



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

**Efecto de la perturbación sobre la pteridoflora  
de un Bosque Mesófilo de Montaña en la Sierra  
Norte de Puebla.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO**

**P R E S E N T A:**

**ANDRÉS GARCÍA MISAEL FARID**

**DIRECTORA DE TESIS:**

**M. en C. Alin Nadyely Torres Díaz**



**Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2022.**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, y a sus profesores, quiénes contribuyeron a mi formación y crecimiento tanto académico como personal.

A mi directora de tesis Alin Nadyely Torres Díaz y a mis sinodales José Daniel Tejero Díez, Ma. Edith López Villafranco, Arturo Sánchez González y Héctor Octavio Godínez Álvarez por revisar y aportar a este trabajo.

Al instituto Smithsonian, especialmente a Jonathan D. Amith por la información brindada sobre la pteridoflora de la Sierra Norte de Puebla, lo que permitió realizar este trabajo.

## DEDICATORIAS

A mis madre Guadalupe García Pérez, y a mi padre Ubaldo Andrés Hernández, quiénes me inculcaron los valores y principios que hoy me definen, quiénes se quitaron la comida de la boca por mí, y a pesar de las grandes crisis que vivimos, la educación siempre fue primero para ellos, y quiénes incluso hoy en día que mi hermano y yo somos grandes, ven primero por nosotros antes que ellos, no hay palabras con las que yo pueda agradecerles todo lo que han sacrificado por mí, este trabajo es por ustedes y para ustedes, los amo.

A mi tutora de tesis Alin Nadyely Torres Díaz, nuevamente, por guiarme en momentos de la carrera donde no sabía qué hacer, por la confianza depositada en mí al recibirme como un integrante más de su familia, y por el crecimiento académico y profesional que tuve desde que estuve bajo su tutoría, todo mi cariño y admiración para ella.

A la familia Sotero Hernández, por brindarme techo y alimento en mis salidas de campo para los muestreos de este trabajo; especialmente a Anastasio Sotero, quien fue nuestro guía en los bosques de San Juan Tahitic, gracias por el apoyo y la amistad brindada.

Al biólogo Canek Ledesma Corral, que me enseñó gran parte de las destrezas con las que cuento para trabajar en campo, por encargarse de nuestra seguridad en todas las salidas, y por considerarme para conformar parte de su equipo de trabajo, muchas gracias.

Finalmente, a mis amigos de toda la carrera Mauricio Castillo Domínguez, Kalahan García Reyes y Carlos Hernández Vilchis, por hacer tan entretenido todo este recorrido, por el tiempo dedicado en apoyarme tanto en situaciones difíciles como banales, gracias por estos 6 años y contando de amistad.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
Bosque Mesófilo de Montaña .....	9
Importancia .....	10
Los pteridobiontes.....	10
Problemática .....	11
Perturbación.....	12
Grupos funcionales.....	13
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>14</b>
Pteridoflora .....	14
Respuesta de los pteridobiontes a factores ambientales .....	15
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
Objetivo general.....	17
Objetivos particulares .....	17
<b>ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>18</b>
Ubicación.....	18
Fisiografía .....	19
Edafología.....	19
Geología.....	19
Hidrología .....	19
Clima.....	22
Vegetación y uso de suelo.....	23
<b>MÉTODOS .....</b>	<b>24</b>
Trabajo de campo.....	24
Análisis de datos.....	25
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
Unidades ambientales.....	32
Pteridoflora en San Juan Tahitic.....	35

Pteridoflora en unidades ambientales .....	36
Grupos funcionales de San Juan Tahitic.....	37
Grupos funcionales Sierra Norte de Puebla .....	47
Especies vulnerables de la Sierra Norte de Puebla .....	48
Estatus de protección.....	58
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>59</b>
Pteridoflora en San Juan Tahitic.....	59
Pteridoflora en unidades ambientales .....	60
Grupos funcionales de San Juan Tahitic.....	60
Grupos funcionales Sierra Norte de Puebla .....	68
Especies vulnerables de la Sierra Norte de Puebla .....	68
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>71</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio .....	18
Figura 2. Características de la zona de estudio .....	21
Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la zona de estudio .....	22
Figura 4. Vegetación y uso de suelo de la zona de estudio .....	23
Figura 5. Unidades de muestreo establecidas en el área de estudio.....	24
Figura 6. Dendrograma de similitud entre las UM .....	34
Figura 7. Porcentaje de especies por familias. ....	35
Figura 8. Número de familias y especies presentes en las diferentes unidades ambientales. ...	36
Figura 9. Varianza explicada por dimensiones en el Análisis de Componentes Múltiples .....	38
Figura 10. Dendrograma de similitud por rasgos y ambientes entre especies .....	39
Figura 11. Porcentaje de especies por unidad ambiental presente en los diferentes grupos funcionales. ....	40
Figura 12. Análisis de Componentes Múltiple .....	41
Figura 13. Presencia relativa de caracteres por grupo funcional. ....	46
Figura 14. Matriz de confusión obtenida en la clasificación a partir del algoritmo Random Forest.....	47
Figura 15. Porcentaje de especies pertenecientes a las diferentes categorías de vulnerabilidad. .....	48
Tabla 1. Caracteres morfológicos registrados para el análisis de grupos funcionales .....	27
Tabla 2. Especies correspondientes a subgrupos y grupos funcionales con sus caracteres. ....	42
Tabla 3. Semáforo de vulnerabilidad por especies .....	49
Tabla 4. Lista de especies con estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2018.....	58

## ANEXO

Anexo 1. Listado pteridoflorístico de la localidad de San Juan Tahitic. ....	78
Anexo 2. Listado pteridoflorístico de la Sierra Norte de Puebla .....	84

## INTRODUCCIÓN

México posee del 10 al 12% de la biodiversidad conocida a nivel mundial (Sarukhán, 2006). La biodiversidad hace referencia a la variedad de vida que habita sobre la tierra y es la base de los llamados servicios ecosistémicos; dentro de ellos, la biodiversidad actúa de manera directa en los servicios de provisión (alimentos, fibras, energéticos) y, como resultado de la expresión de sus relaciones, se ha registrado que la biodiversidad provee indirectamente diversos servicios de regulación y soporte (SEMARNAT, 2003; MEA, 2005); incluso estudios locales han encontrado correlaciones positivas entre biodiversidad y cantidad de carbono acumulado en bosques, tanto aéreo como en el suelo (Rodríguez-Guzmán, 2018; Anaya et al., 2016), así como relaciones entre la complejidad del dosel arbóreo y la intercepción de la humedad atmosférica (Holwerda et al., 2010).

Desafortunadamente la diversidad biológica se ha visto mermada por la destrucción de hábitats, contaminación, sobreexplotación de recursos, introducción de especies exóticas y tráfico de especies nativas; aunado al actual problema del cambio climático que compromete a las comunidades vegetales, principalmente a aquellas que son más susceptibles a cambios de temperatura y cantidad de agua (Martínez-Meyer *et al.*, 2014; Flores-Palacios & Valencia-Díaz, 2007; Trejo *et al.*, 2011). En México para el 2008, se conocía que al menos 127 especies (De vertebrados y plantas con flor) se han extinto, de las cuales más de la mitad son endémicas, por lo que su pérdida es permanente (Baena & Halffter, 2008).

Para evitar la pérdida de biodiversidad, actualmente se cuenta con ordenamientos tanto territoriales como jurídicos (Mesta, 2016). En los primeros destacan las Áreas Naturales Protegidas (Bezaury-Creel et al., 2009), en los segundos se encuentra la participación de nuestro país en tratados internacionales como la UICN, que cuenta con listados de especies catalogadas en peligro (UICN, 2020) y la CITES, que regula el comercio de especies amenazadas entre países (CITES, 2020); a nivel nacional, el cuerpo normativo que contempla la preservación, protección y aprovechamiento de la flora y fauna silvestre es la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente; y de acuerdo con la competencias expedidas por esta, la SEMARNAT en materia de aprovechamiento extractivo y no extractivo expide la NOM-SEMARNAT-059-2018 que tiene por objeto identificar las especies de flora y fauna silvestres que se encuentran en riesgo en la República Mexicana (SEMARNAT, 2018; Hernández, 2003).

Uno de los ecosistemas que funciona como refugio de numerosos grupos de plantas en riesgo enlistadas en la NOM-SEMARNAT-059-2018 es el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), en el cual se destaca la presencia de orquídeas (*Prosthechea* spp.), bromelias (*Tillandsia* spp.), licopodios (*Polypodium* spp.), palmas (*Chamaedorea* spp.), helechos arborescentes (Cyatheaceae) y cícadas (*Ceratozamia* spp.). Además, es el tipo de vegetación con mayor diversidad de especies por unidad de área (Rzedowski, 1996). Esta comunidad vegetal comprende un conjunto de asociaciones que abarcan zonas montañosas con mucha humedad, por lo que las condiciones climáticas sobre las que se distribuye son restringidas a lo largo de la república mexicana (Leopold, 1950). A pesar de todo esto, el BMM ha perdido aproximadamente el 50% de su cobertura original, siendo reemplazado principalmente por el cultivo de árboles frutales y café (Challenger, 1998; Moguel & Toledo, 1999). Sin embargo, lo que ha posicionado a este ecosistema como uno de los más amenazados a nivel nacional, es el cambio climático, que genera alteraciones en los patrones de precipitación y elevación en el nivel promedio de condensación de las nubes (CONABIO, 2010).

Uno de los grupos biológicos que se destacan en el BMM es el de los pteridobiontes (helechos y licopodios), ya que encuentran ahí su mayor diversidad; en el territorio nacional se han registrado 1,030 especies, que corresponden al 9.4% de la flora pteridobiontica mundial y para el BMM se ha documentado que habitan 630 especies (61% de la pteridoflora mexicana), de las cuales 84 son endémicas del país y 49 se consideran con distribución restringida a esta comunidad vegetal; de este conjunto, solo 25 especies se encuentran registradas en la NOM-059-SEMARNAT-2018 (Mehltreter, 2010; Tejero-Díez et al., 2014).

Debido al actual proceso de deterioro ambiental en que se encuentra el BMM, Tejero-Díez et al., (2014) proponen que las especies valoradas como exclusivas en este ecosistema deberían integrarse a la NOM-ECOL-059 en el corto plazo, por lo que este estudio pretende determinar las especies de pteridobiontes vulnerables al cambio de uso de suelo del BMM en la Sierra Norte de Puebla, a partir de la determinación de grupos funcionales con base en caracteres morfológicos y el tipo de vegetación en el que se presentan.

## MARCO TEÓRICO

### Bosque Mesófilo de Montaña

“Bosque Mesófilo de Montaña” (BMM) ha sido el término utilizado para englobar al conjunto de comunidades vegetales que se distribuyen en la montaña, confinadas a regiones reducidas donde prevalece cierto rango de humedad y temperatura (Rzedowski, 1996). Se distribuye en altitudes medias de las montañas (1500 a 2500 msnm), donde las nubes chocan y se aglomeran, aunque en algunos casos el rango altitudinal puede variar drásticamente (600 a 3200 msnm) dado la influencia topográfica o la disponibilidad de humedad, restringiendo asociaciones vegetales a cañadas y laderas protegidas (Villaseñor, 2010; Luna *et al.*, 2001; Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017). Actualmente, el BMM ocupa cerca de 18,418 km<sup>2</sup> (1% de territorio nacional), del que solo 46% pertenece a vegetación primaria (INEGI, 2016); los fragmentos se distribuyen de San Luis Potosí hasta Veracruz por la Sierra Madre Oriental, en Oaxaca por la Sierra Norte y menormente sobre la Sierra Madre Occidental, del Sur y Eje Neovolcánico Transversal (Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017).

Sobre el BMM inciden dos grandes regiones geográficas, la neártica proveniente del norte y la neotropical proveniente del sur del continente americano, por lo que las afinidades florísticas sobre su estructura se dan en especies arbóreas boreales (climas fríos) y especies tropicales que habitan en el sotobosque (Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017). El clima dominante, de acuerdo a la clasificación de Köppen es tipo Cf (Templado húmedo con lluvias todo el año), la precipitación media anual casi nunca es inferior a los 1000 mm, comúnmente rebasa los 1500 mm y en algunas zonas llega a exceder los 3000; el número de meses secos va de 0 a 4, dado que las frecuentes neblinas suplen la deficiencia de lluvia en el periodo seco del año, la temperatura media anual varía de 12 a 23°C y en algunos casos se pueden presentar heladas en los meses más fríos (Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017; Rzedowski, 2006).

En términos de composición florística destaca la presencia de epífitas (Araceae, Bromeliaceae, Cactaceae, Orchideaceae y Piperaceae), pteridobiontes (Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Hymenophyllaceae, Polypodiaceae, Psilotaceae) y trepadoras leñosas (sobresale Smilacaceae), que aportan en forma significativa parte de la biomasa total de este tipo de vegetación. Su estructura es compleja, conformada por 2 o más estratos arbóreos, en los estratos altos predominan los géneros *Fagus*, *Liquidambar*, *Pinus*, *Podocarpus* y *Quercus*, mientras que en los

estratos bajos (arbustivo y herbáceo) las familias Clethraceae, Lauraceae, Melastomataceae, Papaveraceae y Piperaceae, entre otras; cuya dominancia varía dependiendo del lugar (Rzedowski, 1996; CONABIO, 2010; Gual-Díaz & Rendón-Correa, 2017; Tejero-Díez *et al.*, 2014).

## Importancia

A pesar de la escasa superficie que ocupa el BMM, destaca por su gran diversidad, ya que se estiman cerca de 2,500 especies de plantas vasculares exclusivas, que pertenecen a 650 géneros agrupados en 144 familias; entre los componentes vasculares dominan las dicotiledóneas con 1,300 especies seguidas por las monocotiledóneas con 700, los pteridobiontes con 500 y las gimnospermas con 10 (Rzedowski, 1996). Debido a su elevada diversidad, brinda numerosos servicios de provisión, ya que sus especies proporcionan recursos maderables, para la construcción, combustibles, medicinales, ornamentales, de utilidad para la elaboración de artesanías, herramientas domésticas, materias primas para la industria y de uso religioso, algunos de los cuales no pueden ser sustituidos ni obtenidos en comunidades vegetales secundarias, por lo que supone una gran dependencia de la comunidad a este tipo de ambiente (Freire, 2018).

También es reconocido como un ecosistema prioritario para la conservación, debido a su destacable papel en servicios hidrológicos, ya que gracias a su alta complejidad estructural aumenta considerablemente la superficie disponible para la condensación del agua proveniente de la neblina, por lo que el agua captada en zonas montañosas aumenta de 4 a 18% sobre la precipitación anual, y asciende al 100% en temporada de secas, cuando hay mayor necesidad de agua (Stadtmüller & Agudelo, 1990). Además, regula la calidad y cantidad de agua, el clima a escala regional o local y ayuda a evitar inundaciones, deslaves y el azolve de ríos (Manson, 2004).

## Los pteridobiontes

Los pteridobiontes, son precursores de las plantas con flor (grupo predominante en el planeta hasta hoy en día), es el primer grupo donde apareció por primera vez un sistema vascular, lo que permitió mejorar la conducción de agua, así como productos elaborados por la misma planta, y aún más importante, lo que permitió la colonización del medio terrestre. De manera general, la parte más evidente de un pteridobionte es la parte aérea, frondas (de tamaño variable), compuestas por una lámina de color verde entera o dividida, en la parte subterránea cuenta con un rizoma, que crece de manera horizontal, que emite raíces y brotes herbáceos de sus diferentes

nudos. Su forma de dispersión al no tener flores ni frutos, se da por medio de las esporas, principalmente por el viento, y éstas pueden encontrarse latentes de meses a años, dependiendo de las especies, mientras esperan condiciones favorables para su crecimiento. Al igual que el resto de los grupos del reino Plantae, cuentan con alternancia de generaciones, con una fase gametofítica, que es totalmente dependiente del agua para el transporte de los gametos y una fase esporofítica dominante encargada de la dispersión de esporas, contenidas generalmente en la parte abaxial de sus hojas (Delgado & Plaza, 2006, Arana & Blanco, 2011).

El gran éxito de los licopodios y helechos en el BMM, ha sido explicado en términos fisiológicos, ecológicos y evolutivos. Desde el punto de vista fisiológico, la combinación de la elevada humedad y las moderadas temperaturas, facilitan que se establezca la parte sexuada (gametofítica), cuyos gametos dependen de la disponibilidad de sitios húmedos. Desde el punto de vista ecológico, su riqueza se atribuye a la gran variedad de hábitats debido a la heterogeneidad espacial y a la compleja estructura del bosque, que facilitan una amplia variedad de sustratos y microclimas, así como numerosos nichos distribuidos verticalmente para las epífitas (Tejero-Díez, *et al.*, 2014). Desde el punto de vista evolutivo, tienen un gran valor científico y didáctico, al ser dos grupos vegetales muy antiguos, que entre sus especies se encuentran un gran número de relictos, que quedaron relegados en alberges naturales particulares (Pastrana, 1989).

## Problemática

Debido a que las condiciones donde se desarrolla el BMM, permite el rápido crecimiento de especies con valor comercial, el cambio de ocupación de la tierra es un problema persistente, ya que generalmente se practica agricultura seminómada, con especies de maíz y frijol, aunque desde el siglo XIX el cultivo de café ha desplazado por completo cualquier otro tipo de aprovechamiento de la tierra (Rzedowski, 2006; Escalona & Campos, 1996). Los cafetales tienen una gran importancia ecológica cuando se trata de policultivos, ya que se establecen en asociación con especies arbóreas nativas, pero de manera contraria, los monocultivos representan una amenaza a la permanencia del BMM, ya que remueven totalmente la cobertura vegetal y utilizan insumos químicos como insecticidas y fertilizantes que impiden el establecimiento de especies nativas en el área afectada (Escalona & Campos, 1996; Moguel & Toledo, 1999). Resultado de esto, en las estimaciones realizadas por INEGI para el área original del BMM (18,438 km<sup>2</sup>) en sus cartas de vegetación y uso de suelo, las áreas con vegetación

primaria en la serie I (1985) ya registraban una pérdida de 6,520 km<sup>2</sup> (35.3%), y en las series recientes IV, V y VI (2007-2014, donde la variación ha sido mínima) la pérdida total es de 9,945 km<sup>2</sup> (53.9%) (INEGI, 2016).

Adicionalmente, el cambio climático se ha posicionado como la peor amenaza al BMM, ya que modificará la elevación en la cual se condensan las nubes, provocará un aumento de la evapotranspiración y alterará los patrones de precipitación, así como la cantidad de días con neblina, todo esto reducirá de forma crítica la entrada de humedad al bosque, por lo que se intensificarán los periodos de sequía (CONABIO, 2010; Foster, 2001; Williams-Linera, 2015).

Dado que se carecen de datos particulares para el BMM, de forma general, se conoce que la remoción de bosques interrumpe la captación de agua, la recarga de mantos acuíferos y aporta a la erosión de los suelos, lo que aumenta los ciclos de inundaciones y sequías, reduce la productividad y la retención de los suelos (Bruijnzeel & Sampurno, 1990; Kramer et al., 1997 Velázquez *et al.*, 2003; Tellería, 2013); en el campo de los servicios ambientales, trabajos como el de Manson (2004) resalta que a nivel nacional la merma de servicios hidrológicos han generado cerca de \$4,547 mdd en pérdidas, debido a la alta incidencia de desastres naturales como lo son inundaciones, sequías y deslaves, así como la pérdida de 150,000 a 200,000 ha de tierra arable.

## Perturbación

Actualmente se vive una crisis de biodiversidad, ya que las tasas de extinción son similares a eventos ocurridos en el pasado, donde de forma relativamente rápida se extinguieron grupos completos de organismos, pero en esta ocasión, el hombre es quien ha causado las perturbaciones al ambiente dado su rápida expansión y alta demanda de recursos (Leakey & Lewin, 1998; Callicott *et al.*, 1999). La perturbación es definida comúnmente como cualquier evento relativamente discreto o repentino en el tiempo, el cual altera la estructura de los ecosistemas, comunidades y poblaciones, lo que afecta la disponibilidad de recursos en el entorno físico, esta puede ocurrir a grandes escalas, como la deforestación, huracanes, inundaciones, grandes incendios y erupciones volcánicas, o a escalas pequeñas como la caída de un árbol (Pickett & White, 2013; Arriaga, 1988).

Si bien, las perturbaciones naturales son de suma importancia en la dinámica de los ecosistemas, ya que liberan recursos que pueden ser aprovechados y posteriormente los renuevan, las perturbaciones humanas generalmente no liberan recursos y si producen cambios en las

propiedades de los ecosistemas que pueden provocar una disminución en su capacidad de regeneración, ocasionando la degradación, pérdida de biodiversidad, alteración en la productividad primaria y secundaria, reducción en la eficacia del reciclado de nutrientes e incremento de las especies exóticas y oportunistas (Rapport & Whitford, 1999). En especies sésiles, los efectos de la perturbación dependen del tamaño y forma del área afectada, así como de la magnitud y frecuencia del evento, ya que se modifican las condiciones originales (como la humedad e incidencia de luz); por su parte, la recolonización de estas zonas depende de la morfología y fisiología de las especies que se encontraban antes y después del evento (Sousa, 1984; Odum *et al.*, 2006).

Generalmente, la regeneración y la sucesión operan a escalas de tiempo cortas, pero el legado de las perturbaciones puede durar de años a décadas, estudios recientes han documentado que en el BMM la estructura se recupera en un lapso de 30 a 50 años, pero la composición cambia significativamente, ya que se pierden especies exclusivas del bosque original y esto depende de múltiples factores, entre ellos, la forma de dispersión de las especies, distancia entre fragmentos, composición de las matrices circundantes y la historia de perturbación de la zona. Los estudios que registran estos factores generalmente se enfocan en angiospermas y algunas gimnospermas, evaluando características como el área basal, altura, tolerancia luz/sombra, modo de dispersión, capacidad de formar banco de semillas, entre otros (Turner & Dale, 1998; Escalona & Campos, 1996; Muñiz-Castro *et al.*, 2006; Diaz-Perea *et al.*, 2014; Santiago-Pérez *et al.*, 2009; Williams-Linera *et al.*, 2015).

## Grupos funcionales

Los estudios clásicos que buscan entender el cambio en la diversidad de los ecosistemas cuando en ellos se presenta algún tipo de perturbación, analizan la abundancia y riqueza de las especies, así como la diversidad ecológica; ésta aproximación hace suponer una equivalencia ecológica entre especies, es decir, que todas tienen la misma probabilidad de sobrevivir y reproducirse; sin embargo, no todas las especies deben considerarse como equivalentes, ya que desde el punto de vista ecológico, el comportamiento y los rasgos fenotípicos determinan cuándo y dónde sobreviven, esta visión es la base de la diversidad funcional y cada vez hay más evidencias de que esta concepción de las especies es la clave para entender la relación entre la diversidad, la estructura de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas (Morin, 2011; Chave, 2004; McGill *et al.*, 2006; Hooper *et al.*, 2005).

El enfoque de la diversidad funcional ha sido utilizado en estudios de restauración ecológica, estimadores de carbono y en análisis de las respuestas a la perturbación (Ramírez-Marcial *et al.*, 2008; Ruiz, 2015; Montes-Pulido *et al.*, 2017; Salmerón *et al.*, 2016), estos trabajos se basan principalmente en determinar los grupos funcionales de angiospermas; sin embargo, en el caso de los pteridobiontes, no hay trabajos que los aborden desde este enfoque, ya que los estudios se centran principalmente en la composición florística y su presencia a lo largo de gradientes altitudinales (señalados en el capítulo de antecedentes), considerando que estos organismos son muy sensibles a cambios en el ambiente, estos podrían ser buenos indicadores al nivel de perturbación de los ecosistemas donde se encuentran.

## ANTECEDENTES

### Pteridoflora

Se han realizado estudios para determinar las especies de pteridobiontes en diversas localidades con BMM ubicadas en la misma región fisiográfica que la zona de estudio. Entre ellos se encuentran:

**Vázquez *et al.* (2006)** registraron en Banderilla, Veracruz un total de 130 especies distribuidas en 49 géneros pertenecientes a 24 familias, los géneros mejor representados fueron *Thelypteris* (12 especies), *Polypodium* (11), *Asplenium* (8) y *Diplazium*, *Pteris*, *Polystichum* y *Selaginella* (5); dentro de las especies registradas 4 están sujetas a protección especial (*Alsophila firma*, *Cyathea bicrenata*, *Cyathea divergens* var. *tuerkheimii*, *Marattia laxa*) y una se encuentra amenazada (*Asplenium auritum*) y contemplada en la NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT, 2010).

**Cerón-Carpio *et al.* (2012)** en la Cuenca hidrográfica del río Necaxa, compuesto por 7 diferentes tipos de vegetación (BMM, selva mediana subcaducifolia, selva media subperennifolia, bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino y pastizal), registraron 108 especies donde los géneros mejor representados fueron *Polypodium*, *Thelypteris*, *Pteris* y *Adiantum*, la riqueza por tipos de vegetación se concentró en el BMM con 88 especies; del total de especies, 10 se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y de estas 10, la mitad pertenecen al género *Cyathea*.

