



**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES TROPICALES**

**DISTRIBUCIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE HELECHOS  
ARBORESCENTES (CYATHEACEAE) DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN ECOLOGÍA TROPICAL**

**PRESENTA**

**CELENA FRANCISCA RUIZ COYOHUA**

**Comité tutorial:**

Director: Dr. Thorsten Krömer

Co-Director: Dr. César I. Carvajal Hernández

Asesor: Dr. J. Daniel Tejero Díez

Xalapa, Veracruz, noviembre de 2020

## DERECHOS DE AUTOR

El trabajo de investigación contenido en esta tesis fue efectuado por Celena Francisca Ruiz Coyohua como estudiante de la Maestría en Ecología Tropical comprendida entre los meses de agosto 2018 a noviembre de 2020, bajo la dirección del Dr. Thorsten Krömer y del Dr. César I. Carvajal Hernández.

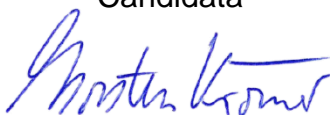
Los resultados presentados en esta tesis son originales, por lo que no se han utilizado con anterioridad para obtener grado académico alguno, ni serán utilizados para tales fines en el futuro.



---

M. en C. Celena F. Ruiz Coyohua

Candidata



---

Dr. Thorsten Krömer

Tutor-Director



---

Dr. César I. Carvajal Hernández

Co-Director

©2020

Celena Francisca Ruiz Coyohua

Derechos Reservados

## ACTA DE APROBACIÓN DE TESIS

El presente documento titulado “**Distribución y estado de conservación de helechos arborescentes (Cyatheaceae) del estado de Veracruz, México**” realizado por **Celena Francisca Ruiz Coyohua**, ha sido aprobado y aceptado como requisito parcial para obtener el grado de **Maestra en Ecología Tropical**.

Tutor-Director Dr. Thorsten Krömer

---

Co-Director Dr. César I. Carvajal Hernández

---

### SINODALES

Presidente Dr. Odilón Sánchez Sánchez

---

Secretario Dra. Maite Lascurain Rangel

---

Vocal Dr. Sergio Avendaño Reyes

---

## **Dedicatoria**

A Dios por haberme inspirado con su infinita creación, por las fuerzas que me dio para continuar en este proceso, por las pruebas y bendiciones para superarlas y sobre todo por prestarme la vida y permitirme alcanzar esta meta.

A mi madre, la persona que más admiro, por demostrarme que no necesita ser perfecta para ser la mejor madre que Dios me pudo dar, por contagiarme de su valentía, coraje y fortaleza para superar las cosas y por su estricta enseñanza durante toda mi vida porque sin ella no habría llegado hasta donde estoy.

A mi padre porque a pesar de no estar físicamente, me ha acompañado todo el tiempo, por su amor y motivación para lograr mis objetivos y sobre todo, por haber sido la inspiración de realizar este trabajo para sus queridos malquiques.

A mis hermanas Lucerito y Natali, así como mi cuñado José y mi sobrina Lizeth por acompañarme a lo largo de este proceso, por la enorme paciencia para conmigo y por su invaluable amor y cariño.

A mis tíos Hugo y Gloria por ser mis segundos padres, por las incontables cosas que han hecho por mí y para mí sin escatimar esfuerzos, por su sabiduría, carácter y sobre todo el amor con el que han hecho de mí la persona que soy actualmente.

A mi tío Vicente por creer en mí todo el tiempo, por llenarme de alegría durante su vida, por enseñarme a ser humilde y amigüera, por todos sus consejos, su amor y su carisma. Lo logramos Chentito, un beso hasta el cielo.

A mi abuelita Paula que está en el cielo por contagiarme de su sensibilidad y amor para ver a la naturaleza, por enseñarme a respetarla y valorarla.

A mi mejor amigo Agust, compañero de viaje en este tren llamado vida, por su incomparable amor, apoyo, cariño y paciencia, por enseñarme que la vida es corta y no hay tiempo para estar tristes.

A toda mi familia por sus aportaciones en mi vida no solo en lo personal y espiritual sino también en lo profesional.

## **Agradecimientos**

A Dios por enseñarme a usar la mente, a desarrollarla y no desperdiciarla, por guiarme en la instrucción y ayudarme a no descuidarla, pues es vida para mí. Por su inmenso amor y bondad, por ayudarme a crecer y mejorar como ser humano y enfrentar en todo momento esta lucha conmigo, porque todo lo puedo en el que me fortalece.

Al Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO) de la Universidad Veracruzana y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la oportunidad de estudiar un posgrado, por las herramientas brindadas y el apoyo en cada etapa de esta investigación.

A mi director y co-director de tesis, Dr. Thorsten Krömer y Dr. Cesar Carvajal, por la confianza y el apoyo brindado para la elaboración de este trabajo, gracias por sus consejos, por compartirme sus conocimientos y sobre todo por su enorme paciencia. A mi asesor, Dr. Daniel Tejero, por las valiosas aportaciones para este trabajo, por las enseñanzas presenciales y virtuales y por enseñarme a creer en mí y en lo que puedo lograr.

A los revisores de mi tesis, Dra. Maite Lascurain, Dr. Odilón Sánchez, Dr. Sergio Avendaño, Dr. Gerardo Torres y Dra. Yaqueline Gheno, por la dedicada revisión, por sus valiosas aportaciones y consejos en este trabajo.

