



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

**Inventario de los helechos y licopodios del municipio de
Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México**

T E S I S

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

P R E S E N T A :

María Guadalupe Pérez Paredes

Director de tesis: Dr. Arturo Sánchez González



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
 INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICA E INGENIERÍA
 CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
 COORDINACIÓN DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

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

P R E S E N T E

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado al pasante de Licenciatura en Biología **Pérez Paredes María Guadalupe**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis titulado **“Inventario de los helechos y licopodios del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México”**, que después de revisarlo en reunión de sinodales han decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

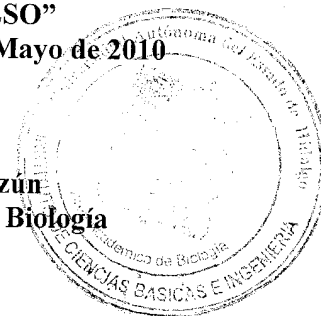
A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE:	Quím. Blanca Estela Pérez Escandón	
SECRETARIO:	M. en C. Miguel Ángel Villavicencio Nieto	
PRIMER VOCAL:	M. en C. Manuel González Ledesma	
SEGUNDO VOCAL:	Dra. Ana Laura López Escamilla	
TERCER VOCAL:	Dr. Arturo Sánchez González	
PRIMER SUPLENTE:	Dra. Maritza López Herrera	
SEGUNDO SUPLENTE:	Dra. Claudia Teresa Hornung Leoni	

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

A T E N T A M E N T E
“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”
 Mineral de la Reforma, Hidalgo a 3 de Mayo de 2010

Dr. Juan Carlos Gaytán Oyarzun
 Coordinador de la Licenciatura en Biología



CONTENIDO GENERAL	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	4
Estudios sobre Pteridofitas realizados en México	4
Estudios sobre Pteridofitas realizados en el estado de Hidalgo	4
Usos de helechos y licopodios	4
El bosque mesófilo de montaña	6
Índices filogenéticos para medir la biodiversidad	8
OBJETIVOS	11
Objetivo general	11
Objetivos particulares	11
ZONA DE ESTUDIO	12
MÉTODO	14
Trabajo de campo	14
Trabajo de laboratorio	17
Diversidad taxonómica	18
RESULTADOS	21
Listado florístico de las especies de helechos y licopodios	21
Sustratos de crecimiento	27
Descripción de los nuevos registros para el estado de Hidalgo	27
Análisis de la diversidad taxonómica entre regiones	34
DISCUSIÓN	38

CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
APÉNDICES	55
Anexo 1. Lista de especies de helechos y licopodios presentes en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo	55
Anexo 2. Glosario	60

ÍNDICE DE CUADROS	Página
Cuadro 1. Estudios sobre helechos y licopodios en el estado de Hidalgo	5
Cuadro 2. Datos generales de los sitios de recolección dentro del municipio de Zacualtipán de Ángeles	21
Cuadro 3. Número de familias, géneros y especies de helechos y licopodios del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo	23
Cuadro 4. Número de especies y géneros por familia de helechos y licopodios del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo	24
Cuadro 5. Número de especies por género de helechos y licopodios del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo	25
Cuadro 6. Distribución actual conocida de los helechos y licopodios que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo	28
Cuadro 7. Diversidad taxonómica de helechos y licopodios en siete municipios y ANP del estado de Hidalgo	34
Cuadro 8. Índices de diversidad taxonómica del estado de Hidalgo y de siete regiones dentro del mismo	35

ÍNDICE DE FIGURAS	Página
Figura 1. Ubicación del área de estudio. Zacualtipán de Ángeles.	12
Figura 2. Bosque mesófilo de montaña y arroyuelo presentes en el municipio.	14
Figura 3. Cambio en el uso del suelo de la zona de estudio.	15
Figura 4. Ejemplares de <i>Asplenium sessilifolium</i> y <i>Botrychium decompositum</i> .	16
Figura 5. Prensado de ejemplares.	17
Figura 6. Identificación de ejemplares.	18
Figura 7. Mapa de distribución de las familias de helechos y licopodios en los sitios de muestreo.	26
Figura 8. Sustrato de crecimiento de los helechos y licopodios.	27
Figura 9a. Mapa de distribución. b. Ejemplar de <i>Cheilanthes cuneata</i> .	29
Figura 10a. Mapa de distribución. b. Ejemplar de <i>Dicranopteris flexuosa</i> .	30
Figura 11a. Mapa de distribución. b. Ejemplar de <i>Pecluma atra</i> .	31
Figura 12a. Mapa de distribución. b. Ejemplar de <i>Pecluma ferruginea</i> .	32
Figura 13a. Mapa de distribución. b. Ejemplar de <i>Phanerophlebia gastonyi</i> .	33
Figura 14. Promedio de diversidad taxonómica (Δ^+) en siete zonas del estado de Hidalgo.	36
Figura 15. Varianza de la diversidad taxonómica (λ^+) en siete zonas del estado de Hidalgo.	37

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Arturo Sánchez González, por darme la oportunidad de trabajar bajo su dirección, por todo el apoyo recibido y por impulsarme siempre a crecer personal y académicamente.

A mis sinodales: Quím. Blanca Estela Pérez Escandón, M. en C. Miguel Ángel Villavicencio Nieto, M. en C. Manuel González Ledesma, Dra. Ana Laura López Escamilla, Dra. Maritza López Herrera y Dra. Claudia Teresa Hornung Leoni que con sus observaciones ayudaron a enriquecer el presente trabajo.

Al Dr. J. Daniel Tejero Díez por su apoyo en la identificación de ejemplares y en la verificación de los nuevos registros.

Al Biól. Gilberto Mendoza Madrigal por su apoyo en el trabajo de campo.

Al Biól. Héctor Serrano Martínez por su ayuda en campo y en la identificación de pteridofitas.

Al Biól. Miguel Campos Bustos por su apoyo en la elaboración de mapas.

*La realización del presente trabajo contó con el apoyo del proyecto **Diversidad Biológica del Estado de Hidalgo (segunda fase) FOMIX-CONACyT 2008-95828.***

DEDICATORIAS

Son muchas las personas a las que quisiera agradecer su apoyo, amistad y compañía en las etapas de mi vida. Algunas están aquí conmigo, otras solo en el recuerdo, donde quiera que estén, gracias por haber dejado huella en mi.

A mis padres, Narciso e Isabel, por infundirme los valores y la disciplina que guían mi vida. A mi mamá, gracias por el apoyo, la confianza y por siempre estar a mi lado. A mi papá, por el gran esfuerzo que realizas día a día para sacarnos adelante, el cual te mantiene lejos de mí, pero siempre en el corazón.

A mi hermano Marco por estar conmigo y apoyarme siempre, pero sobre todo por ser mi amigo.

A mi tía Rosa por tener siempre las palabras adecuadas para cada situación.

A mi prima Jacque, que supo ser más que amiga.

A mi familia...los amo.

A mis amigos de la carrera y de la vida: Mayra, Héctor, Osiel, Alex, Jorge y Pablo.

A Memo, por llegar en el momento oportuno. Por el apoyo y cariño constantes.

Al M. en C. Jesús M. Castillo Cerón, por ser además de profesor un gran amigo. Gracias por tus consejos y por brindarme tu ayuda cada vez que acudí a ti.

RESUMEN

Los helechos y licopodios son un grupo de plantas que se encuentran en diferentes ecosistemas, pero alcanzan su mayor diversidad y abundancia en las regiones montañosas templadas y húmedas. En el estado de Hidalgo se han realizado sólo cinco estudios que se enfocan exclusivamente a este grupo de plantas, y una gran parte de la entidad se encuentra sin explorar, tal es el caso del municipio de Zacualtipán de Ángeles, por lo que es importante conocer la composición y distribución de las pteridofitas en el municipio. El objetivo del presente trabajo fue realizar un inventario de las especies de helechos y licopodios presentes en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, y comparar su diversidad taxonómica con la de otros municipios o regiones dentro del estado. La recolección de los ejemplares de pteridofitas se realizó principalmente en el BMM, por ser el tipo de vegetación con mayor riqueza de especies de pteridofitas y secundariamente en bosques de *Quercus*, *Pinus-Quercus*, zonas rocosas (malpaís), arroyuelos y márgenes de cuerpos de agua presentes en el municipio. Se recolectaron un total de 327 ejemplares de helechos y licopodios, los cuales pertenecen a 21 familias, 51 géneros y 124 especies, de las cuales cinco representan nuevos registros para el estado de Hidalgo. El municipio de Zacualtipán presentó una alta diversidad taxonómica con respecto a otros municipios o regiones del estado de Hidalgo, lo cual indica que posee un conjunto de taxones de pteridofitas representativo de la diversidad estatal y sería importante considerarlo como un municipio donde se implementen medidas de conservación y manejo para salvaguardar su riqueza taxonómica.

INTRODUCCIÓN

Los helechos y licopodios (pteridofitas) son un grupo de plantas vasculares que se caracterizan por que se reproducen por esporas y por presentar un ciclo biológico alternante, con una fase asexual o esporofítica y una fase sexual o gametofítica (Pérez y Reyes, 1993; Tejero-Díez, 2007). Generalmente son plantas herbáceas, sin crecimiento secundario y la mayoría son perennes. Presentan una gran variedad de formas, tamaños, hábitats e inclusive de usos (Pérez-García *et al.*, 1995).

Actualmente, los helechos y licopodios se clasifican en dos divisiones: Lycopodiophyta, integrada por las clases, Lycopodiopsida, Isoetopsida y Selaginellopsida; y Polypodiophyta conformada por cuatro clases, Equisetopsida, Marattiopsida, Polypodiopsida y Psilotopsida (Pryer *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2006).

Las Pteridofitas se encuentran en diferentes ecosistemas alrededor del mundo, pero es en las regiones cálido-húmedas montañosas y tropicales donde la diversidad y la abundancia de este grupo de plantas son mayores. En México se distribuyen en todos los tipos de vegetación reconocidos (Palacios-Ríos, 2007).

Los bosques mesófilos de montaña (BMM) de México son los que poseen el mayor número de especies de helechos y licopodios, seguidos por los bosques tropicales húmedos, los de pino-encino, los bosques tropicales caducifolios, la vegetación xerófila y la acuática (Riba, 1998).

Dentro de la riqueza de especies vegetales que conforman los BMM, los helechos y licopodios representan cerca de 20%, con distintas formas biológicas, desde epífitos y herbáceos hasta arborescentes; además, este grupo de plantas es particularmente ilustrativo del alto número de endemismos en el BMM, así

como también de especies amenazadas, como en el caso de algunos helechos arborescentes de la familia Cyatheaceae (Williams-Linera, 2007).

Se estima que la diversidad de helechos y licopodios a nivel mundial ronda entre las 10,000 y 11,000 especies (Mendoza-Ruiz y Pérez-García, 2009). En México se señala que existen alrededor de 1,008 especies y 16 variedades o subespecies de helechos y licopodios (Mickel y Smith, 2004), lo cual representa el 4.3 % de la flora vascular de todo el país, calculada en 23,359 especies (Villaseñor, 2003), sin contar los taxa infraespecíficos.

Se estima que en el estado de Hidalgo existen más de 362 especies de helechos y licopodios (Sánchez-González *et al.*, datos no publicados); y se les ha estudiado como parte de inventarios de la flora vascular en general (Luna-Vega *et al.*, 1994; Alcántara y Luna-Vega, 1997; Mayorga *et al.*, 1998; Alcántara y Luna-Vega, 2001; Ponce-Vargas *et al.*, 2006) y de manera más específica (Sánchez y Chávez, 1951; Cuevas, 2008; Ramírez *et al.*, 2009; Pérez, 2009; Zúñiga, 2009; Serrano, 2010 en proceso; Álvarez, 2010 en proceso).

ANTECEDENTES

Estudios sobre Pteridofitas realizados en México

Los estudios más sobresalientes versan sobre inventarios de la pteridoflora de estados como Oaxaca (Mickel y Beitel, 1988), Morelos (Riba *et al.*, 1996), Querétaro (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2001), Estado de México (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez, 2004; Tejero-Díez, 2007) y la Pteridoflora del Valle de México (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004); así como varios estudios florísticos realizados en Baja California, Chihuahua, Chiapas, Tabasco, Quintana Roo, Península de Yucatán, Nuevo León, Coahuila (Lira y Riba, 1993), Veracruz (Castillo-Campos *et al.*, 2005) y estado de México (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2009). Sobresale también el libro “Las Pteridofitas de México” de Mickel y Smith (2004) donde se describen e ilustran 1,008 especies y 16 subespecies, 40 de los cuales son nuevos registros para México, y el primer volumen de la obra: Helechos y licopodios de México (Mendoza-Ruiz y Pérez-García, 2009).

Estudios sobre Pteridofitas realizados en el estado de Hidalgo

Los estudios sobre helechos y licopodios realizados en el estado de Hidalgo se pueden clasificar en dos grupos: (1) inventarios de flora vascular general, que ofrecen sólo listados parciales de las pteridofitas; y (2) los que se enfocan exclusivamente a este grupo de plantas (Cuadro 1).

Usos de helechos y licopodios

Los helechos y licopodios son utilizados en muchas partes del mundo con diversos fines, tales como medicinales, ornamentales e inclusive alimenticios. Sin

embargo, resultan también ser de gran utilidad a nivel ecológico, debido a que la fase de gametofito requiere de condiciones ambientales muy particulares, por lo cual su presencia o ausencia en un bosque puede ser un indicador para definir si el ecosistema es prístino o está perturbado, pues son muy sensibles a los cambios ambientales. Por ello, el estado de conservación que estos organismos guardan, es a su vez un indicador del grado de deterioro del ambiente, lo cual ilustra la importancia intrínseca del grupo (Tejero-Diez, 2007).