**Pérez-Paredes et al. (2012)** registraron en Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo un total de 125 especies, los géneros mejor representados fueron *Polypodium*, *Cheilantes*, *Selaginella* y *Thelypteris*, la mayor riqueza se concentró en el BMM con el 77.3% de las especies; seis de ellas se encuentran en alguna categoría de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En municipios colindantes o cercanos a la localidad de San Juan Tahitic se encuentran:

**Cerón-Carpio et al. (2006)** en el municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, registraron un total de 66 especies distribuidas en 35 géneros y 17 familias, los géneros mejor representados fueron *Polypodium* (6 especies), seguido de *Thelypteris* (5), *Cyathea*, *Pleopeltis*, *Adiantum* y *Asplenium* (4), *Selaginella* y *Blechnum* (3), el tipo de vegetación con mayor número de especies fue el BMM en el cual se presenta de forma exclusiva el género *Cyathea*, del total de especies, 7 se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

**Jano-Tolama & Hernández (2001)** en La Gloria, Puebla registraron 25 especies distribuidas en 13 géneros y 7 familias, los géneros mejor representados fueron *Thelypteris* (6 especies) seguido de *Polypodium* (5), *Asplenium* (3) y *Pleopeltis* (2), no se registró ninguna especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

## Respuesta de los pteridobiontes a factores ambientales

Algunos estudios se han enfocado en estudiar la relación ya sea entre la riqueza, composición, abundancia o características de las especies de pteridobiontes y los ambientes, entre ellos se encuentran:

**Rodríguez et al. (2011)** evaluaron estrategias reproductivas de pteridobiontes en cuatro áreas alteradas de la sierra de México cubiertas por bosques templados de coníferas, de encino y mixtos (coníferas-encino), determinaron áreas primarias, parches de bosque con evidencia de tala de árboles, fragmentos de bosque con parches sin vegetación y bosque con plantaciones de pino y eucalipto. Encontraron que en paisajes con poca o nula alteración la riqueza de especies fue mayor, así como el número de especies perennes, predominó la reproducción sexual y los géneros *Asplenium*, *Pleopeltis* y *Polypodium* fueron exclusivos de estos, por el contrario, en zonas perturbadas la riqueza se redujo a tres especies cuyas estrategias reproductivas son la apogamia y la creación de bancos de esporas.

**Bergeron & Pellerin (2014)** evaluaron si los pteridobiontes eran indicadores confiables de la integridad de un bosque urbano en Quebec, Canadá, los resultados reflejaron una disminución en la riqueza en áreas residenciales e islas de calor urbano, mientras que los picos de riqueza se encontraron a mayor distancia de estas zonas.

**Carvajal-Hernández et al. (2014)** estudiaron la riqueza y composición florística de pteridobiontes en un bosque mesófilo de montaña y ambientes perturbados en la Loma de Santa Rita en Veracruz, registraron un total de 81 especies, el sitio con mayor riqueza fue el bosque natural, seguido del acahual maduro y joven, se registró una reducción del 70% de especies en sitios de mayor perturbación, a través de un análisis de conglomerados se observó una tendencia en la agrupación de especies en los sitios donde mayormente se mantienen estratos arbóreos y arbustivos bien definidos.

**Carvajal-Hernández & Kromer (2015)** estudiaron la riqueza y distribución de helechos y licofitos a través de un gradiente altitudinal en el Cofre de Perote, Veracruz, la riqueza de especies cambió con respecto a los diferentes pisos altitudinales, ya que en elevaciones medias de entre 1500 a 2500 msnm pertenecientes al BMM, se presentaron los valores máximos (96 especies), mientras que en las zonas a nivel del mar (0 msnm) y partes altas del Cofre de Perote (3500 msnm) esta disminuyó significativamente hasta en un 98 y 96%, respectivamente. También se registró una pérdida del 40 al 70% de especies en zonas de BMM perturbado, lo que indica que los cambios en la estructura y por ende en el microclima y fisonomía del bosque afecta de manera considerable a los helechos y licofitas.

**Tanaka & Sato (2015)** evaluaron tanto filogenética como funcionalmente la diversidad de pteridobiontes a lo largo de un gradiente de elevación en el centro de Japón, los aspectos morfológicos a evaluar de la fronda fueron longitud, grosor, disección, dimorfismo, así como tipo de rizoma y presencia de indusios, filogenéticamente no se encontraron tendencias dependientes de la elevación, pero funcionalmente la ramificación y la disección de la fronda mostraron patrones.

**Carvajal-Hernández et al. (2017)** observaron el valor de conservación de bosques perturbados y secundarios para pteridobiontes a través de un gradiente de elevación en México, se encontró un patrón de riqueza mayor en elevaciones intermedias, así como una reducción de 5 al 60% de la riqueza y cambios marcados en la composición de especies en presencia de perturbación, en el bosque natural se encontraron Hymenophyllaceae, *grammitides* (Polypodiaceae) y *vittarioides*

(Pteridaceae) como familias indicadoras, mientras que en bosques perturbados destacaron los géneros *Pteridium* (Dennstaedtiaceae) y *Thelypteris* (Thelypteridaceae).

**Silva et al. (2018)** evaluaron a los helechos como posibles indicadores ecológicos del efecto de borde en el BMM y la selva baja en el estado de Veracruz, México, se encontró que este efecto es más pronunciado en el caso del BMM, lo que resultó en una menor riqueza y abundancia de especies, los autores relacionan esto a las temperaturas cálidas, apertura del dosel, velocidad del viento y la humedad tanto en el aire como en el suelo, por lo que suponen que los helechos que habitan en el BMM son los más amenazados por la fragmentación de los bosques.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Determinar las especies de la pteridoflora del BMM en la Sierra Norte de Puebla vulnerables a cambio de uso de suelo, a partir de caracteres morfológicos y reproductivos asociados a grupos funcionales.

### Objetivos particulares

Determinar la pteridoflora de diferentes asociaciones vegetales primarias y secundarias derivadas del BMM en la localidad de San Juan Tahitic, Sierra Norte de Puebla.

Distinguir grupos funcionales de pteridoflora con base en su biología y hábitat.

Clasificar la pteridoflora de la SNP con base en los grupos funcionales de San Juan Tahitic.

Definir especies vulnerables al cambio de uso de suelo en la Sierra Norte de Puebla con base en su grupo funcional, distribución geográfica y hábitat.

## ZONA DE ESTUDIO

### Ubicación

La localidad de San Juan Tahitic (Figura 1) pertenece al municipio de Zacapoaxtla en el estado de Puebla, se ubica al noreste de la cabecera municipal, sus coordenadas extremas son  $19^{\circ} 56' 45.66''$ -  $19^{\circ} 55' 16.41''$  latitud norte y  $97^{\circ} 29' 9.08''$  –  $97^{\circ} 34' 42.25''$  longitud oeste; colinda con las siguientes localidades: al sur con Tepetzintlan y Loma bonita, al este con Ocotlán y al oeste con Xochitepec, mientras que al norte colinda con el municipio de Cuetzalan (INEGI, 2009).

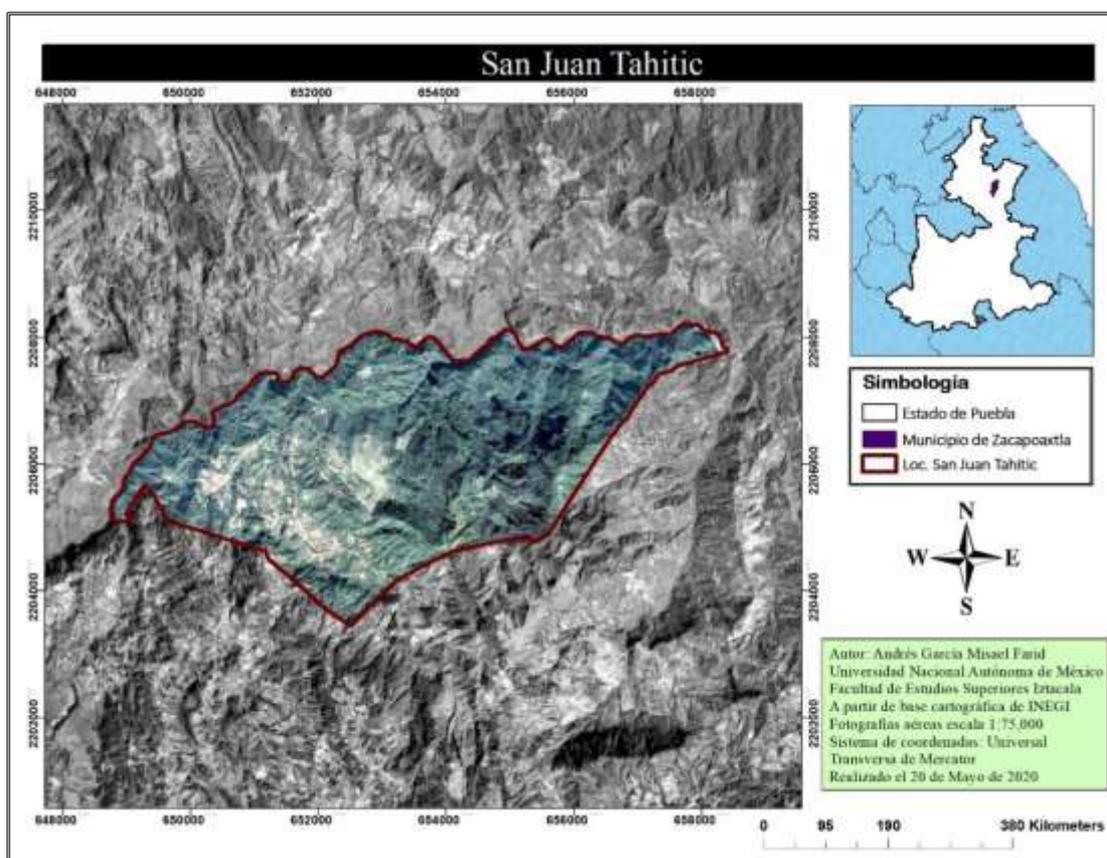


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

## Fisiografía

La localidad se encuentra en la Sierra Norte de Puebla dentro de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental y de la subprovincia del Carso Huasteco, con una altitud mínima de 740 msnm y máxima de 1880 msnm, el sistema de topoformas que predomina en la zona es sierra baja y sierra alta escarpada (Figura 2a); en partes bajas las pendientes oscilan entre 0 y 12°, mientras que en las más altas y accidentadas las pendientes llegan a ser de más de 45° (INEGI 2009; Torres *et al.*, 2015).

## Edafología

Se presentan tres tipos de suelo en la localidad (Figura 2b): Andosol (húmico y ócrico) que ocupa el 86.3%, característico por ser de color oscuro formado sobre cenizas volcánicas, altamente poroso y permeable con buena fertilidad, muy apto para agricultura; Litosol, que ocupa el 11.3%, en áreas que han sufrido erosión, con espesor de escasos centímetros, poco apto para actividades agrarias y uso forestal; finalmente Luvisol (crómico y órtico) que ocupa únicamente el 2.3%, producido generalmente por acumulación de arcillas y óxido de hierro que suele desarrollarse en zonas llanas con estaciones secas y húmedas bien diferenciadas (INEGI, 2009; WRB, 2007).

## Geología

Las rocas presentes en la localidad tienen origen en el levantamiento y deformación de rocas mesozoicas, que abarcan los periodos Jurásico (33%), Cuaternario (26%), Cretácico (17%) y Neógeno (7%), predominan las rocas sedimentarias (limonita, lutita y esquisto) y en menor proporción rocas ígneas (toba riolítica) ubicadas al norte y noreste de la zona de estudio (Figura 2c) (INEGI, 2009; Servicio Geológico Mexicano, 2020).

## Hidrología

La localidad pertenece a la región hidrográfica Tuxpan-Nautla, localizada en la parte central del Golfo de México, integrada principalmente por ríos, lagunas, esteros y corrientes menores, dichas corrientes se desarrollan principalmente en el estado de Veracruz, y cubren porciones importantes del estado de Puebla; dentro de las cuatro cuencas que integran a esta región, la

zona de estudio pertenece a la cuenca del río Tecolutla, con origen en la Sierra Norte de Puebla, en los municipios de Huauchinango, Zacatlán, Acatlán y Teziutlán, sus corrientes principales son las del arroyo Zapata, río Coyuca, río Apulco, y el río Tecolutla (Pereyra *et al.*, 2010; INEGI, 2009).

Localmente, la corriente principal en la zona de estudio es la del río Ochianteco que corre desde la parte sur (región con altitud más elevada) hasta la región norte de la zona de estudio, donde alimenta a la subcuenca hidrológica del río Apulco, siendo ésta el límite entre los municipios de Cuetzalan y Zacapoaxtla (INEGI, 2009).

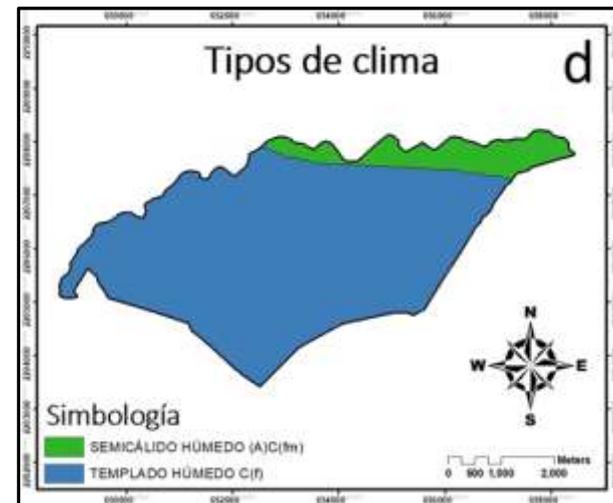
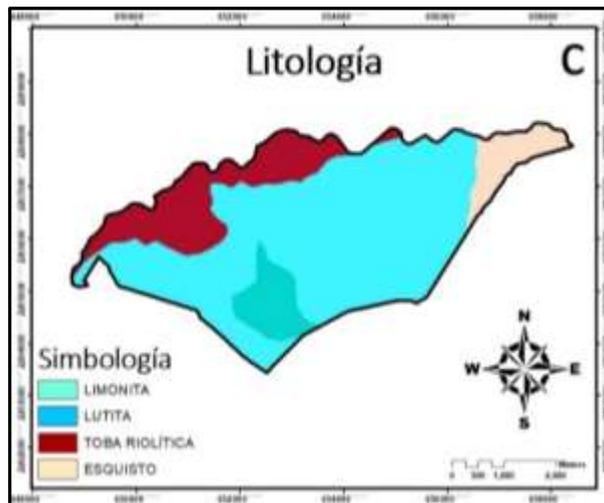
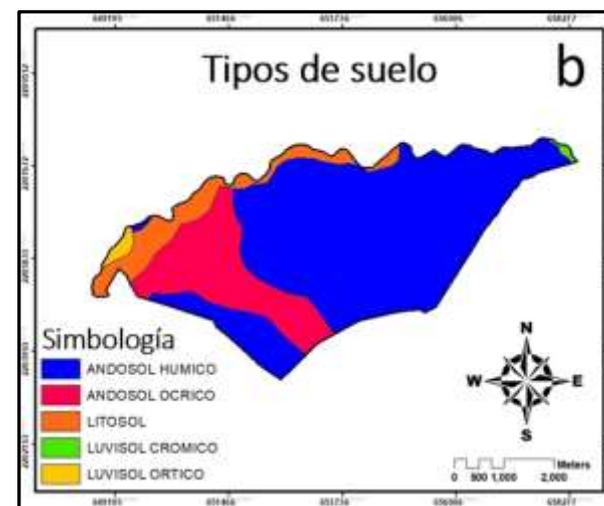
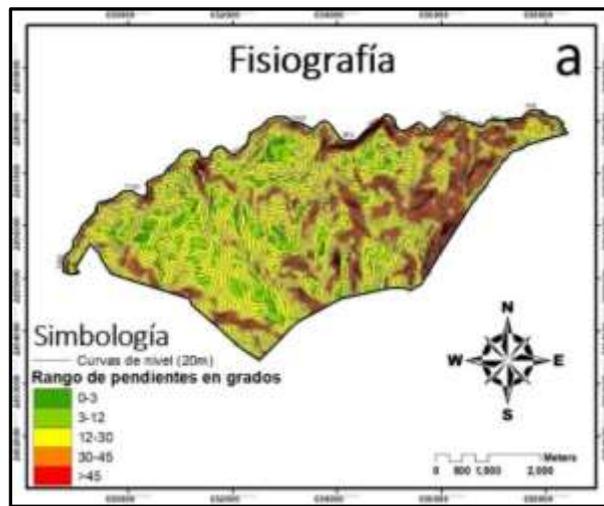


Figura 2. a) Fisiografía de la zona de estudio. Basado en información de INEGI (2019); b) Tipo de suelo de la zona de estudio. Basado en información de INEGI (2008a); c) Tipos de roca de la zona de estudio. Basado en información del SGM (2020); d) Tipos de clima en la zona de estudio. Basado en información de INEGI (2008d).

## Clima

El clima dominante, de acuerdo con el criterio de clasificación de Köppen es C (f) perteneciente a templado húmedo con abundantes lluvias a lo largo del año, la precipitación total anual es de 2,071.4 mm, el periodo más seco ocurre durante los primeros tres meses del año (con una precipitación entre 60.4 y 75.8 mm mensual), la temporada más húmeda ocurre durante septiembre y octubre (498.8 y 325.1 mm, respectivamente). La temperatura media anual registrada es de 16.5 °C, con los meses más fríos en diciembre, enero y febrero (con 13.8, 12.8 y 13.8 °C respectivamente), mientras que los más cálidos (19.4 y 19.2 °C) son mayo y junio (Figura 2d, 3; INEGI, 2009; SMN & CONAGUA, 2020).

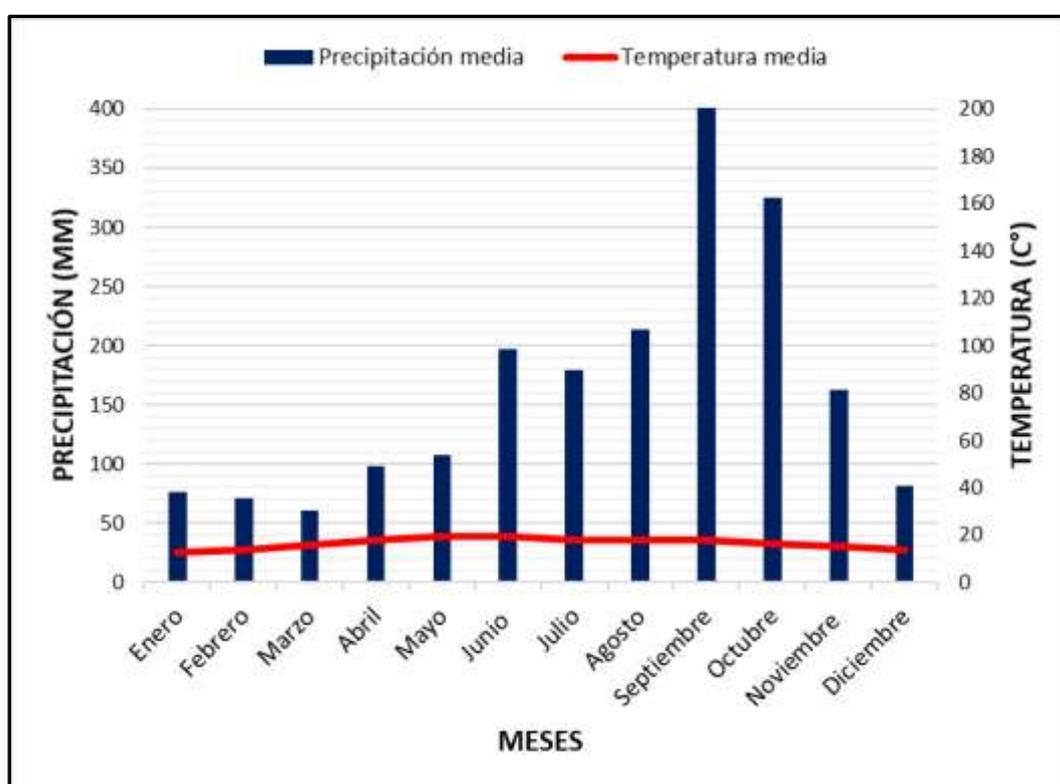


Figura 3. Diagrama ombrotérmico de la zona de estudio. Calculado a partir de datos recabados de 1981 a 2010 en la estación meteorológica de Huahuaxtla, Puebla, 21043

## Vegetación y uso de suelo

Bosque mesófilo de montaña es la vegetación dominante, de los otros cinco tipos de ocupación del suelo presentes en San Juan Tahitic, la vegetación secundaria y los cafetales son los más representativos, con grandes fragmentos en toda la zona de estudio, las áreas de vegetación secundaria inicial son mínimas, y se encuentran principalmente adyacentes a zonas de pastizales, las cuales se distribuyen generalmente en las zonas planas, finalmente, los asentamientos humanos se concentran, junto con las zonas de agricultura, al oeste de la zona de estudio (Figura 4).

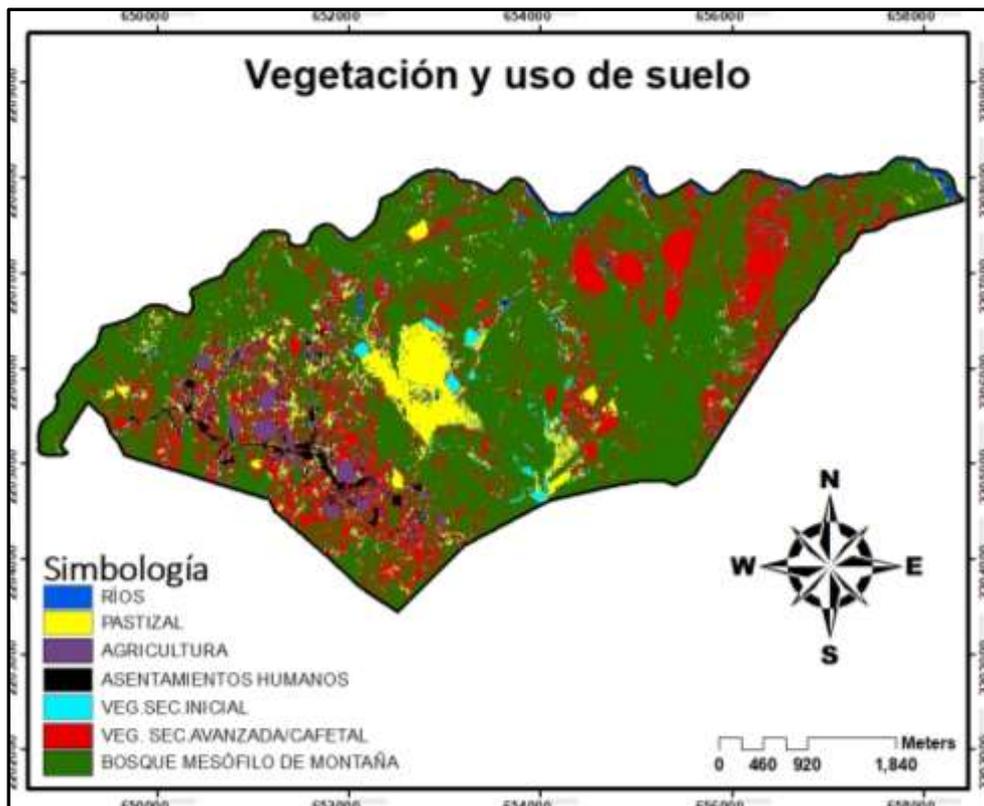


Figura 4. Vegetación y uso de suelo de la zona de estudio. Tomado de Torres-Díaz *et al* (2020)

## MÉTODOS

### Trabajo de campo

Los muestreos en la localidad de San Juan Tahitic se realizaron de 2017 a 2019, en un total de 63 unidades de muestreo (UM) (Figura 5), a partir del análisis de imágenes satelitales se clasificaron unidades ambientales que posteriormente fueron categorizadas en campo de acuerdo con los siguientes tipos de ocupación: BMM conservado, vegetación secundaria avanzada derivada de BMM, cafetales, agricultura de temporada y pastizales inducidos.

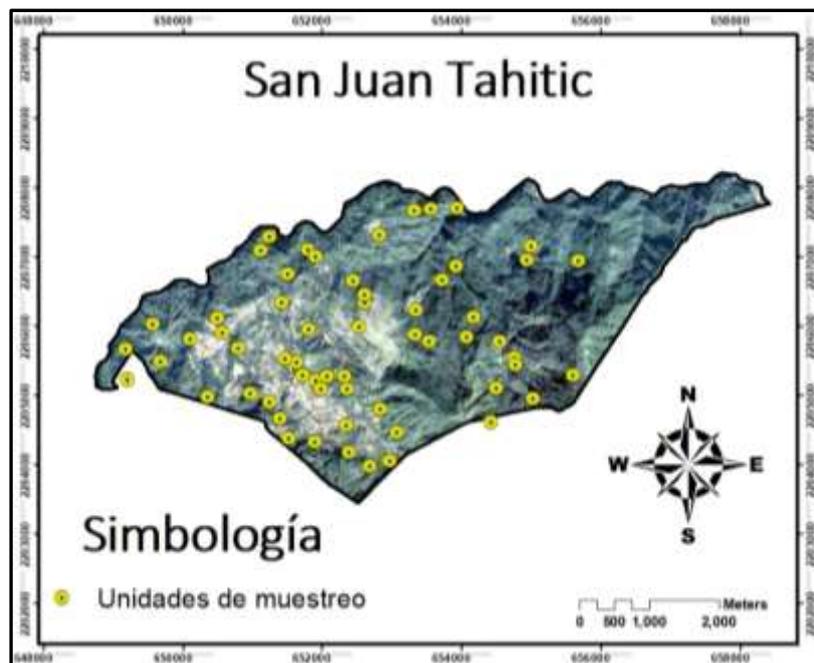


Figura 5. Unidades de muestreo establecidas en el área de estudio.

En las diferentes unidades ambientales se colocaron unidades de muestreo (UM), para las cuales se tomaron los siguientes datos: Identificador, tipo de ocupación, coordenadas geográficas y pendiente.