Gracias a mi madre y a mis tíos, Hugo, Gloria, Miguel y Anita por el apoyo para tener una licenciatura y lograr dar este salto, a toda mi familia, a mis primos Yen, Hugo y Lucy por estar en todo momento conmigo, a mis amistades y en particular a Israel Huesca, Imelda y Adrián Chaves, gracias por estar al pendiente de mí, por animarme y guiarme, por llenarme de alegría y ser increíbles personas.

Gracias al personal del CITRO, por el apoyo brindado durante mi estancia en el posgrado.

Me faltarían hojas para agradecer a todas las personas que me han acompañado y apoyado en cada parte de este proceso por eso, GRACIAS A TODOS.

## Índice

Resumen .....	9
1. Introducción.....	11
2. Antecedentes .....	13
3. Justificación.....	16
4. Hipótesis.....	16
5. Objetivos .....	17
5.1 General .....	17
5.2 Particulares .....	17
6. Método .....	17
6.1 Área de estudio .....	17
6.2 Tipos de vegetación .....	19
6.3 Elaboración de la base de datos .....	21
6.4 Análisis de datos .....	22
6.5 Evaluación del estado de conservación según IUCN .....	23
6.6 Evaluación de riesgo de extinción de plantas en México según NOM-059-SEMARNAT-2010 .....	26
7. Resultados .....	28
7.1 Análisis de datos .....	28
7.2 Evaluación del estado de conservación según IUCN .....	37
7.3 Evaluación de riesgo de extinción de plantas en México según NOM-059-SEMARNAT-2010 .....	38
8. Discusión.....	40
9. Conclusión.....	46
10. Referencias .....	48

## Lista de figuras

Figura 1. Algunas especies de Cyatheaceae presentes en Veracruz .....	12
Figura 2. Mapa geográfico del estado de Veracruz, México (INEGI, 2012).....	18
Figura 3. Distribución de la vegetación natural para los hábitats más amenazados del estado de Veracruz debido al alto grado de fragmentación.....	19
Figura 4. Ejemplo del cálculo del EOO mediante el polígono mínimo convexo propuesto por la IUCN para de la especie <i>Cyathea divergens</i> .....	25
Figura 5. Distribución de las 13 especies de Cyatheaceae en el estado de Veracruz, México.....	29
Figura 6. Número de especies y recolectas de Cyatheaceae por municipio en el estado de Veracruz, México.....	31
Figura 7. Número de especies y recolectas de Cyatheaceae por tipo de vegetación en el estado de Veracruz, México.....	32
Figura 8. Número de especies y recolectas de Cyatheaceae por rango altitudinal en el estado de Veracruz, México.....	33
Figura 9. Número de especies y recolectas de Cyatheaceae por periodo de años en el estado de Veracruz, México.....	33
Figura 10. Porcentaje de recolectas para cada especie de Cyatheaceae con periodo de años de recolecta en el estado de Veracruz, México.....	34
Figura 11. Análisis de correspondencia entre número de registros de Cyatheaceae y tipos de vegetación en el estado de Veracruz, México.....	35
Figura 12. Análisis de correspondencia entre número de registros de Cyatheaceae y rangos altitudinales en el estado de Veracruz, México.....	36
Figura 13. Mapa de distribución para la especie <i>Alsophila firma</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de San Andrés Tuxtla.....	59
Figura 14. Mapa de distribución para la especie de <i>Alsophila salvinii</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Mecayapan .....	60
Figura 15. Mapa de distribución para la especie <i>Alsophila tryoniana</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Soteapan.....	62

Figura 16. Mapa de distribución para la especie <i>Cyathea aristata</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Pajapan.....	63
Figura 17. Mapa de distribución para la especie de <i>Cyathea bicrenata</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Misantla.....	65
Figura 18. Mapa de distribución para la especie de <i>Cyathea costaricensis</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Atzalan.....	66
Figura 19. Mapa de distribución para la especie de <i>Cyathea decurrentiloba</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Catemaco.....	68
Figura 20. Mapa de distribución para la especie <i>Cyathea fulva</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Huayacocotla .....	69
Figura 21. Mapa de distribución para la especie <i>Cyathea microdonta</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Chinameca.....	71
Figura 22. Mapa de distribución para la especie <i>Cyathea myosuroides</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Tlapacoyan.....	72
Figura 23. Mapa de distribución para la especie de <i>Cyathea schiedeana</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de San Andrés Tuxtla .....	74
Figura 24. Mapa de distribución para la especie <i>Cyathea tuerckheimii</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de Banderilla .....	75
Figura 25. Mapa de distribución para la especie de <i>Sphaeropteris horrida</i> en Veracruz y ejemplar del municipio de San Andrés Tuxtla .....	77

## Lista de tablas

Tabla 1. Umbrales por rango geográfico (Criterio B) para evaluar si un taxón pertenece a una categoría de riesgo según IUCN (2019). .....	24
Tabla 2. Categorías de riesgo del anexo II de la NOM-059-SEMARNAT-2010.....	27
Tabla 3. Especies de helechos arborescentes de Veracruz, indicando el número de ejemplares registrados por herbario, con rango de elevación y periodo de recolecta. ....	29
Tabla 4. Valores obtenidos de EOO, AOO y número de localidades, hábitat y categoría de riesgo a nivel regional según IUCN correspondientes a las 13 especies de Cyatheaceae presentes en Veracruz. ....	37



