	0.83	1.05	6.29
<i>Polypodium plebeium</i>	2.46	0.40	0.59	3.44
<i>Pleopeltis polylepis</i> var. <i>polylepis</i>	0.21	0.78	0.02	1.01
	100	100	100	300

Se incluye una especie de identidad incierta (*Dryopteris* sp.) ya que presentó dificultades para su completa y satisfactoria identificación: se utilizaron floras diversas sin poder encontrar descripciones que coincidieran con la identidad

específica y muestra una combinación de caracteres de varias especies. Entre las características no coincidentes están: el tamaño de la fronda, tipo de indumento y forma de la lámina, color y dimensiones de las escamas del peciolo.

En los transectos se obtuvieron únicamente 14 especies, incluidas en nueve géneros y cuatro familias (cuadros 2 y 3). Se observó que en el cerro se distribuyen dos asociaciones vegetales: Bosque de *Juniperus* y Bosque de *Juniperus-Quercus* (encinos), con dominancia principalmente de *Selaginella pallescens* (C. Presl) Spring y en menor medida *Gaga kauffussii* (Kunze) F.W. Li & Windham. Otras especies asociadas al bosque de *Juniperus* con *Quercus* y que aportan considerable cobertura son: *Cheilanthes bonariensis* (Willd.) Proctor y *Dryopteris rossii* C. Chr. (cuadros 2 y 3).

CUADRO 3

Especies más representativas en el Bosque de *Juniperus* – *Quercus* (BJQ), de acuerdo al muestreo fitosociológico.

Especies de BJ	Den Rel	Cob Rel	Fre Rel	IVI
<i>Selaginella pallescens</i>	55.22	31.71	65.95	152.88
<i>Gaga kauffussii</i>	20.21	25.45	21.73	67.39
<i>Cheilanthes bonariensis</i>	3.93	15.92	2.35	22.20
<i>Pleopeltis thyssanolepis</i>	6.74	4.67	5.63	17.04
<i>Dryopteris cinnamomea</i>	1.02	7.11	0.48	8.61
<i>Adiantum braunii</i>	1.54	5.43	0.55	7.52
<i>Cheilanthes cucullans</i>	2.52	3.94	0.60	7.06
<i>Gaga cuneata</i>	1.75	3.75	1.05	6.55
<i>Polypodium aureum</i> var. <i>areolatum</i> .	4.41	0.83	1.05	6.29
<i>Polypodium plebeium</i>	2.46	0.40	0.59	3.44
<i>Pleopeltis polylepis</i> var. <i>polylepis</i>	0.21	0.78	0.02	1.01
	100	100	100	300

Den Rel: Densidad Relativa, Cob Rel: Cobertura Relativa, Fre Rel: Frecuencia relativa e IVI: índice de valor de importancia.

Los resultados del índice de similitud de Sorensen (ISs) al aplicarlo con los estudios en bosques de *Juniperus*, se obtiene que la mayor afinidad es con la pteridoflora del estado de México (de Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004), con un valor de 0.4, mientras que el menor valor lo tiene con el estado de Nuevo León (de Espinoza, 1986) con 0.07 (Cuadro 4). En el cuadro 5 se muestran los datos obtenidos respecto a niveles de biodiversidad de la zona con respecto a otras: el cerro el Molcajete

tiene un estimado de 6 especies de helechos por unidad de hectárea, que en comparación con otras áreas de estudio que comparten la misma provincia fisiográfica, este valor es muy alto debido a la pequeña cifra de hectáreas que fueron inventariadas (23 ha) así como por el corto periodo de colecta. Los mayores valores están en la Cuenca del río Balsas (de Fernández *et al.*, 1998), con 24 especies /ha, y los menores valores en: la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, Michoacán (de Cornejo-Tenorio *et al.*, 2003) con 1.96 especies/ha, y en la Cuenca del río Balsas (de Rodríguez-Jiménez *et al.*, 2005) con 0.86 especies endémicas.

CUADRO 4

Índice de similitud de Sorensen, con otras áreas que registran pteridoflora en bosque de *Juniperus*.