Cuadro 1. Estudios sobre helechos y licopodios en el estado de Hidalgo

Municipio o región	Año	Autor	No. de especies
Omitlán*	1951	Sánchez y Chávez	44
Tlanchinol	1994	Luna-Vega <i>et al.</i>	36
Tenango de Doria	1997	Alcántara y Luna-Vega	37
Molocotlán, Molango y Xochicoatlán	1998	Mayorga <i>et al.</i>	27
Eloxochitlán y Tlahuelompa	2001	Alcántara y Luna-Vega	29
Valle de México*	2004	Arreguín-Sánchez <i>et al.</i>	34
Monte Grande, Lolotla	2006	Ponce-Vargas <i>et al.</i>	30
Reserva de la Biósfera Barranca de Metztlán*	2008	Cuevas	77
Parque Nacional Los Mármoles*	2009	Ramírez <i>et al.</i>	71
Calnali*	2009	Pérez	115
Tenango de Doria*	2009	Zúñiga	112
Zacualtipán de Ángeles*	2010	Presente estudio	124
Parque Nacional El Chico*	En proceso	Serrano-Martínez	62
Tlanchinol*	En proceso	Álvarez	111

* Estudios específicos con helechos y licopodios

Un ejemplo interesante de resaltar es el de los helechos arborescentes, los cuales forman en la base del peciolo una masa de raíces adventicias que se denomina “maquique”. Esta estructura fibrosa es utilizada para elaborar algunas artesanías y como sustrato para sembrar orquídeas, bromelias, helechos y otras epífitas, por ser una fibra natural que tiene buen drenaje y se mantiene húmeda por mucho tiempo. Debido al uso indiscriminado del maquique y aunado al deterioro de su hábitat, especies como *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Dicksonia sellowiana* y *Sphaeropteris horrida* se encuentran actualmente en alguna categoría de riesgo dentro de la norma oficial mexicana (NOM-059, 2001).

Gracias a la gran capacidad de dispersión de sus esporas a través del viento, los helechos y licopodios son también considerados como especies pioneras, y resultan muy importantes en las primeras etapas de la sucesión en los ecosistemas (Rodríguez-Romero *et al.*, 2008). Especies como *Dicranopteris pectinata*, *Lycopodium clavatum*, *Pityrogramma ebenea*, *Selaginella delicatissima*, *S. lineolata*, *S. tarda*, *Sticherus bifidus*, y especies de los géneros *Cheilanthes* y *Pteridium*, entre otras, son consideradas invasoras o colonizadoras de ambientes perturbados y generalmente se encuentran a orillas de caminos, en laderas taladas o bosques recién quemados (Tejero-Diez, 2007; Arcand y Ranker, 2008).

El bosque mesófilo de montaña

El bosque mesófilo de montaña, también conocido como bosque de niebla, representa un tipo de vegetación con una gran riqueza de especies y complejidad estructural; en donde confluyen factores tales como la cubierta de nubes que

provoca una alta humedad y una baja incidencia solar durante el día, lo que hace que la temperatura y la intensidad de la luz disminuyan (Luna-Vega *et al.*, 1994).

En México, el BMM es considerado un ecosistema complejo debido a su origen y composición; además de que presenta características geográficas y ecológicas muy variadas, aunque en estos sitios es común la alta humedad atmosférica y las temperaturas moderadas (Luna-Vega *et al.*, 1994; Challenger, 1998).

En este ecosistema se distinguen dos elementos florísticos, el templado y el tropical. La fusión de estas dos floras, hacen del BMM uno de los ecosistemas más diversos por unidad de superficie de México (Rzedowski, 1991).

En México, los bosques mesófilos de montaña tienen una distribución geográfica a manera de archipiélagos dentro de las Sierra Madre Oriental, Occidental y la Faja Volcánica Transmexicana; dentro de estos, cada isla se caracteriza por presentar su propia composición biótica, resultado de la humedad, altitud, latitud, suelo y clima presentes en cada sitio (Ponce-Vargas *et al.*, 2006).

En el estado de Hidalgo, el BMM ocupa una superficie de 21,641 ha y se distribuye en la vertiente del Golfo de México de la Sierra Madre Oriental, entre los 1,000 y 2,000 m de altitud, aunque su intervalo de distribución en México suele ser más amplio, va de los 750 a los 2,400 m. Lo anterior, lo ubica como el tercer estado con mayor superficie de bosque mesófilo luego de Oaxaca y Chiapas (Ortega y Castillo, 1996; Luna-Vega *et al.*, 2000). Dentro de las especies arbóreas típicas del dosel en este ecosistema se encuentran las pertenecientes a los géneros *Liquidambar*, *Quercus*, *Magnolia*, *Pinus* y *Podocarpus*, entre otras (Martínez-Morales, 2007).

No obstante, la condición relictual del BMM en México (puesto que ocupa solo el 1 % del territorio), alberga cerca de 3,000 especies de plantas vasculares, lo cual representa 11.5% del total de la flora vascular del país e incluye un alto número de endemismos (Rzedowski, 1991), por lo que ha sido catalogado como uno de los que posee mayor riqueza de especies por unidad de superficie (Rzedowski, 1998).

En la actualidad, el BMM a nivel nacional, se encuentra muy fragmentado, lo cual acentúa su distribución en forma de islas. Muchas de las actividades humanas, especialmente traducidas en cambios en el uso de suelo para ganadería, agricultura y vivienda, así como la explotación forestal y de productos no maderables, están afectando de una manera significativa la existencia del BMM (Vázquez-Torres *et al.*, 2006).

Índices filogenéticos para medir la biodiversidad

El término biodiversidad se acuñó a finales de los años 80 del siglo XX y significa diversidad o variedad biológica (Moreno, 2001), la cual es resultado de un complejo e irrepetible proceso evolutivo. La diversidad biológica se define como “la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas” (UNEP, 1992).

Tradicionalmente, la diversidad se ha medido con base en el número de especies (riqueza de especies) y la densidad de organismos por especie (equidad) (Desrochers y Anand, 2004). Sin embargo, hay una controversia acerca del grado

de contribución de cada una de las especies de un grupo a la diversidad del mismo (Weikard *et al.*, 2006). Por ejemplo, un ensamble compuesto de especies distantes (especies taxonómicamente alejadas, o que tienen papeles y características ecológicas distintas), es intuitivamente más diverso que un ensamble compuesto del mismo número de especies, pero estrechamente relacionadas (taxonómica o ecológicamente).

Por lo tanto, la interpretación de la biodiversidad usando únicamente las medidas convencionales de riqueza/eqüidad para estimar la diversidad de especies, debe ser de poca utilidad. Si se continúan utilizando sólo medidas convencionales para monitorear la variación espacial y temporal de la diversidad de especies, los cambios podrían permanecer sin detectarse, hasta que la pérdida de la biodiversidad y la degradación ambiental estén muy avanzadas (Clarke y Warwick, 1998; Anu y Sabu, 2006).

Atendiendo a esta demanda, se han creado nuevos índices de diversidad, que permitan reflejar dichas prioridades y que toman en cuenta las relaciones de parentesco entre las especies asignándoles un peso específico.

De entre un gran número de medidas de biodiversidad desarrolladas recientemente, destacan los índices que se basan en las diferencias taxonómicas entre especies o individuos, desarrollados por Warwick y Clarke (1995, 2001). Los índices de diversidad basados en el parentesco taxonómico son independientes del esfuerzo de muestreo y del tamaño de la muestra, además proveen de información más intuitiva que los índices convencionales (Warwick y Clarke 2001; Anu y Sabu, 2006; Bhat y Magurran, 2006).

Algunos índices de diversidad taxonómica se pueden estimar con datos de presencia ausencia de las especies, por lo que son de interés particular para comparar hábitats en donde sólo existen listas de especies. Lo anterior resulta importante desde el punto de vista de la conservación de la diversidad biológica, puesto que en las decisiones de conservación se debe dar prioridad a las especies con características morfológicas o genéticas únicas (Allen *et al.*, 2009).

La información de los párrafos anteriores, está encaminada a resaltar la importancia de completar el inventario de las especies de helechos y licopodios del estado de Hidalgo, en especial dentro del BMM, un tipo de vegetación en peligro de extinción, y de utilizar índices basados en diferencias taxonómicas (además de los índices de diversidad convencionales), para estimar de manera integral la biodiversidad de un área particular. Con base en ello, los objetivos del presente trabajo fueron:

OBJETIVO GENERAL

- Realizar un inventario de las especies de helechos y licopodios presentes en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Aportar información sobre la composición de familias, géneros y especies de Pteridofitas del BMM del municipio de Zacualtipán, estado de Hidalgo.
- Estimar la diversidad taxonómica de las especies de helechos y licopodios presentes en el municipio de Zacualtipán y compararla con la de otros municipios o regiones dentro del estado de Hidalgo.

ZONA DE ESTUDIO

El municipio de Zacualtipán se ubica geográficamente entre las coordenadas 20° 39' de latitud norte y 98° 39' de longitud oeste, a una altitud de 1,980 m. Colinda al Norte con Tianguistengo y el estado de Veracruz, al Sur con Metzquititlán, al Este con el estado de Veracruz y al Oeste con Metztitlán y Xochicoatlán (Fig. 1). Tiene una extensión territorial de 241.60 km² (INEGI, 1995; Alcántara y Luna-Vega, 2001).

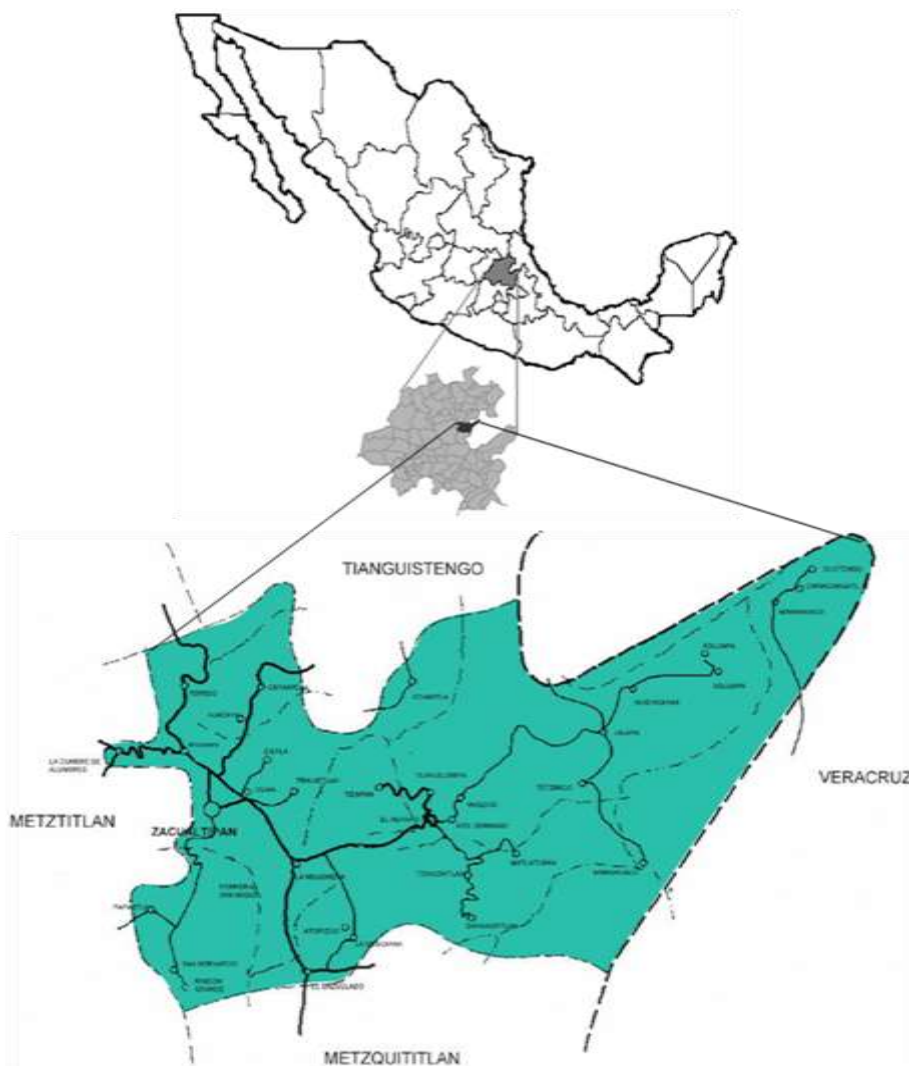


Figura1. Ubicación del área de estudio. Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo.

Orografía: el municipio de Zacualtipán de Ángeles se localiza en la parte meridional de la Sierra Madre Oriental, también conocida como Sierra Alta Hidalguense y una pequeña parte en la Faja Volcánica Transmexicana, subprovincia conocida como Carso Huasteco. Está constituida por pendientes, mesetas y cañones, acentuándose al oriente con un relieve montañoso y bastante heterogéneo. En la conformación geológica del municipio predominan las rocas paleozoicas y mesozoicas (Ehnis, 1981).

Hidrografía: el municipio cuenta con los ríos Tlatoxca, Chiliapa, Panotlán y La Joya, así como uno de cauce menor que es el Mazahuacán. En las comunidades de Tizapán, Tlahuelompa, Tehuizila y Tepeoco se pueden encontrar arroyos permanentes (INEGI, 1995).

Clasificación y usos de suelo: el suelo pertenece a la etapa mesozoica y es de tipo arcilloso, rico en materia orgánica y en nutrientes. El uso del suelo es en su mayoría forestal (65%). La tenencia de la tierra es ejidal y de pequeña propiedad (Alcántara y Luna-Vega, 2001).

Clima: presenta un clima templado húmedo con lluvias todo el año, C(fm)b(i)g, sin presencia de canícula. Con una temperatura media anual entre 12° y 18° C; la temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22° C y la del mes más frío entre -3° y 18° C, marcha anual de temperatura tipo Ganges. El porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual es menor de 18, con verano fresco y largo, con poca oscilación térmica (entre 5° y 7° C), la precipitación promedio anual es de 1,316 mm. El mes más húmedo es septiembre y el más seco diciembre (Pavón y Meza-Sánchez, 2009).

MÉTODO

Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en la exploración y recolecta exhaustiva de ejemplares de helechos y licopodios en distintas localidades y tipos de vegetación del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo.