Tabla 5. Categoría asignada a nivel regional al estado de conservación de las 13 especies de Cyatheaceae presentes en Veracruz de acuerdo con la evaluación del MER, NOM-059-SEMARNAT 2010_.....	39
--	----

## Lista de Anexos

Anexo 1. Fichas técnicas de las especies de Cyatheaceae de Veracruz, indicando su distribución, especímenes representativos, colecciones examinadas, periodo de recolecta, ecología y estado de conservación. Abreviaciones de Estados mexicanos: .....	58
Anexo 2. Método de Evaluación del riesgo de Extinción de plantas en México según NOM-059 SEMARNAT-2010.....	78
Anexo 3. Resultados obtenidos del Método de Evaluación de Riesgos (MER) por especie.....	81

## Resumen

Los helechos arborescentes de la familia Cyatheaceae presentes en el estado de Veracruz, México, comprenden 13 especies distribuidas en tres géneros (*Alsophila*, *Cyathea*, *Sphaeropteris*). Estas se consideran amenazadas por la incidencia de factores antrópicos como la deforestación, fragmentación, cambio de uso de suelo y saqueo. Por lo tanto, el conocimiento sobre su distribución en Veracruz es de fundamental importancia para poder determinar su estado de conservación a nivel regional y así generar la información base para implementar medidas enfocadas en su protección. En el presente estudio, se analizó la distribución de las especies de Cyatheaceae en el Estado y se identificaron los tipos de vegetación e intervalos altitudinales con mayor número de registros. Además, se evaluó su estado de conservación según los criterios establecidos por la IUCN y en el Método de Evaluación de Riesgos (MER) que presenta la NOM-059-SEMARNAT-2010.

A partir de 553 ejemplares de herbario, debidamente determinados y con datos bien fincados, distribuidos en un total de 11 herbarios nacionales y extranjeros, se determinó que en sólo 48 (23%) de los 212 municipios de Veracruz ocurrió alguna de las 13 especies de Cyatheaceae. El tipo de vegetación con el mayor número de especies registradas fue la selva alta perennifolia donde ocurrieron las 13 especies, seguido del bosque mesófilo de montaña con 12 especies. Los intervalos altitudinales con mayor riqueza fueron de 1,500-1,750 m con 10 especies, seguido de 1,250-1,500 m, 1,000-1,250 m y 250-500 m con nueve cada una. De acuerdo con los criterios de evaluación según IUCN, hay nueve especies en una categoría de riesgo y cuatro que no fueron consideradas como amenazadas a nivel regional. Únicamente la especie endémica de México, *Cyathea aristata*, se clasificó como en "peligro crítico" (CR) en Veracruz. Las categorías asignadas en cuanto al análisis realizado con la evaluación del MER, demostraron que ocho especies se encuentran en "peligro de extinción" (P), tres "amenazadas" (A) y dos "sujetas a protección especial" (Pr) para el Estado.

La evaluación del estado de conservación de las 13 especies de Cyatheaceae corroboró el deterioro de sus hábitats como principal problema a la

que están sujetas. Los dos tipos de vegetación donde crece la mayoría de las especies son de los más amenazados en Veracruz, de manera que, si estos siguen disminuyendo en su tamaño, las poblaciones de Cyatheaceae declinarán inevitablemente. Lamentablemente, el hábitat de las especies de Cyatheaceae en Veracruz sufre de un alto grado de fragmentación y diversos sitios donde antiguamente se registraron recolectas han sido transformados, por lo cual la protección *in situ*, es decir, la conservación de sus hábitats naturales, debe ser de alta prioridad. Del mismo modo se realza la importancia de la conservación *ex situ* en jardines botánicos y la creación de viveros comunitarios en el marco de una Unidad de Manejo de Vida Silvestre. El estado de conservación de Cyatheaceae y otros grupos taxonómicos con afinidades ecológicas, debería ser evaluado también a nivel nacional y global para contrastar los resultados obtenidos.

## 1. Introducción

Los helechos arborescentes de la familia Cyatheaceae Kaulf., son plantas que aparecieron en el Jurásico Superior (Korall et al., 2010). Pertenecen al orden Cyatheales, que comprende siete familias y diez géneros (PPG I, 2016), con especies generalmente de gran tamaño y muchas de ellas arborescentes, superando en algunas ocasiones alturas de 20 metros. La arborescencia ha aparecido de forma independiente en varios linajes de este orden, pero no es una característica exclusiva del mismo, ya que también existen unas cuantas especies de helechos de porte arbóreo en el orden Polypodiales (Mickel y Smith, 2004).

Cyatheaceae contiene tres géneros y aproximadamente 650 especies, de distribución pantropical, principalmente en el sistema montañoso húmedo de América, Asia y África (Hassler y Schmitt, 2019). *Alsophila* R. Br. tiene ca. 270 especies, con un mayor número en el Viejo Mundo (sobre todo en Madagascar); *Cyathea* J. E. Sm. ca. 280, la mayoría en América y muy pocas en el Viejo Mundo; *Sphaeropteris* Bernh. ca. 100, concentradas en el Viejo Mundo y escasas en América.