Localidad	No. de especies en bosque de <i>Juniperus</i>	No. especies compartidas	Íss (%)
Estado de México (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> , 2004)	63	17	0.4
Parque Nacional los Mármoles, Hidalgo (Ramírez-Cruz <i>et al.</i> , 2009)	44	9	0.28
Reserva de la Biósfera la Barranca de Metztitlán, Hidalgo (Cuevas <i>et al.</i> , 2013)	45	7	0.21
Estado de Querétaro (Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> , 1996)	4	2	0.16
Pteridoflora del Municipio de Iturbide, Nuevo León (Espinoza, 1986)	6	1	0.07
cerro El Molcajete, de la comunidad Palmitas, municipio de Tuxpan, Michoacán	20		

Discusión

En México la pteridoflora del bosque de *Juniperus* ha sido poco estudiada, atribuido este hecho quizás a su poca extensión territorial en el país (menos del 0.04%), o a que es una fase sucesional de la vegetación entre bosque de *Pinus* - *Quercus* y pastizal; sin embargo, Rzedowski (1986) reporta que estos bosques tienen una amplia variabilidad ecológica ya que pueden ser encontrados desde climas secos y cálidos hasta fríos.

CUADRO 5

Índice de biodiversidad entre el sitio muestreado y estudios previos realizados en las provincias fisiográficas del Eje Neovolcánico Transversal y de la Sierra Madre del Sur.

Lugar / Referencia	Región fisiográfica	Área muestreada (Ha)	No. especies de Pteridofitas	íBT (ssp/ha)
Cuenca del río Balsas (Fernández <i>et al.</i> , 1998)	Eje Neovolcánico Transversal y Sierra Madre del Sur	11,232,000	392	24. 15
Estado de México (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> , 2004)	Eje Neovolcánico Transversal, Porción media septentrional de la cuenca de Balsas	2,324,422	248	16.92
Municipio de Banderillas, Veracruz (Vázquez <i>et al.</i> , 2006)	Eje Neovolcánico Transversal	2221	130	16.87
Estado de Querétaro (Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> , 1996)	Eje Neovolcánico Transversal, Masa del Centro y Sierra Madre Oriental	1,200,000	187	13.36
Estado de Morelos (Riba <i>et al.</i> , 1996)	Vertiente sur Eje Neovolcánico Transversal	496,100	173	13. 19
Microcuenca de Ichaqueo Michoacán (Suárez, 2012)	Eje Neovolcánico Transversal	5,620	75	8.69
Cuenca Valle de México (Arreguín-Sánchez <i>et al.</i> , 2009)	Eje Neovolcánico Transversal	750,000	113	8.35
Cuenca Río Chiquito, Michoacán (Medina y Rodríguez, 1993)	Eje Neovolcánico Transversal	7,400	70	7.86
Parque Nacional los Mármoles, Hidalgo (Ramírez-Cruz <i>et al.</i> , 2009)	Eje Neovolcánico Transversal	25,150	71	7.06
Reserva de la Biósfera la Barranca de Metztlán, Hidalgo (Cuevas <i>et al.</i> , 2013)	Eje Neovolcánico Transversal	96,044	79	6.89
Nuevo San Juan Parangaricutiro (Medina <i>et al.</i> , 2000)	Eje Neovolcánico Transversal	18,318	52	5.3
Cerro el Molcajete, Michoacán (Este estudio)	Eje Neovolcánico Transversal-Sierra Madre del Sur	23.74 (zona muestreada)	20	6.31
Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, Michoacán (Cornejo-Tenorio <i>et al.</i> , 2003)	Eje Neovolcánico Transversal	13,551	12	1.26
Cuenca del río Balsas (Rodríguez-Jiménez <i>et al.</i> , 2005)	Eje Neovolcánico Transversal y Sierra Madre del Sur	11,232,000	14 spp endémicas	0.86

Generalmente, las zonas con riqueza de helechos se ven asociadas a ambientes con alta humedad, principalmente en los bosques mesófilos de montaña (Kessler, 2010), esto debido a sus características reproductivas (anterozoides nadadores y fertilización externa), que los hacen estrechamente dependientes del agua para completar su ciclo reproductivo (Martínez-Salas y Ramos, 2014). De acuerdo con Tejero-Díez *et al.* (2014), los bosques mesófilos de montaña son las zonas más diversas de helechos y lycopodios de México al poseer más del 82% de los géneros y el 60% de las especies de pteridofitas del país. Entonces, los estudios florísticos de pteridofitas han sido concentrados en las zonas donde se espera encontrar una mayor riqueza de especies, por lo que tradicionalmente los ambientes donde el agua es una limitante, han sido vistas como zonas pobres en riqueza de helechos (Anthelme *et al.*, 2011).