La recolección de los ejemplares de pteridofitas se realizó principalmente en el BMM, por ser el tipo de vegetación con mayor riqueza de especies de pteridofitas (Rzedowski, 1991; Challenger, 1998; Williams-Linera, 2007) y secundariamente en bosques de *Quercus*, *Pinus-Quercus*, zonas rocosas (malpaís), arroyuelos y márgenes de cuerpos de agua presentes en el municipio de Zacualtipán (Fig. 2).



Figura 2. Bosque mesófilo de montaña (izquierda) y arroyuelo (derecha) presentes en el municipio de Zacualtipán.

Se eligieron los sitios con menor disturbio, pero la mayoría de ellos presentaron algún signo de perturbación evidente (Fig. 3) tales como presencia o huellas de ganado, troncos caídos, áreas de cultivo, reforestación, caminos entre el bosque, rastros de incendios, cercados, poblados cercanos, tiraderos de basura, entre otros. Por lo anterior, durante la recolección y búsqueda de ejemplares se exploró cada tipo de vegetación detalladamente, para encontrar microambientes menos alterados, propicios para el desarrollo de las pteridofitas. En total se realizaron nueve salidas al campo, durante los años 2008 (una salida), 2009 (seis) y 2010 (dos), en 23 localidades diferentes.



Figura 3. Cambio en el uso del suelo de la zona de estudio.

Para la recolección de ejemplares de pteridofitas, se seleccionaron individuos completos, libres de daño físico, que presentaran rizoma y esporangios maduros (Fig. 4), debido a que estas estructuras son esenciales para la determinación taxonómica (Lot y Chiang, 1986).



Figura 4. Ejemplar de *Asplenium sessilifolium* con esporangios maduros (izquierda). Ejemplar de *Botrychium decompositum* (derecha).

Después de la recolecta los ejemplares fueron prensados (Fig. 5), para lo cual se colocaron dentro de un fólter de papel periódico sobre el que se anotaron las iniciales del colector y su número de colecta. Con este número de referencia fue posible extraer la información que se escribió en la libreta de campo (altitud, latitud, lugar y fecha de colecta, entre otros datos). Cada uno de los ejemplares se colocó entre dos cartones corrugados (que favorecen el flujo del aire) y se prensaron apretando las correas de la prensa botánica (Sánchez-González y González, 2007).



Figura 5. Prensado de ejemplares en campo.

Trabajo de laboratorio

Los ejemplares recolectados se trasladaron al herbario del Centro de Investigaciones Biológicas (HGOM), para posteriormente colocar la prensa en la secadora, durante dos días aproximadamente, dependiendo del grado de hidratación de los mismos. Una vez secos, los ejemplares se identificaron a nivel de especie con base en las claves de Rojas-Alvarado (2003) y Mickel y Smith (2004), de este último se tomaron también las autoridades taxonómicas (Fig. 6). Después de la identificación, los ejemplares se montaron en cartulinas de papel bond de buena calidad y libres de ácido de 29 x 40 cm, con una etiqueta en la parte inferior izquierda con los datos estándar sugeridos por Lot y Chiang (1986).



Figura 6. Identificación de ejemplares.

Análisis de la diversidad taxonómica

Se elaboraron ocho matrices de datos, la primera a partir de un listado de 362 especies de helechos y licopodios presentes en el estado de Hidalgo (Sánchez-González *et al.*, datos no publicados) y las siete restantes de inventarios locales realizados en los siguientes municipios y áreas naturales protegidas (ANP): Calnali (Pérez, 2009), Tenango de Doria (Zúñiga, 2009), Parque Nacional Los Mármoles (PNM; Ramírez *et al.*, 2009), Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán (RBBM; Cuevas, 2009), Parque Nacional El Chico (PNC; Serrano, en proceso), Tlanchinol (Álvarez, en proceso) y Zacualtipán de Ángeles (presente estudio).

Mediante el procedimiento TAXDTEST, incluido en el programa de cálculo PRIMER 5 para Windows (Clarke y Gorley, 2001), se obtuvo el índice de diversidad taxonómica promedio (distintividad taxonómica; Δ^+) y el índice de variación de la diversidad taxonómica (λ^+). El índice Δ^+ , es una medida del grado en el cual las especies de una muestra están taxonómicamente relacionadas unas

con otras, y se calcula como el promedio de los valores de cada posible combinación de pares de especies encontradas en un sitio. TAXDTEST compara el valor de Δ^+ de un sitio (municipios y ANP) con el de una lista regional (estado de Hidalgo), para detectar diferencias significativas en la diversidad (Warwick y Light, 2002).

Si los valores medidos caen fuera del intervalo de 95% de probabilidad, entonces, estadísticamente no pueden ser considerados representativos de la biodiversidad regional; por otro lado, si los valores se ubican dentro de los límites del embudo, la muestra no es significativamente diferente en estructura taxonómica a la lista regional (Warwick y Light, 2002).

La variación en la diversidad taxonómica λ^+ , refleja el grado de homogeneidad en la distribución de las diferentes categorías taxonómicas en el árbol filogenético de una determinada lista de especies, matemáticamente se considera como la varianza de Δ^+ . El índice λ^+ es una medida de la asimetría de un determinado árbol taxonómico (Anu y Sabu, 2006). Cuando λ^+ es mayor que la esperada, esas listas pueden indicar una sobre representación de ciertas familias y una baja representación de otras (Warwick y Light, 2002).

Ambas, Δ^+ y λ^+ son independientes del número de especies presentes en las muestras y por lo tanto, virtualmente no están influenciadas por el tamaño de la muestra y el esfuerzo de muestreo (Warwick y Clarke, 2001).

Para estimar Δ^+ y λ^+ se definieron cinco categorías taxonómicas: especie, género, familia, orden y clase. La longitud de las ramas, o la distancia entre categorías taxonómicas, se estableció con base en la estandarización propuesta

por Warwick y Clarke (2001): se eligió la misma longitud entre cada nivel taxonómico sucesivo, la longitud de rama (ω), fue de 100 para dos especies conectadas en la categoría taxonómica más alta posible (clase), por lo tanto las ponderaciones fueron $\omega = 20$ (especies en el mismo género), $\omega = 40$ (diferente género, pero misma familia), $\omega = 60$ (diferente familia, pero mismo orden), y $\omega = 80$ (diferente orden, pero misma clase).

RESULTADOS

Listado florístico de las especies de helechos y licopodios

Dentro de las distintas localidades y tipos de vegetación (Cuadro 2) del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, se recolectaron un total de 327 ejemplares de helechos y licopodios, los cuales pertenecen a 21 familias, 51 géneros y 124 especies (Cuadro 3; Anexo 1). De las especies identificadas, cinco representan nuevos registros para el estado de Hidalgo.

Cuadro 2. Datos generales de los sitios de recolección dentro del municipio de Zacualtipán de Ángeles.

Localidad	Coordenadas	Altitud (m)	Tipo de vegetación
Desviación Tizapán	20°37'54.0" 98°36'16.6"	1,978	BMM, dominado por <i>Liquidambar</i> sp. y reforestado con <i>Pinus</i> sp.
Tizapán	20°38'46.5" 98°36'08.3"	1,871	BMM, dominado por <i>Liquidambar</i>
CBTis	20° 39'025'' 98°40'56.0''	1,934	Vegetación ribereña: la recolección fue junto al río y dentro del bosque de <i>Pinus-Quercus</i> . Dominan especies de helechos indicadoras de perturbación.
Camino a Tizapán	20°38'29.8" 98°36'06.4"	1,982	BMM, con <i>Liquidambar</i> , árboles de pinos dispersos y al menos tres especies de encinos, la topografía es accidentada, la recolección fue principalmente sobre roca. Sitio perturbado.
Cerca de basurero	20°37'56.1" 98°36'11.9"	2,076	BMM dominado por <i>Liquidambar</i> , también hay encinos e individuos de <i>Pinus</i> sp. de reforestación.
Cerca de Piedra Blanca	20°36'36.0" 98°37'23.8"	2,025	Bosque de <i>Quercus</i> , abundan individuos de <i>Pteridium</i> sp., como indicadores de perturbación.
Cumbre de Alumbres	20°39'54.8" 98°41'05.3"	2,144	Bosque de <i>Quercus</i> (al menos tres especies de encinos). Sitio perturbado.
Límite con Tianguistengo	20°40'27.9" 98°40'05.4"	2,096	Bosque mixto <i>Pinus-Quercus</i> , con pocas especies de helechos y licopodios
Presa Piedra Blanca	20°36'13.4" 98°37'38.5"	2,003	Vegetación ribereña. La recolección fue en los márgenes del cuerpo de agua, principalmente sobre roca (malpaís).

Localidad	Coordenadas	Altitud (m)	Tipo de vegetación
Arroyo cercano al río salto de la trucha	20°39'08" 98°40'28"	1,993	Bosque mixto <i>Pinus-Quercus</i> , con pocas especies de helechos y licopodios
Salto de la Trucha	20°39'06" 98°40'30"	2,025	Bosque mixto <i>Pinus-Quercus</i> , con pocas especies de helechos y licopodios
Presa Piedra Blanca	20°35'45.7" 98°37'32.0"	1,947	Bosque de <i>Quercus</i> , con pocas especies de helechos y licopodios
Atopixco	20°36'11.4" 98°36'41.2"	1,991	Bosque de <i>Quercus</i> , con pocas especies de helechos y licopodios
Camino de Atopixco	20°35'45.4" 98°35'52.5"	2,002	Bosque de <i>Quercus</i> , con pocas especies de helechos y licopodios
Carretera Carpinetros	20°35'22.8" 98°36'29.3"	1,963	Bosque de <i>Quercus</i> , con pocas especies de helechos y licopodios
La Mojonera	20°38'05.2" 98°37'03.9"	1,849	BMM: bosque de <i>Fagus grandifolia</i>
Jalapa	20°40'31.8" 98°31'57.3"	1,464	BMM (<i>Liquidambar</i>) y bosque de <i>Quercus</i> .
Camino a Tetzimico	20°39'39.2" 98°31'22.4"	1,394	La recolecta se realizó en los márgenes de un arroyuelo. Alrededor, remanentes de BMM.
Tetzimico	20°39'02.5" 98°31'51.5"	1,246	La recolecta se realizó en los márgenes de un arroyuelo. Alrededor, remanentes de BMM.
Potrero	20°38'37.8" 98°31'10.2"	1,004	Potrero, con remanentes de BMM
Olotla	20°38'37.4" 98°40'33.7"	2,050	Bosque mixto <i>Pinus-Quercus</i> , con pocas especies de helechos y licopodios
Dos km, al Este de Tlahuelompa	20°39'22.6" 98°34'06.7"	1,672	BMM. La recolecta fue en los márgenes de un arroyo.
Ejido Mixitla-La Capilla	20°39'43.2" 98°34'07.1"	1,636	BMM. La recolecta fue principalmente en los escurrimientos de agua

Es importante resaltar que seis de las especies encontradas en el municipio se encuentran en alguna categoría de protección dentro de la NOM-ECOL-059-2001: *Campyloneurum phyllitidis* y *Psilotum complanatum* se

consideran especies amenazadas (A), mientras que *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Marattia weinmanniifolia* y *Dicksonia sellowiana* están catalogadas como especies sujetas a protección especial (Pr).

Cuadro 3. Número de familias, géneros y especies de helechos y licopodios presentes en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo.

	Familias	Géneros	Especies
Número de taxones	21	51	124
Porcentaje con respecto al estado de Hidalgo*	70%	63%	34%

* Con base en datos de Sánchez-González *et al.* (Datos no publicados)

De las 21 familias de helechos y licopodios que se encontraron en el municipio, las localidades con BMM registraron la presencia de 20, se hallaron 14 en el bosque de *Pinus-Quercus* y siete en el bosque de *Quercus*, siendo Polypodiaceae, Pteridaceae y Dryopteridaceae las familias mejor representadas en estos tipos de vegetación. Sólo cinco familias se registraron en el malpaís, donde Pteridaceae y Selaginellaceae son las familias dominantes (Fig. 7).

Las familias de helechos y licopodios con mayor número de géneros fueron Pteridaceae con ocho, Dryopteridaceae con seis, Polypodiaceae con cinco y Woodsiaceae con cuatro. El resto de las familias poseen tres géneros o menos (Cuadro 4).

Con respecto a las familias con mayor número de especies, destacan Polypodiaceae con 23, Pteridaceae con 21, Dryopteridaceae con 14, Selaginellaceae con nueve, Thelypteridaceae con ocho y Hymenophyllaceae y Woodsiaceae con siete. El resto de las familias presentaron seis o menos especies (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de especies y géneros por familia de helechos y licopodios del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo.