Para caracterizar cada UM, se delimitaron parcelas de 400m<sup>2</sup> en las cuales se midió la altura y perímetro a la altura del pecho (PAP) de los individuos arbóreos (PAP mayor a 15 cm), además se colectaron ejemplares botánicos para determinar las especies. En la

misma parcela se recolectaron y herborizaron todas las especies de pteridobiontes observadas en los estratos de acuerdo a las sugerencias de Lorea & Riba (1990).

Para cada ejemplar se registraron los siguientes datos (cuyas definiciones o características se describen en el siguiente subcapítulo<sup>1</sup>): Unidad ambiental, morfoespecie, forma de vida<sup>1</sup>, sustrato<sup>1</sup>.

## Análisis de datos

### Unidades ambientales

Para definir las unidades ambientales se obtuvo el valor de importancia de las especies arbóreas. El valor de importancia define cuáles de las especies presentes contribuyen en el carácter y estructura del ecosistema (Cottam & Curtis, 1956); este valor es el resultado de la sumatoria de la frecuencia relativa, densidad relativa y dominancia relativa.

Frecuencia relativa:

$$f i r = \left[ \frac{f i}{\sum f i} \right] 100$$

$f i r$  = Frecuencia relativa

$f i$  = Frecuencia de la especie  $i$

Donde:

$$f i = \left[ \frac{u i}{u} \right] 100$$

$u i$  = Unidades muestreadas donde aparece la especie  $i$

$u$  = Número total de unidades muestreadas

Densidad relativa:

$$D r = \left[ \frac{D i}{\sum D i} \right] 100$$

$D r$  = Densidad relativa

$D i$  = Número de organismos de la especie  $i$  en la unidad de muestreo

Dominancia relativa:

$$Dom r = \left[ \frac{AB i}{\sum AB} \right] 100$$

$Dom r$  = Dominancia relativa

$AB i$  = Área basal de la especie  $i$  en la unidad de muestreo

Con base en el Valor de Importancia de las especies arbóreas se realizó la clasificación de las unidades de muestreo, para ello se utilizó el índice de similitud de Bray Curtis y se obtuvo el dendrograma mediante el método del promedio entre grupos con paquetería especializada del software R (R Development Core Team, 2017).

Composición de la pteridoflora

Los pteridobiontes recolectados en las diferentes unidades ambientales se herborizaron y determinaron con claves taxonómicas de Mickel & Smith (2004) y fueron cotejados con herbarios virtuales (Tropicos.Org, 2020) o mediante la consulta a especialistas. Después de su determinación y corroboración, éstos se etiquetaron y donaron al herbario de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (IZTA) y al herbario nacional (MEXU).

## Grupos funcionales de San Juan Tahitic

Para determinar los grupos funcionales de la pteridoflora registrada, a cada especie identificada se le asociaron los siguientes datos:

Tabla 1. Caracteres morfológicos registrados para el análisis de grupos funcionales. <sup>1</sup>Información obtenida de Mickel & Smith (2004), <sup>2</sup>Información tomada y modificada de Kessler & Siorak (2007), \*Variables eliminadas por colinealidad en el ACM.

Característica	Descripción
<i>Tolerancia a la sombra</i> <sup>1</sup>	<p><b>Tolerante:</b> Establecido en sitios con sombra</p> <p><b>Media:</b> Establecido en sitios “ligeramente” sombreados.</p> <p><b>Intolerante:</b> Establecido en sitios con alta incidencia de luz.</p>
<i>Tallo</i> <sup>1</sup>	<p><b>Rizomatoso largo:</b> Rizoma de crecimiento horizontal.</p> <p><b>Rizomatoso corto:</b> Rizoma de crecimiento vertical.</p> <p><b>Cormoso:</b> Tallo engrosado subterráneo y/o aéreo, de base hinchada, con crecimiento vertical.</p> <p><b>Arbóreo:</b> Tallo aéreo engrosado de forma cilíndrica similar a un tronco.</p>
<i>Esporas</i> <sup>1</sup>	<p><b>Clorofílicas:</b> Color verde y cortos periodos de latencia</p> <p><b>Aclorofílicas:</b> Amarillentas y con largos periodos de latencia</p>
<i>Forma de vida</i> <sup>1</sup>	<p><b>Hierba:</b> Con tallos rizomatosos</p> <p><b>Subarbusto*:</b> Con tallos cormosos</p> <p><b>Arborescente*:</b> Con tallos arborescentes</p>
<i>Sustrato</i> <sup>1</sup>	<p><b>Rupícola:</b> Habita sobre rocas.</p> <p><b>Corticícola:</b> Habita sobre corteza de árboles.</p> <p><b>Terrícola:</b> Habita sobre tierra.</p>
<i>Indumento en rizoma</i> <sup>1</sup>	<p>Escamas</p> <p>Tricomias</p> <p>Ausente</p>
<i>Indumento en hoja</i> <sup>1</sup>	<p>Escamas</p> <p>Tricomias</p> <p>Ausente</p>

<i>Posición de yemas de crecimiento</i> <sup>1</sup>	Solo en rizoma En rizoma y hoja
<i>Tamaño de hoja</i>	Chicas: < 50 cm <b>Medianas:</b> Entre 0.5 y 1.5 m Grandes: > 1.5 m
<i>Fenología</i> <sup>2</sup>	<b>Poiquilohídricas:</b> A menudo densamente escamosa, se deseca en periodos de sequía y se rehidrata en condiciones de humedad. <b>Mesomórficas:</b> Hojas de espesor intermedio, blandas a duras, perennes. <b>Xeromórficas:</b> De espesor grueso, duro, estrecho, a menudo enrollado longitudinalmente, con abundante esclerénquima, superficie foliar con una capa cerosa y altamente tolerantes a periodos de sequía.

Con los caracteres de cada especie y sus datos de presencia en las diferentes unidades ambientales, se realizó un análisis de correspondencias múltiple (ACM), el cual, a partir de una combinación lineal de los datos originales (caracteres) reduce las variables y permite distinguir aquellos que explican la mayor variabilidad de los datos (Olivares, 1996).

Una vez definidos los caracteres que explican la presencia de las especies en las diferentes unidades ambientales, se definieron los grupos funcionales mediante la clasificación de las especies a partir de estos caracteres, para ello se utilizó el índice de similitud de Jaccard y se obtuvo el dendrograma mediante el método del promedio entre grupos.

#### Grupos funcionales Sierra Norte de Puebla

Para clasificar a todas las especies registradas a lo largo de la Sierra Norte de Puebla en grupos funcionales, se utilizó el algoritmo de decisión random forest, basado en "Machine learning", el cual abarca un conjunto de temas que manejan la creación y evaluación de algoritmos que facilitan la clasificación y predicción de patrones, basados

en modelos creados a partir de datos existentes (Tarca *et al.*, 2007). Random forest trabaja con un conjunto inicial de datos de entrenamiento, que en este caso son los valores categóricos de los caracteres de las especies pertenecientes a los diferentes grupos funcionales en San Juan Tahitic, posteriormente crea árboles de decisión entrenados con los diferentes subconjuntos del conjunto inicial de datos, que son combinados aleatoriamente para generar el modelo, simbólicamente se crean “nodos” que funcionan como filtros de decisión, por los que serán dirigidas las especies registradas a lo largo de la Sierra Norte de Puebla, para finalmente darle un etiquetado y clasificarlo dentro de una categoría (Breiman, 2001).

#### Especies vulnerables de la Sierra Norte de Puebla

Para determinar las especies vulnerables al cambio de uso de suelo en la Sierra Norte de Puebla se realizó un análisis multicriterio, donde los valores son asignados por su importancia en orden ascendente (valores del 0 al 2), con los siguientes criterios:

- Criterio 1 (VGF). Grupo funcional: La pertenencia a un determinado grupo funcional denota preferencia por ciertos ambientes, y por lo tanto adaptaciones para sobrevivir en presencia de las actividades antropogénicas.
  - a) Grupo funcional A.....0
  - b) Grupo funcional B.....1
  - c) Grupo funcional C.....2
- Criterio 2 (VTV). Tipo de vegetación\*: ¿En qué tipos de vegetación se presenta?, las especies catalogadas como BMM y húmedos son dependientes a las condiciones específicas como lo son la temperatura y la alta humedad, las especies catalogadas en BMM a tropicales o templados cuentan con cierta plasticidad dentro del rango altitudinal ya sea mayor o menor al del BMM, mientras que las especies catalogadas generalistas no tienen preferencia por un solo tipo de vegetación, ya que las condiciones del ambiente en el que se distribuyen no representan ningún problema.
  - a) Generalista.....0
  - b) BMM a tropicales.....1
  - c) BMM a templados.....1
  - d) BMM y húmedos.....2

- Criterio 3 (VDG). Distribución geográfica: Especies endémicas de México habitan únicamente en el territorio correspondiente a los Estados Unidos Mexicanos, especies con distribución en América se distribuyen solo a lo largo del continente americano, mientras que las especies con distribución cosmopólita se distribuyen alrededor de todo el globo (Consultado en Mickel & Smith, 2004).
- a) Cosmopólita.....0
- b) América.....1
- c) Endémica de México.....2

Para obtener el índice de vulnerabilidad, el resultado de cada uno de los criterios será sumados por especie, y ponderados de acuerdo a la siguiente fórmula (El resultado puede adquirir valores del 0 al 10):

$$IndV = VGF(2) + VTV(2) + VDG (1)$$

Donde:

*IndV* = Índice de vulnerabilidad

*VGF* = Valor del grupo funcional

*VTC* = Valor del tipo de vegetación

*VDG* = Valor de la distribución geográfica

Posteriormente, las especies fueron reclasificadas en 5 categorías conforme a su valor en el índice de vulnerabilidad, de la siguiente manera:

- Muy baja: Valores de 0-2
- Baja: Valores de 2.1-4
- Media: Valores de 4.1-6
- Alta: Valores de 6.1-8
- Muy alta: Valores de 8.1-10

### Estatus de protección actual

Se consultó el estatus de las especies registradas a lo largo de la Sierra Norte de Puebla en los listados de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2020), La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (2020) y Norma Oficial Mexicana para la protección de especies nativas en México (NOM-059-SEMARNAT-2018), para compararlo con el nivel de vulnerabilidad resultante de este estudio.

## Resultados

### Unidades ambientales

La clasificación de las UM con base en el valor de importancia de las especies arbóreas mostró 4 diferentes unidades ambientales (Figura 6):

**\*Unidad ambiental 1. AGR+PAS**, conformada por agricultura de temporada (AGR) y pastizales inducidos (PAS), donde los individuos arbóreos son muy escasos.

**\*Unidad ambiental 2. VSA**, conformada por vegetación secundaria arbórea. Se distinguieron 10 asociaciones, en las que domina:

VSA1: *Quercus candicans* (IVI=200) y *Quercus conspersa* (IVI=100).

VSA2: *Frangula capreifolia* (IVI=94.13) y *Alnus acuminata* (IVI=61.12).

VSA3: *Liquidambar styraciflua* (IVI=80.02) y *Clethra mexicana* (IVI=42.5).

VSA4: *Clethra mexicana* (IVI=77.33).

VSA5: *Pinus douglasiana* (IVI=128.1) y *Clethra mexicana* (IVI=32).

VSA6: *Clethra mexicana* (IVI=81.8) y *Psidium guajava* (IVI=65.8).

VSA7: *Saurauia scabrida* (IVI=118.24) y *Clethra mexicana* (IVI=90.71).

VSA8: *Cnidoscolus multilobus* (IVI=112.94).

VSA9: *Erythrina* sp. (IVI=87.49) y *Solanum nudum* (IVI=36.5).

VSA10: *Heliocarpus appendiculatus* (IVI=78.6) y *Telanthophora grandifolia* (IVI=41).

**\*Unidad ambiental 3. CAF**, conformada por cafetales, con una dominancia bien establecida de *Coffea arabica* (IVI=107).

**\*Unidad ambiental 4. BMM**, conformada por Bosque Mesófilo de Montaña, se distinguieron 10 asociaciones, en las que las especies con mayor valor de importancia son:

BMM1: *Liquidambar styraciflua* (IVI=69.5), *Quercus* sp. (IVI=67.3) y *Pinus pseudostrobus* (IVI=61.3).

BMM2: *Quercus obtusata* (IVI=90.2) y *Pinus pseudostrobus* (IVI=35.7).

BMM3: *Pinus pseudostrobus* (IVI=96.2).

BMM4: *Frangula capreifolia* (IVI=48.6), *Pinus* sp. (IVI=38.9), *Pinus pseudostrobus* (IVI=30.8) y *Clethra mexicana* (IVI=28.3).

BMM5: *Pinus oocarpa* (IVI=67.7) y *Quercus sapotifolia* (IVI=63.1).

BMM6: *Pinus patula* (IVI=114.1).

BMM7: *Pinus leiophylla* (IVI=60.6) y *Myrsine coriacea* (IVI=55.2).

BMM8: *Cyathea divergens* (IVI=46) y *Meliosma alba* (IVI=44).

BMM9: *Platanus mexicana* (IVI=147) y *Podachaenium eminens* (IVI=47.6).

BMM10: *Liquidambar styraciflua* (IVI=42), *Platanus mexicana* (IVI=28.4), *Trichospermum grewiifolium* (IVI=25.3), *Saurauia scabrida* (IVI=22) y *Erythrina* sp. (IVI=20.9).

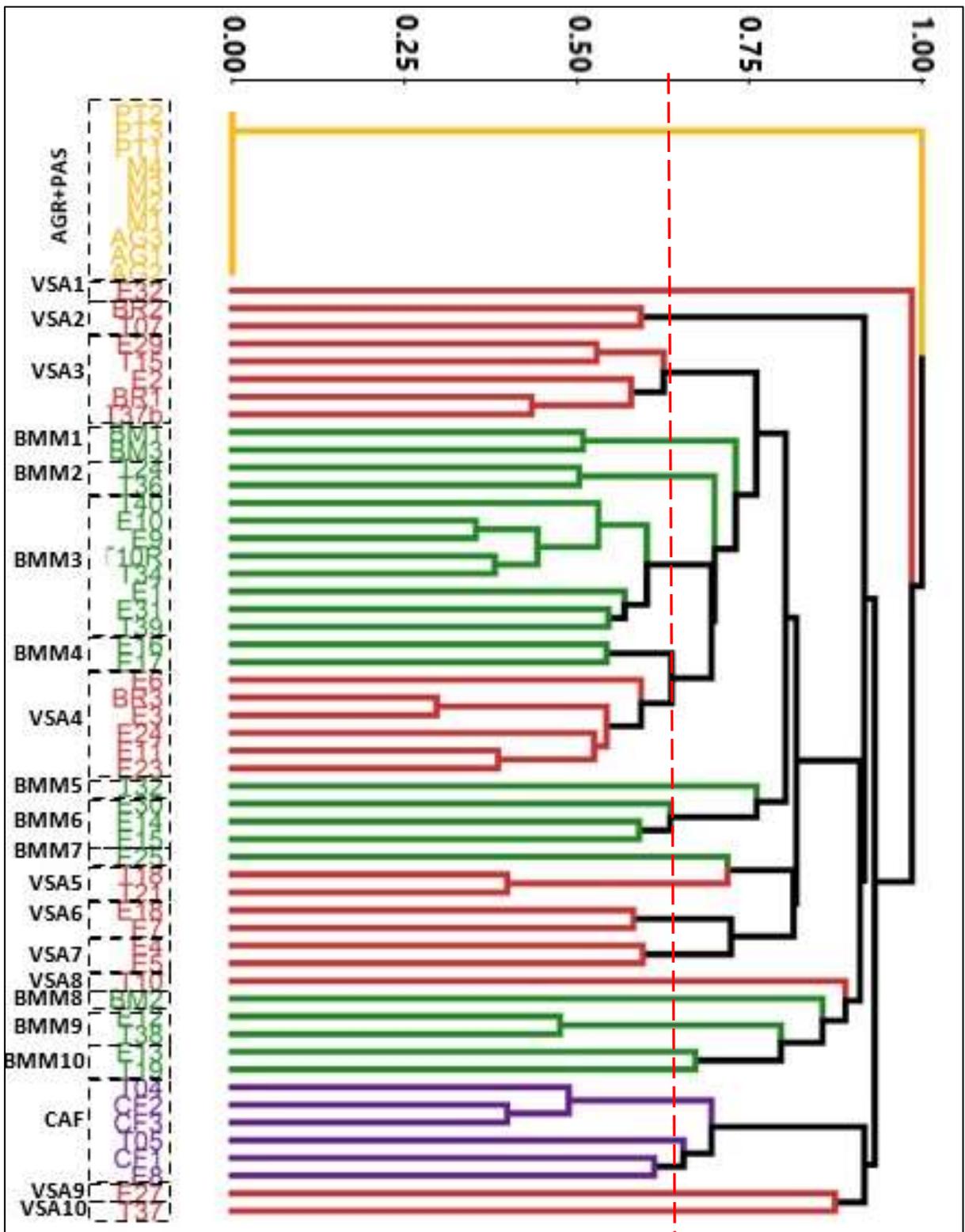


Figura 6. Dendrograma de similitud entre las UM, AGR+PAS (Amarillo), VSA (Rojo), CAF (Morado) y BMM (Verde).

## Pteridoflora en San Juan Tahitic

Se registró un total de 21 familias, 44 géneros y 94 especies. De estos, únicamente 2 familias pertenecen a Lycopodiidae y las demás a Polypodiidae. El listado florístico se encuentra en el anexo 1.

A nivel de familia, las más representativas fueron Polypodiaceae con 26 especies (28%), Dryopteridaceae con 13 especies (14%), Selaginellaceae con 8 especies (9%), Pteridaceae y Thelypteridaceae con 7 especies (8% cada una), Blechnaceae con 5 especies (5%) y finalmente Cyatheaceae y Dennstaedtiaceae con 4 especies (4%), las 13 familias restantes fueron agrupadas en otros y en conjunto representan el 21% (Figura 7).

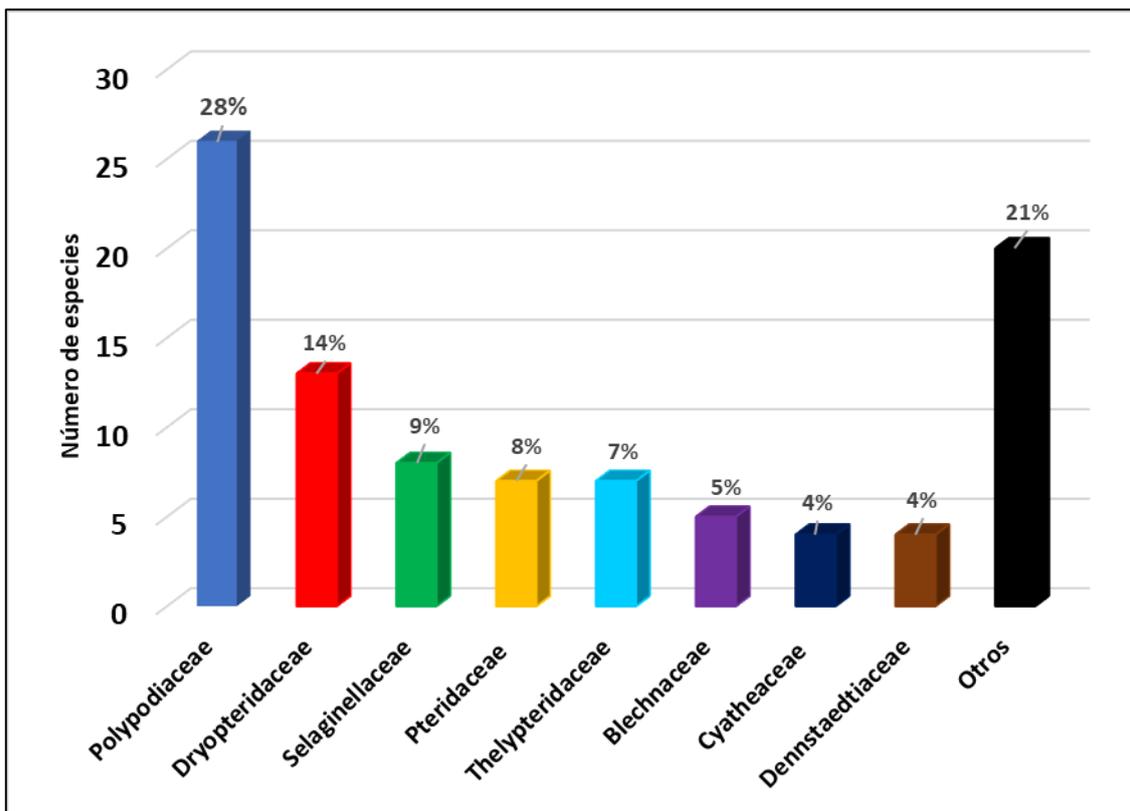


Figura 7. Porcentaje de especies por familias.

## Pteridoflora en unidades ambientales

A nivel de unidad ambiental el BMM tiene el mayor número de familias con 18, de las cuales cinco son exclusivas: Equisetaceae, Hymenophyllaceae, Marattiaceae, Nephrolepidaceae y Psilotaceae, seguido de VSA con 14 familias, de las cuales dos son exclusivas: Cystopteridaceae y Woodsiaceae, posteriormente CAF, que cuenta con 9 familias, sin especies exclusivas, y finalmente en AGR+PAS solo se presentaron cuatro familias. A nivel de especies, el BMM también es el ambiente con mayor número de ellas (66), seguido de VSA (51) y de CAF (30), mientras que AGR+PAS (8) fue la unidad ambiental con menor riqueza (Figura 8).

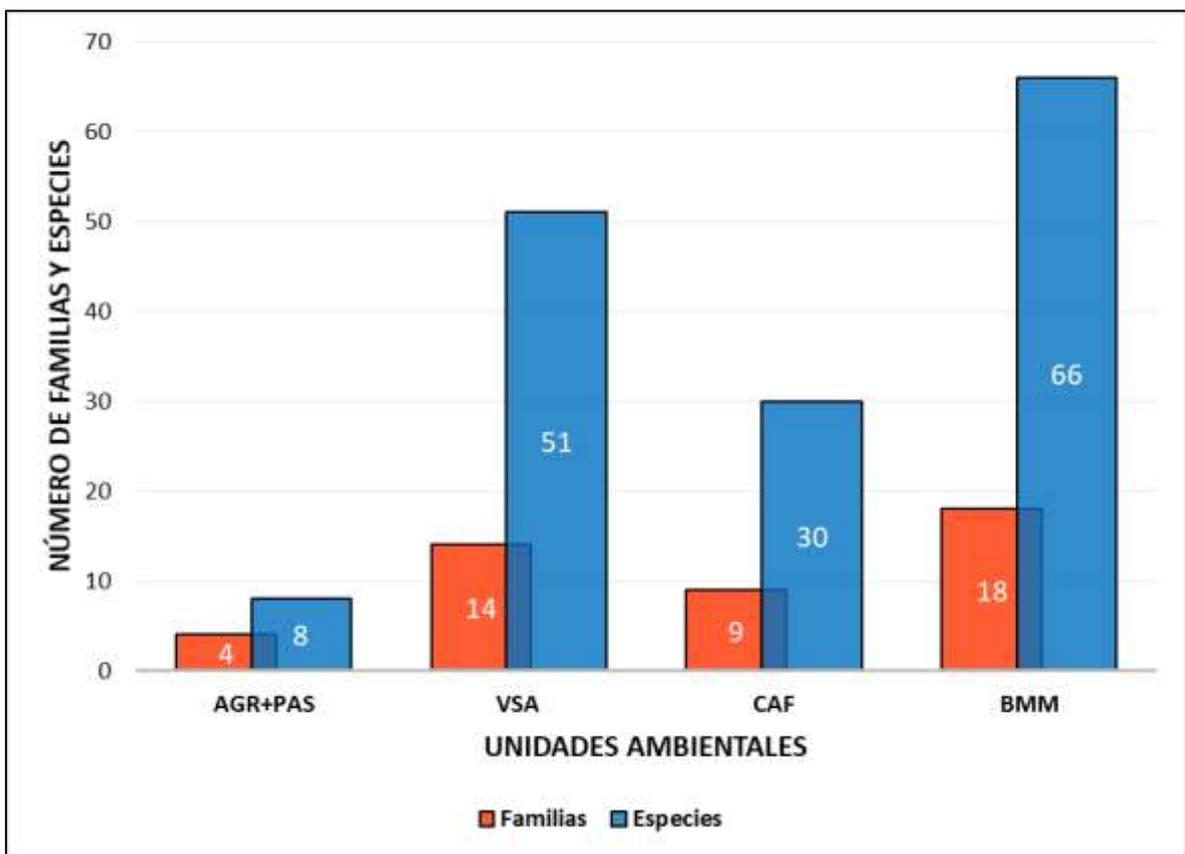


Figura 8. Número de familias y especies presentes en las diferentes unidades ambientales.

## Grupos funcionales de San Juan Tahitic

### Caracteres morfológicos

En el análisis de correspondencias múltiples (ACM) preliminar, se observa que las primeras tres dimensiones explican más del 10% de varianza y en conjunto acumulan el 43.1%, por lo que estas fueron utilizadas para definir los grupos funcionales (Figura 9A).

Los caracteres más importantes que contribuyen a la varianza explicada por cada dimensión fueron las siguientes: tallo cormoso, hojas grandes y de hábito corticícola para la dimensión uno (Figura 9B), esporas clorofílicas, presencia de tricomas en el rizoma y hoja poiquilohídrica para la dimensión dos (Figura 9C) así como rizoma con tricomas y tricomas en la hoja para la dimensión tres (Figura 9D). Por otra parte, tallo cormoso, esporas clorofílicas, hoja sin indumento y con escamas, rizomas con tricomas, intolerante a la sombra, hoja mesomórfica, poiquilohídrica y xeromórfica fueron caracteres que contribuyeron a la varianza explicada en más de una dimensión.