Así, Espinoza (1986) reporta en el municipio de Iturbide, Nuevo León, una baja riqueza de helechos (ocho especies) para los bosques de *Juniperus*; Ramírez-Cruz *et al.*, (2009), mencionan que las zonas xerófilas del Parque Nacional Los Mármoles del estado de Hidalgo son las más pobres en helechos; Arreguín-Sánchez *et al.* (2009), registran para el valle de México en los bosques de *Juniperus* cuatro especies de helechos (3.5%) mencionando que esta baja riqueza pueda deberse a que estos bosques no sean comunidades clímax.

Sin embargo, recientemente los aportes realizados en otros tipos de clima donde no son comunes los helechos, como los ambientes áridos y semiáridos han demostrado que la riqueza es mucho mayor de lo que anteriormente se pensaba e incluso inestimada (Aldasoro, 2004; Anthelme *et al.*, 2011; Da Silva *et al.*, 2012; Cuevas *et al.*, 2013).

En este tipo de climas atípicos para los helechos, en México se tienen zonas calificadas con alta riqueza: Cuevas *et al.* (2013), reportan para el matorral xerófilo, bosque de *Quercus*, bosque de *Juniperus* bosque tropical caducifolio de la reserva de Metztitlán en el estado de Hidalgo con 77 especies y dos híbridos; Tejero Díez y Arreguín-Sánchez (2004), registran 44 especies termófilas y 24 especies xerófilas en el estado de México, en ambos casos mencionan registros nuevos para cada estado, y en el caso del estado de México, especies nuevas.

Considerando que acorde con García (1988) el bosque estudiado presenta un clima semicálido, para soportar tales condiciones ambientales xéricas y explicar esta riqueza, este grupo de plantas ha desarrollado una gama de estrategias adaptativas

como: la tolerancia a la desecación (control, transporte y absorción del agua); poiquilohidria, fotoinhibición, fotoprotección, larga dormancia con pérdida de hojas, protección de los brotes con numerosas escamas, resurrección ante la desecación, ciclos de vida cortos con fase gametofítica reducida, metabolitos secundarios, entre otras (Aldasoro *et al.*, 2004; Hietz, 2010).

La poiquilohidria ha sido reportada para géneros como *Cheilanthes*, *Selaginella*, *Pleopeltis* y *Polypodium*, entre otros (Aldasoro *et al.*, 2004; Hietz, 2010). Conjuntamente, la alta producción de esporas y su eficiente dispersión a largas distancias, ha permitido llegar a tales ambientes, así como la presencia de refugios ante la desecación y ante herbívoros (fisuras de rocas, cañadas, barrancas, zonas sombreadas, etc.) (Anthelme *et al.*, 2011).

Analizando los reportes: Se han registrado para este tipo de vegetación, un total de 12 familias, 28 géneros y 109 taxa de helechos (16 de ellos son variedades), lo cual representa más el 10% de las especies de México (Espinoza, 1986, Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004, Tejero-Díez y Pacheco, 2004, Arreguín *et al.*, 2009, Ramírez-Cruz *et al.*, 2009, Cuevas *et al.*, 2013). Con la lista de especies del presente estudio, se confirman las especies adaptadas a este tipo de vegetación, de las cuales las familias más representativas son: Pteridaceae con 45% de las especies, Polypodiaceae con 20% y Selaginellaceae con 10%.

De acuerdo con los valores de importancia, cuatro especies son las que aportan la mayor estructura en las asociaciones vegetales al poseer más del 240 del valor del IVI, y destaca *Selaginella pallescens* (C. Presl.) Spring., porque en ambas asociaciones presentó los mayores valores: En la asociación *Juniperus* 152% y para la de *Juniperus* – *Quercus* 160% (cuadros 2 y 3).