Familias	Géneros	Especies
Pteridaceae	8	21
Dryopteridaceae	6	14
Polypodiaceae	5	23
Woodsiaceae	4	7
Dennstaedtiaceae	3	5
Gleicheniaceae	3	3
Lycopodiaceae*	3	4
Blechnaceae	2	5
Cyatheaceae	2	2
Hymenophyllaceae	2	7
Thelypteridaceae	2	8
Dicksoniaceae	2	2
Aspleniaceae	1	6
Equisetaceae	1	1
Lomariopsidaceae	1	1
Marattiaceae	1	1
Ophioglossaceae	1	1
Osmundaceae	1	1
Plagiogyriaceae	1	1
Psilotaceae	1	2
Selaginellaceae*	1	9

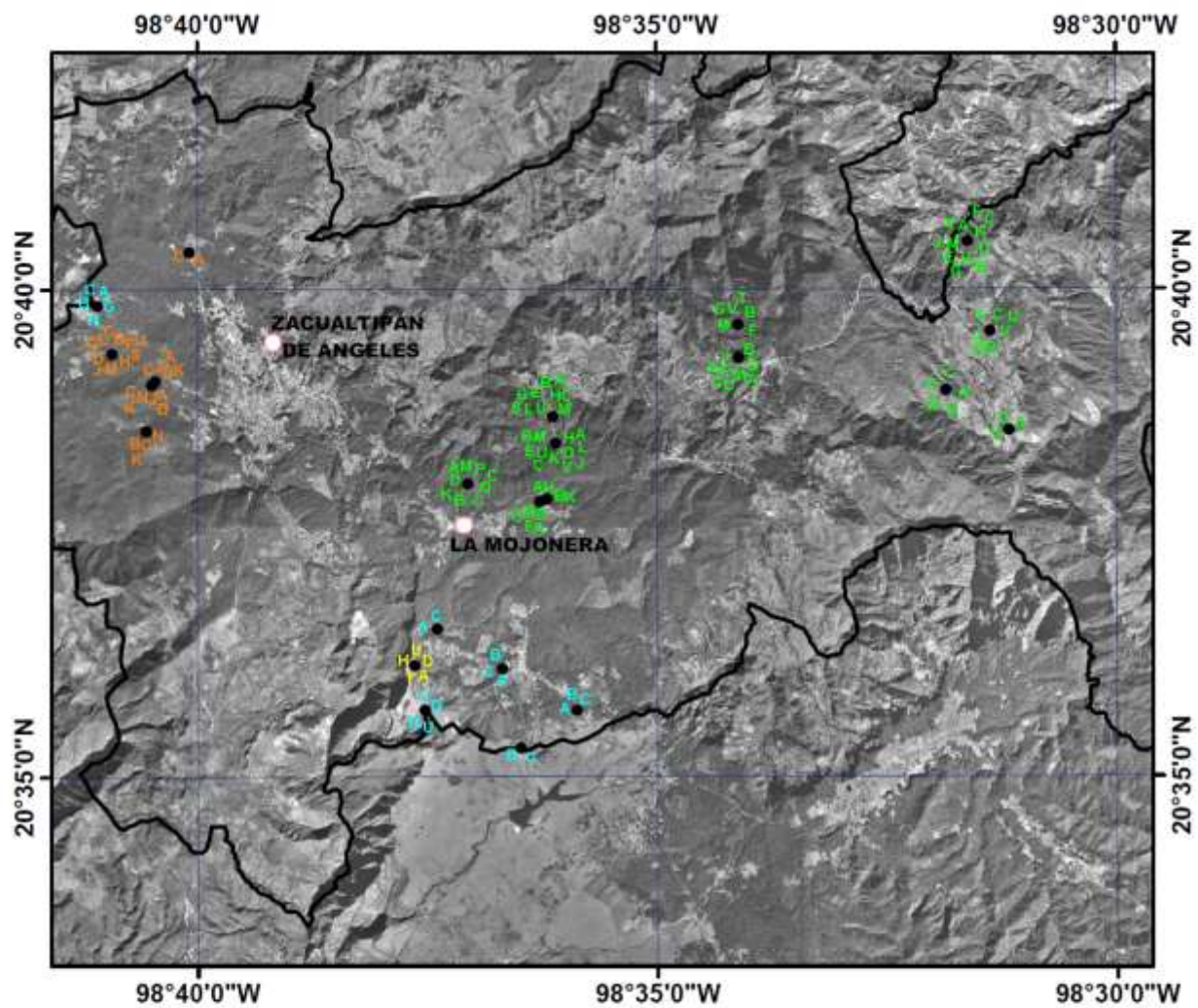
* Familias de la división Lycopodiophyta, el resto de la división Polypodiophyta.

Los géneros con mayor número de especies fueron *Polypodium* con 13, *Cheilanthes* y *Selaginella* con nueve, *Thelypteris* con siete y *Asplenium* y *Elaphoglossum* con seis. Los géneros restantes están representados por cuatro especies o menos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de especies por género de helechos y lycopodios del municipio de Zacualtípán de Ángeles, Hidalgo.

Género	Número de especies	Género	Número de especies
<i>Polypodium</i>	13	<i>Cystopteris</i>	1
<i>Cheilanthes</i>	9	<i>Alsophila</i>	1
<i>Selaginella</i> *	9	<i>Cyathea</i>	1
<i>Thelypteris</i>	7	<i>Hypolepis</i>	1
<i>Asplenium</i>	6	<i>Dicksonia</i>	1
<i>Elaphoglossum</i>	6	<i>Polystichum</i>	1
<i>Pecluma</i>	4	<i>Arachniodes</i>	1
<i>Trichomanes</i>	4	<i>Equisetum</i>	1
<i>Hymenophyllum</i>	3	<i>Gleichenella</i>	1
<i>Diplazium</i>	3	<i>Dicranopteris</i>	1
<i>Woodwardia</i>	3	<i>Diplopterygium</i>	1
<i>Pteris</i>	3	<i>Lomariopsis</i>	1
<i>Pleopeltis</i>	3	<i>Lophosoria</i>	1
<i>Adiantum</i>	3	<i>Lycopodiella</i> *	1
<i>Ctenitis</i>	2	<i>Huperzia</i> *	1
<i>Athyrium</i>	2	<i>Marattia</i>	1
<i>Blechnum</i>	2	<i>Botrychium</i>	1
<i>Pteridium</i>	2	<i>Osmunda</i>	1
<i>Dennstaedtia</i>	2	<i>Plagiogyria</i>	1
<i>Dryopteris</i>	2	<i>Phlebodium</i>	1
<i>Phanerophlebia</i>	2	<i>Mildella</i>	1
<i>Lycopodium</i> *	2	<i>Pityrogramma</i>	1
<i>Campyloneurum</i>	2	<i>Vittaria</i>	1
<i>Psilotum</i>	2	<i>Astrolepis</i>	1
<i>Pellaea</i>	2	<i>Macrothelypteris</i>	1
<i>Woodsia</i>	1		

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



Acotaciones:

- Puntos de muestreo GPS
- Malpais
- Bosque mesófilo de montaña
- Bosque mixto de *Pinus-Quercus*
- Bosque de *Quercus*

- A: Pteridaceae
- B: Dryopteridaceae
- C: Polypodiaceae
- D: Woodsiaceae
- E: Dennstaedtiaceae
- F: Gleicheniaceae
- G: Lycopodiaceae
- H: Blechnaceae
- J: Hymenophyllaceae
- K: Thelypteridaceae
- L: Dicksoniaceae

- M: Aspleniaceae
- N: Equisetaceae
- O: Lomariopsidaceae
- P: Marattiaceae
- Q: Ophioglossaceae
- R: Osmundaceae
- S: Plagiogyriaceae
- T: Psilotaceae
- U: Selaginellaceae
- V: Cyatheaceae

Figura 7. Mapa de distribución de las familias de helechos y licopodios en los sitios de muestreo dentro del municipio de Zacualtípán de Ángeles, Hidalgo.

Sustratos de crecimiento

La mayoría de los helechos y licopodios recolectados en el municipio de Zacualtipán de Ángeles presentaron un hábito terrestre, seguidos por los que crecen sobre roca y en menor porcentaje los de hábito epífita (Fig. 8).

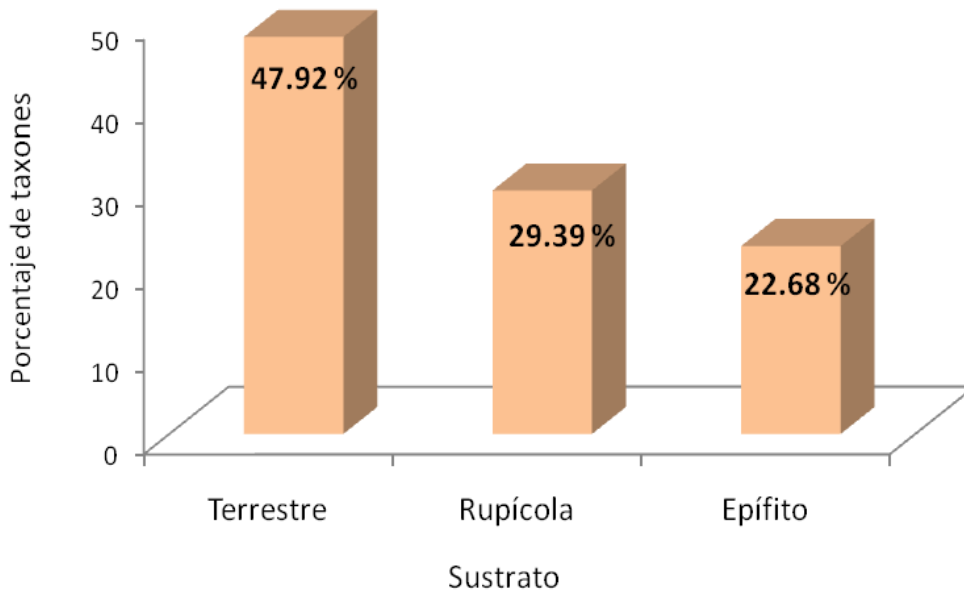


Figura 8. Sustrato de crecimiento de los helechos y licopodios del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo.

Nuevos registros para el estado de Hidalgo

Cinco de las especies de helechos recolectados en el municipio de Zacualtipán de Ángeles representan nuevos registros para el estado de Hidalgo, de acuerdo con los datos de distribución de las especies de pteridofitas en México publicados por Mickel y Smith (2004) y con base en la revisión de diversos

inventarios realizados en el estado de Hidalgo y publicados por distintos autores (ver Cuadro 1).

A continuación se hace una breve descripción de las especies que representan nuevos registros para el estado (Cuadro 6). Los ejemplares fueron descritos con base en Mickel y Smith (2004), se presenta una traducción al español más concreta a partir de la descripción original y se incluyen algunas anotaciones derivadas de observaciones propias de los ejemplares recolectados en el presente estudio, las cuales aparecen entre paréntesis.

Cuadro 6. Distribución actual conocida de los helechos y licopodios que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo (Mickel y Smith, 2004).

Especie	Distribución
<i>Cheilanthes cuneata</i>	Chiapas, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla
<i>Dicranopteris flexuosa</i>	Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Tabasco y Veracruz
<i>Pecluma atra</i>	Chiapas, Oaxaca, Querétaro, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz
<i>Pecluma ferruginea</i>	Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa
<i>Phanerophlebia gastonyi</i>	Chiapas, Oaxaca y Veracruz

Descripción de los nuevos registros

Cheilanthes cuneata Link



Hábito: ---- (epipétrico)

Tipo de vegetación: laderas rocosas sombreadas (bosque mixto de *Pinus-Quercus*)

Altitud: 1050-2800 (1993) m

Rizoma compacto, horizontal, 2-3 mm de diámetro; *escamas del rizoma* linear-lanceoladas, 2-2.5 (-3) mm de largo, concoloras, café a negro, lustrosas, enteras; *frondas* 18-34 cm de largo, cercanas entre sí; *estípites* 1/3-2/3 del largo de la fronda, castaño, lustroso, acanalado, glabro; *láminas* 8-18 x 4-8 cm, bipinnada-pinnatifidas a tripinnadas, lanceoladas; 10-



Figura 9a. Mapa de distribución. b. Ejemplar de *Cheilanthes cuneata* ASG4010 (HGOM).

20 pares de pinnas, segmentos terminales ovados 0.5-1.5 cm x 2-4 mm; *superficies abaxial* y *adaxial* glabras, venas

prominentes abaxialmente; *márgenes* recurvados, modificados en un falso indusio de 0.5-0.8 mm de ancho suberoso, superficie y márgenes con papilas blancas; *esporas* negras.

***Dicranopteris flexuosa* (Schrad.) Underw.**



b

Figura 10a. Mapa de distribución. b. Ejemplar de *Dicranopteris flexuosa* PPMG274 (HGOM).

Hábito: terrestre (terrestre)

Tipo de vegetación: áreas abiertas de laderas secas con encinos (BMM, a orilla de camino)

Altitud: 100-1400 (1464) m

Rizoma 2-4 mm de diámetro, con pelos café-rojizos; *estípites* muy frágil, pálido a café, glabro, opaco; *ápice* de la fronda con una yema que en ocasiones continúa creciendo; *pinna* 0-2 veces dividida; *última división* 10-30 x 2-5 cm, a menudo basalmente más ancho, algunas veces los segmentos basales basiscópicos pinnatífidos; *segmentos* lineares, la mayoría 10-25 x 2-5 mm, dilatados en la base, subcoriáceos, glabros o glabrescentes, verdes a glaucos abaxialmente; *márgenes* algunas veces revolutos, especialmente en los

segmentos fértiles; *venas* inmersas; *soros* mediales.

***Pecluma atra* (A. M. Evans) M. G. Price**



Figura 11a. Mapa de distribución.
b. Ejemplar de *Pecluma atra* ASG4011 (HGOM).

Hábito: terrestre o epipétrico (epipétrico)

Tipo de vegetación: bosques lluviosos de montaña y estacionales siempre verdes (bosque mixto de *Pinus-Quercus*).

Altitud: 0-2250 (1934) m

Rizoma corto rastrero, 4-6 mm de diámetro; *escamas del rizoma* café rojizas, 3 x 0.5-0.8 mm, lanceoladas, comosas, enteras; *frondas* 20-65 cm de largo, cercanas entre sí; *estípites* negro, 1/6-2/5 del largo de la fronda, con pelos extendidos de 0.1-0.2 mm; *láminas* oblongas de 6-12 cm de ancho, ligeramente reducidas hacia la base, incluso hasta aurículas; *pinnas* linear-deltadas, 3-6 cm x 2.5-7 mm, obtusas;

venas libres 1-2 veces divididas; *adaxialmente* con pelos esparcidos a moderadamente densos de 0.1-0.2 mm en la costa, superficie laminar con pelos septados esparcidos de 0.3-0.6 mm; *abaxialmente* la costa con pelos septados esparcidos de 0.2-0.5 mm, superficie entre las venas con numerosos pelos adpresos de 0.1-0.2 mm; *márgenes* con pelos esparcidos de 0.3-0.5 mm; *soros* redondos, mediales; *esporangios* glabros.