Finalmente, los caracteres morfológicos que no contribuyeron a la varianza explicada en las tres dimensiones principales fueron: yema en el rizoma, yema en rizoma y hoja, esporas aclorofílicas, tamaño de hoja mediana, indumento en rizoma ausente; por lo que fueron descartados para el análisis clúster.

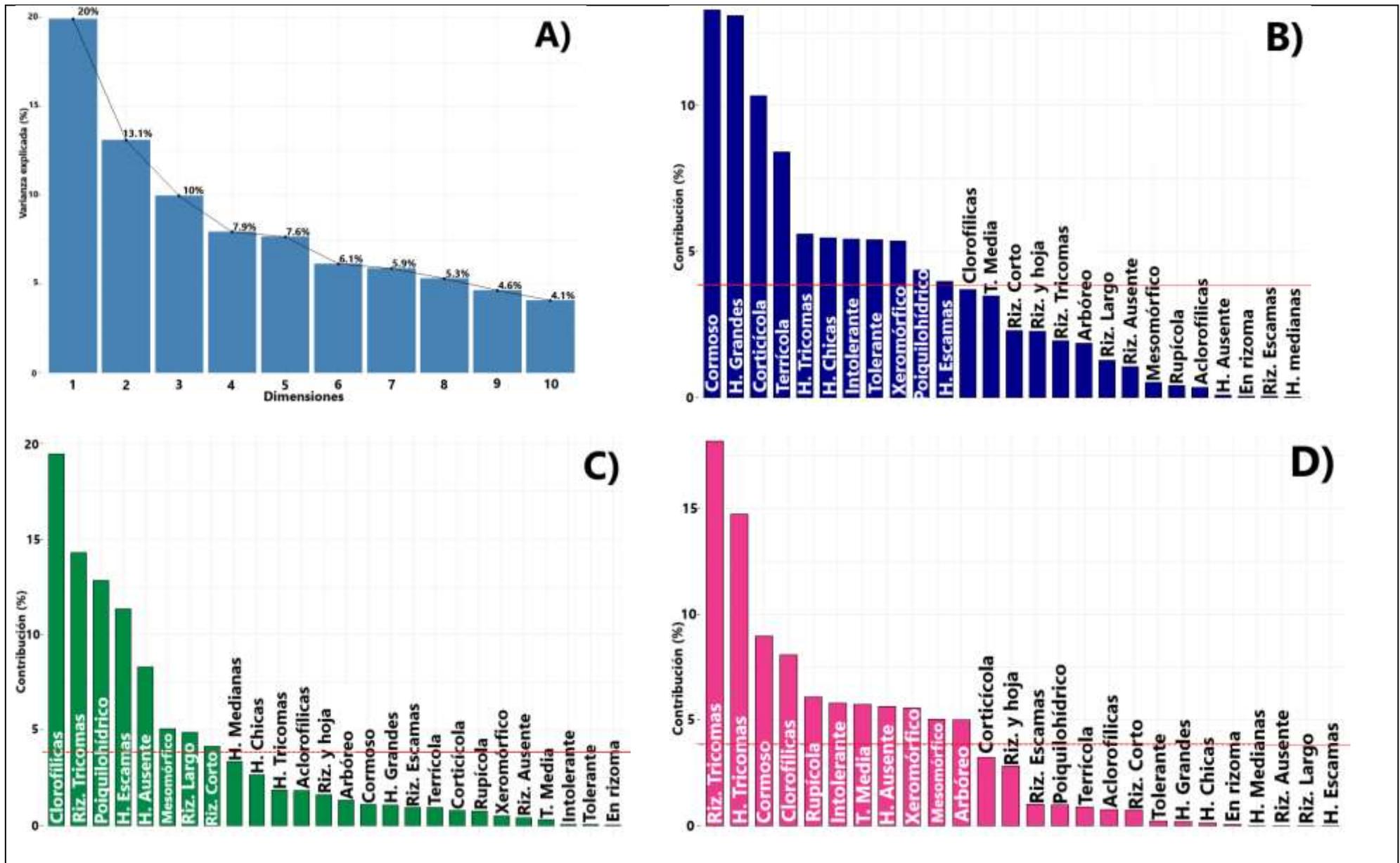


Figura 9. A) Varianza explicada por dimensiones en el Análisis de Componentes Múltiples; B) Contribución de caracteres en la dimensión uno; C) Contribución de caracteres en la dimensión dos; D) Contribución de caracteres en la dimensión tres.

## Grupos funcionales de pteridobiontes

En el análisis clúster de las especies se distinguen tres grupos funcionales y 12 subgrupos (Figura 10), el grupo funcional A tiene 23 especies, el B 30, mientras el C cuenta con 41, lo que lo hace el grupo funcional con mayor número de especies.

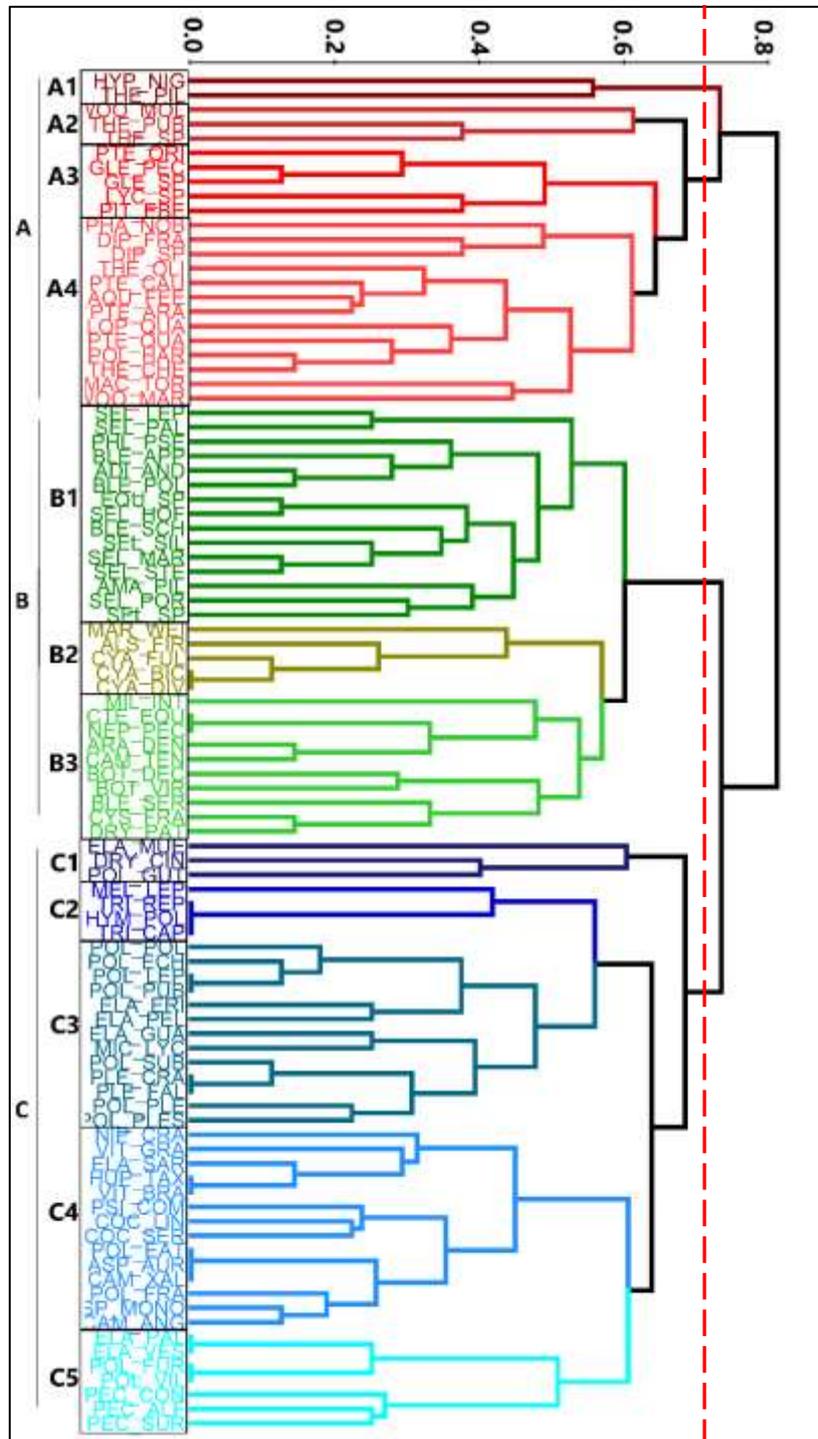


Figura 10. Dendrograma de similitud por rasgos y ambientes entre especies, grupo funcional A (Rojo), grupo funcional B (Verde) y grupo funcional C (Azul). Subgrupos indicados por diferentes tonos de los colores antes mencionados.

Por unidades ambientales, se puede observar que las especies que se distribuyen en AGR+PAS aparecen únicamente en los grupos funcionales A y B, en el caso de VSA las especies pertenecen de manera homogénea a los tres grupos funcionales; sin embargo, en el caso de las especies que se distribuyen en CAF o BMM, la mitad corresponde al grupo funcional C, y en menor porcentaje a los grupos funcionales A y B (Figura 11).

Por lo antes mencionado, se entiende que el grupo funcional A está formado por especies que se distribuyen principalmente en AGR+PAS y VSA, el grupo B tiene una mezcla de especies de todas las unidades ambientales y el grupo funcional C, si bien tiene una presencia importante de especies que se distribuyen en VSA, está principalmente constituido por especies que habitan en CAF y BMM.

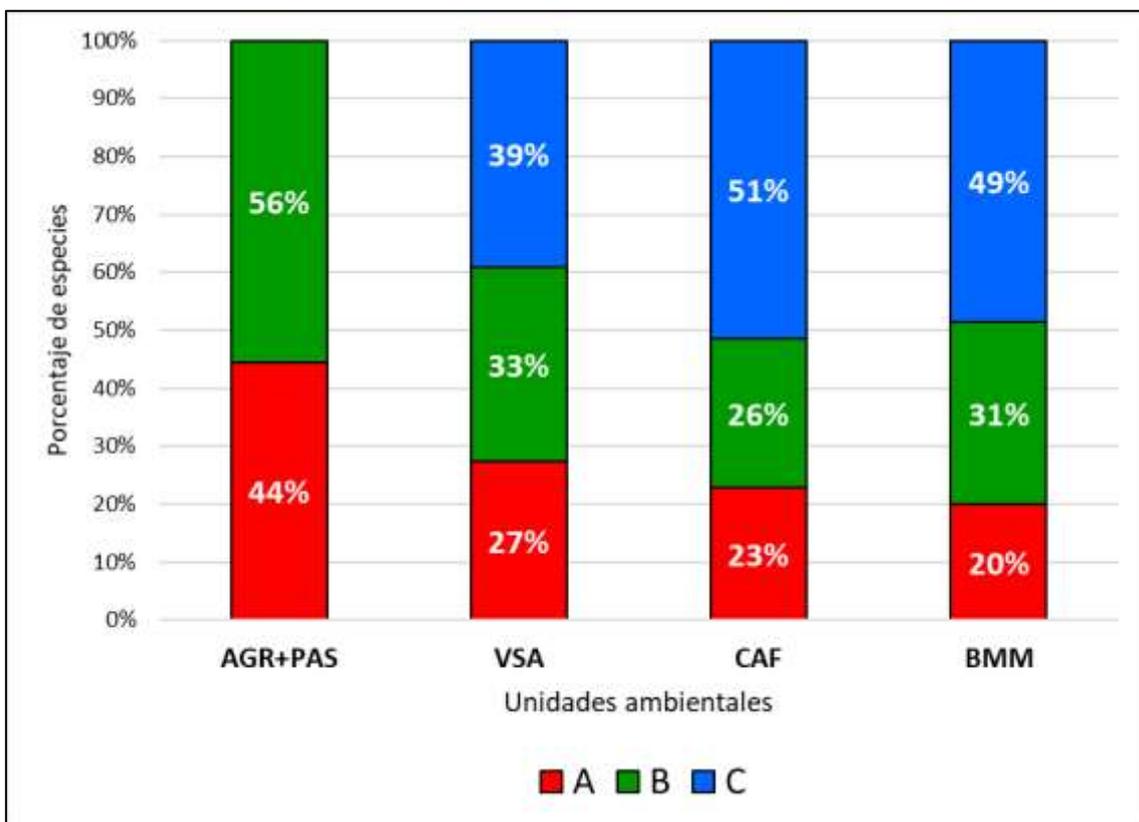


Figura 11. Porcentaje de especies por unidad ambiental presente en los diferentes grupos funcionales.



Figura 12. Análisis de Componentes Múltiple, dimensiones 1 y 2, los círculos engloban a las especies respectivas del grupo funcional identificado en la leyenda, caracteres en gris.  
41

En el ACM (Figura 12) se diferencian claramente los grupos funcionales y los caracteres morfológicos afines a cada uno de ellos, éstos se describen detalladamente en la tabla 2.

De forma general, el grupo funcional A está constituido principalmente por especies pertenecientes a las familias Athyriaceae, Dennstaedtiaceae, Gleicheniaceae y Thelypteridaceae; los caracteres distintivos de este grupo son el sustrato terrícola, fenología xeromórfica y tricomas en la hoja, los subgrupos se encuentran diferenciados por el tipo de tallo, indumento en la hoja y el grado de tolerancia a la sombra.

El grupo funcional B está conformado principalmente por las familias Cyatheaceae, Equisetaceae, Ophioglossaceae y Selaginellaceae y el género *Blechnum*, entre sus caracteres distintivos se encuentran: sustrato terrícola (compartido con el grupo A), fenología mesomórfica y sin indumento en la hoja, sus subgrupos también se distinguen por el tipo de tallo, el grado de tolerancia a la sombra y, en este caso, el tamaño de las hojas.

Finalmente, el grupo funcional C, que cuenta con mayor número de especies, está constituido principalmente por las familias Aspleniaceae, Cystopteridaceae, Hymenophyllaceae, Polypodiaceae y Psilotaceae, así como los géneros *Elaphoglossum*, *Huperzia* y *Vittaria*, sus caracteres principales son el tipo de sustrato, que en ese caso es corticícola y la tolerancia a la sombra, los subgrupos están diferenciados por el tipo de indumento en el rizoma y la hoja, el tipo de tallo, tipo de esporas y tamaño de la hoja y su fenología.

Tabla 2. Especies correspondientes a subgrupos y grupos funcionales con sus caracteres.

GRUPO	CARACTERES MORFOLOGICOS	SUB GRUPO	CARACTERES MORFOLOGICOS	ESPECIES	ABREVIATURAS
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terrícola</li> <li>• Xeromórfico</li> <li>• Tricomas en hoja</li> </ul>	A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intolerante a sombra</li> </ul>	<i>Amauropelta pilosula</i> <i>Hypolepis nigrescens</i>	THE_PIL HYP_NIG
		A2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rizoma largo</li> </ul>	<i>Christella puberula</i> <i>Thelypteris sp</i> <i>Woodsia mollis</i>	THE_PUB THE_SP WOO_MOL
		A3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin indumento en hoja</li> </ul>	<i>Gleichenia pectinata</i> <i>Gleichenia sp.</i> <i>Lycopodiaceae sp.</i> <i>Pityrogramma ebenea</i>	GLE_PEC GLE_SP LYC_SP PIT_EBE

				<i>Pteris orizabae</i>	PTE_ORI
		A4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tallo cormoso</li> </ul>	<i>Amauropelta mucosa</i> <i>Amauropelta oligocarpa</i> <i>Diplazium franconis</i> <i>Diplazium sp.</i> <i>Lophosoria quadripinnata</i> <i>Macrothelypteris torresiana</i> <i>Phanerophlebia nobilis</i> <i>Polystichum hartwegii</i> <i>Pteridium aquilinum</i> <i>Pteridium arachnoideum</i> <i>Pteridium caudatum</i> <i>Pteris quadriaurita</i> <i>Woodwardia martinezii</i>	THE_CHE THE_OLI DIP_FRA DIP_SP LOP_QUA MAC_TOR PHA_NOB POL_HAR PTE_AQU_FEE PTE_ARA PTE_CAU PTE_QUA WOO_MAR
<b>B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terrícola</li> <li>Mesomórfico</li> <li>Sin indumento en hoja</li> </ul>	B1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rizoma largo</li> </ul>	<i>Adiantum andicola</i> <i>Amauropelta pilosohispida</i> <i>Blechnum appendiculatum</i> <i>Blechnum polypodioides</i> <i>Blechnum schiedeianum</i> <i>Equisetum sp.</i> <i>Phlebodium pseudoaureum</i> <i>Selaginella hoffmannii</i> <i>Selaginella lepidophylla</i> <i>Selaginella martensii</i> <i>Selaginella pallescens</i> <i>Selaginella porphyrospora</i> <i>Selaginella silvestris</i> <i>Selaginella sp</i> <i>Selaginella stellata</i>	ADI_AND AMA_PIL BLE_APP BLE_POL BLE_SCH EQU_SP PHL_PSE SEL_HOF SEL_LEP SEL_POR SEL_PAL SEL_MAR SEL_SIL SEL_SP SEL_STE
		B2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hojas grandes y tolerante a sombra</li> </ul>	<i>Alsophila firma</i> <i>Cyathea bicrenata</i> <i>Cyathea divergens</i> <i>Cyathea fulva</i> <i>Marattia weinmanniifolia</i>	ALS_FIR CYA_BIC CYA_DIV CYA_FUL MAR_WEI
		B3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rizoma corto</li> </ul>	<i>Arachniodes denticulata</i> <i>Botrypus virginianus</i> <i>Campyloneurum tenuipes</i> <i>Ctenitis equestris</i> <i>Cystopteris fragilis</i> <i>Dryopteris patula</i> <i>Mildella intramarginalis</i> <i>Nephrolepis pectinata</i> <i>Sceptridium decompositum</i> <i>Telmatoblechnum serrulatum</i>	ARA_DEN BOT_VIR CAM_TEN CTE_EQU CYS_FRA DRI_PAT MIL_INT NEP_PEC BOT_DEC BLE_SER

C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corticícola</li> <li>Tolerante a sombra</li> </ul>	C1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin indumento en hoja y rizoma largo.</li> </ul>	<i>Dryopteris cinnamomea</i> <i>Elaphoglossum muelleri</i> <i>Pleopeltis guttata</i>	DRY_CIN ELA_MUE POL_GUT
		C2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hoja chica, tricomas en rizoma y esporas clorofilicas.</li> </ul>	<i>Hymenophyllum polyanthos</i> <i>Melpomene leptostoma</i> <i>Trichomanes capillaceum</i> <i>Trichomanes reptans</i>	HYM_POL MEL_LEP TRI_CAP TRI_REP
		C3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rizoma largo y escamas en hoja.</li> </ul>	<i>Elaphoglossum erinaceum</i> <i>Elaphoglossum peltatum</i> <i>Elaphoglossum guatemalense</i> <i>Microgramma lycopodioides</i> <i>Pleopeltis crassinervata</i> <i>Pleopeltis fallax</i> <i>Pleopeltis lepidotricha</i> <i>Pleopeltis plebeia</i> <i>Pleopeltis polypodioides</i> <i>Polypodium echinolepis</i> <i>Polypodium plesiosorum</i> <i>Polypodium puberulum</i> <i>Polypodium subpetiolatum</i>	ELA_ERI ELA_PEL ELA_GUA MIC_LYC PLE_CRA PLE_FAL POL_LEP POL_PLE POL_POL POL_ECH POL_PLES POL_PUB POL_SUB
		C4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sin indumento en hoja y rizoma largo.</li> </ul>	<i>Asplenium auriculatum</i> <i>Asplenium monodon</i> <i>Campyloneurum angustifolium</i> <i>Campyloneurum xalapense</i> <i>Cochlidium linearifolium</i> <i>Cochlidium serrulatum</i> <i>Elaphoglossum sartorii</i> <i>Niphidium crassifolium</i> <i>Phlegmariurus taxifolius</i> <i>Polypodium eatonii</i> <i>Polypodium fraternum</i> <i>Psilotum complanatum</i> <i>Vittaria bradeorum</i> <i>Vittaria graminifolia</i>	ASP_AUR ASP_MONO CAM_ANG CAM_XAL COC_LIN COC_SER ELA_SAR NIP_CRA HUP_TAX POL_EAT POL_FRA PSI_COM VIT_BRA VIT_GRA
		C5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poiquiloédrico</li> </ul>	<i>Elaphoglossum paleaceum</i> <i>Elaphoglossum vestitum</i> <i>Pecluma alfredii</i> <i>Pecluma consimilis</i> <i>Pecluma sursumcurrens</i> <i>Pleopeltis furfuracea</i> <i>Pleopeltis villagrani</i>	ELA_PAL ELA_VES PEC_ALF PEC_CON PEC_SUR POL_FUR POL_VIL

Con base en lo anterior, se puede observar gráficamente un gradiente de cambio en los caracteres de la pteridoflora conforme a los grupos funcionales y las unidades ambientales (Figura 13), que se describen de la siguiente forma:

**A)** Tipo de esporas: presencia homogénea de esporas aclorofílicas en los diferentes grupos funcionales, al contrario de las esporas clorofílicas que presentan una fuerte correlación con el grupo funcional C (Figura 13A).

**B)** Fenología de la hoja: presenta un gradiente muy marcado entre los grupos funcionales, en el grupo funcional A las hojas son principalmente xeromórficas, en el grupo funcional B son mesomórficas y en el grupo funcional C son poiquilohídricas (Figura 13B).

**C)** Indumento en la hoja: la presencia de tricomas en hoja está altamente relacionada con el grupo funcional A, el grupo funcional B presenta ausencia de indumento y el grupo funcional C presenta escamas principalmente (Figura 13C).

**D)** Indumento en rizoma: se observa la presencia homogénea de escamas en los tres grupos funcionales, ausencia de indumento en el grupo funcional B y una presencia importante de tricomas en el grupo funcional C (Figura 13D).

**E)** Sustrato: el sustrato terrícola está relacionado de igual manera con el grupo funcional A y B, mientras que el sustrato corticícola y rupícola (epífitas) se relaciona fuertemente con el grupo funcional C (Figura 13E).

**F)** Tipos de tallo: el tallo cormoso y arbóreo están presentes principalmente en el grupo funcional A y B respectivamente, el rizoma largo está más relacionado con los grupos funcionales B y C, y el rizoma corto tiene una fuerte presencia en el grupo funcional C (Figura 13F).

**G)** Tamaño de la hoja: las hojas grandes tienden a estar presentes en el grupo funcional A, el grupo funcional B es un grupo mixto (hojas grandes, medianas y chicas), y el grupo funcional C presenta una fuerte correlación con las hojas chicas (Figura 13G).

**H)** Tolerancia a la sombra: las especies de tolerancia media e intolerantes tienden a los grupos funcionales A y B, mientras que las especies tolerantes se presentan preferentemente en el grupo funcional C (Figura 13H).

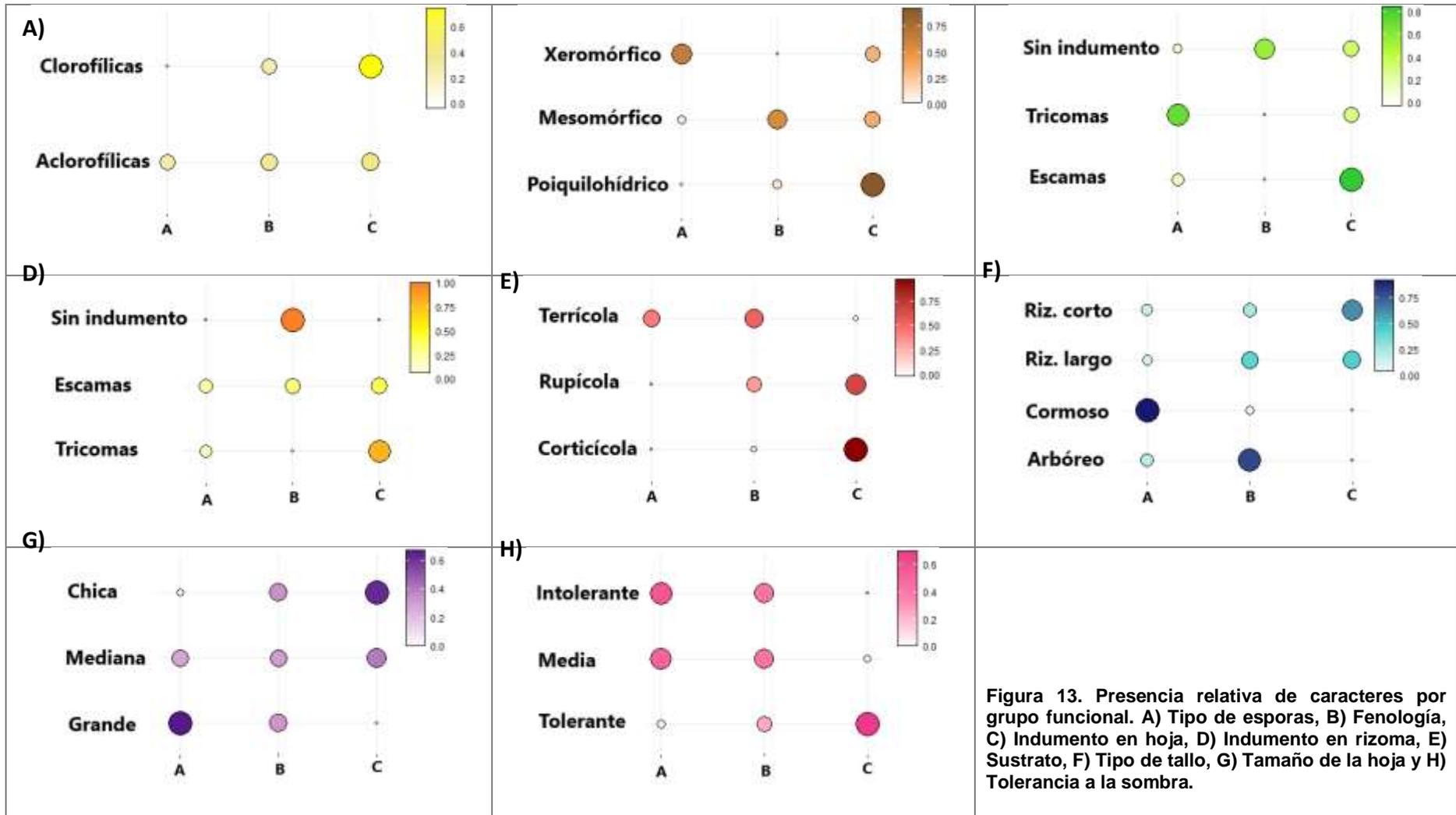


Figura 13. Presencia relativa de caracteres por grupo funcional. A) Tipo de esporas, B) Fenología, C) Indumento en hoja, D) Indumento en rizoma, E) Sustrato, F) Tipo de tallo, G) Tamaño de la hoja y H) Tolerancia a la sombra.