Por otro lado, casi el 50% de las especies son pertenecientes a la familia Pteridaceae, la cual se explica porque ésta se considera una familia con especies tolerantes a la desecación (Schuettelpelz *et al.*, 2007). Hay coincidencia con Cuevas *et al.* (2013) quienes reportan en Hidalgo, aunque no usaron el mismo tipo de muestreo, a *Cheilanthes bonariensis* (Willd.) Proctor como la especie más frecuente, asimismo menciona a *Selaginella pallescens* (C. Presl.) Spring. y a *C. cucullans* Fée como otras dos especies con valores muy altos de frecuencia entre otras. Para el caso de *C. bonariensis* (Willd.) Proctor, esta especie es considerada indicadora de degradación de los ecosistemas ya que no se encuentra presente en zonas de alta conservación (Rodríguez *et al.*, 2008)

Empleando el índice de Sorensen entre las asociaciones vegetales de la zona de estudio, el valor obtenido (0.66) muestra que más del 50% de las especies están compartidas entre la Asociación *Juniperus* y la asociación de *Juniperus* – *Quercus*. Y aplicando el índice de Sorensen para compararlo con los estudios en bosques de *Juniperus*, marca un alto recambio de especies de estos bosques: La mayor afinidad de especies se tiene con la pteridoflora del estado de México (0.40), mientras que con otros estados como Hidalgo y Nuevo León y la pteridoflora del Valle de México, poseen una baja similitud de especies (cuadro 4). Según Cuevas *et al.* (2013), esta baja similitud marca una gran diferencia de las condiciones ambientales y adaptativas, asimismo, un alto recambio de especies marca una alta diversidad de especies.

Ramírez-Cruz *et al.* (2009), dice el índice de biodiversidad es igual al número de especies entre el logaritmo natural del área de estudio en hectáreas. Al aplicarlo para el caso del cerro el Molcajete (cuadro 5), se obtiene 6 especies de helechos por unidad de hectárea y en comparación con otras áreas de estudio que comparten la misma provincia fisiográfica (el Cerro se encuentra entre los límites del Eje Neovolcánico Transversal y la sierra Madre del Sur), este valor es muy alto considerando la pequeña cifra de hectáreas que fueron inventariadas (23 ha) y el corto tiempo dedicado al muestreo. Asimismo este valor es cercano a otros como los reportados por Cuevas *et al.* (2013), Ramírez-Cruz *et al.* (2009) en Hidalgo y Medina y Rodríguez (1993), en la cuenca del río chiquito de Morelia. Entonces, estas dos provincias observando los valores de biodiversidad, pueden ser catalogadas como provincias ricas en helechos debido a que son las provincias con una mayor variabilidad de relieves y suelos, además de ofrecer una gran variedad de climas y tipos de vegetación que permiten una mayor disponibilidad de nichos y una gran diversificación del grupo. Rodríguez-Jiménez *et al.* (2005) menciona que 14 especies de pteridofitas son endémicas a lo que es los límites de la cuenca del Río del Balsas.

Respecto al hábito de crecimiento, el 75% de las especies son de hábito terrestre, lo que es característico de las especies adaptadas a ambientes más secos que se ubican en sustratos como piedras y el suelo (Cuevas *et al.*, 2013).

Según Martínez-Salas y Ramos (2014), las colectas de helechos en general para el país han sido escasas, y más deficiente en aquellas zonas más secas, lo cual es preocupante ya que más del 60% del territorio posee clima árido o semiárido (Cuevas *et al.*, 2013). El cerro está sujeto al disturbio debido a que se localiza cerca

del pueblo, por lo que la comunidad vegetal presente puede ser modificada o destruida, y esto enfatiza la urgencia de seguir investigando y proponer planes de manejo para su conservación. La riqueza aquí encontrada es una situación que refleja la necesidad de más investigaciones florístico-taxonómicas para comprender y conocer la distribución de la pteridoflora en estos ambientes.

Conclusión

Se hace evidente la necesidad de llevar a cabo más estudios de la taxonomía del grupo, ampliar la investigación de campo (en esta y otras zonas geográficas de la región y del país), para así contar con más argumentos para proponer acciones para su manejo o conservación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los pobladores de la comunidad de Palmitas, a Damián Berra Alanís y Dagoberto Valentín Martínez quienes colaboraron en las colectas botánicas, y a Daniel Tejero Díez que apoyo en la determinación de dos ejemplares.