***Pecluma ferruginea* (M. Martens & Galeotti) M. G. Price**

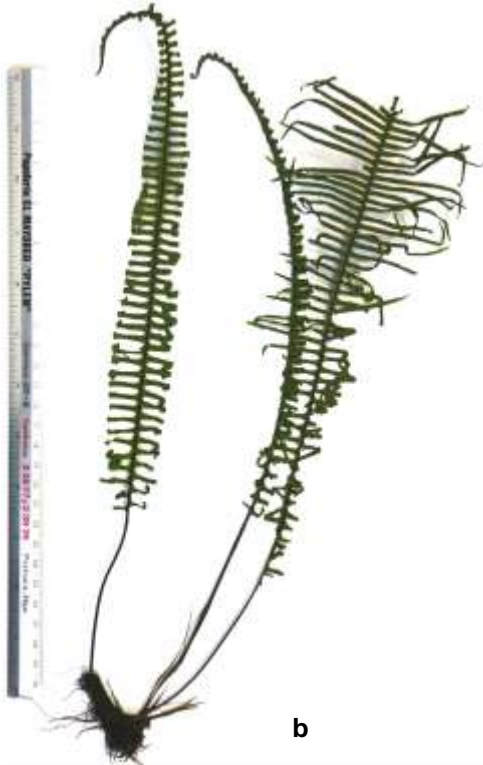


Figura 12a. Mapa de distribución.

b. Ejemplar de *Pecluma ferruginea* PPMG284 (HGOM).

Hábito: epipétrico, raramente epífita (epipétrico)

Tipo de vegetación: bosques de pino-encino, cañadas boscosas (BMM)

Altitud: 750-2800 (1246) m

Rizoma corto rastrero, 2-5 mm de diámetro; *escamas del rizoma* anaranjadas, 1-2 x 0.8-1 mm, ovadas, agudas, enteras; *frondas* 8-40 cm de largo, cercanas entre sí; *estípites* café rojizo (café oscuro) 1/6-2/5 del largo de la fronda, con pelos aciculares de 0.1-0.3 mm; *láminas* ovadas 2-11 cm de ancho, base reducida, fuertemente deflexa; *raquis* abaxialmente café claro con escamas lineares a lanceoladas esparcidas de 1.5-2 mm de largo, también con pelos septados de 0.5-1 mm; *pinnas* linear a ovadas, agudas de 1-

2.5(5.5)cm x 2-3 mm, costa decurrente hacia el raquis; *venas* libres, simples o una vez divididas; *adaxialmente* con pelos cortos de 0.1 mm hacia la base de la costa o ausentes, superficie laminar con pelos esparcidos de 0.3-0.5 mm; *abaxialmente* la costa con pelos esparcidos de 0.5-1 mm, superficie entre las venas con pelos adpresos de 0.1 mm; *márgenes* con pelos septados de 0.4-1 mm; *soros* redondos, mediales; *esporangios* con pelos en las cápsulas.

***Phanerophlebia gastonyi* Yatsk.**



Figura 13a. Mapa de distribución.
b. Ejemplar de *Phanerophlebia gastonyi* HSM251 (HGOM).

Hábito: terrestre (terrestre)

Tipo de vegetación: bosques de pino-encino-

Liquidambar (BMM)

Altitud: 900-2200 (1464) m

Rizoma corto rastrero a ascendente; *escamas*

del rizoma bicoloras con el centro ancho, café

oscuro y el margen reducido, ciliado café

claro, ovadas a elíptico-lanceoladas, 2.5-6 x

1.5-2 mm; *frondas* de 25-55 cm de largo;

estípite más largo que la lámina,

estraminoso, con escamas no sobrelapadas

de 4-6 mm de largo en la base, caducas

distalmente; *lámina* ovada, 14-25 cm de largo;

raquis glabrescente o escasamente

escamoso; *pinnas* usualmente 0-4 pares

laterales, ovadas a lanceoladas, algunas

veces algo falcadas, 7-16 x 2-4 cm, bases cuneadas a redondeadas, ápice agudo

a atenuado; *márgenes* enteros a ligeramente undulados proximalmente,

espinulosos-serrulados sólo en la mitad distal; *costa* y *venas* abaxialmente con

escamas diminutas raras a esparcidas, parecidas a pelos 0.5-0.8 mm largo en

costa, 0.1-0.3 mm largo en venas; *venas* con 2-4 ramificaciones, con 1-3 series de

areolas marginales regulares a irregulares; *soros* en 1-4 series entre la costa y los

márgenes de la pinna; *indusio* ausente.

Análisis de la diversidad taxonómica entre regiones del estado de Hidalgo

Riqueza de taxones. La comparación cualitativa de la riqueza de taxones de helechos y licopodios presentes en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, con respecto a los de otros municipios o ANP del estado de Hidalgo, indica que este municipio es el que alberga la mayor diversidad taxonómica, como se muestra en el siguiente cuadro (Cuadro 7).

Cuadro 7. Diversidad taxonómica de helechos y licopodios en siete municipios y ANP del estado de Hidalgo

Categoría taxonómica	Tenango						
	PNM	RBBM	Calnali	de Doria	Zacualtipán	PNC	Tlanchinol
División	2	2	2	2	2	2	2
Clase	4	3	5	5	6	4	5
Orden	5	3	9	10	11	4	9
Familia	12	11	21	20	21	11	18
Género	29	27	47	46	51	25	44
Especie	71	79	115	111	124	62	111

PNM: Parque Nacional Los Mármoles; RBBM: Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán; PNC: Parque Nacional El Chico

Diversidad taxonómica. Como resultado del procedimiento TAXDTEST, el promedio de la diversidad taxonómica (Δ^+) para el estado de Hidalgo, fue de 71. Los municipios de Calnali y Tenango con valores de diversidad taxonómica iguales a 70 y 68 respectivamente, están muy cercanos al promedio general y se encuentran dentro del intervalo de confianza de 95%, lo que indica que son representativos de la biodiversidad regional (estado de Hidalgo) de helechos y

licopodios. Por otro lado, la RBBM y el PNM, con valores de Δ^+ de 62 y 64, respectivamente; se ubicaron fuera del intervalo de confianza de 95%, lo cual indica que la mayoría de las especies pertenecen a pocos géneros, familias, ordenes y clases. Los municipios de Zacualtipán y Tlanchinol presentaron valores ligeramente mayores que el promedio de diversidad taxonómica regional con 72 y 72.4, respectivamente; lo cual significa que la pteridoflora de estos municipios es altamente representativa de la biodiversidad taxonómica del estado de Hidalgo. El PNC, con un valor más bajo, de 65, dentro del intervalo de confianza, también posee un conjunto de especies representativo de la diversidad taxonómica estatal (Cuadro 8, Fig. 14).

Cuadro 8. Índices de diversidad taxonómica del estado de Hidalgo y de siete regiones dentro del mismo

	Hidalgo	PNM	RBBM	Calnali	Tenango	Zacualtipán	PNC	Tlanchinol
Índice de diversidad								
Diversidad taxonómica promedio (Δ^+)	71	64	62	70	68	72	65	72.4
Variación de la diversidad taxonómica (λ^+)	420	480	580	400	420	410	460	420

PNM: Parque Nacional Los Mármoles; RBBM: Reserva de la Biósfera Barranca de Metztlán; PNC: Parque Nacional El Chico

Con respecto a la varianza de la diversidad taxonómica (λ^+), el valor para el estado de Hidalgo y para los municipios de Tenango de Doria y Tlanchinol fue de 420. El PNM y el PNC con λ^+ de 480 y 460 respectivamente, se ubicaron por arriba del valor regional (estado de Hidalgo), dentro del intervalo de confianza de

95%; la RBBM, con un valor de λ^+ de 580, fuera del intervalo de confianza. Los municipios de Calnali y Zacualtipán, con valores de λ^+ de 400 y 410, respectivamente se situaron por debajo del valor estatal, dentro del intervalo de confianza de 95% (Cuadro 8, Figura 15).

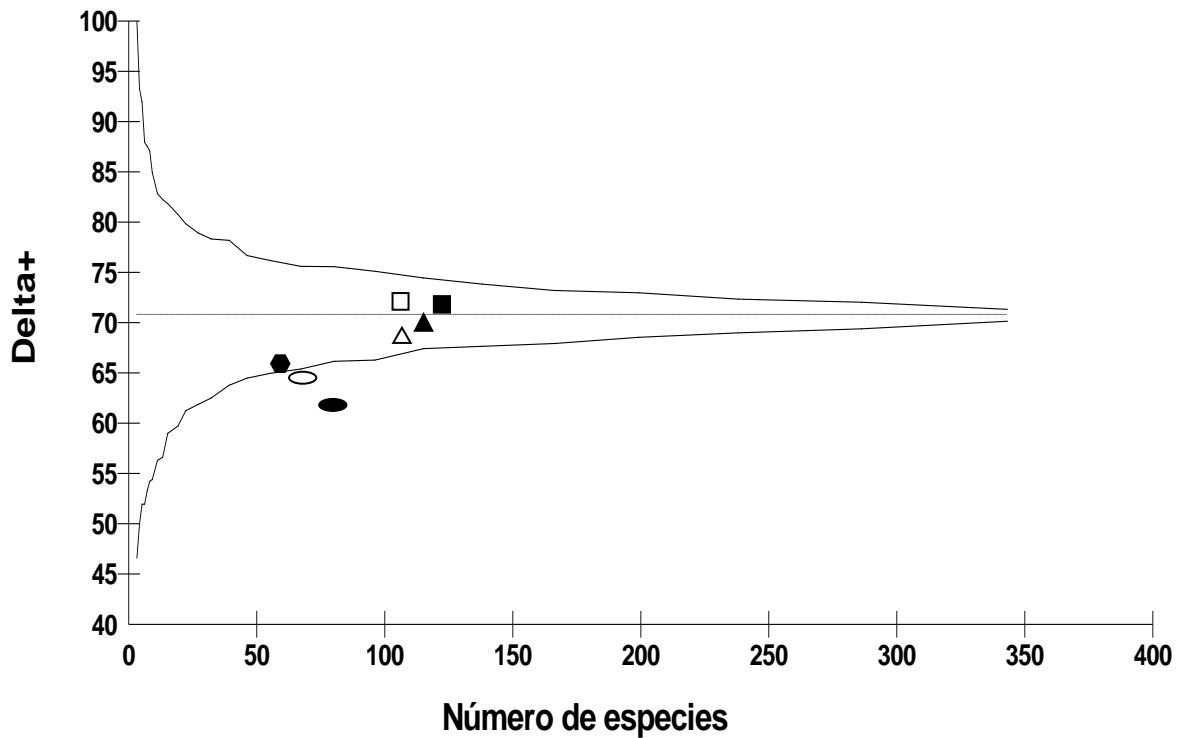


Figura 14. Promedio de diversidad taxonómica (Δ^+) en siete zonas del estado de Hidalgo. La línea punteada muestra el promedio de Δ^+ y las líneas continuas los intervalos de confianza de 95% para 1000 permutaciones de pares de especies elegidas aleatoriamente de la lista completa de especies (regional). Donde: Parque Nacional Los Mármoles \circ ; Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán \bullet ; Calnali \blacktriangle ; Tenango de Doria \triangle ; Zacualtipán \blacksquare ; Parque Nacional El Chico \blacklozenge y Tlanchinol \square

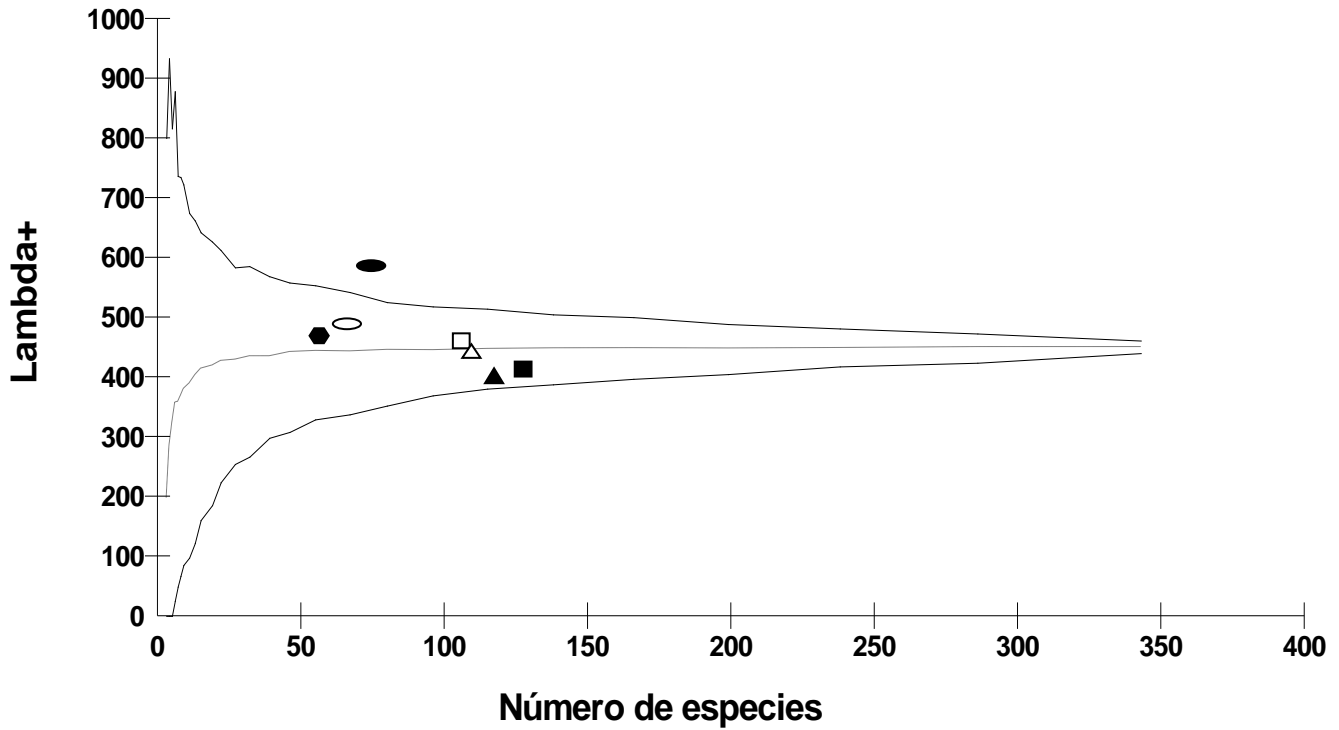


Figura 15. Varianza de la diversidad taxonómica (λ^+) en siete zonas del estado de Hidalgo. La línea punteada muestra el promedio de λ^+ y las líneas continuas los intervalos de confianza de 95% para 1000 permutaciones de pares de especies elegidas aleatoriamente de la lista completa de especies (regional). Donde: Parque Nacional Los Mármoles \circ ; Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán \bullet ; Calnali \blacktriangle ; Tenango de Doria \triangle ; Zacualtipán \blacksquare ; Parque Nacional El Chico \blacklozenge y Tlanchinol \square

DISCUSIÓN

En el municipio de Zacualtipán de Ángeles no se habían realizado estudios enfocados a inventariar la diversidad de helechos y licopodios, el único antecedente es un estudio florístico realizado en el BMM de Tlahuelompa, que incluye una lista parcial de pteridofitas constituida por 9 familias, 16 géneros y 18 especies (Alcántara y Luna, 2001).