En México esta familia cuenta con representantes de los tres géneros antes mencionados: *Cyathea* con 10 especies, *Alsophila* con tres y *Sphaeropteris* con una (Mickel y Smith, 2004; Villaseñor, 2016). Particularmente para Veracruz se reportan las siguientes 13 especies de esta familia (Figura 1): *Alsophila firma* (Baker) D.S. Conant, *A. salvinii* Hook., *A. tryoniana* (G.J. Gastony) D.S. Conant, *Cyathea aristata* Domin., *C. bicrenata* Liebm., *C. costaricensis* (Mett. ex Kuhn) Domin, *C. decurrentiloba* Domin., *C. fulva* M. Martens & Galeotti., *C. microdonta* (Desv.) Domin, *C. myosuroides* Liebm., *C. schiedeana* C. Presl., *C. tuerckheimii* (Maxon) R. M. Tryon y *Sphaeropteris horrida* R. M. Tryon.



Figura 1. Algunas especies de Cyatheaceae presentes en Veracruz, a) *Alsophila firma*, b) *Cyathea costaricensis*, c) *Cyathea decurrentiloba*, d) *Cyathea myosuroides*, e-f) *Sphaeropteris horrida*.

La característica inequívoca de Cyatheales es la forma diagonal (oblicua) ininterrumpida del anillo de células engrosadas que ciñe al esporangio (Moran y Riba, 1995). Cyatheaceae se separa de las familias del orden por poseer el soro dorsal en el envés de los segmentos laminares (Cyatheaceae, Lophosoriaceae y Metaxyaceae) y de estos, por la presencia de escamas (y/o pelos) en la porción apical del tallo y bases de los pecíolos. La arborescencia en las especies de este orden es un carácter facultativo polifilético; es decir, algunos de los géneros de Cyatheales pueden presentar o no arborescencia (Korall et al., 2006).

Los helechos de la familia bajo estudio son plantas conspicuas en el sotobosque, aunque algunos por su tamaño pueden alcanzar estratos superiores. Están restringidos a regiones en las que las temperaturas mínimas rara vez caen

por debajo del punto de congelación y donde las precipitaciones son altas y se distribuyen uniformemente durante todo el año (Bystriakova et al., 2011). Ellos cumplen funciones ecológicas importantes, por ejemplo, son un componente propio de la diversidad en las cañadas húmedas y contribuyen a la presencia de especies de epífitas, algunas incluso específicas (Moran et al., 2003; Mehlreter et al., 2005); además, participan en la regulación del microclima, balance hídrico y ciclo de nutrientes (Gotsch et al., 2016). También, pueden ser considerados indicadores de los cambios ambientales en los bosques debido a su sensibilidad al impacto humano (Krömer et al., 2014; Carvajal-Hernández et al., 2017).

## 2. Antecedentes

Conocer la diversidad, distribución y el hábitat natural de Cyatheaceae es fundamental para evaluar su estado de conservación, ya que la mayoría de las especies habitan en los bosques mesófilos de montaña, uno de los ecosistemas más amenazados a nivel nacional (Mickel y Smith, 2004; Toledo-Aceves et al., 2011; Sánchez-Ramos y Dirzo, 2014). Otro aspecto importante que ha incidido sobre su conservación es el uso medicinal, ceremonial, ornamental, artesanal y como sustrato para contener especies ornamentales, como las orquídeas (Eleutério y Pérez-Salicrup, 2006; Tejero-Díez et al., 2011).

A pesar de que en el Neotrópico se han realizado algunos estudios sobre la distribución y conservación de los helechos de esta familia (Arens y Sánchez-Baracaldo, 1998; Giraldo et al., 2002; Ramírez-Barahona et al., 2011), actualizaciones taxonómicas y nomenclaturales (Lehnert, 2016; Lehnert y Weigand, 2016), así como trabajos ecológicos (Bernabe et al., 1999; Ospina-Riaño et al., 2015), la información ecológica y de conservación de los helechos cyatheaceos en Veracruz aún es escasa. Las únicas publicaciones con datos sobre la distribución de las especies en el Estado son el fascículo de Cyatheaceae en la Flora de Veracruz (Riba, 1981) y la tesis de Palacios-Ríos (1992), cuyos nombres de las especies se encuentran desactualizados. Otra fuente indirecta de información son los trabajos florísticos sobre las pteridofitas donde se incluye a Cyatheaceae (p. ej.

Riba, 1979; Mickel y Smith, 2004; Tejero-Díez et al., 2011; Acebey et al., 2015; Carvajal-Hernández y Krömer, 2015).

Todos los helechos de esta familia están listados en CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres), por considerarse que la comercialización irregular a que son sujetos constituye una amenaza para su supervivencia. No obstante, solo siete especies de Ecuador están incluidas bajo alguna categoría de riesgo en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2019), pero ninguna de México. Sin embargo, en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) que tiene por objeto identificar las especies de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, están incluidas nueve de las 14 especies de Cyatheaceae: siete sujetas a protección especial y dos consideradas en peligro (Semarnat, 2010). Cabe mencionar que, debido a la falta de actualización taxonómica, el listado que se presenta en la NOM es muy ambiguo, ya que se incluyen nombres antiguos que en ocasiones son sinónimos de otro nombre que aparece en la lista. De esta forma, cuatro especies (*Alsophila tryoniana*, *Cyathea decurrentiloba*, *C. microdonta* y *C. myosuroides*) no están protegidas por dicha Norma Oficial.