Literatura citada

- Aldasoro J.J., Cabezas F. y Aedo C. 2004. Diversity and distribution of ferns in sub-Saharan Africa, Madagascar and some islands of the South Atlantic. *Journal of Biogeography* **31**: 1579-1604.
- Anthelme F., Abdoukader A. y Viane R. 2011. Are ferns in arid environments underestimated? Contribution from the Sahara Mountains. *Journal of Arid Environments* **75**: 516-523.
- Arreguín-Sánchez M. de la L., Fernández N.R., Rodríguez-Jiménez C. y Rodríguez-Jiménez A. 1996. Pteridofitas en el estado de Querétaro, México y su ubicación ecológica. *Polibotánica* **3**: 82-92.
- Arreguín-Sánchez M. de la L., Fernández-Nava R., Quiroz-García D.L. y Acosta-Castellanos S. 2009. Análisis de la distribución de las especies de helechos y afines del Valle de México, notas ecológicas y florísticas. *Polibotánica* **28**: 15-36.
- Canfield H.R. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry* **39**: 388-396.

- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y SEMARNAT (Secretaría del medio ambiente y Recursos Naturales). 2009. Cuarto Informe Nacional de México al Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F.
- Cornejo-Tenorio G., Casas A., Farfán B., Villaseñor J.L. y Ibarra-Manríquez. 2003. Flora y vegetación de las zonas núcleo de la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **73**: 43-62.
- Cuevas H.A.L., Sánchez-González A. y Tejero-Díez J.D. 2013. Pteridophytes of a Semiarid Natural Protected Area in central Mexico. *Natural Areas Journal* **33(2)**: 177-188.
- Da Silva X.S.R., Leão B.I.C. y Pessôa S.A.C. 2012. Ferns and lycophytes in Brazil's semi-arid región. *Rodriguésia* **63(2)**: 483-488.
- Dirzo, R. y Raven, P. 1994. Un inventario biológico para México. *Bol. Soc. Bot.* **55**. pp. 29 -34.
- Espinoza O.N. 1986. Pteridoflora del Municipio de Iturbide, Nuevo León, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey N.L. México. 150 pp.
- Fay-Wei Li, K. M. Pryer and Michael D.. 2012. Gaga, a New Fern Genus Segregated from Cheilanthes (Pteridaceae). *Systematic Botany* **37(4)**: pp. 845–860
- Fernández N.R., Rodríguez-Jiménez C., Arreguín-Sánchez M. de la L. y Rodríguez-Jiménez A. 1998. Listado florístico de la cuenca del río Balsas, México. *Polibotánica* **9**: 1-151.
- Galindo-Becerril G. y Fernández-Nava R. 2002. Inventario florístico de Amacuzac, Morelos, México. *Polibotánica*. Instituto Politécnico Nacional. Núm.013. 107-135 pp.
- García L., E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 246 pp.
- Gómez-Blanco. A. 1997. Los Inventarios regionales de España en el siglo XIX (1833-1874). *Zubia. Monográfico. Logroño*.9:13-28.
- Hietz P. 2010. Fern adaptations to xeric environments. En Mehltreter K., Walker L.R y Sharpe J.M. Eds. *Fern Ecology*, pp. 140-176, Cambridge University Press.
- INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010, Tuxpan, Michoacán de Ocampo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México

- INEGI. 2014. Mapa digital de México. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/>> (consultado: 04 Julio, 2014).
- International Union of Soil Sciences. 2007. Base referencial mundial del recurso suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO. Roma
- Kessler M. 2010. Biogeography of ferns. En Mehltreter K., Walker L.R y Sharpe J.M. Eds. Fern Ecology, pp. 22-60, Cambridge University Press.
- Martínez M., Pérez F. M. A. y Farrera S. O. 2008. Inventario florístico del cerro el Cebú y zonas adyacentes en la reserva de la biosfera el triunfo (polígono 5) Chiapas, México. Num. 082. Sociedad Botánica de México. AC. Pp.21-40.
- Martínez-Salas E. y C.H. Ramos. 2014. Biodiversidad de Pteridophyta en México. Revista Mexicana de Biodiversidad Supl. 85: S110-S113.
- Martínez-Salas E. y Ramos C.H. 2014. Biodiversidad de Pteridophyta en México. Revista Mexicana de Biodiversidad Suplemento. 85: s110-s113.
- Medina G.C. y Rodríguez J.S. Junio de 1993. Estudio florístico de la cuenca del río Chiquito de Morelia, Michoacán, México. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes Fascículo complementario IV.
- Medina G.C., Guevara-Féfer F., Martínez R.M.A., Silva-Sáenz P. y Chávez-Carbajal M.A. 2000. Estudio florístico en el área de la comunidad indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Acta botánica Mexicana **52**: 5-41.
- Mickel J.T. y A.R. Smith. 2004. Pteridophytes of Mexico. Memoirs of the New York Botanical Garden. NYBG. Press. 702 pp.
- Missouri Botanical Garden. 2016. Tropicos. Disponible en: <<http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx>>, última consulta: 04 Julio de 2015.
- Mittermeier, R. y C. Goettsch. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: Sarukhán, J. y R. Dirzo (comps.). México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO. México.
- Ramírez-Cruz S., Sánchez-González A. y Tejero-Díez. 2009 D. La Pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México **84**: 35-44.
- Reyes, J.M. y D. Martínez (2002). El futuro de la vegetación de México. Elementos: Ciencia y Cultura. **9**: 45-49.