## Grupos funcionales Sierra Norte de Puebla

A lo largo de la Sierra Norte de Puebla se registró un total de 25 familias, 69 géneros y 211 especies. De estos, únicamente 3 familias y 16 especies pertenecen a lycopodios y las demás a helechos. El listado florístico se encuentra en el anexo 2.

La clasificación obtenida resultó con una tasa de error mínima y una exactitud elevada, particularmente, para las diferentes clases el error de predicción fue menor a 0.1 % (Figura 14).

		Grupo funcional			Error de clase	Exactitud	Error
		A	B	C			
Grupo funcional	A	11	1	0	0.08333333	95.76%	4.26%
	B	0	15	0	0.00000000		
	C	1	0	19	0.05000000		

**Figura 14. Matriz de confusión obtenida en la clasificación a partir del algoritmo Random Forest.**

De las 211 especies registradas para la Sierra Norte de Puebla, el modelo clasificó 66 especies en el grupo funcional A, 58 en el grupo funcional B y 87 en el grupo funcional C (Anexo 2). En general, el grupo funcional A está constituido por especies pertenecientes a las familias Anemiaceae, Athyriaceae, Dennstaedtiaceae, Dicksoniaceae, Gleicheniaceae, Lygodiaceae, Osmundaceae, Thelypteridaceae y Woodsiaceae, así como los géneros *Cheilanthes*, *Cheiloplecton*, *Hemionitis*, *Macrothelypteris*, *Ophioglossum*, *Pityrogramma*, *Polystichum* y *Pteris*.

El grupo funcional B está constituido por las familias Blechnaceae, Cyatheaceae, Cystopteridaceae, Equisetaceae, Marattiaceae y Selaginellaceae, así como los géneros *Adiantum*, *Arachniodes*, *Botrychium*, *Llavea*, *Lycopodium*, *Mildella*, *Olfersia*, *Phanerophlebia*, *Phlebodium* y *Tectaria*.

El grupo funcional C, a pesar de contar con más especies, tiene solo tres familias exclusivas, Hymenophyllaceae, Psilotaceae y Schizaeaceae, pero cuenta con los siguientes 18 géneros exclusivos: *Argyrochosma*, *Astrolepis*, *Bolbitis*, *Cochlidium*, *Phlegmariurus*, *Lellingeria*, *Melpomene*, *Microgramma*, *Niphidium*, *Notholaena*,

*Pecluma, Pleopeltis, Polypodium, Schaffneria, Scoliosorus, Terpsichore, Trichomanes y Vittaria.*

### Especies vulnerables de la Sierra Norte de Puebla

De las 211 especies registradas, 27 fueron clasificadas en un nivel de vulnerabilidad muy bajo, 40 en bajo, 47 en medio, 55 en alto y 42 en muy alto (Anexo 2; Figura 15).

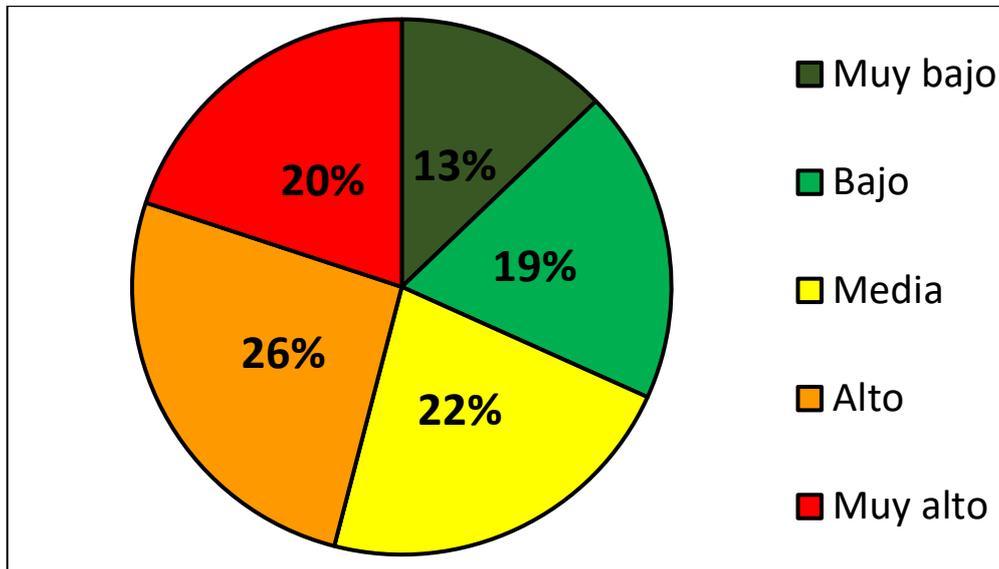


Figura 15. Porcentaje de especies pertenecientes a las diferentes categorías de vulnerabilidad.

A nivel de familias, Osmundaceae es exclusiva de la categoría de vulnerabilidad muy baja; Blechnaceae, Equisetaceae y Lygodiaceae de baja, mientras que las familias Anemiaceae, Gleicheniaceae y Ophioglossaceae se encuentran en una categoría de vulnerabilidad de muy baja a baja; por otra parte, las familias Athyriaceae, Cystopteridaceae, Dicksoniaceae y Woodsiaceae son exclusivas de la categoría media, Cyatheaceae, Marattiaceae y Polypodiaceae se encuentran en media a alta, Psilotaceae y Schizaeaceae son exclusivas de la categoría de vulnerabilidad alta y la familia Hymenophyllaceae se encuentra en una categoría de alta a muy alta.

Por otra parte, la categoría de vulnerabilidad alta cuenta con mayor número de géneros exclusivos, mientras que las categorías de vulnerabilidad de muy baja a baja cuentan con el menor número (4 especies) (Tabla 3).

Tabla 3. Semáforo de vulnerabilidad por especies. MB) Muy Bajo, B) Bajo, M) Medio, A) Alto, MA) Muy Alto.

Familia	Especie	Categoría de vulnerabilidad				
		MB	B	M	A	MA
Anemiaceae	<i>Anemia adiantifolia</i> (L.) Sw.	■				
	<i>Anemia mexicana</i> Klotzsch	■				
	<i>Anemia phyllitidis</i> (L.) Sw.		■			
Aspleniaceae	<i>Asplenium auriculatum</i> Sw.			■		
	<i>Asplenium castaneum</i> Schlttdl. & Cham.			■		
	<i>Asplenium cuspidatum</i> Lam.				■	
	<i>Asplenium formosum</i> Willd.					■
	<i>Asplenium harpeodes</i> Kunze					■
	<i>Asplenium hoffmannii</i> Hieron.					■
	<i>Asplenium monanthes</i> L.			■		
	<i>Asplenium monodon</i> Liebm.					■
	<i>Asplenium praemorsum</i> Sw.				■	
	<i>Asplenium serra</i> Langsd. & Fisch.					■
	<i>Asplenium sessilifolium</i> Desv.				■	
	<i>Asplenium sphaerosporum</i> A.R. Sm.					■
	<i>Schaffneria nigripes</i> Fée					■
Athriaceae	<i>Diplazium diplazioides</i> (Klotzsch & H. Karst. ex Klotzsch) Alston			■		
	<i>Diplazium donnell-smithii</i> Christ			■		
	<i>Diplazium franconis</i> Liebm.			■		
	<i>Diplazium lindbergii</i> (Mett.) Christ			■		
	<i>Diplazium plantaginifolium</i> (L.) Urb.			■		
	<i>Diplazium striatastrum</i> Lellinger			■		

Familia	Especie	Categoría de vulnerabilidad				
		MB	B	M	A	MA
	<i>Diplazium striatum</i> (L.) C. Presl.					
	<i>Diplazium ternatum</i> Liebm.					
	<i>Stigmatopteris longicaudata</i> (Liebm.) C. Chr.					
Blechnaceae	<i>Blechnum appendiculatum</i> Willd.					
	<i>Blechnum polypodioides</i> Raddi, Opusc.					
	<i>Blechnum schiedeana</i> (Schltdl. ex C.Presl) Gasper & Salino					
	<i>Telmatoblechnum serrulatum</i> (Rich.) Perrie, D. J. Ohlsen & Brownsey					
Cyatheaceae	<i>Alsophila firma</i> (Baker) D. S. Conant					
	<i>Cyathea bicrenata</i> Liebm.					
	<i>Cyathea costaricensis</i> (Mett. ex Kuhn) Domin					
	<i>Cyathea divergens</i> Kunze					
	<i>Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée					
	<i>Cyathea myosuroides</i> (Liebm.) Domin					
	<i>Cyathea schiedeana</i> (C. Presl) Domin					
<i>Sphaeropteris horrida</i> (Liebm.) R.M. Tryon						
Cystopteridaceae	<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.					
Dennstaedtiaceae	<i>Hypolepis blepharochlaena</i> Mickel & Beitel					
	<i>Hypolepis nigrescens</i> Hook.					
	<i>Pteridium aquilinum</i> (W. Schaffn. ex Fée) Maxon					
	<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon					
	<i>Pteridium caudatum</i> (L.) Maxon					
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.					
	<i>Lophosoria quadripinnata</i> (J.F. Gmel.) C. Chr.					
Dryopteridaceae	<i>Arachniodes denticulata</i> (Sw.) Ching					

Familia	Especie	Categoría de vulnerabilidad				
		MB	B	M	A	MA
	<i>Bolbitis bernoullii</i> (Kuhn ex Christ) Ching					
	<i>Bolbitis hastata</i> (E. Fourn.) Hennipman					
	<i>Ctenitis bullata</i> A. R. Sm.					
	<i>Ctenitis hemsleyana</i> (Baker ex Hemsl.) Copel.					
	<i>Ctenitis interjecta</i> (C. Chr.) Ching					
	<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.					
	<i>Dryopteris futura</i> A. R. Sm.					
	<i>Dryopteris patula</i> (Sw.) Underw.					
	<i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.					
	<i>Elaphoglossum ellipticifolium</i> A. Rojas					
	<i>Elaphoglossum guatemalense</i> (Klotzsch) T. Moore					
	<i>Elaphoglossum muelleri</i> (E. Fourn.) C. Chr.					
	<i>Elaphoglossum peltatum</i> (Sw.) Urb.					
	<i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urb.					
	<i>Elaphoglossum pringlei</i> (Davenp.) C. Chr.					
	<i>Elaphoglossum sartorii</i> (Liebm.) Mickel					
	<i>Elaphoglossum vestitum</i> (Schltdl. & Cham.) Schott ex T. Moore					
	<i>Elaphoglossum yourkeorum</i> Mickel					
	<i>Elaphoglossum paleaceum</i> (Hook. & Grev.) Sledge					
	<i>Olfersia cervina</i> (L.) Kunze					
	<i>Phanerophlebia gastonyi</i> Yatsk.					
	<i>Phanerophlebia remotispora</i> E. Fourn.					
	<i>Polystichum distans</i> E. Fourn.					
	<i>Polystichum fournieri</i> A.R. Sm.					

Familia	Especie	Categoría de vulnerabilidad				
		MB	B	M	A	MA
	<i>Polystichum hartwegii</i> (Klotzsch) Hieron.					
	<i>Tectaria heracleifolia</i> (Willd.) Underw.					
Equisetaceae	<i>Equisetum</i> × <i>haukeanum</i> Mickel & A.R. Sm.					
	<i>Equisetum hyemale</i> L. subsp. affine (Engelm.) Calder & Roy L. Taylor					
	<i>Equisetum hyemale</i> var. <i>elatum</i> (Engelm.) C.V. Morton					
	<i>Equisetum myriochaetum</i> Schldl. & Cham.					
Gleicheniaceae	<i>Diplopterygium bancroftii</i> (Hook.) A.R. Sm.					
	<i>Gleichenia pectinata</i> (Willd.) Ching					
	<i>Sticherus bifidus</i> (Willd.) Ching					
	<i>Sticherus palmatus</i> (W. Schaffn. ex E. Fourn.) Copel.					
Hymenophyllaceae	<i>Hymenophyllum fendlerianum</i> J.W. Sturm					
	<i>Hymenophyllum myriocarpum</i> Hook.					
	<i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw.					
	<i>Hymenophyllum pulchellum</i> Schldl. & Cham.					
	<i>Hymenophyllum trapezoidale</i> Liebm.					
	<i>Trichomanes angustatum</i> Carmich.					
	<i>Trichomanes capillaceum</i> L.					
	<i>Trichomanes galeotti</i> E. Fourn.					
	<i>Trichomanes polypodioides</i> L.					
	<i>Trichomanes reptans</i> Sw.					
	<i>Trichomanes rigidum</i> Sw.					
<i>Trichomanes radicans</i> Sw.						
Lycopodiaceae	<i>Huperzia reflexa</i> (Lam.) Trevis					
	<i>Huperzia linifolia</i> (L.) Trevis.					

Familia	Especie	Categoría de vulnerabilidad				
		MB	B	M	A	MA
	<i>Huperzia pringlei</i> (Underw. & F.E. Lloyd) Holub					
	<i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm.					
	<i>Lycopodiella alopecuroides</i> (L.) Cranfill					
	<i>Lycopodium clavatum</i> L.					
	<i>Phlegmariurus taxifolius</i> (Sw.) Á. & D. Löve					
<b>Lygodiaceae</b>	<i>Lygodium venustum</i> Sw.					
<b>Marattiaceae</b>	<i>Danaea cuspidata</i> Liebm.					
	<i>Marattia weinmanniifolia</i> Liebm.					
<b>Nephrolepidaceae</b>	<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C. Presl.					
	<i>Nephrolepis hirsutula</i> (G. Forst.) C. Presl					
	<i>Nephrolepis pectinata</i> (Willd.) Schott					
<b>Ophioglossaceae</b>	<i>Botrypus virginianus</i> (L.) Michx.					
	<i>Ophioglossum crotalophoroides</i> Walter					
	<i>Ophioglossum nudicaule</i> L. f.					
	<i>Sceptridium decompositum</i> (M. Martens & Galeotti) Lyon					
<b>Osmundaceae</b>	<i>Osmunda regalis</i> L. var. <i>spectabilis</i> (Willd.) A. Gray					
<b>Polypodiaceae</b>	<i>Campyloneurum amphostenon</i> (Kunze ex Klotzsch) Fée					
	<i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée					
	<i>Campyloneurum serpentinum</i> (Christ)					
	<i>Campyloneurum tenuipes</i> Maxon					
	<i>Campyloneurum xalapense</i> Fée					
	<i>Cochlidium linearifolium</i> (Desv.) Maxon ex C. Chr.					
	<i>Cochlidium serrulatum</i> (Sw.) L. E. Bishop					
	<i>Lellingeria prionodes</i> (Mickel & Beitel) A.R. Sm. & R.C. Moran					

Familia	Especie	Categoría de vulnerabilidad				
		MB	B	M	A	MA
	<i>Melpomene leptostoma</i> (Fée) A.R. Sm. & R.C. Moran					
	<i>Microgramma lycopodioides</i> (L.) Copel					
	<i>Niphidium crassifolium</i> (L.) Lellinger					
	<i>Pecluma alfredii</i> (Rosenst.) M.G. Price					
	<i>Pecluma bourgeauana</i> (E. Fourn.) L. A. Triana					
	<i>Pecluma ptilodon</i> var. <i>bourgaena</i> (E. Fourn) A.R. Sm.					
	<i>Pecluma sursumcurrens</i> (Copel.) M.G. Price					
	<i>Phlebodium areolatum</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd)					
	<i>Pleopeltis crassinervata</i> (Fée) T. Moore					
	<i>Pleopeltis fallax</i> (Schltdl. & Cham.) Mickel & Beitel					
	<i>Pleopeltis lepidotricha</i> (Fée) A. R. Sm. & Tejero					
	<i>Pleopeltis plebeia</i> (Schltdl. & Cham.) A. R. Sm. & Tejero					
	<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kunze) T. Moore					
	<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kunze) T. Moore var. <i>interjecta</i> (Weath.) E.A. Hooper					
	<i>Pleopeltis polypodioides</i> (L.) E. G. Andrews & Windham					
	<i>Pleopeltis villagranii</i> (Copel.) A. R. Sm. & Tejero					
	<i>Polypodium arcanum</i> var. <i>Arcanum</i> Maxon					
	<i>Polypodium conterminans</i> Liebm.					
	<i>Polypodium echinolepis</i> Fée					
	<i>Polypodium longepinnulatum</i> E. Fourn.					
	<i>Polypodium madreense</i> J. Sm					
	<i>Polypodium martensii</i> Mett.					
	<i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze					
	<i>Polypodium puberulum</i> Schltdl. & Cham.					

Familia	Especie	Categoría de vulnerabilidad				
		MB	B	M	A	MA
	<i>Polypodium rhodopleuron</i> Kunze					
	<i>Polypodium thyssanolepis</i> A. Braun					
	<i>Polypodium triseriale</i> Sw., J. Bot					
	<i>Polypodium falcaria</i> Kunze					
	<i>Terpsichore mollissima</i> (Fée) A. R. Sm.					
Psilotaceae	<i>Psilotum complanatum</i> Sw.					
	<i>Psilotum nudum</i> (L.) P. Beauv.					
Pteridaceae	<i>Adiantum andicola</i> Liebm.					
	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.					
	<i>Adiantum concinnum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.					
	<i>Adiantum latifolium</i> Lam.					
	<i>Adiantum oaxacanum</i> Mickel & Beitel					
	<i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.					
	<i>Adiantum tenerum</i> Sw.					
	<i>Adiantum tricholepis</i> Fée					
	<i>Aleuritopteris farinosa</i> (Forssk.) Fée					
	<i>Argyroschisma incana</i> (C. Presl) Windham					
	<i>Astrolepis crassifolia</i> (Houlston & T. Moore) D.M. Benham & Windham					
	<i>Astrolepis laevis</i> (M. Martens & Galeotti) Mickel					
	<i>Cheiloplecton rigidum</i> (Sw.) Fée					
	<i>Gaga marginata</i> (Kunth) Fay W. Li & Windham					
	<i>Hemionitis palmata</i> L					
	<i>Llavea cordifolia</i> Lag.					
<i>Mildella fallax</i> (M. Martens & Galeotti) G.L. Nesom						

Familia	Especie	Categoría de vulnerabilidad				
		MB	B	M	A	MA
	<i>Mildella intramarginalis</i> (Kaulf. ex Link) Trevis					
	<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham					
	<i>Myriopteris lendigera</i> (Cav.) J. Sm.					
	<i>Myriopteris notholaenoides</i> (Desv.) Grusz & Windham					
	<i>Notholaena candida</i> (M. Martens & Galeotti) Hook					
	<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link					
	<i>Pityrogramma ebenea</i> (L.) Proctor					
	<i>Pityrogramma trifoliata</i> (L.) R.M. Tryon					
	<i>Pteris altissima</i> Poir.					
	<i>Pteris cretica</i> L. Mant. Pl					
	<i>Pteris grandifolia</i> L.					
	<i>Pteris muricella</i> Fée					
	<i>Pteris orizabae</i> M. Martens & Galeotti					
	<i>Pteris podophylla</i> Sw.					
	<i>Pteris pulchra</i> Schlttdl. & Cham.					
	<i>Pteris quadriaurita</i> Retz.					
	<i>Scoliosorus ensiformis</i> (Hook.) T. Moore					
	<i>Vittaria bradeorum</i> Rosenst.					
	<i>Vittaria flavicosta</i> Mickel & Beitel					
	<i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf.					
<b>Schizaeaceae</b>	<i>Schizaea elegans</i> (Vahl) Sw.					
<b>Selaginellaceae</b>	<i>Selaginella flexuosa</i> Spring					
	<i>Selaginella hoffmannii</i> Hieron.					
	<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring					

Familia	Especie	Categoría de vulnerabilidad				
		MB	B	M	A	MA
	<i>Selaginella martensii</i> Spring					
	<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring					
	<i>Selaginella porphyrospora</i> A. Braun					
	<i>Selaginella schiedeana</i> A. Braun					
	<i>Selaginella silvestris</i> Aspl.					
	<i>Selaginella stellata</i> Spring					
Thelypteridaceae	<i>Amauropelta linkiana</i> (C. Presl) Pic. Serm.					
	<i>Amauropelta mucosa</i> (A. R. Sm.) Á. & D. Löve					
	<i>Amauropelta oligocarpa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Pic. Serm.					
	<i>Amauropelta pilosohispida</i> (Hook.) A. R. Sm.					
	<i>Amauropelta pilosula</i> (Klotzsch & H. Karst. ex Mett.) Á. & D. Löve					
	<i>Amauropelta rudis</i> (Kunze) Pic. Serm.					
	<i>Christella normalis</i> (C. Chr.) Holttum					
	<i>Christella ovata</i> (R. P. St. John) Á. & D. Löve					
	<i>Christella quadrangularis</i> (Fée) Holttum					
	<i>Goniopteris paucipinnata</i> (Donn. Sm.) Salino & T. E. Almeida					
	<i>Goniopteris praetermissa</i> (Maxon) Salino & T. E. Almeida					
	<i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaudich.) Ching					
	<i>Stegnogramma pilosa</i> (M. Martens & Galeotti) K. Iwats.					
Woodsiaceae	<i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.					

## Estatus de protección

Para la Sierra Norte de Puebla se registraron 14 especies en alguna categoría de riesgo (Tabla 4), enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2018, tres amenazadas, siete bajo protección especial y cuatro en peligro de extinción. La CITES regula únicamente a la familia Cyatheaceae bajo las condiciones del Apéndice II. Ninguna especie se encuentra contemplada dentro de la lista roja de la UICN.

**Tabla 4. Lista de especies con estatus de protección en la NOM-059-SEMARNAT-2018, CITES e IUCN. A=Amenazada, Pr=Protección especial, P=Peligro de extinción, A II=Apéndice II**

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Estatus de protección</b>	<b>CITES</b>
<b>Cyatheaceae</b>	<i>Alsophila firma</i>	P	X
	<i>Cyathea bicrenata</i>	Pr	X
	<i>Cyathea costaricensis</i>	P	X
	<i>Cyathea divergens</i> var. <i>Tuerckheimii</i>	Pr	X
	<i>Cyathea fulva</i>	Pr	X
	<i>Cyathea shiedeana</i>	Pr	X
	<i>Sphaeropteris horrida</i>	Pr	X
<b>Dicksoniaceae</b>	<i>Dicksonia sellowiana</i>	Pr	
<b>Marattiaceae</b>	<i>Marattia weinmanniifolia</i>	Pr	
<b>Nephrolepidaceae</b>	<i>Nephrolepis cordifolia</i>	P	
<b>Polypodiaceae</b>	<i>Polypodium triseriale</i>	A	
<b>Psilotaceae</b>	<i>Psilotum complanatum</i>	A	
<b>Schizaeaceae</b>	<i>Schizaea elegans</i>	A	
<b>Selaginellaceae</b>	<i>Selaginella porphyrospora</i>	P	

## DISCUSIÓN

### Pteridoflora en San Juan Tahitic

En la zona de estudio se registraron 44 géneros y 94 especies de pteridobiontes, que representan el 28% de las especies registradas para el estado de Puebla (Rodríguez-Acosta *et al.*, 2014), y entre el 9.1 y 9.3% de las especies reportadas para México (Mickel & Smith, 2004; Tejero-Diez *et al.*, 2014). En comparación con otros trabajos realizados en áreas adyacentes a la zona de estudio, como el de Cerón-Carpio (2006), quien registró 35 géneros y 66 especies para todo el municipio de Tlatlauquitepec y el de Jano-Tolama & Hernández (2001) quien enlista 13 géneros y 25 especies para la localidad de La Gloria, en el municipio de Zacapoaxtla; se puede observar que la localidad de San Juan Tahitic destaca por una elevada riqueza de pteridoflora en su territorio.

Se sabe que en los extremos de un gradiente altitudinal (tanto inferiores como superiores), la riqueza de pteridoflora es mucho menor que en altitudes medias (1,500 a 2,500 msnm), donde se presentan los valores máximos de riqueza de este grupo de plantas, debido a la combinación óptima de alta humedad y temperatura moderada (Carvajal-Hernández & Kromer 2015), condiciones presentes en San Juan Tahitic, lo que explican su elevada diversidad.

Respecto a la composición florística, Vázquez *et al.* (2006), Pérez-Paredes *et al.* (2012) y Carvajal-Hernández & Kromer (2015), indican que en general, las familias representativas en el BMM son Polypodiaceae, Dryopteridaceae y Pteridaceae, lo que coincide con este estudio; sin embargo, en San Juan Tahitic también resaltan Selaginellaceae y Thelypteridaceae, esta discrepancia puede residir en las condiciones ambientales particulares que se generan con la topografía o las asociaciones vegetales secundarias derivadas del BMM, ya que la distribución de las especies varía en función de la humedad, tolerancia a la luz y el sustrato disponible (Tejero-Diez *et al.*, 2014); las cuales se analizan con detalle más adelante en el texto, ya que son las que originan a los grupos funcionales.