La amenaza de este grupo de plantas también es descrita por Pérez-Paredes et al. (2014) para *Alsophila firma* y *Cyathea fulva* en el estado de Hidalgo, debido a que su hábitat se encuentra fragmentado. Esto, sin embargo, afecta las condiciones microclimáticas que son consideradas como los principales factores limitantes de la distribución y abundancia de ambas especies. Un problema similar se ha reportado a nivel neotropical por Giraldo et al. (2002), quienes demostraron que los helechos de esta familia, al distribuirse en sitios con alta perturbación, sus poblaciones fueron afectadas y pusieron en peligro a algunas especies, soslayando así su conservación. Para poder evaluar adecuadamente las propiedades ecológicas o de conservación, es necesario tanto una correcta determinación de los especímenes, como actualizar la nomenclatura; ello en el marco metodológico de la revisión de los ejemplares de herbarios (Rojas-Alvarado et al., 2001).

Cabe destacar que existen pocos estudios que evalúen el estado de conservación de pteridofitas o helechos arborescentes a nivel internacional (Kessler et al., 2006; Brummitt et al., 2016; Khine y Schneider, 2020; Mishra y Behera, 2020), mientras que para Veracruz existen únicamente los ejemplos de los helechos grammitoides y del género *Phlegmariurus* (Krömer et al., 2013; Armenta-Montero et al., 2015). El estudio regional-estatal que evalúa la distribución o el estado de conservación de especies icónicas, ha demostrado que puede ser muy diferente al considerado a nivel de país o subcontinental (Davidse et al., 1995; Mickel y Smith, 2004; Tejero-Díez et al., 2011; Acebey et al., 2015; Carvajal-Hernández y Krömer, 2015). Por lo tanto, para Veracruz hay especies en peligro por la pérdida de hábitat que no se registran en la Lista Roja de la IUCN, ni en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Armenta-Montero et al., 2015; Krömer et al., 2013; Vergara-Rodríguez et al., 2017; Krömer et al., 2019), igual que algunas especies endémicas del Estado gravemente amenazadas (Krömer et al., 2007; Gómez-Pompa et al., 2010; Krömer et al., 2019).

De acuerdo con los datos mencionados en los párrafos anteriores, es necesario evaluar para Veracruz el estado de conservación de los helechos de la familia Cyatheaceae. Mehlreter y García-Franco (2008) mencionan que algunas especies de helechos arborescentes son fuertemente explotadas del medio natural. En su estudio encontraron una baja frecuencia de individuos en una clase de tamaño determinada de una población de *Alsophila firma* en Huatusco, Veracruz, que estaba relacionada con disturbios que ocurrieron en el pasado. Otro ejemplo de *A. firma*, fue realizado en la localidad Los Comales II en el estado de Hidalgo, donde las actividades humanas (conversión del bosque en potrero) de las últimas décadas, habían modificado de manera intermitente la estructura poblacional, pues se carecía de individuos de varias de las clases de tamaño consideradas (Pérez-Paredes et al., 2014).

Tejero-Díez et al. (2011) mencionan que las condiciones ambientales de Veracruz propician la presencia de una gran riqueza de helechos, sin embargo, debido al fuerte impacto ambiental del territorio, 87% de las especies consideradas (489 de 562) debería ubicarse en alguna categoría de amenaza. En esta



consideración están todos los helechos de la familia bajo estudio, de las cuales sólo *Alsophila salvinii* coincide con lo estipulado en la NOM-059-SEMARNAT-2010 de acuerdo con la metodología empleada en dicho trabajo.

Por medio de la utilización de esporas de tres especies de helechos arborescentes (*Alsophila firma*, *Cyathea tuerckheimii* y *Lophosoria quadripinnata*) en el centro de Veracruz, Ospina-Riaño et al. (2015) demostraron que la germinación está controlada por la exposición a la luz y la disponibilidad de agua, por lo cual puede inhibirse cuando aumenta la apertura del dosel. Por ello, estas especies pueden funcionar como indicadores ambientales, ya que esta sensibilidad permite evaluar en el tiempo los cambios observados en poblaciones o en la distribución de las especies.

### 3. Justificación

La falta de conocimiento e información actualizada de la familia Cyatheaceae, así como la incidencia de actividades como la deforestación, fragmentación de hábitat, cambio de uso de suelo y saqueo que enfrenta la familia, son factores importantes a tener en cuenta para dilucidar el grado de amenaza en el que se encuentran. De ahí que la realización de este estudio sea fundamental para conocer su distribución en Veracruz y así poder determinar su estado de conservación a nivel regional, generando también la información base para implementar medidas enfocadas en su protección.

### 4. Hipótesis

Dado que las 13 especies de helechos que constituyen la familia Cyatheaceae en Veracruz habitan preferentemente en bosques húmedos de montaña y son sensibles en forma diferencial al impacto ambiental antropogénico, así como la reducción de sus hábitats, es posible que estas especies estén en inminente peligro, por lo que este estudio auxiliará en la correcta clasificación del tipo de riesgo de extinción de acuerdo con los estándares internacionales de la IUCN y federales mexicanos.

## 5. Objetivos

### 5.1 General

Determinar la distribución y el estado de conservación de las especies de Cyatheaceae en el estado de Veracruz.