Como resultado de la presente investigación, se identificaron 21 familias, 51 géneros y 124 especies de helechos y licopodios. Sin embargo, no se encontraron cuatro de las especies de pteridofitas que Alcántara y Luna (2001) mencionan para Tlahuelompa: *Holodictyum ghiesbreghtii*, *Sticherus brevipubis*, *Pleopeltis polylepis* var. *interjecta* y *Polypodium longepinnulatum*. Es probable que estas especies hayan desaparecido debido a la creciente perturbación que se observa en la zona o bien, que el esfuerzo de exploración y búsqueda de ejemplares de pteridofitas no fue suficiente, y por lo tanto faltaron algunas especies por recolectar.

De cualquier forma, los resultados del presente estudio indican que el municipio de Zacualtipán de Ángeles, es el que alberga la mayor riqueza de especies de helechos y licopodios del estado de Hidalgo, con 124 especies, seguido por los municipios de Calnali con 115 especies (Pérez, 2009) y Tenango de Doria con 111 especies (Zúñiga, 2009). La elevada riqueza de especies encontrada en el municipio de Zacualtipán de Ángeles puede deberse a que el esfuerzo de recolección fue mayor en el BMM, el cual se caracteriza por ser el ecosistema más rico en especies vegetales por unidad de superficie, debido a las condiciones ambientales estables que prevalecen, como son la humedad elevada

y temperaturas templadas, lo cual permite el desarrollo de la fase gametofítica (reproducción sexual) de los helechos y licopodios. (Rzedowski, 1978; Luna-Vega *et al.*, 1994; Arreguín-Sánchez *et al.*, 1996; Vázquez-Torres *et al.*, 2006; Tejero-Díez, 2007). Otras áreas dentro del estado donde se han realizado trabajos sobre helechos y licopodios registran 77 especies en la RBBM (Cuevas, 2008) con un clima del tipo seco-semicálido, y 71 especies en el PNM que presenta un clima templado-subhúmedo y semicálido subhúmedo (Ramírez *et al.*, 2009), a lo cual se atribuye la presencia de un número menor de pteridofitas.

Las familias con mayor número de géneros y especies dentro del municipio de Zacualtipán fueron Pteridaceae, Dryopteridaceae y Polypodiaceae, lo cual es acorde con los resultados de otros estudios realizados dentro del estado de Hidalgo (Luna-Vega *et al.*, 1994; Alcántara y Luna-Vega, 1997; Mayorga *et al.*, 1998; Alcántara y Luna-Vega, 2001; Ponce-Vargas *et al.*, 2006; Cuevas, 2008; Ramírez *et al.*, 2009; Pérez, 2009; Zúñiga, 2009) y en entidades como Oaxaca, Chihuahua, Estado de México, Guerrero y Veracruz (Tejero-Díez y Mickel, 2004). El patrón antes mencionado es sólo el reflejo de la elevada riqueza de estas familias de helechos a nivel mundial, siendo las que contienen el mayor número de géneros y especies (Mickel y Smith, 2004).

Dentro de los diferentes tipos de vegetación del municipio de Zacualtipán, fue en el BMM donde se encontraron la mayoría de las familias, géneros y especies registrados en el presente estudio, seguido por los bosques mixtos de *Pinus-Quercus*, los de *Quercus* y las zonas rocosas, tal como ocurre en los estados de México y Querétaro, y en el Valle de México, donde la mayoría de las pteridofitas se encuentra en ambientes más frescos como los bosques húmedos y

en general, los bosques de afinidad cálida no albergan una gran riqueza de helechos y licopodios (Arreguín-Sánchez *et al.*, 1996; Tejero-Díez, 2007; Arreguín-Sánchez *et al.*, 2009). A nivel de ecosistemas, no se observó un patrón de dominancia de familias, puesto que Polypodiaceae, Pteridaceae y Dryopteridaceae fueron las dominantes en todos los tipos de vegetación donde se trabajó; sin embargo, si se puede aludir al hecho de que hay familias como Dicksoniaceae, Cyatheaceae y Marattiaceae que sólo se registraron en el BMM, del cual son características y donde alcanzan su mayor riqueza (Skog, 2001).

De las especies de helechos y licopodios presentes en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, seis se encuentran en alguna categoría de protección dentro de la NOM-ECOL-059-2001 (SEMARNAT, 2002): *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Marattia weinmanniifolia* y *Dicksonia sellowiana* están catalogadas como especies sujetas a protección especial (Pr), en tanto que *Campyloneurum phyllitidis* y *Psilotum complanatum* se encuentran en la categoría de especies amenazadas (A). Sin embargo, es importante resaltar que en poco tiempo, muchas de las especies de pteridofitas podrían encontrarse en alguna categoría de riesgo debido a la continua y alarmante destrucción de su hábitat por actividades humanas, las cuales alteran la vegetación al desmontar áreas para ser ocupadas por asentamientos humanos, potreros y para la agricultura o explotación de recursos forestales (Vázquez-Torres *et al.*, 2006). Durante los recorridos de campo y la recolección de ejemplares dentro del municipio, se pudo observar el grado elevado de perturbación de todos los tipos de vegetación, particularmente en el BMM, donde los signos de deterioro son evidentes: existen amplias extensiones de bosque que han sido convertidas en potreros o tierras de cultivo, y

otras zonas son utilizadas como tiraderos de basura, sin que exista algún tipo de control para dichas actividades, que ponen en riesgo la existencia de este ecosistema y de las especies de helechos y licopodios que ahí prosperan.

Con base en datos recientes que indican que la riqueza de especies de helechos y licopodios del estado de Hidalgo es de alrededor de 357 especies (Sánchez-González *et al.*, datos no publicados), y considerando que la presente investigación adiciona cinco especies más que no estaban registradas, Hidalgo se ubica dentro de los estados con mayor número de especies de pteridofitas de México, con 362 especies; sólo superado por Oaxaca con 690, Chiapas con 650 y Veracruz con 508 (Riba, 1998), y es posible que esta cifra siga incrementándose, con los resultados de investigaciones posteriores en otros municipios o zonas de la entidad.

Según Pérez-García *et al.* (1995), las formas de crecimiento más comunes de las pteridofitas en diversos tipos de vegetación en México, son las terrestres y las epífitas; hábitos que se ven favorecidos por las condiciones de alta humedad durante todo el año y la temperatura promedio moderada (entre 15-20°C) dependiente de la altitud, que prevalecen en ecosistemas como el BMM. Schuettpeiz (2007), menciona que al menos una tercera parte de los helechos leptosporangiados son epífitos, y que este hábito pudo originarse como una respuesta ecológica oportunista al establecimiento de ecosistemas más complejos dominados por angiospermas.

En la presente investigación, el sustrato de crecimiento más común fue el terrestre, seguido por el rupícola (lo cual se debe a que varias de las especies se recolectaron en ambientes rocosos, dentro de, o en la periferia de los distintos

tipos de vegetación explorados), y por el epífito. Ramírez *et al.* (2009) mencionan resultados similares para las especies de pteridofitas del PNM, pero en la RBBM los resultados fueron diferentes, Cuevas (2008) encontró muy pocas especies epífitas. La explicación más probable es que en comparación con los helechos terrestres, los epífitos deben crecer en sustratos que tienen menor disponibilidad de nutrientes, poca capacidad de retención de agua y deben hacer frente a cambios estacionales y diarios de humedad, por lo que no se ven favorecidos en ambientes donde la humedad es baja. Sin embargo, algunos grupos han desarrollado características que les permiten desarrollarse en este tipo de ambientes y prevenir la pérdida de agua: presencia de hojas simples o pinnadas, con textura gruesa y a menudo cubiertas de escamas (*Elaphoglossum* y *Polypodium*), rizomas para almacén de agua y desarrollo de hojas suculentas, con un metabolismo ácido crasuláceo (Mehltreter, 2008).

Los municipios de Zacualtipán y Tlanchinol presentaron alta diversidad taxonómica, lo que significa que tienen un conjunto de taxones de helechos y licopodios representativos de la diversidad taxonómica regional. Los municipios de Tenango de Doria y Calnali, presentaron también valores representativos de la diversidad taxonómica del estado de Hidalgo, albergando un número considerable de especies equitativamente distribuidas en los géneros, familias, ordenes y clases de acuerdo a la filogenia actual de las pteridofitas (Pryer *et al.*, 2004). Es decir, en el BMM de los municipios citados, se encuentran tanto representantes de las familias Marattiaceae y Osmundaceae, que aparecieron en el Triásico y son consideradas basales, hasta las familias del bien diversificado grupo de los

Polypodiales, que incluyen a las especies de aparición más reciente dentro del clado de las pteridofitas (Skog, 2001).

Es probable que la alta equidad en la representatividad de los taxones de helechos y licopodios en los BMM, se relacione con las condiciones ambientales benignas y estables, el clima templado húmedo que prevalece en estos municipios favorece el desarrollo de la fase de gametofito de este grupo de plantas, generando una elevada riqueza de especies. Esta aseveración se ve fortalecida por la historia evolutiva de los helechos y licopodios, pues las primeras familias aparecieron en regiones húmedas, alrededor de los 30° de latitud norte o sur, y posteriormente migraron hacia zonas de menor altitud (Skog, 2001).

Es interesante observar que el PNC, presentó una diversidad taxonómica de helechos y licopodios representativa de la del estado de Hidalgo, por lo que es un claro ejemplo de que la diversidad taxonómica no está correlacionada con el número de especies (Bhat y Magurran, 2006). En cambio, en la RBBM y en el PNM, los valores de diversidad taxonómica fueron bajos. En estas ANP la mayoría de las especies pertenecen a pocos órdenes, familias y géneros, lo cual se atribuye al clima seco, que desempeña un papel determinante en la distribución y reproducción de las pteridofitas; por lo que sólo pocas especies que se han adaptado a la carencia de agua habitan en estas zonas. Lo anterior representa una respuesta evolutiva relativamente reciente a la disminución en la cantidad de lluvia en tales regiones y una extensión en la amplitud de distribución cuando estos hábitats surgieron; para lo cual la dispersión a grandes distancias a través de las esporas jugó también un papel muy importante (Skog, 2001; Arcand y Ranker, 2008; Moran, 2008).

En cuanto a la variación en la diversidad taxonómica, éste índice resulta ser particularmente relevante cuando se trabaja a grandes escalas espaciales puesto que indica la variación en la uniformidad de la distribución taxonómica de un grupo de especies, algo que no se puede reconocer utilizando solo Δ^+ (Warwick y Clarke, 2001).

Los municipios de Calnali y Zacualtipán, presentaron una baja variación de la diversidad taxonómica, lo que significa que poseen alta uniformidad en su composición taxonómica; por su parte, las tres ANP analizadas, presentaron alta variación taxonómica, por lo que se considera que tienen baja uniformidad taxonómica. De cualquier forma, el grado en el cual ciertos grupos de taxones están sub-representados o sobre-representados en distintas regiones es otro atributo de la biodiversidad local, que es de relevancia ecológica (Warwick y Light, 2002).

Lo anterior está relacionado directamente con las condiciones del ambiente, puesto que en condiciones favorables, las especies mostrarán una mayor uniformidad; en tanto que, cuando el ambiente es más adverso, la uniformidad en la distribución taxonómica tiende a disminuir. Un valor de λ^+ alto, puede relacionarse también con ambientes degradados, y es que normalmente, las especies en zonas perturbadas suelen estar más emparentadas debido a que sus requerimientos de hábitat son similares (Anu y Sabu, 2006).

Para fines de análisis de la diversidad, los índices de diversidad Δ^+ y λ^+ resultan ser de gran utilidad práctica, debido a que no dependen directamente del uso de datos cuantitativos sino sólo de datos de presencia-ausencia y toman en cuenta las relaciones de parentesco entre dichas especies (Warwick y Clarke,

1995). De acuerdo a los resultados obtenidos, para la RBBM y el PNM, es importante considerar que estas ANP no resultan ser tan representativas de la de la diversidad taxonómica del estado, en tanto que los municipios con BMM si lo fueron, lo cual tiene implicaciones desde el punto de vista de la conservación, indicando que en el BMM de estos municipios deben existir planes de conservación y manejo; si es que realmente se desea proteger la biodiversidad a nivel estatal.