## Pteridoflora en unidades ambientales

Los cambios de la riqueza de especies en diferentes unidades ambientales han sido bien estudiados, trabajos como los realizados por Rodríguez *et al.* (2011) y Carvajal-Hernández *et al.* (2014) reportan que el hábitat con mayor riqueza es el BMM conservado, y que la disminución es directamente proporcional al nivel de conservación del estrato arbóreo. En este estudio, también se encontró algo semejante; la unidad ambiental con mayor riqueza fue el BMM, seguido de la VSA y CAF, mientras que la unidad ambiental con menor cantidad de especies fue la de AGR+PAS.

Por otro lado, se ha documentado que fenómenos como el efecto de borde y acciones antrópicas generan modificaciones estructurales en el BMM; por ejemplo, la apertura del dosel provoca cambios en el microclima que consisten en el aumento en la temperatura, aumento en la velocidad del viento y disminución en la humedad del suelo y aire, lo que genera pérdidas de entre 40 y 70% de especies de pteridobiontes (Carvajal-Hernández & Kromer, 2015; Silva *et al.*, 2018; Tejero-Diez, *et al.*, 2014), en este caso, la unidad ambiental con menor riqueza (AGR+PAS) en la zona de estudio presentó una pérdida del 91.5% de especies

## Grupos funcionales de San Juan Tahitic

A partir del Análisis de Correspondencias Múltiples, se pudieron definir los caracteres que ayudan a explicar la presencia de las especies en las diferentes unidades ambientales, por lo tanto, probablemente estos caracteres brindan ventajas adaptativas para que las especies ocupen los diferentes nichos disponibles.

Los caracteres más importantes son:

- Tipo de tallo. Este órgano es la parte aérea de la planta que soporta a las hojas, cumple importantes funciones como lo son la conducción, almacén de sustancias y la fotosíntesis, aunque también estos pueden especializarse en otras funciones como de almacenamiento o reserva. El tipo de tallo confiere diferentes ventajas a la especie, como la protección o la propagación por división vegetativa, lo que les permite competir con otras plantas (Megías *et al.*, 2015; Escámez, 1989).

- Tipo de esporas. Representa una estructura de dispersión de los helechos, después de que el esporófito madura (en un lapso de 1 a 10 años). La viabilidad de las esporas es clave para el establecimiento de los pteridobiontes, si bien está condicionada a factores intrínsecos, como el genotipo o características fenotípicas como la presencia de clorofila, también se condiciona a factores extrínsecos, como lo son las condiciones del ambiente (temperatura, luz y en algunos casos el pH del suelo) donde se liberan y depositan (Pérez & Jaramillo, 1993).
- Indumento presente en la hoja. Reduce la pérdida de agua e incluso absorbe agua, protege de la radiación solar, absorbe nutrientes y secreta o excreta sustancias para proteger a la planta de la herbivoría (Ramírez & Goyes, 2004).
- Fenología de las hojas. Repercute en la supervivencia de las especies en condiciones adversas; las hojas poiquilohídricas se desecan y mantienen su sistema fisiológico en estado de latencia; posteriormente, en presencia de condiciones favorables, estas se rehidratan, por lo que son altamente tolerantes a la pérdida de agua; las hojas xeromórficas tienen una capa de cera o abundante esclerénquima y abundantes estomas, por lo que son resistentes a la sequía; mientras que las mesomórficas, al no tener adaptaciones especiales, se vuelven sensibles a la sequía y mueren (Kessler & Siorak, 2007).
- Tamaño de las hojas. La hoja es el órgano fotosintético por excelencia de las plantas, en particular de los helechos, y controla la transpiración para evitar la pérdida excesiva de agua; el tamaño de estas es variable, pero se encuentra asociado generalmente a la altitud y el hábitat donde se distribuye el organismo (Megías *et al.*, 2015).

#### ESPECIES EN GRUPOS FUNCIONALES

La presencia diferencial de estos caracteres entre las unidades ambientales, permitió distinguir a los tres grupos funcionales, el grupo funcional A pertenece a zonas abiertas y perturbadas, está representado principalmente por especies pertenecientes a las familias Athyriaceae, Dennstaedtiaceae, Gleicheniaceae y Thelypteridaceae, resultados congruentes con lo reportado por Carvajal-Hernández *et al.* (2017), quienes indicaron que los géneros *Pteridium* (Dennstaedtiaceae) y *Thelypteris* (Thelypteridaceae) son

aquellos que ocupan los bosques perturbados; Walker & Sharpe (2010) reporta a *Thelypteris* como un género con muchas especies termófilas, principalmente riparias y presentes en zonas perturbadas. Por otra parte, Praptosuwiryo (2008) relaciona al género *Diplazium* (Athyriaceae) con arroyos y áreas de pulverización de caídas de agua, es decir, con los hábitats más húmedos dentro del BMM, lo que no concuerda con el ambiente perteneciente al grupo A, esta discordancia puede deberse a los caracteres específicos de este género, ya que cumple con la generalidad del grupo, pero fue colectado en zonas de cafetales y BMM conservado.

El grupo funcional B tuvo presencia heterogénea en todas las unidades ambientales, está representado principalmente por las familias Cyatheaceae, Equisetaceae, Ophioglossaceae, Selaginellaceae y el género *Blechnum* (s. l.). (Mickel & Smith, 2004) indican que la familia Equisetaceae, en particular el género *Equisetum* se encuentra asociado a cuerpos de agua, datos concordantes con lo reportado en este estudio, donde su distribución dentro del BMM no se restringe a una sola unidad ambiental; Montes (2005) indica que el género *Botrypus* se localiza principalmente en zonas templadas, mientras algunas alcanzan incluso zonas polares, mientras que Martínez & Novara (1998) mencionan que la familia Ophioglossaceae cuenta con un amplio espectro de distribución, lo que le permitiría una amplia tolerancia a diferentes condiciones ambientales; Korall & Kenrick (2002) mencionan que *Selaginella* ha sido considerada como un género muy bien representado en distintos hábitats de México, al ser propio de sistemas húmedos de montaña, principalmente en los límites semicálidos y en ambientes secundarios; Ramírez-Barahona *et al.* (2011) indica que la alta humedad es uno de los principales requerimientos de la familia Cyatheaceae, por lo que se distribuye preferentemente en BMM, donde se presenta de forma homogénea y constituye parte importante del estrato arbóreo inferior, esto fue observado en este trabajo, ya que la presencia de esta familia a través de las diferentes unidades ambientales fue homogénea, a excepción de AGR+PAS

Finalmente, el grupo funcional C se presentó principalmente en CAF y BMM, por lo que este grupo es propio de zonas conservadas, se encuentra representado por las familias Aspleniaceae, Cystopteridaceae, Polypodiaceae, Hymenophyllaceae y Psilotaceae, y por los géneros *Elaphoglossum*, *Huperzia* y *Vittaria*, resultados congruentes con lo

reportado por Rodríguez *et al.* (2011), quienes registraron al género *Asplenium* (Aspleniaceae), *Pleopeltis* (Polypodiaceae) y *Polypodium* (Polypodiaceae) como exclusivas de BMM; Carvajal-Hernández *et al.* (2017) registraron como indicadoras del BMM a la familia Hymenophyllaceae y los géneros del grupo Grammitides (Polypodiaceae) y Vittarioiodes (Pteridaceae); Rouhuan *et al.* (2004) y Mehlreter (2008) señalan a los géneros *Asplenium* y *Elaphoglossum* como propios de zonas húmedas montañosas, ambos como corticícolas y rupícolas, Tejero-Diez (2009) define al género *Pleopeltis* (Polypodiaceae) como un taxón epífita de fenología xeromórfica, propio de regiones húmedas de montaña, donde forman histosoles en el dosel, sumamente importantes para el balance hídrico, finalmente Barrera *et al.* (1996) mencionan al género *Phlegmariurus* como epífita péndula, distribuida en elevaciones medias superiores y en hábitats umbrófilos y particularmente húmedos.

#### CARACTERES EN GRUPOS FUNCIONALES

Se observó un patrón de los caracteres a través de los grupos funcionales

- Esporas: En el caso de las esporas, la presencia del tipo clorofílico exclusivamente en el grupo funcional C (correspondiente a zonas conservadas), a diferencia de las esporas aclorofílicas (amarillas) presentes de forma homogénea en todos los grupos funcionales, concuerda con lo reportado por Bergeron & Pellerin (2014), que señalan que las especies de pteridobiontes con esporas verdes son de particular interés ya que reflejan niveles bajos o nulos de impacto por islas de calor urbano (ciudades); por su parte, Pérez & Jaramillo (1993) explican que las esporas clorofílicas cuentan con un tiempo muy corto de viabilidad, de 24 a 48 días, mientras que las esporas aclorofílicas pueden llegar hasta los 210 días, lo que les permite crear los llamados “bancos de esporas” en espera de condiciones favorables para su desarrollo; lo registrado en este trabajo

- Fenología: La fenología de la hoja fue muy característica de cada grupo funcional, el grupo funcional A, con importante presencia de hojas xeromórficas se presentó principalmente en zonas perturbadas, ya que cuentan con adaptaciones para resistir el estrés hídrico (abundante esclerénquima, generalmente con la presencia de una capa de cera) (Kessler & Siorak, 2007), lo que les permite ocupar las unidades ambientales donde hay una mayor insolación, mayor temperatura y por consiguiente menor humedad. Las hojas mesomórficas presentes en todos los grupos funcionales son consideradas como generalistas, al carecer de alguna adaptación especial para combatir el estrés por sequía. En el grupo funcional C, asociado a los ambientes de BMM conservado, tanto la presencia importante de hojas poiquilohídricas, las cuales son altamente tolerantes a la pérdida de agua (pueden perder del 76 al 97%) en condiciones ambientales adversas y en presencia de condiciones favorables se rehidratan como la presencia de hojas xeromórficas, están asociadas a los hábitos epífitos y rupícolas de los bosques templado húmedos (Kessler & Siorak, 2007; Proctor & Tuba, 2002; Tejero-Diez, 2009; Smith & Tejero-Diez 2014).
- Indumento en la hoja: En el caso del indumento presente en las hojas, los tricomas predominaron en el grupo funcional A, las principales funciones de los tricomas son la transpiración, reducción de pérdida de agua, protección de la radiación solar y la absorción de nutrientes, adaptaciones que le confieren una ventaja a las especies expuestas a condiciones climáticas adversas, como lo son el exceso de temperatura y la disminución de humedad. Las escamas caracterizaron al grupo funcional C, éstas permiten la captación y absorción de agua, adaptación que efficientiza este proceso en un sistema con abundante humedad atmosférica. Las hojas sin indumento presentes de forma homogénea en todas las unidades ambientales, al igual que las hojas mesomórficas no cuentan con adaptaciones especiales para el combatir el estrés por sequía, pero al ser generalistas, tienen un mayor nicho disponible en diferentes unidades ambientales (Ramírez & Goyes, 2004; Kessler & Siorak, 2007)

- **Indumento en el rizoma:** El indumento presente en el rizoma presentó un patrón, ya que los rizomas glabros y con escamas estuvieron presentes en todos los grupos funcionales; sin embargo, los rizomas con tricomas estuvieron presentes en el grupo funcional C, esto se asocia a las especies epífitas pertenecientes a la familia Hymenophyllaceae; actualmente no hay estudios que se centren en la funcionalidad del indumento en el rizoma de diferentes especies de pteridobiontes, pero una hipótesis podría ser que la función es exactamente igual a la que realiza en la hoja, reduce la pérdida de agua, facilita la obtención de nutrientes y la captación de humedad atmosférica.
- **Sustrato:** En el tipo de sustrato, se registró que las especies terrícolas estaban presentes en todos los grupos funcionales, mientras que las especies rupícolas y corticícolas se concentraban en el grupo funcional C, esto debido a que la distribución espacial de las epífitas se relaciona con condiciones micro-climáticas específicas y con la disponibilidad de nichos formados por la diversidad del estrato arbóreo, en términos generales, se ha observado que los árboles de lento crecimiento, de copa abierta, cortezas estables y absorbentes resultan ser excelentes forofitos; de acuerdo con Carvajal-Hernández *et al.* (2014) las especies epífitas registran una disminución gradual en presencia de perturbación (Ceja *et al.*, 2008; Damon, 2003)

- Tipo de tallo: Los tipos de tallos cormosos fueron característicos del grupo funcional A, estos son propios de zonas secas y mesotérmicas (zonas de temperaturas medias), ya que cuentan con adaptaciones especiales como lo son los tallos gruesos o suculentos que le ayudan a retener agua en periodos secos (Ulate, 2001; Palacio, 2006). Los tallos rizomatosos largos aparecieron de forma homogénea en todos los grupos funcionales, así como los tallos arborescentes, los cuales sólo estuvieron ausentes en el grupo funcional A; los primeros se interpretan como una adaptación y estrategia reproductiva de malezas pteridofíticas para proliferar de manera rápida y masiva en todos los ambientes (Caluff & Fiallo, 2008), mientras que el tipo de tallo de tipo estípíte, o en este trabajo referenciado como arborescente, es propio de asociaciones tanto húmedas como meso-termófilas dentro del BMM (Tejero-Diez *et al.*, 2014). Los tallos rizomatosos cortos caracterizaron al grupo funcional C, ya que este tipo de rizoma se presenta generalmente en plantas epífitas y se modifica para formar domacios, estructura donde las hormigas anidan y acumulan humus, que le ayudan a cubrir principalmente sus requerimientos de nitrógeno (Ceja *et al.*, 2008).

- **Tamaño de la hoja:** El tamaño de las hojas tuvo una presencia preferencial marcada, a excepción de las hojas medianas que aparecieron en todos los grupos funcionales. Las hojas grandes se presentaron principalmente en el grupo funcional A, una gran discordancia en comparación con las plantas con flor, ya que las hojas grandes son generalmente indicadoras de sitios húmedos, mientras que en lugares secos la hoja tiende a reducirse (Ramírez & Goyes, 2004); sin embargo, en los pteridobiontes la presencia de hojas grandes está mayormente relacionada con la baja eficiencia fotosintética y sus adaptaciones xéricas por su resistencia a la exposición al sol (Granados-Sánchez *et al.*, 2003). Las hojas chicas fueron características del grupo funcional C, ya que para helechos epífitos existe una relación indirecta entre la superficie foliar y el volumen, por lo que a pesar de tener tamaños de medianos a chicos, presentan cambios anatómicos en la hoja tales como la reducción del tamaño celular, el aumento del grosor de las paredes celulares, así como mayor complejidad en el sistema vascular, lo que repercute en su metabolismo y en la eficiencia del proceso de fotosíntesis a la sombra (Granados-Sánchez *et al.*, 2003; Tejero-Diez, 2005).
- **Tolerancia a la sombra:** Los organismos con tolerancia media e intolerantes pertenecieron al grupo funcional A y B, ya que, al habitar zonas con mucha luz, se han vuelto fuertes competidores con rasgos como la alelopatía (como el género *Pteridium*) (de Jesus Jatoba *et al.*, 2016), la defoliación (hojas mesomórficas) o haciendo más resistentes sus órganos expuestos al sol (hojas xeromórficas) (Granados-Sánchez *et al.*, 2003, Mehltreter, 2010). Las especies tolerantes a la sombra, características del grupo funcional C, en comparación a epífitas angiospermas, parecen ser más eficientes a la sombra ya que cuentan con bajas tasas de asimilación de carbono gracias a las bajas tasas de respiración en la oscuridad, lo que genera una ganancia fotosintética, por otra parte, contrarrestan las bajas tasas de asimilación y conducción de agua al habitar zonas con alta humedad atmosférica sobre un forofito específico (Bannister & Wildish, 1982; Granados-Sánchez *et al.*, 2003)

## Grupos funcionales Sierra Norte de Puebla

Los grupos funcionales predichos para la Sierra Norte de Puebla compartieron familias y géneros con la comunidad de San Juan Tahitic. Para el grupo funcional A, las familias Athyriaceae, Dennstaedtiaceae, Gleicheniaceae y Thelypteridaceae se comparten, se agrega la familia Anemiaceae, que es más próspera en zonas xéricas, ya que presenta rizomas subterráneos capaces de sobrevivir al fuego, lo que explica su asignación a este grupo funcional (Hietz, 2010).

Para el grupo funcional B se comparten a Cyatheaceae, Equisetaceae, Ophioglossaceae y Selaginellaceae, se agregan tres géneros de la familia Dennstaedtiaceae, esta es una familia cosmopolita, con amplia distribución se extiende a las zonas tropicales y subtropicales (Díaz-Barriga & Pátzcuaro, 2018).

El grupo funcional C comparte a Hymenophyllaceae y Psilotaceae; en el caso de Polypodiaceae se excluyó el género *Phlebodium* y se registraron dos nuevos géneros.

De manera especial, se puede mencionar Pteridaceae, que presenta 13 géneros exclusivos en diferentes grupos funcionales, cinco pertenecen al grupo funcional A y cinco pertenecen al grupo funcional C; a pesar de que esta familia se conoce por ser más próspera en zonas xéricas, los géneros pertenecientes al grupo funcional C podrían formar parte de la vegetación azonal, ya que sus especies tienen una preferencia por hábitats particulares, como son zonas con alta influencia de agua y humedad, o bien tipos de sustrato específicos (Hietz, 2010; Kessler 2001; Kluge & Kessler, 2005).

## Especies vulnerables de la Sierra Norte de Puebla

Algunos de los géneros categorizados en este trabajo en vulnerabilidad de muy baja a baja como lo son *Adiantum*, *Blechnum*, *Lycopodium*, *Lycopodiella*, *Macrothelypteris*, *Nephrolepis*, *Pteridium*, *Pteris*, *Pityrogramma* y *Thelypteris* han sido reportados por Caluf & Fialo (2008) como malezas, ya sea de vegetación secundaria o de vegetación ruderal, tienen la ventaja de que sus esporas poseen una capacidad de dispersión anemócora, son capaces de formar bancos de esporas y éstas son de rápida y masiva germinación con esporófitos de crecimiento acelerado, rizomas largos rastreros, y en

ocasiones, subterráneos y resistentes al fuego, así como estrategias químicas como la alelopatía. Estas estrategias hacen que la mayor proporción de especies pertenezcan al grupo funcional A o B; adicionalmente, algunos de estos géneros son de amplia distribución geográfica y generalistas, es decir, se encuentran en otros hábitats además del bosque mesófilo de montaña.

Por el contrario, géneros con una categoría de vulnerabilidad de alta a muy alta, como *Asplenium*, *Cyathea*, *Elaphoglossum*, *Phlegmariurus*, *Pleopeltis*, *Polypodium* e *Hymenophyllum*, han sido reportados por Tejero-Díez *et al.* (2014) como característicos del dosel del BMM, en ambientes particularmente húmedos. Además, en esta categoría se encuentran principalmente especies pertenecientes al grupo funcional C, así como 12 de las 13 especies reportadas como endémicas de la república mexicana.

De la lista de especies registradas a lo largo de la Sierra Norte de Puebla, 97 (45.9%) se encuentran en un estatus alto de vulnerabilidad ante cambios de uso de suelo dentro del Bosque Mesófilo de Montaña. De éstas, únicamente 9 están incluidas dentro alguna categoría de riesgo dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2018 (Tabla 2). Por otro lado, también hay especies en alguna categoría de riesgo en esta norma que fueron consideradas con una vulnerabilidad de baja a media, como *Selaginella porphyrospora*, *Cyathea costaricensis*, *Dicksonia sellowiana*, *Marattia weinmanniifolia* y *Nephrolepis cordifolia*.

Por lo anterior, este trabajo brinda una lista 88 especies, cuya evaluación para su probable inclusión en la NOM-059-SEMARNAT es prioritaria.

## CONCLUSIONES

La localidad de San Juan Tahitic resguarda una elevada diversidad de pteridoflora, ya que alberga el 28% de las especies registradas en el estado de Puebla,

El Bosque Mesófilo de Montaña fue la unidad ambiental más rica en especies de helechos y licopodios, comparado contra la Vegetación Secundaria Arbórea, Cafetales y asociaciones de agricultura y pastizales.

Se identificaron 3 grupos funcionales, con base en distintos caracteres que permiten a los pteridobiontes habitar diferentes ambientes, el grupo funcional A se encontró principalmente en zonas de Agricultura y Pastizal, y en menor proporción en zonas con Vegetación Secundaria Avanzada, sus especies son de sustrato terrícola, fenología xeromórfica y con tricomas en la hoja; el grupo funcional B pertenece a zonas de Vegetación Secundaria Arbórea y Cafetales, sus especies se caracterizan por ser de sustrato terrícola, fenología mesomórfica y sin indumento en la hoja; mientras que el grupo funcional C fue representativo del Bosque Mesófilo de Montaña y sus especies son de sustrato corticícola y tolerantes a la sombra.

A nivel nacional, la Sierra Norte de Puebla es altamente rica en pteridoflora, alberga el 20.4% de las especies registradas para la república mexicana, de ellas, 14 especies se encuentran consideradas en algún estado de riesgo según listados nacionales e internacionales.

El análisis de vulnerabilidad indicó que 97 (46%) de las especies que habitan en la Sierra Norte de Puebla se encuentran en la categoría de vulnerabilidad de alta a muy alta; de éstas, únicamente nueve se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2018, por lo que este estudio propone 88 especies para su evaluación y, probable inclusión en futuras versiones de la norma.

## LITERATURA CITADA

- Arana, M. D., & Blanco, C. A. (2011). Helechos y Licofitas del centro de Argentina. Editorial UNRC: Río Cuarto.
- Anaya, C. A., Mendoza, M., Rivera, M., Páez, R., & Olivares-Martínez, L. D. (2016). Contenido de carbono orgánico y retención de agua en suelos de un bosque de niebla en Michoacán, México. *Agrociencia*, 50(2), 251-269.
- Arriaga, L. (1988). Gap dynamics of a tropical cloud forest in northeastern Mexico. *Biotropica*, 178-184.
- Baena, M.L., G. Halffter. (2008). Extinción de especies, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 263-282.
- Bannister, P., & Wildish, K. L. (1982). Light compensation points and specific leaf areas in some New Zealand ferns. *New Zealand Journal of Botany*, 20(4), 421-424.
- Barrera, E., Chaparro, A., & Murillo, M. T. (1996). Pteridófitas epífitas de la franja subandina del departamento de Cundinamarca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 20(76), 47-55.
- Bezaury-Creel, J., Gutiérrez-Carbonell, D., & Remolina, J. F. (2009). Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. *Capital natural de México*, 2, 385-431.
- Bergeron, A., & Pellerin, S. (2014). Pteridophytes as indicators of urban forest integrity. *Ecological Indicators*, 38, 40-49.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Bruijnzeel, L. A., & Sampurno, S. P. (1990). Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review (p. 224). Amsterdam: Free University.
- Callicott, J. B., Crowder, L. B., & Mumford, K. (1999). Current normative concepts in conservation. *Conservation biology*, 13(1), 22-35.
- Caluff, M. G., & Fiallo, V. R. F. (2008). Malezas pteridofíticas de Cuba. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 51-56.
- Carvajal-Hernández, C. I., Krömer, T., & Vázquez-Torres, M. (2014). Riqueza y composición florística de pteridobiontes en bosque mesófilo de montaña y ambientes asociados en el centro de Veracruz, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(2), 491-501.
- Carvajal-Hernández, C. I., & Krömer, T. (2015). Riqueza y distribución de helechos y licófitos en el gradiente altitudinal del Cofre de Perote, centro de Veracruz, México. *Botanical Sciences*, 93(3), 601-614.
- Carvajal-Hernández, C. I., Krömer, T., López-Acosta, J. C., Gómez-Díaz, J. A., & Kessler, M. (2017). Conservation value of disturbed and secondary forests for ferns and lycophytes along an elevational gradient in Mexico. *Applied Vegetation Science*, 20(4), 662-672.
- Ceja, R. J., Espejo, S., García, C. J., López, F. A. R., Mendoza, Ruíz., & Pérez, G.B. (2008). Las plantas epífitas, su diversidad e importancia. *Ciencias*, (91), 91.
- Cerón-Carpio, A. B., Arreguín-Sánchez, M., & Fernández-Nava, R. (2006). Listado con anotaciones de las pteridofitas del municipio de Tlatlauquitepec, Puebla, México y distribución de las especies en los diferentes tipos de vegetación. *Polibotánica*, (21), 45-60.