### 5.2 Particulares

- Analizar a nivel municipal la distribución de helechos de la familia Cyatheaceae en el estado de Veracruz e identificar asociando los tipos de vegetación e intervalos altitudinales con el mayor número de registros.
- Evaluar el estado de conservación de las especies de Cyatheaceae del estado de Veracruz según los criterios establecidos por la IUCN y en el Método de Evaluación de Riesgos (MER) que presenta la NOM-059-SEMARNAT-2010.

## 6. Método

### 6.1 Área de estudio

El estado de Veracruz comprende una superficie de 71,820 km<sup>2</sup>, dividida en 212 municipios, que se agrupan en nueve regiones administrativas (de norte a sur): Huasteca, Totonaca, Nautla, Capital, Altas Montañas, Sotavento, Papaloapan, Los Tuxtlas y Olmeca (INEGI, 2012). Se encuentra ubicado al este de México por la costa del Golfo, en una zona de transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical. Su geografía está configurada por dos grandes llanuras costeras interrumpidas por cuatro importantes sistemas montañosos (Figura 2): a) la Sierra Madre Oriental que comprende la Sierra de Huayacocotla en el norte del Estado; b) el Eje Neovolcánico Transversal, que divide al Estado en su zona central, donde se encuentran dos de las elevaciones más altas de México, el Pico de Orizaba (5,610 m) y Cofre de Perote (4,280 m); c) la Sierra de Los Tuxtlas en el sureste del Estado con elevaciones que no sobrepasan los 1,700 m; d) la Sierra Madre del Sur que en su parte nororiental forma la Sierra de Zongolica con altitudes de hasta 3,600 m (INEGI, 2010). Esta heterogénea configuración geomorfológica da origen a una

gran variedad de climas, que va de los cálidos-secos a los templado- húmedos y fríos (Soto-Esparza y Giddins, 2011).

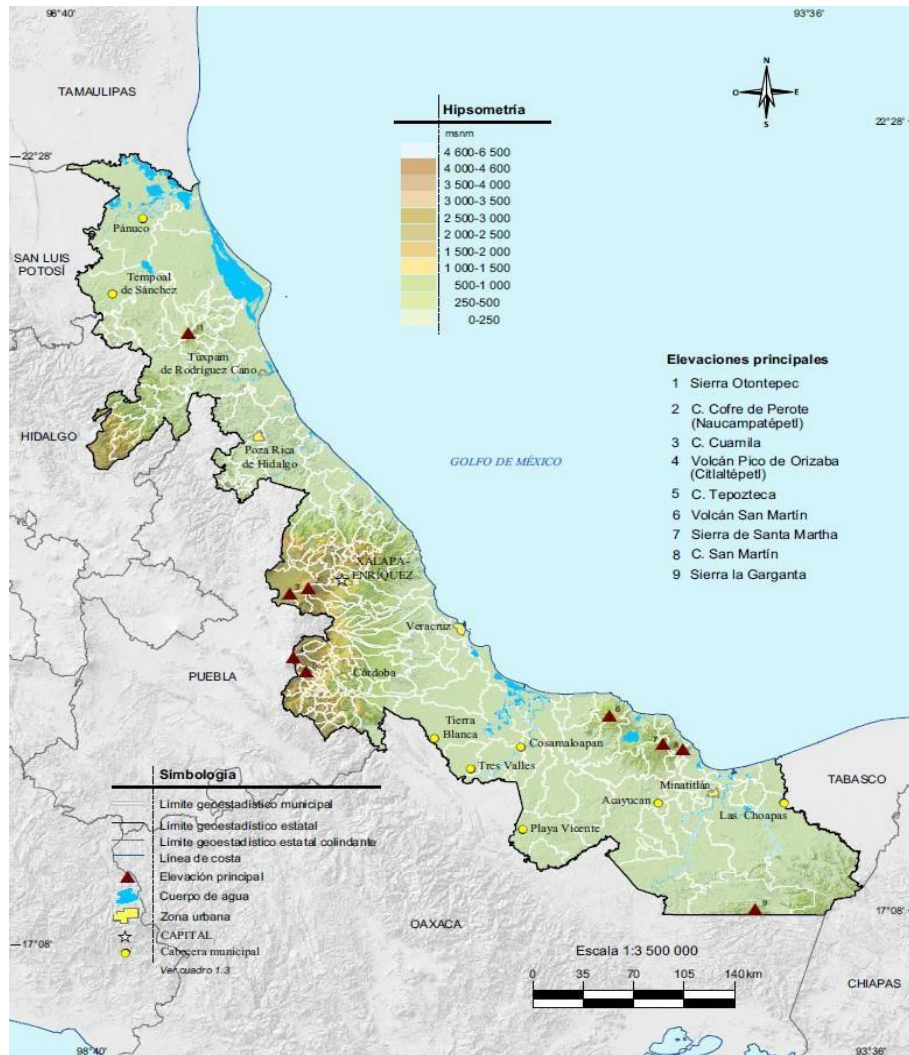


Figura 2. Mapa geográfico del estado de Veracruz, México (INEGI, 2012).