CONCLUSIONES

- En el municipio de Zacualtipán de Ángeles se identificaron 21 familias, 51 géneros y 124 especies de helechos y licopodios.
- Las familias con mayor riqueza de géneros fueron Pteridaceae, Dryopteridaceae, Polypodiaceae y Woodsiaceae.
- Los géneros con mayor número de especies fueron *Polypodium*, *Cheilanthes*, *Selaginella*, *Thelypteris*, *Asplenium* y *Elaphoglossum*.
- Se recolectaron cinco especies de helechos que representan nuevos registros para el estado de Hidalgo.
- El sustrato de crecimiento más frecuente en los helechos y licopodios de Zacualtipán de Ángeles fue el terrestre, seguido por el rupícola y el epífita.
- De acuerdo a las categorías taxonómicas contempladas, el municipio de Zacualtipán es hasta el momento la zona con mayor riqueza de taxones de pteridofitas.
- A pesar del elevado grado de deterioro de la vegetación, el municipio de Zacualtipán de Ángeles es altamente representativo de la diversidad taxonómica de pteridofitas del estado de Hidalgo, y alberga un conjunto de especies distantes entre sí desde el punto de vista evolutivo.
- Dado que en el municipio de Zacualtipán se encuentran seis de las siete Clases reconocidas de helechos y licopodios, aunado al hecho de que posee el 34% de las especies registradas en la entidad y a que seis de estas se encuentran en alguna categoría de riesgo, sería importante considerarlo como un municipio del estado de Hidalgo en donde se requiere implementar medidas de conservación y manejo urgentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara A. O. y Luna-Vega I. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 68: 57-106.
- Alcántara A. O. y Luna-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.
- Allen B., Kon M. y Bar-Yam Y. 2009. A new phylogenetic diversity measure generalizing the shannon index and its application to phyllostomid bats. *The American Naturalist* 174: 000–000. En línea.
- Álvarez Z. E. Análisis de la diversidad y distribución de las pteridofitas en el bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. Tesis Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. En proceso.
- Anu A. y Sabu T. K. 2006. Biodiversity analysis of forest litter ant assemblages in the Wayanad región of Western Ghats using taxonomic and conventional diversity measures. *Journal of Insect Science* 7: 1-13.
- Arcand N. N. y Ranker T.A. 2008. Conservation biology. 257-283 pp. En: Ranker T.A. y Haufler C.H. (eds.). *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
- Arreguín-Sánchez M. L., Fernández-Nava R., Rodríguez J. C. y Rodríguez J. A. 1996. Pteridofitas en el estado de Querétaro, México y su ubicación ecológica. *Polibotánica* 3: 82-92.
- Arreguín-Sánchez M. L., Fernández-Nava R., Palacios-Chávez R. y Quiroz-García D. L. 2001. Pteridoflora ilustrada del estado de Querétaro, México. Primera Edición. Secretaría de Educación Pública. 470 pp.

- Arreguín-Sánchez M. L., Fernández-Nava R. y Quiroz-García D. L. 2004. Pteridoflora del Valle de México. Primera edición. Instituto Politécnico Nacional. 387 pp.
- Arreguín-Sánchez M. L., Fernández-Nava R., Quiroz-García D. L. y Acosta-Castellanos S. 2009. Análisis de la distribución de las especies helechos y afines del Valle de México, notas ecológicas y florísticas. *Polibotánica* 28: 15-36.
- Arreguín-Sánchez M. L., Quiroz-García D. L. y Fernández-Nava R. 2009. Pteridofitas extintas o raras del Valle de México. *Polibotánica* 27: 17-29.
- Bhat A. y A. E. Magurran. 2006. Taxonomic distinctness in a linear system: a test using a tropical freshwater fish assemblage. *Ecography* 29: 104-110.
- Castillo-Campos G., Medina A. M. E., Dávila A. P. D. y Zavala H. J. A. 2005. Contribución al conocimiento del endemismo de la flora vascular en Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana* 73: 19-57.
- Challenger, A. 1998. La zona ecológica templada húmeda. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres en México: pasado, presente y futuro. CONABIO-Instituto de Biología, UNAM, Sierra Madre, México. 847 pp.
- Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. *Journal of Applied Ecology* 35: 523–531.
- Clarke, K. R. y Gorley, R. N. 2001. *PRIMER v5: user manual/tutorial*. –PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Cuevas H. A. L. 2008. Las Pteridofitas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. 58 pp.
- Desrochers R. E. y Anand M. 2004. From traditional diversity indices to taxonomic diversity indices. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 30: 85-92.

- Ehnis, D.E.1981. *Fagus mexicana* Martínez: su ecología e importancia Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Heino J., Soininen J., Lappalainen J. y Virtanen R. 2005. The relationship between species richness and taxonomic distinctness in freshwater organisms. *Limnology and Oceanography* 50: 978-986.
- INEGI. 1995. Zacualtipán de Ángeles. Estado de Hidalgo. Cuaderno estadístico Municipal. Gobierno del estado de Hidalgo, México. 95 pp.
- Lira R. y Riba R. 1993. Las Pteridofitas (helechos y plantas afines) de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 44: 99-108.
- Lot A. y Chiang F. 1986. Manual de Herbario, administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. 142 pp.
- Luna-Vega I., Ocegueda C. S. y Alcántara A. O. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México, Serie Botánica*. 65: 31-62.
- Luna-Vega I., O. Alcántara, Morrone J.J. y Espinosa D. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forests of Hidalgo, Mexico. *Diversity and Distributions* 6: 137-143.
- Martínez-Morales, M. A. 2007. Avifauna del bosque mesófilo de montaña del noreste de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 149-162.
- Mayorga S. R., Luna-Vega I. y Alcántara A. O. 1998. Florística del bosque mesófilo de montaña de Molocotlán, Molango Xochicoatlán, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 63: 101-119.
- Mehltreter K. 2008. Phenology and habitat specificity of tropical ferns. 201-221 pp. *In: Ranker T. y Haufler C. (eds.), Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes, Cambridge University. 480 pp.*

- Mendoza-Ruiz A. y Pérez-García B. 2009. Helechos y lycopodios de México. Vol.1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 287 pp.
- Mickel J. T. y Beitel J. M. 1988. Pteridophyte flora of Oaxaca, México. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 46: 1-568.
- Mickel J. T. y Smith A. R. 2004. The Pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 1054 pp.
- Moran R. 2008. Diversity, biogeography, and floristics. 367-394 pp. *In*: Ranker T. y Haufler C. (eds.), *Biology and Evolution of Ferns and Lycophytes*, Cambridge University. 367-394.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- Moreno N. 1984. *Glosario Botánico Ilustrado*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, México, 300 pp.
- Ortega F. y Castillo G. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias*. 43: 32-39
- Palacios-Ríos, M. 2007. Los helechos arborescentes y el “maquique” .142-143 pp. *In*: Williams-Linera, G (Ed.). *El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático*. CONABIO-Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México. 208pp.
- Pavón, N. P. y Meza-Sánchez, M. 2009. Cambio Climático en el estado de Hidalgo: clasificación y tendencias climáticas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 168 pp.
- Pérez C. A. 2009. Los helechos y lycopodios del municipio de Calnali estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.
- Pérez B. y Reyes I. 1993. Helechos: Propagación y conservación. *Ciencias* 30: 11-17.

- Pérez-García B., Riba R. y Reyes J. I. 1995. Helechos mexicanos: formas de crecimiento, hábitat y variantes edáficas. *Contactos* 11: 22-27.
- Ponce-Vargas A., Luna-Vega I., Alcántara-Ayala O. y Ruiz-Jiménez C. A. 2006. Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:177-190.
- Pryer K. M., Schuettpelz E., Wolf P. G., Schneider H., Smith A. R. y Cranfill R. 2004. Phylogeny and Evolution of Ferns (Monilophytes) with a focus on the early Leptosporangiate divergences. *American Journal of Botany* 91: 1582-1598.
- Ramírez C.S., Sánchez-González A. y Tejero-Díez D. 2009. La Pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 84: 35-43.
- Riba R., Pacheco L., Valdes A. y Sandoval Y. 1996. Pteridoflora del estado de Morelos, México. Lista de familias, géneros y especies. *Acta Botánica Mexicana* 37: 45-65.
- Riba R. 1998. Pteridofitas mexicanas: distribución y endemismo. 369-384 pp. *In*: Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. y Fa J. (eds.), *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México, D.F.
- Rodríguez-Romero L., Pacheco L. y Zavala H.J.A. 2008. Pteridofitas indicadoras de alteración ambiental en el bosque templado de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, México. *Revista de Biología Tropical* 56: 641-656.
- Rojas-Alvarado A. F. 2003. New taxa, new records and redefined concepts in the *Elaphoglossum* sect. *Elaphoglossum* subsec. *Pachyglossa* (Lomariopsidaceae) from Mexico and Central America. *Revista de Biología Tropical* 51: 1-32.
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México, Distrito Federal. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica en México. *Acta Botánica Mexicana* 14:3-21.

- Rzedowski J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. 129-145 pp. *In*: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Sánchez M. H. y Chávez C. 1951. Breves Notas sobre las Pteridofitas de la Barranca de Omitlán, Hidalgo. Boletín de la Sociedad Botánica de México 12: 28-36.
- Sánchez-González A. y González L. M. 2007. Técnicas de recolecta de plantas y herborización. 123-133 pp. *In*: Contreras Ramos A., Cuevas Cardona C., Goyenechea, I. e Iturbe, U. (eds.). La Sistemática, Base del Conocimiento de la Biodiversidad. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Sánchez-González A., Álvarez Z. E., Palacios S. M. A y Cuevas H. A. L. Datos preliminares sobre la flora vascular del estado de Hidalgo. En proceso.
- Schuettpeiz E. 2007. The evolution and diversification of epiphytic ferns. Doctor of Philosophy in the Department of Biology in the Graduate School of Duke University. USA.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, 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. 2a Sección, 6 de marzo de 2002.
- Serrano M. H. 2010. Los helechos y licopodios del Parque Nacional El Chico. Tesis de Licenciatura. Centro de Investigaciones Biológicas. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. En proceso.
- Skog J. E. 2001. Biogeography of mesozoic leptosporangiate ferns related to extant ferns. The New York Botanical Garden Press 53: 236-269.

- Smith A. R., Pryer K. M., Schuettpelz E., Korall P., Schneider H. y Wolf P. G. 2006. A classification for extant ferns. *Taxonomy* 55: 705-731.
- Tejero-Díez D. J. y Arreguín-Sánchez M. L. 2004. Lista con anotaciones de los Pteridófitos del estado de México, México. *Acta Botánica Mexicana* 69: 1-82.
- Tejero-Díez D. J. y Mickel J. T. 2004. Pteridofitas. 121-139 pp. *In*: A. J. García-Mendoza, Ordóñez M. J. y Briones-Salas M. (eds.) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México – Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza - World Wildlife Found, México.
- Tejero-Díez D. J. 2007. La riqueza florística del estado de México: licopodios y helechos. *Adumbrationes Ad Summae Editionem* 27: 1-32.
- UNEP. 1992. Convention on biological diversity. United Nations Environmental Program, Environmental Law and Institutions Program Activity Centre. Nairobi.
- Vázquez-Torres M., Campos J.J. y Cruz P. A. 2006. Los helechos y plantas afines del bosque mesófilo de montaña de Banderilla, Veracruz, México. *Polibotánica* 22: 63-77.
- Villaseñor J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28: 160-167.
- Warwick R. M. y K. R. Clarke. 1995. New biodiversity measures reveal a decrease in taxonomic distinctness with increasing stress. *Marine Ecology Progress Series* 129: 301–305.
- Warwick R. M. y K. R. Clarke. 2001. Practical measures of marine biodiversity based on relatedness of species. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review* 39: 207-231.
- Warwick R.M. y J. Light. 2002. Death assemblages of mollusks on St Martin's Flats, Isles of Scilly: a surrogate for regional diversity?. *Biodiversity and conservation* 11: 99-112.

- Weikard H. P., M. Punt y J. Wesseler. 2006. Diversity measurement combining relative abundances and taxonomic distinctiveness of species. *Diversity and Distributions* 12: 215-217.
- Williams-Linera, G. 2007. El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. CONABIO-Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz, México. 208 pp.
- Zúñiga S. J. R. 2009. Helechos y licopodios del municipio de Tenango de Doria, estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

Anexo 1. Lista de especies de helechos y lycopodios presentes en el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo

Categoría taxonómica	No. Colecta	Sustrato
LYCOPODIOPHYTA		
LYCOPODIOPSISIDA		
Lycopodiales		
Lycopodiaceae		
<i>Huperzia reflexa</i> (Lam.) Trevis.	326	R
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	246,151	T
<i>Lycopodium thyoides</i> Humb. & Bonpl. ex. Willd.	207,100,148,9	T
<i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm.	245,101	T
SELAGINELLOPSIDA		
Selaginellales		
Selaginellaceae		
<i>Selaginella silvestris</i> Asplund	187,130,114,40,221	T,R
<i>Selaginella rupincola</i> Underw.	109	R
<i>Selaginella pilifera</i> A. Braun	145	R
<i>Selaginella apoda</i> (L.) Spring in Martius	82	R
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring in Martius	19	R
<i>Selaginella lineolata</i> Mickel & Beitel	307	R
<i>Selaginella extensa</i> Underw.	308	T
<i>Selaginella stenophylla</i> A. Braun	309	T
<i>Selaginella hoffmannii</i> Hieron.	286,244	R
POLYPODIOPHTA		
PSILOTOPSIDA		
Ophioglossales		
Ophioglossaceae		
<i>Botrychium decompositum</i> M. Martens & Galeotti	258,277	T
Psilotales		
Psilotaceae		
* <i>Psilotum complanatum</i> Sw.	328	E
<i>Psilotum nudum</i> (L.) P. Beauv.	196	R
EQUISETOPSISIDA		
Equisetales		
Equisetaceae		
<i>Equisetum hyemale</i> var. <i>affine</i> A. Braun ex Engelm.	327	T