- Cerón-Carpio, A. B., Contreras-Jiménez, J. L., Gante-Cabrera, D., & Hugo, V. (2012). Inventario pteridoflorístico del área de protección de recursos naturales" Cuenca hidrográfica del río Necaxa", porción Puebla, México. *Polibotánica*, (33), 41-55.
- Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado presente y futuro (No. 581.5 C44Y).
- Chave, J. (2004). Neutral theory and community ecology. *Ecology letters*, 7(3), 241-253.
- CITES. (2020). ¿Qué es CITES?. Consultado el 19 de mayo de 2020. Recuperado de: <https://www.cites.org/esp/disc/what.php>.
- CONABIO. (2010). El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, DF.
- Cottam, G., & Curtis, J. T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37(3), 451-460.
- Damon, A. (2003). Las epífitas. *Ecofronteras*, 17-20.
- De Jesus Jatoba, L., Varela, R. M., Molinillo, J. M. G., Ud Din, Z., Juliano Gualtieri, S. C., Rodrigues-Filho, E., & Macías, F. A. (2016). Allelopathy of bracken fern (*Pteridium arachnoideum*): new evidence from green fronds, litter, and soil. *PLoS One*, 11(8).
- Delgado, V. A. J., Plaza, A. L., (2006). Helechos amenazados de Andalucía. *Consejería del medio ambiente*, 10-18.
- Díaz-Barriga, H., & Pátzcuaro, M. (2018). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. *Instituto de Ecología*, 206, 1-23.
- Díaz-Perea, F. J., Equihua, M., Jaramillo, V. J., Méndez-Ramírez, I., & Fragoso, C. (2014). Key attributes to the disturbance response of montane cloud forest trees: shade tolerance, dispersal mode and the capacity to form a seed bank. *Annals of forest science*, 71(4), 437-451.
- Escalona, O. F., & Campos, C. G. (1996). El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias*, (043).
- Escámez Pastrana, A. M. (1989). Los Helechos: elementos esenciales en la conservación de nuestra flora.
- Flores-Palacios, A., & Valencia-Díaz, S. (2007). Local illegal trade reveals unknown diversity and involves a high species richness of wild vascular epiphytes. *Biological Conservation*, 136(3), 372-387.
- Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews*, 55(1-2), 73-106.
- Freire, A. L. (2019) Patrones de uso del bosque mesófilo de montaña y su vegetación asociada, en la localidad San Juan Tahitic, Zacapoaxtla, Puebla, Tesis de licenciatura, UNAM, México.
- Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G. F., Hernández-García, M. Á., & Sánchez-González, A. (2003). Ecología de las plantas epífitas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(2), 101-111.
- Gual-Díaz, M., & Rendón-Correa, A. (2017). Los bosques mesófilos de montaña de México. *Agroproductividad*, 10(1).
- Hernández, J. M. V. (2003). Desarrollo de la legislación ambiental en México. *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*, 45.

- Hietz, P. (2010). Fern adaptations to xeric environments. *Fern Ecology*, 140-176.
- Holwerda, F., Bruijnzeel, L. A., Muñoz-Villers, L. E., Equihua, M., & Asbjornsen, H. (2010). Rainfall and cloud water interception in mature and secondary lower montane cloud forests of central Veracruz, México. *Journal of Hydrology*, 384(1), 84-96. doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.01.012
- Hooper, D. U., Chapin Iii, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J., & Wardle, A. D. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs*, 75(1), 3-35.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. (2008). Carta edafológica. México. Escala 1:1,000,000.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. (2008). Carta climatológica. México. Escala 1:1,000,000.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Zacapoaxtla, Puebla, Clave geoestadística 21207, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, 9.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. (2016). Carta de uso del suelo y vegetación, serie VI. México. Escala 1:250,000
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática]. (2019). Modelo digital de elevación e14b15. México. Escala 1:50,000.
- Jano-Tolama, H. R., & Hernández, A. R. A. (2011). Diversidad de pteridofitas de la localidad La Gloria en Apulco, Puebla, México. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 2(3), 38-50.
- Kessler, M. (2001). Patterns of diversity and range size of selected plant groups along an elevational transect in the Bolivian Andes. *Biodiversity & Conservation*, 10(11), 1897-1921.
- Kessler, M., & Siorak, Y. (2007). Desiccation and rehydration experiments on leaves of 43 pteridophyte species. *American Fern Journal*, 97(4), 175-185.
- Kluge, J., & Kessler, M. (2005). Inventory of pteridophytes along an elevational transect in Braulio Carrillo National Park, La Selva Biological Station and Cerro de la Muerte, Costa Rica. *Brenesia*, 63, 11-33.
- Korall, P., & Kenrick, P. (2002). Phylogenetic relationships in Selaginellaceae based on rbcL sequences. *American Journal of Botany*, 89(3), 506-517.
- Kramer, R. A., Richter, D. D., Pattanayak, S., & Sharma, N. P. (1997). Ecological and economic analysis of watershed protection in Eastern Madagascar. *Journal of Environmental Management*, 49(3), 277-295.
- Leakey, R. E., & Lewin, R. (1998). La sexta extinción: el futuro de la vida y de la humanidad (No. 575.8 LEA).
- Leopold, A. S. (1950). Vegetation zones of Mexico. *Ecology*, 31(4), 507-518.
- Lorea, F., & Riba, R. (1990). Guía para la recolección y preparación de ejemplares para herbario de pteridofitas. Consejo Nacional de la Flora de México, 12.
- Luna, I., Velázquez, A., Velázquez, E. (2001). México. En: Kappelle M., Brown A.D. (eds.), *Bosques Nublados del Neotrópico*, pp. 183-229, Instituto Nacional de Biodiversidad, Heredia, Costa Rica.

- Manson, R. H. (2004). Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. *Madera y Bosques*, 10(1), 3-20.
- Martínez, O. G., & Novara, L. (1998). Ophioglossaceae. *Aportes Botánicos de Salta-Serie Flora*, 5(3), 1-12.
- Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J. E., & Álvarez, F. (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección?. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 1-9.
- McGill, B. J., Enquist, B. J., Weiher, E., & Westoby, M. (2006). Rebuilding community ecology from functional traits. *Trends in ecology & evolution*, 21(4), 178-185.
- Megías, M., Molist, P., & Pombal, M. (2015). Organos vegetales. *Atlas de Histología Vegetal Y Animal*, 5.
- Mehlreter, K. (2008). Phenology and habitat specificity of tropical ferns. *Biology and evolution of ferns and lycophytes*, 201-222.
- Mehlreter, K. (2010). Fern conservation. *Fern ecology*, 323-359.
- Mickel, J. T. y A. R. Smith. (2004). The Pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 88, 1-1054.
- MEA [Millennium Ecosystem Assessment]. (2003) *Ecosystems and human Well-Being: A framework for assessment*. Washington, DC: Island Press, 49-70, 323-359.
- Mesta Fernández, M. E. (2016). Servicios ambientales: Elementos para el desarrollo de un marco jurídico. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 155-166.
- Moguel, P., & Toledo, V. M. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13(1), 11-21.
- Montes, E. V. (2005). *Flora de Guerrero* 24(62), 5-20. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Montes-Pulido, C. R., Parrado-Rosselli, Á., & Álvarez-Dávila, E. (2017). Tipos funcionales de plantas como estimadores de carbono en bosque seco del Caribe colombiano. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(1), 241-249.
- Morin, P. J. (2011). *Community ecology*. Wiley.
- Muñiz-Castro, M. A., Williams-Linera, G., & Benayas, J. M. R. (2006). Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 22(4), 431-440.
- Odum, E. P., Ortega, A., & Teresatr, M. (2006). *Fundamentos de ecología* (No. 574.5 O35).
- Olivares, J. E. P. (1996). Modelo de análisis de correspondencias múltiples. *Revista de ciencias sociales*, 2(2), 183-196.
- Praptosuwiryo, T. N. (2008). *Biosystematic study of the fern genus Diplazium in West Malesia*. Unpublished dissertation. Bogor Agriculture University, Bogor. Available online: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/40879> (accessed 24 January 2018).
- Palacio, S. (2006). Fenomorfología y estrategias funcionales de los principales tipos de caméfitos leñosos mediterráneos del Prepirineo. *Pirineos*, 161, 159-170.
- Pastrana, A. M. E. (1989). Los Helechos: elementos esenciales en la conservación de nuestra flora. *Aldaba: revista del Centro Asociado a la UNED de Melilla*, (13), 79-118.
- Pereyra Díaz, D., Pérez Sesma, J. A. A., & Salas Ortega, M. D. R. (2010). *Hidrología*.
- Pérez, G. B. & Jaramillo, R. I. (1993). helechos: propagación y conservación. *ciencias*, 30.

- Pérez-Paredes, M. G., Sánchez-González, A., & Tejero-Díez, J. D. (2012). Listado de licopodios y helechos del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México. *Polibotánica*, (33), 57-73.
- Pickett, S. T., & White, P. S. (Eds.). (2013). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Elsevier.
- Proctor, M. C. F. & Tuba, Z. (2002) Poikilohydry and homohydry: anthithesis or spectrum of possibilities?. *New Phytologist* 156: 327-349.
- Ramírez-Barahona, S., Luna-Vega, I., & Tejero-Díez, D. (2011). Species richness, endemism, and conservation of American tree ferns (Cyatheales). *Biodiversity and Conservation*, 20(1), 59-72.
- Ramírez, B., & Goyes, A. (2004). *Botánica. Generalidades, morfología y anatomía de las plantas superiores*.
- Ramírez-Marcial, N., Camacho-Cruz, A., & González-Espinosa, M. (2008). Clasificación de grupos funcionales vegetales para la restauración del bosque mesófilo de montaña. *Ecología, Manejo y conservación de los ecosistemas de montaña en México*, 51-72.
- Rapport, D. J., & Whitford, W. G. (1999). How ecosystems respond to stress: common properties of arid and aquatic systems. *BioScience*, 49(3), 193-203.
- R Development Core Team (2019). *The R Project for Statistical Computing*. Consultado del 02 de agosto de 2019. Recuperados de: <https://www.r-project.org/>
- Rodríguez-Acosta, M., J. L. Villaseñor, A. J. Coombes & A. B. Cerón-Carpio. (2014). *Flora del estado de Puebla, México*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México. 176.
- Rodríguez, R. M., Zavala, H. J. A., & Pacheco, L. (2011). Presencia, abundancia y estrategias reproductivas de helechos en áreas alteradas de la Sierra Nevada, México. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 417-433.
- Rodríguez-Guzmán, A., (2018) *Riqueza, estructura y carbono aéreo de la flora leñosa de un bosque tropical caducifolio en la Huacana, Michoacán*, Tesis de licenciatura, UNAM, México.
- Rouhan, G., Dubuisson, J. Y., Rakotondrainibe, F., Motley, T. J., Mickel, J. T., Labat, J. N., & Moran, R. C. (2004). Molecular phylogeny of the fern genus *Elaphoglossum* (Elaphoglossaceae) based on chloroplast non-coding DNA sequences: contributions of species from the Indian Ocean area. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 33(3), 745-763.
- Ruiz, J. (2015). *Grupos funcionales de plantas con potencial para la restauración ecológica de manantiales de agua en la microcuenca de la Laguna de Pedro Palo y sus alrededores, Cundinamarca–Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/53423/1/julianaruizmolina>.
- Rzedowski J. (1996). Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* (35) ,25-44.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504.
- Salmerón López, A., González Rodríguez, A., & Geada López, G. (2016). Tipos funcionales de plantas según su respuesta a las perturbaciones en un bosque semideciduo micrófilo costero de Cuba Oriental. *Bosque (Valdivia)*, 37(1), 135-145.

- Santiago-Pérez, A. L., Jardel-Peláez, E. J., Cuevas-Guzmán, R., & Huerta-Martínez, F. M. (2009). Vegetación de bordes en un bosque mesófilo de montaña del occidente de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (85), 31-49.
- Sarukhán, J. (2006). *Capital natural y bienestar social*. México DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. (2003). *Introducción a los Servicios Ambientales. Cruzada por los Bosques y el Agua*.
- SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. (2014). *Biodiversidad, de SEMARNAT*. Consultado el 03 de Mayo de 2020. Sitio web: [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap4\\_biodiversidad.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap4_biodiversidad.pdf)
- SEMARNAT (2018). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2018, 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*.
- SGM [Servicio Geológico Mexicano]. (2020). *Carta geológico-minera estados de Puebla y Tlaxcala*. México. Escala 1:50,000.
- Smith, A. R., & Tejero-Díez, J. D. (2014). *Pleopeltis* (Polypodiaceae), una redefinición genérica y novedades nomenclaturales. *Botanical Sciences*, 92(1), 43-58.
- SMN & CONAGUA (Servicio Meteorológico Nacional & Comisión Nacional del Agua). (2020). *Normas climatológicas por estación. Estación Huahuaxtla, 21043*. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales8110/NORMAL21043.TXT>, Consultado en Julio del 2020.
- Silva, V. L., Mehlreter, K., & Schmitt, J. L. (2018). Ferns as potential ecological indicators of edge effects in two types of Mexican forests. *Ecological indicators*, 93, 669-676.
- Sousa, W. P. (1984). The role of disturbance in natural communities. *Annual review of ecology and systematics*, 15(1), 353-391.
- Stadtmüller, T., & Agudelo, N. (1990). Amount and variability of cloud moisture input in a tropical cloud forest. *International Association of Hydrological Sciences Publication*, 193, 25-32.
- Tanaka, T., & Sato, T. (2015). Taxonomic, phylogenetic and functional diversities of ferns and lycophytes along an elevational gradient depend on taxonomic scales. *Plant ecology*, 216(12), 1597-1609.
- Tarca, A. L., Carey, V. J., Chen, X. W., Romero, R., & Drăghici, S. (2007). Machine learning and its applications to biology. *PLoS Comput Biol*, 3(6), 116.
- Tejero-Díez, J. D. (2005). *Revisión taxonómica del complejo Polypodium plesiosorum Kunze (Polypodiaceae, Polypodiophyta) (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa)*.
- Tejero-Díez, J. D. (2009). *Los helechos epífitos: adaptaciones en Polypodiaceae*. *Red de información de Plantas Epífitas*, 1, 1-14.
- Tejero-Díez, J. D., Torres-Díaz, A. N., & Gual-Díaz, M. (2014). *Licopodios y helechos en el bosque mesófilo de montaña de México*. Gual-Díaz, M. y A. Rendón-Correa (comps.). *Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF, México, 197-220.
- Tellería, J. L. (2013). Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 10, 13-25.

- Torres-Díaz, A. N., González-Guillén, M. d. D., De Los Santos-Posadas, H. M., & Hernández de la Rosa, P. (2020). ¿Dónde conservar? Propuesta de un índice y su interpolación aplicado a un bosque mesófilo de montaña y vegetación asociada. *Artículo en preparación*.
- Torres Sánchez, S. A., Augustsson, C., Barboza Gudiño, J. R., Abratis, M., & Ramírez Fernández, J. A. (2015). Basamento paleozoico de la Sierra Madre Oriental: condiciones metamórficas de PT en la presencia de fengita y clorita. *Ciencia UANL*, 18(75), 47-53.
- Trejo, I., Martínez-Meyer, E., Calixto-Pérez, E., Sánchez-Colón, S., Vázquez De La Torre, R., & Villers-Ruiz, L. (2011). Analysis of the effects of climate change on plant communities and mammals in México. *Atmósfera*, 24(1), 1-14.
- Turner, M. G., & Dale, V. H. (1998). Comparing large, infrequent disturbances: what have we learned? *Ecosystems*, 493-496.
- UICN. (2020) The UICN red list of threatened species. Consultado el 19 de mayo de 2020. Recuperado de: <https://www.iucnredlist.org/>.
- Ulate, G. V. (2001). Las lluvias en América Central: una climatología geográfica. *Anuario de Estudios Centroamericanos*, 7-19.
- Vázquez T. M., Campos J. J., & Cruz P. A. (2006). Los helechos y plantas afines del bosque mesófilo de montaña de Banderilla, Veracruz, México. *Polibotánica*, (22), 63-77.
- Velázquez, A., Bocco, G., Romero, F. J., & Vega, A. P. (2003). A landscape perspective on biodiversity conservation. *Mountain Research and Development*, 23(3), 240-246.
- Villaseñor, J. L. (2010). El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares. Catálogo florístico-taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-UNAM. México, DF.
- Walker, L. R., & Sharpe, J. M. (2010). Ferns, disturbance and succession. *Fern ecology*, 177-219.
- Williams-Linera, G. (2015). El bosque mesófilo de montaña, veinte años de investigación ecológica ¿qué hemos hecho y hacia dónde vamos? *Madera y bosques*, 21(SPE), 51-61.
- Williams-Linera, G., López-Barrera, F., & Bonilla-Moheno, M. (2015). Estableciendo la línea de base para la restauración del bosque de niebla en un paisaje periurbano. *Madera y bosques*, 21(2), 89-101.
- WRB [World Reference Base for Soil Resources]. (2007). Base referencial mundial del recurso suelo. Primera actualización 2007. *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos FAO*, (103).

**Anexo 1. Listado pteridoflorístico de la localidad de San Juan Tahitic.**

**T. T) Tipo de tallo:** RC) Rizomatoso corto, RL) Rizomatoso largo, Cor) Cormoso, Ar) Arbóreo.

**F.C) Forma de crecimiento:** Her) Herbáceo, C) Arbustivo, A) Arborescente. **S) Sustrato:** Ter) Terrícola, Cor) Corticícola, Rup) Rupícola.

**P. Y) Posición de la yema:** ER) En rizoma, RyH) En rizoma y hoja. **E) Esporas:** Acl) Aclorofílicas, Clor) Clorofílicas.

**T.S) Tolerancia a la sombra:** Tol) Tolerante, Tmed) Tolerancia media, Int) Intolerante.

**T.H) Tamaño de la hoja:** Chi) Chica, Med) Media, Gr) Grandes.

**I.R) Indumento en rizoma, I.H) Indumento en hoja:** Esc) Escamas, Tri) Tricomas, Aus) Ausente.

**F) Fenología:** Xer) Xeromórfico, Mes) Mesomórfico, Poi) Poiquilo-hídrico.

**Unidad ambiental:** AGR+PAS) Agricultura y pastizal, VSA) Vegetación secundaria arbórea, CAF) Cafetal, BMM) Bosque Mesófilo de Montana.

**GF) Grupo funcional.**

Familia/Especie	Caracteres											Unidad ambiental				GF	
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F	AGR+PAS	VSA	CAF	BMM			
<b>LYCOPODIOPHYTA</b>																	
<b>Lycopodiaceae</b>																	
<i>Phlegmariurus taxifolius</i> (Sw.) Á. & D. Löve	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer					X		C
<i>Lycopodiaceae</i> sp.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Xer		X					A
<b>Selaginellaceae</b>																	
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Mes	X						B
<i>Selaginella martensii</i> Spring	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes					X		B
<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Poi	X						B
<i>Selaginella porphyrospora</i> A. Braun	RL	Her	Ter	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Aus	Mes	X		X				B
<i>Selaginella silvestris</i> Aspl.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes	X	X	X	X	X		B
<i>Selaginella</i> sp.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Aus	Mes		X			X		B
<i>Selaginella stellata</i> Spring	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes		X			X		B
<i>Selaginella hoffmannii</i> Hieron.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Mes					X		B
<b>POLYPODIOPHYTA</b>																	
<b>Aspleniaceae</b>																	
<i>Asplenium auriculatum</i> Sw.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes			X				C

Familia/Especie	Caracteres											Unidad ambiental				GF
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F	AGR+PAS	VSA	CAF	BMM		
<i>Asplenium monodon</i> Liebm.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes			X	X	C	
<b>Athyriaceae</b>																
<i>Diplazium franconis</i> Liebm.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer			X	X	A	
<i>Diplazium</i> sp.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer			X		A	
<b>Blechnaceae</b>																
<i>Blechnum appendiculatum</i> Willd.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes	X	X	X	X	B	
<i>Blechnum polypodioides</i> Raddi	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes		X			B	
<i>Blechnum schiedeianum</i> (C. Presl) Hieron.	RL	C	Ter	ER	Clor	Tol	Med	Esc	Aus	Mes				X	B	
<i>Telmatoblechnum serrulatum</i> (Rich.) Perrie, D. J. Ohlsen & Brownsey	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes		X			B	
<i>Woodwardia martinezii</i> Maxon ex Weath.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Xer				X	A	
<b>Cyatheaceae</b>																
<i>Alsophila firma</i> (Baker) D.S. Conant	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes		X		X	B	
<i>Cyathea bicrenata</i> Liebm.	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes		X	X	X	B	
<i>Cyathea divergens</i> var. <i>tuerckheimii</i> (Maxon) R.M. Tryon	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes		X	X	X	B	
<i>Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes		X			B	
<b>Cystopteridaceae</b>																
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes		X			B	
<b>Dennstaedtiaceae</b>																
<i>Hypolepis nigrescens</i> Hook.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Esc	Mes		X			A	
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>feei</i> (W. Schaffn. ex Fée) Maxon	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Esc	Tric	Xer	X	X		X	A	
<i>Pteridium caudatum</i> (L.) Maxon	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Esc	Tric	Xer		X			A	
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Esc	Tric	Xer				X	A	
<b>Dicksoniaceae</b>																
<i>Lophosoria quadripinnata</i> (J.F. Gmel.) C. Chr.	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Esc	Tric	Xer		X		X	A	

Familia/Especie	Caracteres										Unidad ambiental				GF
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F	AGR+PAS	VSA	CAF	BMM	
<b>Dryopteridaceae</b>															
<i>Arachniodes denticulata</i> (Sw.) Ching	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes				X	B
<i>Ctenitis equestris</i> (Kunze) Ching	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes				X	B
<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Mes			X	X	C
<i>Dryopteris patula</i> (Sw.) Underw.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes		X			B
<i>Elaphoglossum muelleri</i> (E. Fourn.) C. Chr.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Xer		X		X	C
<i>Elaphoglossum erinaceum</i> (Fée) T. Moore	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Xer				X	C
<i>Elaphoglossum guatemalense</i> (Klotzsch) T. Moore	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes		X		X	C
<i>Elaphoglossum paleaceum</i> (Hook. & Grev.) Sledge	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Poi				X	C
<i>Elaphoglossum peltatum</i> (Sw.) Urb.	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Xer		X			C
<i>Elaphoglossum sartorii</i> (Liebm.) Mickel	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer				X	C
<i>Elaphoglossum vestitum</i> (Schltdl. & Cham.) T. Moore	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Poi				X	C
<i>Phanerophlebia nobilis</i> (Schltdl. & Cham.) C. Presl	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer		X			A
<i>Polystichum hartwegii</i> (Klotzsch) Hieron.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer		X			A
<b>Equisetaceae</b>															
<i>Equisetum</i> sp.	RL	Her	Ter	ER	Clor	Tmed	Chi	Esc	Aus	Mes				X	B
<b>Gleicheniaceae</b>															
<i>Gleichenella pectinata</i> (Willd.) Ching	RL	Her	Ter	RyH	Acl	Tmed	Gr	Esc	Aus	Xer		X		X	A
<i>Gleicheniaceae</i> sp.	RL	Her	Ter	RyH	Acl	Tmed	Gr	Esc	Aus	Xer				X	A
<b>Hymenophyllaceae</b>															
<i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes				X	C
<i>Trichomanes capillaceum</i> L.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes				X	C
<i>Trichomanes reptans</i> Sw.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes				X	C
<b>Marattiaceae</b>															
<i>Marattia weinmanniifolia</i> Liebm.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Aus	Aus	Mes				X	B

Familia/Especie	Caracteres										Unidad ambiental				GF
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F	AGR+PAS	VSA	CAF	BMM	
<b>Nephrolepidaceae</b>															
<i>Nephrolepis pectinata</i> (Willd.) Schott	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes				X	B
<b>Ophioglossaceae</b>															
<i>Botrypus virginianus</i> (L.) Michx.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Aus	Mes		X			B
<i>Sceptridium decompositum</i> (M. Martens & Galeotti) Lyon	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Aus	Mes		X			B
<b>Polypodiaceae</b>															
<i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes		X	X	X	C
<i>Campyloneurum tenuipes</i> Maxon	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes		X	X	X	B
<i>Campyloneurum xalapense</i> Fée	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes			X		C
<i>Cochlidium linearifolium</i> (Desv.) Maxon ex C. Chr.	RC	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Med	Esc	Aus	Mes				X	C
<i>Cochlidium serrulatum</i> (Sw.) L.E. Bishop	RC	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes		X		X	C
<i>Melpomene leptostoma</i> (Fée) A.R. Sm. & R.C. Moran	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Tric	Xer		X		X	C
<i>Microgramma lycopodioides</i> (L.) Copel.	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer		X			C
<i>Niphidium crassifolium</i> (L.) Lellinger	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer		X	X	X	C
<i>Pecluma alfredii</i> (Rosenst.) M.G. Price	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Poi				X	C
<i>Pecluma consimilis</i> (Mett.) M.G. Price	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Poi		X			C
<i>Pecluma sursumcurrens</i> (Copel.) M.G. Price	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Poi		X	X	X	C
<i>Phlebodium pseudoaureum</i> (Cav.) Lellinger	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes		X	X	X	B
<i>Pleopeltis crassinervata</i> (Fée) T. Moore	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Mes		X	X	X	C
<i>Pleopeltis fallax</i> (Schltdl. & Cham.) Mickel & Beitel	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Mes		X	X	X	C
<i>Pleopeltis furfuracea</i> (Schltdl. & Cham.) A. R. Sm. & Tejero	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Poi			X		C
<i>Pleopeltis guttata</i> (Maxon) E. G. Andrews & Windham	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Mes		X	X	X	C
<i>Pleopeltis lepidotricha</i> (Fée) A. R. Sm. & Tejero	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Poi		X		X	C
<i>Pleopeltis plebeia</i> (Schltdl. & Cham.) A. R. Sm. & Tejero	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Tric	Mes		X	X	X	C
<i>Pleopeltis polypodioides</i> (L.) E. G. Andrews & Windham	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Poi				X	C