La variedad de climas y la orografía delimitan la presencia de 19 tipos de vegetación en Veracruz (INEGI, 2017), donde el bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino y selva alta perennifolia son considerados como los ecosistemas más diversos del Estado y del país (Rzedowski, 2006; Castillo-Campos et al., 2011). Sin embargo, existen diversos problemas en cuanto a la deforestación de estos tipos de vegetación como es la urbanización, el crecimiento poblacional, la tala de árboles para obtención de materias primas, la extensión de potreros y áreas

de cultivo (SEMARNAT, 2012), lo que ha llevado a que cada vez más se observe una amplia fragmentación de los hábitats naturales donde se desarrollan los helechos arborescentes, así como otras plantas y animales. Actualmente, solo se presentan remantes conservados de bosque mesófilo y selva alta en las regiones de Huayacocotla, montañosa central, Zongolica, Los Tuxtlas y Uxpanapa (Figura 3).

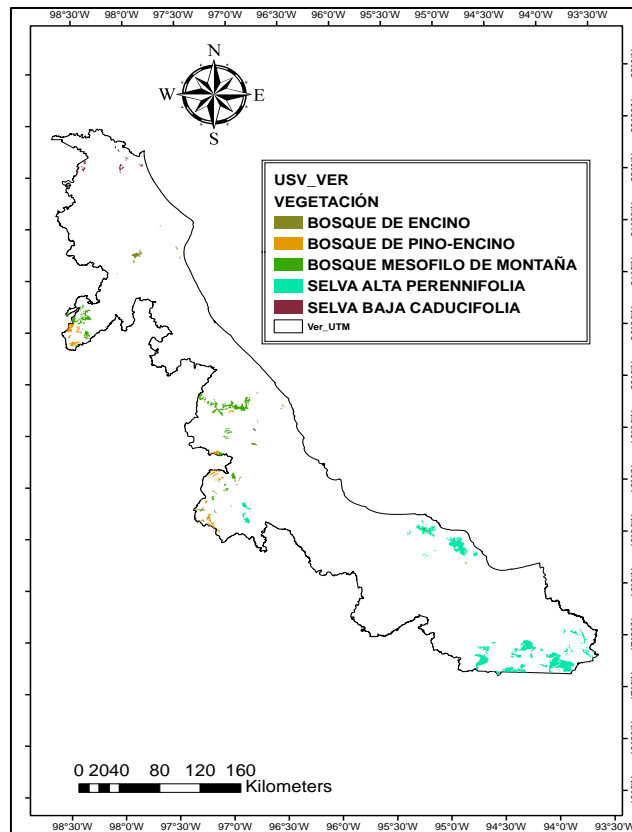


Figura 3. Distribución de la vegetación natural para los hábitats más amenazados del estado de Veracruz debido al alto grado de fragmentación. Los espacios en blanco al interior del polígono del estado representan las zonas con ganadería, agricultura, vegetación secundaria y/o comunidades humanas.

## 6.2 Tipos de vegetación

En general, en Veracruz la mayor diversidad de Cyatheaceae se encuentra en los bosques húmedos de montaña, con énfasis en la zona central y la región de Los Tuxtlas, los cuales destacan por la gran riqueza y abundancia de helechos (Tejero-Díez et al., 2011; Acebey et al., 2015; Carvajal-Hernández y Krömer, 2015). Sin

embargo, estos son remanentes de bosque mesófilo de montaña que se encuentran inmersos en diferentes problemáticas socioambientales y por ello representan focos rojos para la biodiversidad del Estado, ya que su reducción implicaría a su vez la disminución del hábitat de especies endémicas, raras y/o en peligro (Gómez-Pompa et al., 2010; Ellis et al., 2011). El bosque mesófilo en Veracruz prospera en altitudes variables que van desde los 1,000 hasta los 2,500 m, la precipitación oscila entre los 1,000 y 3,000 mm y la temperatura media anual varía de 12 a 23°C. Tiene una composición mixta de especies de afinidad templada (sobre todo las del dosel) y afinidad tropical (mayoritariamente las del sotobosque), los troncos y ramas están cubiertos de musgos y epífitas vasculares, entre las cuales las orquídeas y helechos alcanzan sus mayores expresiones de variedad y endemidad de entre todos los ecosistemas del país (Castillo-Campos et al., 2011).

Otro tipo de vegetación importante para las especies de Cyatheaceae son las selvas tropicales que se distribuyen desde el sur de Veracruz hasta en el Petén en Guatemala y al noreste de Belice, formando parte del corredor biológico mesoamericano (Miller et al., 2001). En la actualidad, los remanentes de mayor extensión de selva alta perennifolia en Veracruz se encuentran ubicados en las regiones de Uxpanapa y Los Tuxtlas, esta última es considerada el remanente más septentrional del continente americano (Guevara et al., 2000). Se presentan en altitudes que van desde el nivel del mar hasta 700 m, con una precipitación de 2,500 a 5,000 mm o más por año (Gómez-Pompa, 1978). Sin embargo, para ambas regiones se ha documentado que la deforestación y los procesos de fragmentación de la selva tropical son altos (Castillo-Campos et al., 2004; Rodríguez-Luna et al., 2011).

Además, Cyatheaceae ocurre también en las selvas bajas caducifolias, las cuales se distribuyen en la región central de Veracruz, en el área situada entre Nautla, Alvarado, Xalapa y Tierra Blanca (Rzedowski, 1978). En la sierra de Manuel Díaz, en el municipio de Actopan, este tipo de selva alcanza altitudes de 800 m, límite de su distribución debido al descenso de la temperatura mínima (Rzedowski, 1978). Este tipo de vegetación se caracteriza por una precipitación anual con menos de 1,500 mm y una época de sequía muy pronunciada que puede durar hasta más

de seis meses. La cobertura vegetal de la selva baja caducifolia ha disminuido considerablemente debido a la ganadería extensiva, la extracción de madera, la agricultura y los incendios forestales.