Categoría taxonómica	No. Colecta	Sustrato
MARATTIOPSISIDA		
Marattiales		
Marattiaceae		
<i>*Marattia weinmanniifolia</i> Liebm.	282	T
POLYPODIOPSISIDA		
Osmundales		
Osmundaceae		
<i>Osmunda regalis</i> var. <i>spectabilis</i> (Willd.) A. Gray	303	T
Hymenophyllales		
Hymenophyllaceae		
<i>Hymenophyllum crispum</i> Kunth	189,192	R
<i>Hymenophyllum tegularis</i> (Desv.) Proctor & Lourteig	99,211,190	R
<i>Hymenophyllum tunbrigense</i> (L.) Sm.	276,149	R
<i>Trichomanes capillaceum</i> L.	302,191	E
<i>Trichomanes hymenophylloides</i> Bosch	278	R
<i>Trichomanes radicans</i> Sw.	265,270	R
<i>Trichomanes reptans</i> Sw.	230,271	R
Gleicheniales		
Gleicheniaceae		
<i>Dicranopteris flexuosa</i> (Schrad.) Underw.	274	R
<i>Diplopterygium bancroftii</i> (Hook.) A. R. Sm.	323	R
<i>Gleichenella pectinata</i> (Willd.) Ching	103,104,172	R
Cyathelaes		
Plagiogyriaceae		
<i>Plagiogyria pectinata</i> (Liemb.) Lellinger	10,136	T
Cyatheaceae		
<i>*Alsophila firma</i> (Baker) D. S. Conant	231,305	T
<i>*Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée	186	T
Dicksoniaceae		
<i>*Dicksonia sellowiana</i> Hook.	152	T
<i>Lophosoria quadripinnata</i> (J. F. Gmel.) C. Chr. in Skottsberg	16,137	T
Polypodiales		
Dennstaedtiaceae		
<i>Dennstaedtia distenta</i> (Kunze) T. Moore	318	T

Categoría taxonómica	No. Colecta	Sustrato
<i>Dennstaedtia globulifera</i> (Poir.) Hieron.	255,256	T
<i>Hypolepis blepharochlaena</i> Mickel & Beitel	161	T
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn in v. d. Decken var. <i>feeii</i> (W. Schaffn. ex Fée) Maxon ex Yunck.	12,11,70	T
<i>Pteridium caudatum</i> (L.) Maxon	2	T
Pteridaceae		
<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	1,7,8,21,24,279,291,310	T,R
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	266	T
<i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.	292	T
<i>Astrolepis sinuata</i> (Lag. ex Sw.) D. M. Benham & Windham	288	R
<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willd.) Proctor	142,174	R,T
<i>Cheilanthes cuneata</i> Link	243,247	R
<i>Cheilanthes kaulfussii</i> Kunze	33,34,111,275,299	R,T
<i>Cheilanthes lendigera</i> (Cav.) Sw.	140	R
<i>Cheilanthes marginata</i> Kunth	233	T
<i>Cheilanthes microphylla</i> (Sw.) Sw.	283	R
<i>Cheilanthes notholaenoides</i> (Desv.) Maxon ex Weath.	208	T
<i>Cheilanthes pyramidalis</i> Fée	48,49,85,158	R
<i>Cheilanthes villosa</i> Davenp. ex Maxon	180	T
<i>Mildella fallax</i> (M. Martens & Galeotti) Nesom	31,32,46,181,183,209	T,R
<i>Pellaea ternifolia</i> subsp. <i>ternifolia</i> (Cav.) Link	141,144,176	R,T
<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.	289	R
<i>Pityrogramma ebenea</i> (L.) Proctor	163,234,311	T
<i>Pteris cretica</i> L.	81,197	R,T
<i>Pteris orizabae</i> M. Martens & Galeotti	263	T
<i>Pteris quadriaurita</i> Retz.	295	T
<i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf.	185,298	E
Aspleniaceae		
<i>Asplenium abscissum</i> Willd.	236	R
<i>Asplenium auriculatum</i> Sw.	238,239	R
<i>Asplenium cuspidatum</i> Lam.	280,175,25,26,27	E,R
<i>Asplenium monanthes</i> L.	171,124,5,20,17,35,79	T,E,R
<i>Asplenium sessilifolium</i> var. <i>sessilifolium</i> Desv.	281,194,195,22,23,69	T,R
<i>Asplenium riparium</i> Liebm.	324	T
Thelypteridaceae		
<i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaudich.) Ching	235,248	T
<i>Thelypteris cheilanthis</i> var. <i>cheilanthis</i> (Kunze) Proctor	285	T
<i>Thelypteris hispidula</i> (Decne.) C. F. Reed	227,297	R,T

Categoría taxonómica	No. Colecta	Sustrato
<i>Thelypteris oligocarpa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Ching	168,267	T
<i>Thelypteris ovata</i> R. P. St. John var. <i>lindheimeri</i> (C. Chr.) A. R. Sm.	200	T
<i>Thelypteris pilosa</i> (M. Martens & Galeotti) Crawford	199,212	T
<i>Thelypteris pilosula</i> (Klotzsch & H. Karst. ex Mett.) R. M. Tryon	214,317	T
<i>Thelypteris rudis</i> (Kunze) Proctor	153,321	T
Woodsiaceae		
<i>Athyrium arcuatum</i> Liebm.	155	T
<i>Athyrium bourgeauii</i> E. Fourn.	225	T
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	229,119,29,241,63	R
<i>Diplazium expansum</i> Willd.	254	T
<i>Diplazium franconis</i> Liebm.	262,80	T
<i>Diplazium lonchophyllum</i> Kunze	287	T
<i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.	216	R
Blechnaceae		
<i>Blechnum appendiculatum</i> Willd.	232,184,215,110,65,66,78	T,R
<i>Blechnum stoloniferum</i> (Mett. ex E. Fourn.) C. Chr.	188,95	T
<i>Woodwardia martinezii</i> Maxon ex Weath.	90,92	T
<i>Woodwardia semicordata</i> Mickel & Beitel	87	T
<i>Woodwardia spinulosa</i> M. Martens & Galeotti	89,93	T
Dryopteridaceae		
<i>Arachniodes denticulada</i> (Sw.) Ching	322	T
<i>Ctenitis equestris</i> var. <i>equestris</i> (Kunze) Ching	304,253,249	T
<i>Ctenitis erinacea</i> A. R. Sm.	261	T
<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	219,313	R
<i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.	6,15,121	T
<i>Elaphoglossum leebrowniae</i> Mickel	166,88,159,162,51,84	R,T
<i>Elaphoglossum erinaceum</i> var. <i>erinaceum</i> (Fée) T. Moore	91	T
<i>Elaphoglossum obscurum</i> (E. Fourn.) C. Chr.	165,160,45,264,237	R
<i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urb.	222,156,157	T
<i>Elaphoglossum seminudum</i> Mickel	272,273	E,T
<i>Elaphoglossum vestitum</i> (Schtdl. & Cham.) Schott ex T. Moore	167,50,60	R,T
<i>Phanerophlebia gastonyi</i> Yatsk.	251	T
<i>Phanerophlebia remotispora</i> E. Fourn.	56	R
<i>Polystichum distans</i> E. Fourn.	182,260,320	T

Categoría taxonómica	No. Colecta	Sustrato
Lomariopsidaceae		
<i>Lomariopsis mexicana</i> Holttum	296	T
Polypodiaceae		
<i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée	94,98,198,268,290,314,315,316	E,T
* <i>Campyloneurum phyllitidis</i> (L.) C. Presl	13	T
<i>Pecluma alfredii</i> var. <i>cupreolepis</i> (A. M. Evans) A. R. Sm.	44,83,224	E
<i>Pecluma atra</i> (A.M. Evans) M.G. Price	113	R
<i>Pecluma ferruginea</i> (M.Martens & Galeotti) M.G. Price	284	R
<i>Pecluma sursumcurrens</i> (Copel.) M. G. Price	36,37,42,43,122,125	R,T,E
<i>Phlebodium pseudoaureum</i> (Cav.) Lellinger	59,96,97,218	E,T
<i>Pleopeltis crassinervata</i> (Fée) T. Moore	53,54,55,57,58	E,R
<i>Pleopeltis mexicana</i> (Fée) Mickel & Beitel	226	E
<i>Pleopeltis polylepis</i> var. <i>polylepis</i> (Roemer ex Kunze) T. Moore	126,131,139,150	E
<i>Polypodium echinolepis</i> Fée	133,134,170,193,301	T,E
<i>Polypodium fraternum</i> Schldl. & Cham.	220	E
<i>Polypodium furfuraceum</i> Schldl. & Cham.	294,300	E
<i>Polypodium guttatum</i> Maxon	127,132,138,154,179	E,T
<i>Polypodium lepidotrichum</i> (Fée) Maxon	28,30,52,67,72,73,76,173	E,T,R
<i>Polypodium madrense</i> J. Sm. in Seemann	202	T
<i>Polypodium martensii</i> Mett.	178	E
<i>Polypodium plebeium</i> Schldl. & Cham.	3,4,38,39,61,64,68,86,117,120,123,129,146,242	E
<i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze	14,115,293	E
<i>Polypodium polypodioides</i> var. <i>aciculare</i> Weath	41,62,75,77,116,147,177,204,223	E,R,T
<i>Polypodium rhodopleuron</i> Kunze	47,102	R,E
<i>Polypodium subpetiolatum</i> Hook. in Bentham	201,206,306	T,E
<i>Polypodium villagranii</i> Copel.	71,74	E

* Especies en la NOM-ECOL-059-2001. Sustratos: E-Epífito, R-Rupícola, T-Terrestre

Anexo 2. GLOSARIO

Tomado de Glosario Botánico Ilustrado (Moreno, 1984).

Abaxial: El lado de un órgano más alejado del eje o centro del eje, porción dorsal.

Acanalado, da: Canaliculado, que presenta canales.

Acicular: En forma de aguja, de forma larga, muy delgada y puntiaguda.

Adaxial: El lado o porción que está hacia el eje central, porción ventral.

Adpreso: Aplicado contra la superficie o eje vertical de referencia, dirigido hacia el ápice de la misma

Anastomosado, da: Entretejido, se dice de la nerviación de hojas marcadas por nervaduras cruzadas formando una red; ocasionalmente las nervaduras ramificadas confluyen sólo en el margen.

Ápice: Parte terminal de un órgano. La punta o terminación distal, en sentido geométrico u orgánico.

Ascendente: Levantándose; proyectado de una manera algo oblicua o indirectamente hacia arriba.

Aurícula: Que semeja una orejita, como las proyecciones en la base de algunas hojas y pétalos.

Basal: Propio de la base, opuesto a apical.

Basiscópico, ca: Orientado hacia la base o parte inferior.

Bicoloro, ra: De dos colores.

Bipinnado, da: Cuando la lámina foliar esta dos veces pinnada, lámina foliar pinnada, cuyas pinnas a su vez son pinnadas; se prefiere emplear 2-pinnado.

Caduco: Órgano o miembro poco durable que se desprende tempranamente.

Ciliado: Con tricomas marginales.

Comoso: Con un conjunto apical de tricomas.

Costa: Nervadura o costilla media de una pinna; menos comúnmente el raquis de una hoja pinnado-compuesta.

Cuneado, da: Cuneiforme, en forma de cuña. Triangular, con la parte angosta en el punto de inserción, como las bases de las hojas.

Decurrente: Con la base prolongada sobre el tallo o pecíolo, extendida hacia abajo.

Deflexo, a: Doblado hacia abajo.

Deltado, da: Cuyo contorno recuerda a una letra delta, triángulo isósceles de base estrecha.

Entero, ra: Con un margen continuo, no dentado de modo alguno; completo (puede o no ser ciliado).

Escama: Nombre dado a tricomas laminares o brácteas adpresas y regularmente secas.

Espora: Cuerpo reproductivo simple, generalmente constituido por una sola célula, capaz de desarrollarse en adulto sin ocurrir fusión alguna.

Esporangio: Estructura unicelular o multicelular en donde son producidas las esporas.

Estéril: Carente de órganos sexuales funcionales.

Estípite: Cualquier estructura prolongada de soporte; a menudo se aplica al pecíolo de los helechos o al tallo de los helechos.

Falcado, da: De forma más o menos aplanada y curva, como una hoz.

Fértil: Por reproducción, que produce y multiplica; opuesto a estéril.

Fronda: Término aplicado para referirse a la hoja de los helechos.

Glabrescente: Casi glabro; que se vuelve glabro con la madurez o la edad.

Glabro, bra: Desprovisto de escamas o tricomas.

Indusio: Estructura que protege a los esporangios cuando éstos están agrupados en soros, de forma característica para cada género.

Lanceolado, da: Con forma de punta de lanza, más largo que ancho, que se ensancha por encima y se adelgaza hacia el ápice.

Libre: No adnado o adherido a otros órganos de otra serie, en ocasiones la palabra se usa en el sentido distinto, como las nervaduras no unidas.

Lustroso: Brilloso.

Oblongo, ga: Más largo que ancho y con los lados casi paralelos en la mayor parte de su extensión.

Obtuso: Con márgenes de rectos a cóncavos que forman un ángulo terminal mayor de 90°

Ondulado: con una serie de curvas verticales, perpendiculares al eje central.

Ovado, da: Con contorno de huevo bidimensional. Aovado, de contorno en sección longitudinal similar al de un huevo de gallina, el extremo más ancho por debajo de la parte media.

Papila: Tricoma o protuberancia en una célula epidérmica de forma más o menos cónica y con un ápice redondeado.

Pelo: Apéndice superficial que consiste de una sola célula o una hilera de células o, si es más de una hilera de células, entonces es redondeado en corte transversal.

Pinna: División primaria o foliolo de una hoja pinnada. Segmento primario o de primer orden de la lámina de una hoja de helecho.

Pinnado, da: Con la lámina foliar dividida en pinnas.⁷⁸

Pinnatífido, da: Hoja, pinna o segmento de otro orden con bordes hendidos sin llegar hasta el raquis, costa o cóstula.

Raquis: Eje primario de una lámina pinnada o más dividida, eje portador de folíolos en una hoja compuesta.

Rastrero, ra: Postrado, se aplica al tallo horizontal que crece sobre el suelo y forma raíces en los nudos.

Revoluto: Con los márgenes enrollados sobre el envés.

Rizoma: Tallo por lo común horizontal, subterráneo.

Segmento: Una de las partes de un órgano, como una hoja, rizoma; dividido pero no verdaderamente opuesto.

Serrulado: Con dientes muy pequeños dirigidos hacia el ápice.

Soro: Agregado de esporangios.

Yema: Bulbilo, estructura de propagación vegetativa.