Familia/Especie	Caracteres											Unidad ambiental				GF
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F	AGR+PAS	VSA	CAF	BMM		
<i>Pleopeltis villagrana</i> (Copel.) A. R. Sm. & Tejero	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Poi			X		C	
<i>Polypodium eatonii</i> Baker	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes			X		C	
<i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Mes		X		X	C	
<i>Polypodium subpetiolatum</i> Hook.	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Mes		X		X	C	
<i>Polypodium echinolepis</i> Fée	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Poi		X	X	X	C	
<i>Polypodium fraternum</i> Schltdl. & Cham.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes		X		X	C	
<i>Polypodium puberulum</i> Schltdl. & Cham.	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Poi		X		X	C	
<b>Psilotaceae</b>																
<i>Psilotum complanatum</i> Sw.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes				X	C	
<b>Pteridaceae</b>																
<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes		X		X	B	
<i>Mildella intramarginalis</i> (Kaulf. ex Link) Trevis	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Mes				X	B	
<i>Pityrogramma ebenea</i> (L.) Proctor	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Xer		X			A	
<i>Pteris orizabae</i> M. Martens & Galeotti	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Esc	Aus	Xer				X	C	
<i>Pteris quadriaurita</i> Retz.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Esc	Tric	Xer		X	X	X	C	
<i>Vittaria bradeorum</i> Rosenst.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer				X	C	
<i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer			X		C	
<b>Thelypteridaceae</b>																
<i>Amauropelta mucosa</i> (A. R. Sm.) Á. & D. Löve	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer		X		X	A	
<i>Amauropelta oligocarpa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Pic. Serm.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Tric	Xer		X	X	X	A	
<i>Amauropelta pilosohispida</i> (Hook.) A.R. Sm.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Aus	Mes				X	B	
<i>Amauropelta pilosula</i> (Klotzsch & H. Karst. ex Mett.) Á. & D. Löve	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Tric	Mes	X				A	
<i>Christella puberula</i> (Baker) Á. & D. Löve	RL	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Mes	X		X		A	
<i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaudich.) Ching	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Med	Tric	Tric	Xer		X		X	A	
<i>Thelypteris</i> sp.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer			X		A	

Familia/Especie	Caracteres										Unidad ambiental				GF
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F	AGR+PAS	VSA	CAF	BMM	
<b>Woodsiaceae</b>															
<i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.	RC	Her	Ter	ER	AcI	Tmed	Med	Esc	Tric	Mes		X			A

**Anexo 2. Listado pteridoflorístico de la Sierra Norte de Puebla**

**T. T) Tipo de tallo: RC)** Rizomatoso corto, **RL)** Rizomatoso largo, **Cor)** Cormoso, **Ar)** Arbóreo.

**F.C) Forma de crecimiento: Her)** Herbáceo, **C)** Arbustivo, **A)** Arborescente.

**S) Sustrato: Ter)** Terrícola, **Cor)** Corticícola, **Rup)** Rupícola.

**P. Y) Posición de la yema: ER)** En rizoma, **RyH)** En rizoma y hoja.

**E) Esporas: Acl)** Aclorofílicas, **Clor)** Clorofílicas.

**T.S) Tolerancia a la sombra: Tol)** Tolerante, **Tmed)** Tolerancia media, **Int)** Intolerante.

**T.H) Tamaño de la hoja: Chi)** Chica, **Med)** Media, **Gr)** Grandes.

**I.R) Indumento en rizoma, I.H) Indumento en hoja: Esc)** Escamas, **Tri)** Tricomas, **Aus)** Ausente.

**F) Fenología: Xer)** Xeromórfico, **Mes)** Mesomórfico, **Poi)** Poiquilo-hídrico.

**T.V) Tipo de vegetación: 1)** BMM a templados, **2)** BMM a tropical, **3)** BMM y húmedos, **4)** Generalista.

**D) Distribución: Am)** América, **EM)** Endémica de México, **Cos)** Cosmopólita.

**GF) Grupo funcional, C.V) Calificación de vulnerabilidad, N.V) Nivel de vulnerabilidad.**

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV	
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F							
<b>LYCOPODIOPHYTA</b>																	
<b>Lycopodiaceae</b>																	
<i>Huperzia reflexa</i> (Lam.) Trevis	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7		Alta	
<i>Huperzia linifolia</i> (L.) Trevis.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	2	Am	C	7		Alta	
<i>Huperzia pringlei</i> (Underw. & F.E. Lloyd) Holub	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7		Alta	
<i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Aus	Mes	4	Cos	B	2		Muy baja	
<i>Lycopodiella alopecuroides</i> (L.) Cranfil	RL	Her	Pal	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes	3	Am	C	9		Muy alta	
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Aus	Mes	4	Cos	B	2		Muy baja	
<i>Phlegmariurus taxifolius</i> (Sw.) Á. & D. Löve	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7		Alta	
<b>Selaginellaceae</b>																	
<i>Selaginella flexuosa</i> Spring	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	Am	B	9		Muy alta	
<i>Selaginella hoffmannii</i> Hieron.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Xer	4	Am	B	5		Media	
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	4	Am	B	5		Media	

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Selaginella martensii</i> Spring	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	Am	B	9	Muy alta	
<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Xer	4	Am	B	1	Muy baja	
<i>Selaginella porphyrospora</i> A. Braun	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Am	B	3	Baja	
<i>Selaginella schiedeana</i> A. Braun	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	EM	B	10	Muy alta	
<i>Selaginella silvestris</i> Aspl.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	Am	B	9	Muy alta	
<i>Selaginella stellata</i> Spring	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	Am	B	9	Muy alta	
<b>POLYPODIOPHYTA</b>																
<b>Anemiaceae</b>																
<i>Anemia adiantifolia</i> (L.) Sw.	Cor	C	Rup	ER	Acl	Tmed	Med	Tric	Aus	Xer	1	Cos	A	2	Muy baja	
<i>Anemia mexicana</i> Klotzsch	Cor	C	Rup	ER	Acl	Tmed	Med	Tric	Aus	Xer	1	Cos	A	2	Muy baja	
<i>Anemia phyllitidis</i> (L.) Sw.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Tric	Aus	Mes	3	Cos	A	4	Baja	
<b>Aspleniaceae</b>																
<i>Asplenium auriculatum</i> Sw.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	1	Cos	C	6	Media	
<i>Asplenium castaneum</i> Schldl. & Cham.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Mes	1	Am	B	5	Media	
<i>Asplenium cuspidatum</i> Lam.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Mes	1	Am	C	7	Alta	
<i>Asplenium formosum</i> Willd.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Asplenium harpeodes</i> Kunze	Cor	C	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Asplenium hoffmannii</i> Hieron.	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Asplenium monanthes</i> L.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes	1	Cos	C	6	Media	
<i>Asplenium monodon</i> Liebm.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Asplenium praemorsum</i> Sw.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Xer	1	Am	C	7	Alta	
<i>Asplenium serra</i> Langsd. & Fisch.	Cor	C	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Asplenium sessilifolium</i> Desv.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Asplenium sphaerosporum</i> A.R. Sm.	Cor	C	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	1	Am	C	7	Alta	
<i>Schaffneria nigripes</i> Fée	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Tric	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<b>Athyriaceae</b>																
<i>Diplazium diplazioides</i> (Klotzsch & H. Karst. ex Klotzsch) Alston	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Diplazium donnell-smithii</i> Christ	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Diplazium franconis</i> Liebm.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Diplazium lindbergii</i> (Mett.) Christ	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Esc	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Diplazium plantaginifolium</i> (L.) Urb.	RC	Her	Ter	RyH	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Diplazium striatastrum</i> Lellinger	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Diplazium striatum</i> (L.) C. Presl.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Diplazium ternatum</i> Liebm.	Cor	C	Ter	RyH	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Stigmatopteris longicaudata</i> (Liebm.) C. Chr.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Mes	3	Am	A	5	Media	
<b>Blechnaceae</b>																
<i>Blechnum appendiculatum</i> Willd.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes	4	Am	B	3	Baja	
<i>Blechnum polypodioides</i> Raddi, Opusc.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes	4	Am	B	3	Baja	
<i>Blechnum schiedeianum</i> (Schltdl. ex C.Presl) Gasper & Salino	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes	4	Am	B	3	Baja	
<i>Telmatoblechnum serrulatum</i> (Rich.) Perrie, D. J. Ohlsen & Brownsey	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	2	Cos	B	4	Baja	
<b>Cyatheaceae</b>																
<i>Alsophila firma</i> (Baker) D. S. Conant	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Cyathea bicrenata</i> Liebm.	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Cyathea costaricensis</i> (Mett. ex Kuhn) Domin	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes	2	Am	B	5	Media	
<i>Cyathea divergens</i> Kunze	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Cyathea fulva</i> (M. Martens & Galeotti) Fée	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Cyathea myosuroides</i> (Liebm.) Domin	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Cyathea schiedeana</i> (C. Presl) Domin	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Sphaeropteris horrida</i> (Liebm.) R.M. Tryon	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Tric	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<b>Cystopteridaceae</b>																
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Tric	Mes	2	Cos	B	6	Media	
<b>Dennstaedtiaceae</b>																
<i>Hypolepis blepharochlaena</i> Mickel & Beitel	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Tric	Esc	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Hypolepis nigrescens</i> Hook.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Tric	Esc	Mes	3	Am	A	5	Media	
<i>Pteridium aquilinum</i> (W. Schaffn. ex Fée) Maxon	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Esc	Tric	Xer	4	Am	A	1	Muy baja	
<i>Pteridium caudatum</i> (L.) Maxon	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Esc	Tric	Xer	4	Am	A	1	Muy baja	
<b>Dicksoniaceae</b>																
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Tric	Tric	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Lophosoria quadripinnata</i> (J.F. Gmel.) C. Chr.	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Tric	Tric	Xer	3	Am	A	5	Media	
<b>Dryopteridaceae</b>																
<i>Arachniodes denticulata</i> (Sw.) Ching	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Bolbitis bernoullii</i> (Kuhn ex Christ) Ching	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Mes	2	Am	C	7	Alta	
<i>Bolbitis hastata</i> (E. Fourn.) Hennipman	Cor	C	Ter	RyH	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Ctenitis bullata</i> A. R. Sm.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Mes	3	EM	C	10	Muy alta	
<i>Ctenitis hemsleyana</i> (Baker ex Hemsl.) Copel.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Mes	3	Am	A	5	Media	
<i>Ctenitis interjecta</i> (C. Chr.) Ching	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Mes	3	Am	A	5	Media	

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Dryopteris futura</i> A. R. Sm.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Dryopteris patula</i> (Sw.) Underw.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	4	Am	B	3	Baja	
<i>Dryopteris wallichiana</i> (Spreng.) Hyl.	Ar	A	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Xer	1	Cos	B	4	Baja	
<i>Elaphoglossum ellipticifolium</i> A. Rojas	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Elaphoglossum guatemalense</i> (Klotzsch) T. Moore	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Elaphoglossum muelleri</i> (E. Fourn.) C. Chr	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Xer	1	Am	C	7	Alta	
<i>Elaphoglossum peltatum</i> (Sw.) Urb.	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Poi	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urb.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Tric	Xer	4	Am	C	5	Media	
<i>Elaphoglossum pringlei</i> (Davenp.) C. Chr.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Tric	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Elaphoglossum sartorii</i> (Liebm.) Mickel	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	1	EM	C	8	Alta	
<i>Elaphoglossum vestitum</i> (Schltdl. & Cham.) Schott ex T. Moore	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Xer	3	EM	C	10	Muy alta	
<i>Elaphoglossum yourkeorum</i> Mickel	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Poi	1	EM	B	6	Media	
<i>Elaphoglossum paleaceum</i> (Hook. & Grev.) Sledge	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Xer	4	Am	C	5	Media	
<i>Olfersia cervina</i> (L.) Kunze	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Phanerophlebia gastonyi</i> Yatsk.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	1	Am	B	5	Media	
<i>Phanerophlebia remotispora</i> E. Fourn.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer	3	Am	B	7	Alta	
<i>Polystichum distans</i> E. Fourn.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Polystichum hartwegii</i> (Klotzsch) Hieron.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	3	Am	A	5	Media	
<i>Tectaria heracleifolia</i> (Willd.) Underw.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Mes	4	Am	B	3	Baja	
<i>Polystichum fournieri</i> A.R. Sm.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<b>Equisetaceae</b>																

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Equisetum hyemale</i> L. subsp. affine (Engelm.) Calder & Roy L. Taylor	RC	Her	Ter	ER	Clor	Tmed	Chi	Esc	Aus	Mes	1	Cos	B	4	Baja	
<i>Equisetum hyemale</i> var. <i>elatum</i> (Engelm.) C.V. Morton	RC	Her	Ter	ER	Clor	Tmed	Chi	Esc	Aus	Mes	1	Cos	B	4	Baja	
<i>Equisetum myriochaetum</i> Schltld. & Cham.	RC	Her	Ter	ER	Clor	Tmed	Chi	Esc	Aus	Mes	4	Am	B	3	Baja	
<i>Equisetum</i> × <i>haukeanum</i> Mickel & A.R. Sm.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Mes	1	Cos	B	4	Baja	
<b>Gleicheniaceae</b>																
<i>Diplazium bancroftii</i> (Hook.) A.R. Sm.	RL	Her	Ter	RyH	Acl	Int	Gr	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Gleichenia pectinata</i> (Willd.) Ching	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Tric	Aus	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Sticherus palmatus</i> (W. Schaffn. ex E. Fourn.) Copel.	RL	Her	Ter	RyH	Acl	Int	Med	Esc	Tric	Mes	1	Am	A	3	Baja	
<i>Sticherus bifidus</i> (Willd.) Ching	RL	Her	Ter	RyH	Acl	Int	Med	Esc	Tric	Mes	4	Am	A	1	Muy baja	
<b>Hymenophyllaceae</b>																
<i>Hymenophyllum fendlerianum</i> J.W. Sturm	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Hymenophyllum myriocarpum</i> Hook.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Hymenophyllum polyanthos</i> (Sw.) Sw.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	3	Cos	C	8	Alta	
<i>Hymenophyllum pulchellum</i> Schltld. & Cham.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Esc	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Hymenophyllum trapezoidale</i> Liebm.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Esc	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Trichomanes angustatum</i> Carmich.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Trichomanes capillaceum</i> L.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	1	Am	C	7	Alta	
<i>Trichomanes galeotti</i> E. Fourn.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Trichomanes polypodioides</i> L.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Trichomanes rigidum</i> Sw.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Trichomanes radicans</i> Sw.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	3	Cos	C	8	Alta	
<i>Trichomanes reptans</i> Sw.	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Tric	Tric	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<b>Lygodiaceae</b>																
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Chi	Tric	Tric	Xer	2	Am	A	3	Baja	
<b>Marattiaceae</b>																
<i>Danaea cuspidata</i> Liebm.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Marattia weinmanniifolia</i> Liebm.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Mes	1	Am	B	5	Media	
<b>Nephrolepidaceae</b>																
<i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C. Presl.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Mes	3	Cos	B	6	Media	
<i>Nephrolepis hirsutula</i> (G. Forst.) C. Presl	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Esc	Mes	2	Cos	A	2	Muy baja	
<i>Nephrolepis pectinata</i> (Willd.) Schott	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Mes	1	Am	B	5	Media	
<b>Ophioglossaceae</b>																
<i>Botrypus virginianus</i> (L.) Michx.	RC	Her	Ter	RyH	Acl	Int	Med	Esc	Aus	Xer	4	Cos	B	0	Muy baja	
<i>Ophioglossum crotalophoroides</i> Walter	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Ophioglossum nudicaule</i> L. f.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Cos	A	2	Muy baja	
<i>Sceptridium decompositum</i> (M. Martens & Galeotti) Lyon	RC	Her	Ter	RyH	Acl	Int	Med	Esc	Aus	Xer	4	Am	B	1	Muy baja	
<b>Osmundaceae</b>																
<i>Osmunda regalis</i> L. var. <i>spectabilis</i> (Willd.) A. Gray	Cor	C	Pal	ER	Clor	Int	Gr	Tric	Aus	Xer	1	Cos	A	2	Muy baja	
<b>Polypodiaceae</b>																
<i>Campyloneurum amphostenon</i> (Kunze ex Klotzsch) Fée	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7	Alta	

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Campyloneurum angustifolium</i> (Sw.) Fée	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7	Alta	
<i>Campyloneurum serpentinum</i> (Christ)	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7	Alta	
<i>Campyloneurum tenuipes</i> Maxon	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer	1	Am	B	7	Alta	
<i>Campyloneurum xalapense</i> Fée	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7	Alta	
<i>Cochlidium linearifolium</i> (Desv.) Maxon ex C. Chr.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Cochlidium serrulatum</i> (Sw.) L. E. Bishop	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	2	Cos	C	6	Media	
<i>Lellingeria prionodes</i> (Mickel & Beitel) A.R. Sm. & R.C. Moran	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Tric	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Melpomene leptostoma</i> (Fée) A.R. Sm. & R.C. Moran	RL	Her	Cor	ER	Clor	Tol	Chi	Esc	Tric	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Microgramma lycopodioides</i> (L.) Copel	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7	Alta	
<i>Niphidium crassifolium</i> (L.) Lellinger	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Xer	4	Am	C	5	Media	
<i>Pecluma alfredii</i> (Rosenst.) M.G. Price	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	4	Am	C	5	Media	
<i>Pecluma bourgeauana</i> (E. Fourn.) L. A. Triana	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Poi	1	Am	C	5	Media	
<i>Pecluma ptilodon</i> var. <i>bourgaena</i> (E. Fourn) A.R. Sm.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Xer	4	Am	C	5	Media	
<i>Pecluma sursumcurrens</i> (Copel.) M.G. Price	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Phlebodium areolatum</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd)	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Mes	4	Am	B	5	Media	
<i>Pleopeltis crassinervata</i> (Fée) T. Moore	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Pleopeltis fallax</i> (Schltdl. & Cham.) Mickel & Beitel	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Tric	Mes	2	Am	C	7	Alta	
<i>Pleopeltis lepidotricha</i> (Fée) A. R. Sm. & Tejero	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Poi	1	EM	C	8	Alta	
<i>Pleopeltis plebeia</i> (Schltdl. & Cham.) A. R. Sm. & Tejero	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Tric	Mes	1	Am	C	7	Alta	
<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kunze) T. Moore	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Mes	1	EM	C	8	Alta	
<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kunze) T. Moore var. <i>interjecta</i> (Weath.) E.A. Hooper	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Mes	1	EM	C	8	Alta	
<i>Pleopeltis polypodioides</i> (L.) E. G. Andrews & Windham	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Poi	4	Am	C	5	Media	

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Pleopeltis villagranae</i> (Copel.) A. R. Sm. & Tejero	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Poi	1	EM	C	8	Alta	
<i>Polypodium arcanum</i> var. <i>Arcanum</i> Maxon	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes	1	EM	C	8	Alta	
<i>Polypodium conterminans</i> Liebm.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Tric	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Polypodium echinolepis</i> Fée	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Poi	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Polypodium longepinnulatum</i> E. Fourn.	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Poi	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Polypodium madreense</i> J. Sm	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Esc	Mes	1	EM	C	8	Alta	
<i>Polypodium martensii</i> Mett.	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Tric	Mes	1	EM	C	8	Alta	
<i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Mes	1	Am	C	7	Alta	
<i>Polypodium puberulum</i> Schtdl. & Cham.	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Poi	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Polypodium rhodopleuron</i> Kunze	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Polypodium thyssanolepis</i> A. Braun	RL	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Esc	Poi	1	Am	C	7	Alta	
<i>Polypodium triseriale</i> Sw., J. Bot	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Aus	Mes	2	Am	C	7	Alta	
<i>Polypodium falcaria</i> Kunze	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Esc	Mes	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Terpsichore mollissima</i> (Fée) A. R. Sm.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes	1	Am	C	7	Alta	
<b>Psilotaceae</b>																
<i>Psilotum complanatum</i> Sw.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes	3	Cos	C	8	Alta	
<i>Psilotum nudum</i> (L.) P. Beauv.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes	3	Cos	C	8	Alta	
<b>Pteridaceae</b>																
<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Xer	1	Am	B	5	Media	
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Xer	2	Cos	B	4	Baja	
<i>Adiantum concinnum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Xer	3	Am	B	7	Alta	
<i>Adiantum latifolium</i> Lam.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Mes	2	Am	B	5	Media	

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Adiantum oaxacanum</i> Mickel & Beitel	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Xer	3	EM	B	8	Alta	
<i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Xer	1	Cos	B	4	Baja	
<i>Adiantum tenerum</i> Sw.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Xer	2	Am	B	5	Media	
<i>Adiantum tricholepis</i> Fée	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Xer	2	Am	B	5	Media	
<i>Aleuritopteris farinosa</i> (Forssk.) Fée	RC	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer	1	Cos	A	2	Muy baja	
<i>Argyrochosma incana</i> (C. Presl) Windham	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7	Alta	
<i>Astrolepis crassifolia</i> (Houlston & T. Moore) D.M. Benham & Windham	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Xer	4	Am	C	5	Media	
<i>Astrolepis laevis</i> (M. Martens & Galeotti) Mickel	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Xer	4	Am	C	5	Media	
<i>Cheiloplecton rigidum</i> (Sw.) Fée	RC	Her	Rup	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Esc	Xer	4	Am	A	1	Muy baja	
<i>Gaga marginata</i> (Kunth) Fay W. Li & Windham	RC	Her	Rup	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Hemionitis palmata</i> L	RC	Her	Ter	RyH	Acl	Tmed	Chi	Esc	Esc	Xer	2	Am	A	3	Baja	
<i>Llavea cordifolia</i> Lag.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Mes	3	Am	B	7	Alta	
<i>Mildella fallax</i> (M. Martens & Galeotti) G.L. Nesom	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Tric	Mes	1	Am	B	7	Alta	
<i>Mildella intramarginalis</i> (Kaulf. ex Link) Trevis	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Tric	Mes	1	Am	B	7	Alta	
<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Xer	4	Am	A	1	Muy baja	
<i>Myriopteris lendigera</i> (Cav.) J. Sm.	RL	Her	Cor	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Myriopteris notholaenoides</i> (Desv.) Grusz & Windham	RC	Her	Rup	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Esc	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Notholaena candida</i> (M. Martens & Galeotti) Hook	RC	Her	Rup	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Tric	Xer	4	Am	C	5	Media	
<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Tric	Xer	4	Cos	A	0	Muy baja	
<i>Pityrogramma ebenea</i> (L.) Proctor	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Pityrogramma trifoliata</i> (L.) R.M. Tryon	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Esc	Tric	Xer	4	Am	A	1	Muy baja	
<i>Pteris altissima</i> Poir.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Gr	Esc	Aus	Xer	3	Am	A	5	Media	

Familia/especie	Caracteres											T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F						
<i>Pteris cretica</i> L. Mant. Pl	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Aus	Xer	1	Cos	A	2	Muy baja	
<i>Pteris grandifolia</i> L.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Gr	Esc	Aus	Xer	2	Am	A	3	Baja	
<i>Pteris muricella</i> Fée	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	3	Cos	A	4	Baja	
<i>Pteris orizabae</i> M. Martens & Galeotti	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Esc	Aus	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Pteris podophylla</i> Sw.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Esc	Tric	Xer	2	Am	A	3	Baja	
<i>Pteris pulchra</i> Schltld. & Cham.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Esc	Tric	Xer	4	Am	A	1	Muy baja	
<i>Pteris quadriaurita</i> Retz.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Gr	Esc	Tric	Xer	1	Cos	A	2	Muy baja	
<i>Scoliosorus ensiformis</i> (Hook.) T. Moore	RL	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Mes	4	Am	C	5	Media	
<i>Vittaria bradeorum</i> Rosenst.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Vittaria flavicosta</i> Mickel & Beitel	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	3	Am	C	9	Muy alta	
<i>Vittaria graminifolia</i> Kaulf.	RC	Her	Cor	ER	Acl	Tol	Chi	Esc	Aus	Xer	1	Am	C	7	Alta	
<b>Schizaeaceae</b>																
<i>Schizaea elegans</i> (Vahl) Sw.	RC	Her	Rup	ER	Acl	Tol	Chi	Tric	Aus	Mes	2	Am	C	7	Alta	
<b>Thelypteridaceae</b>																
<i>Amauropelta linkiana</i> (C. Presl) Pic. Serm.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Amauropelta mucosa</i> (A. R. Sm.) Á. & D. Löve	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Amauropelta oligocarpa</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Pic. Serm.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer	4	Am	A	1	Muy baja	
<i>Amauropelta pilosohispida</i> (Hook.) A. R. Sm.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tol	Med	Esc	Tric	Xer	1	Am	B	3	Baja	
<i>Amauropelta pilosula</i> (Klotzsch & H. Karst. ex Mett.) Á. & D. Löve	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Amauropelta rudis</i> (Kunze) Pic. Serm.	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja	
<i>Christella normalis</i> (C. Chr.) Holttum	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Esc	Xer	4	Am	A	1	Muy baja	

Familia/especie	Caracteres										T.V	D	GF	C.V	NV
	T.T	F.C	S	P.Y	E	T.S	T.H	I.R	I.H	F					
<i>Christella ovata</i> (R. P. St. John) Á. & D. Löve	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Esc	Xer	4	Am	A	1	Muy baja
<i>Christella quadrangularis</i> (Fée) Holttum	Cor	C	Ter	ER	Acl	Int	Chi	Esc	Tric	Xer	2	Cos	A	2	Muy baja
<i>Goniopteris paucipinnata</i> (Donn. Sm.) Salino & T. E. Almeida	Cor	C	Ter	RyH	Acl	Tmed	Chi	Esc	Aus	Xer	2	Am	A	3	Baja
<i>Goniopteris praetermissa</i> (Maxon) Salino & T. E. Almeida	Cor	C	Ter	ER	Acl	Tmed	Med	Esc	Tric	Xer	3	Am	A	5	Media
<i>Macrothelypteris torresiana</i> (Gaudich.) Ching	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Tric	Xer	1	Cos	A	2	Muy baja
<i>Stegnogramma pilosa</i> (M. Martens & Galeotti) K. Iwats.	RL	Her	Ter	ER	Acl	Tmed	Chi	Esc	Tric	Xer	1	Am	A	3	Baja
<b>Woodsiaceae</b>															
<i>Woodsia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.	RC	Her	Ter	ER	Acl	Int	Med	Esc	Tric	Mes	1	Am	A	5	Media