- Riba R., Pacheco L., Valdés A. y Sandoval Y. 1996. Pteridoflora del estado de Morelos, México. Lista de familias, géneros y especies. *Acta Botánica Mexicana* **37**: 45-65.
- Rodríguez-Jiménez C., Fernández-Nava R., Arreguín-Sánchez M. de la L. y Rodríguez-Jiménez A. 2005. Plantas vasculares endémicas de la cuenca del río Balsas, México. *Polibotánica* **20**: 73-99
- Rodríguez-Romero L., Pacheco L. y Zavala-Hurtado J.A. 2008. Pteridofitas indicadoras de alteración ambiental en el bosque templado de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, México. *Revista de Biología Tropical* 56(2): 641-656.
- Rzedowski J. 1986. Vegetación de México. Ed. Limusa. Primera edición. México. 432 pp.
- Rzedowski J. 2015. Algunas reflexiones en torno al trabajo florístico en México. *Botanical Sciences*. Vol 93 (1): 1-2.
- Sarukhán, J., *et al.* 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Schuettpelz E., Schneider H., Huiet L., Windham M.D. y Pryer K.M. 2007. A molecular phylogeny of the fern family Pteridaceae: Assessing overall relationships and the affinities of previously unsampled genera. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **44**: 1172-1185.
- Sharpe, J.M.; Mehlreter K.; Walker L.R. 2010. Ecological importance of ferns. En; Mehlreter K., Walker L.R. y Sharpe, J.M. *Ferns Ecology*. Ed. Cambridge University Press. Primera edición. Reino Unido. 1-21 pp.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2016. Información climatológica. Comisión Nacional del agua. Disponible en: <<http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=mich>>, última consulta: 27 de junio de 2016.
- Squeo F.A., Cavieres L.A., Arancio G., Novoa J.E., Matthei O., Marticorena C., Rodríguez R., Arroyo M.T y Muñoz M. 1998. Biodiversidad de la flora vascular en la Región de Antofagasta, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* **71**: 571-591.
- Suárez S., L. N. 2012. Distribución de la Pteridoflora en la Microcuenca de Ichaqueo, Morelia, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. Morelia Mich., México. 156 pp.

- Tejero-Díez J.D. y Arreguín-Sánchez M. de la L. 2004. Lista con anotaciones de los pteridófitos del estado de México. *Acta Botánica Mexicana* **69**: 1-82.
- Tejero-Díez J.D. y Pacheco L. 2004. Taxa nuevos, nomenclatura, redefinición y distribución de las especies relacionadas con *Polypodium colpodes* Kunze (Polypodiaceae, Pteridophyta). *Acta Botánica Mexicana* **67**: 75-115.
- Tejero-Díez J.D., Torres-Díaz A.N. y Gual-Díaz M. 2014. Lycopodios y helechos en el bosque mesófilo de montaña de México. En: Gual-Díaz M. y Rendón-Correa A. Eds. *Bosques mesófilos de montaña de México*, pp. 197-220, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Vázquez T.M., Campos J.J. y Cruz P.A. 2006. Los helechos y plantas afines del bosque mesófilo de montaña de Banderilla, Veracruz, México. *Polibotánica* **22**: 63-77.