Las especies de Cyatheaceae también se desarrollan en los bosques de encino de Veracruz, estos se dividen en dos grupos climáticos principales: los templados y los de zonas cálidas (Gómez-Pompa, 1978). Los encinares templados ocurren principalmente en las zonas montañosas, siendo elementos dominantes en los bosques templados, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, precipitación anual de 600 a 1,800 mm y su distribución va desde los 1,000 y hasta aproximadamente los 2,800 m (Rzedowski, 1978). Generalmente, posee árboles de mayor tamaño y los dominantes llegan a alcanzar hasta 40 m de altura y en ocasiones están asociados al bosque mesófilo de montaña (Castillo-Campos, 2011). En el estado de Veracruz, éste es otro de los tipos de vegetación que ha sido fuertemente afectado, ya que se ha convertido en zonas agrícolas, ganaderas o urbanas, reduciéndolo a fragmentos o manchones (Castillo-Campo, 2011). Algunas regiones en las que se conserva este tipo de bosque se encuentran en la zona Xalapa, región de la montaña y parte de la zona del Cofre de Perote.

### 6.3 Elaboración de la base de datos

Con la finalidad de conocer los registros de especies de helechos de Cyatheaceae de Veracruz, que permitieran obtener datos relevantes de su distribución y hábitat, tanto en México como en Veracruz, se realizaron visitas a los siguientes herbarios nacionales: Universidad Autónoma de Chapingo (CHAPA), Universidad Veracruzana, Instituto de Investigaciones Biológicas (CIB), Centro de Investigaciones Tropicales (CITRO), Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias-Peñuela (CORU), Estación de Biología Tropical-UNAM de Los Tuxtlas (EBT), Instituto Politécnico Nacional (ENCB), Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU), Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (UAMIZ), e Instituto de Ecología, A.C. (XAL). Además, se solicitó información y se accedió a bases de datos disponibles en internet de dos herbarios en el extranjero: Missouri Botanical Gardens (MO), St. Louis, EEUU y University of California (UC),

Berkeley, EEUU. Así mismo, se realizó una revisión de la literatura y bases de datos relevantes para conocer la nomenclatura en floras y listados florísticos (p.ej. TROPICOS, ITIS SPECIES 2000, Checklist of Ferns and Lycophytes of the World).

Con la información obtenida se integró una base de datos en el programa EXCEL con los siguientes rubros: nombre del recolector, fecha de recolecta, nombre y fecha del determinador, municipio, localidad, coordenadas, altitud y tipo de vegetación. Con esta información se compiló una ficha técnica de cada especie (Anexo 1), que contiene los nombres científicos actualizados, incluye especímenes con el mayor número de duplicados depositados en los herbarios, distribución mundial, nacional, estatal y municipal, tipo de vegetación, altitud, categoría de conservación según los criterios de la IUCN y la NOM-059-SEMARNAT-2010.

#### 6.4 Análisis de datos

La base de datos se conformó con más de mil ejemplares de herbario revisados. De esta, se eliminaron especímenes con datos dudosos o incompletos, además se realizó la correcta identificación de los ejemplares y actualización de sinonimias. Para algunos casos, en que los especímenes no incluían la georreferencia de la localidad de recolecta, fue posible rastrear la correcta ubicación mediante una aproximación al sitio con base en el catálogo de localidades de INEGI (2002) y corroborada en el programa Google Earth pro-versión 7.1.8. Cuando la referencia de localidad era insuficiente y no se podía rastrear, el ejemplar fue eliminado del análisis. Una vez realizada esta depuración, se obtuvieron 553 registros útiles.

Para el análisis de datos, se consideraron los números de especies y recolectas por municipio del estado de Veracruz, tipo de vegetación, rango de elevación en nueve pisos de 250 m cada uno, y seis periodos de recolecta (1838-1889, 1890-1939, 1940-1959, 1960-1979, 1980-1999, 1999 hasta la actualidad). Además, se tomaron en cuenta las coordenadas del lugar de recolecta. Los datos de presencia de las especies fueron analizados en la plataforma de ArcGis Version 10.2.2 de Esri®, sobre un mapa de la república mexicana en formato shp obtenido de INEGI (2018), del cual se realizó una selección para el estado de Veracruz.

Una vez obtenido el mapa, los puntos de recolectas se convirtieron al formato shp. Posteriormente, se agregó una capa con cuadrículas de 2,000 por 2,000 metros convertidos a kilómetros cuadrados (a través de la herramienta Create Fishnet), de acuerdo con los lineamientos de la IUCN (2012). Para conocer el área de ocupación geográfica en km<sup>2</sup> se contaron las cuadrículas en las que aparecían los puntos de cada una de las especies y el total de cuadrículas se multiplicó por cuatro y se obtuvo el Área de Ocupación (AOO). Para obtener la Extensión de Presencia (EOO) se unieron los puntos de presencia de las especies, a manera de extraer un polígono que muestra la geometría de la delimitación mínima en la que ocurre la especie mediante la herramienta Minimum Bounding Geometry.

Con la finalidad de contrastar si existe una diferencia significativa del número de recolectas de cada periodo, se realizó la prueba Kruskal Wallis dado que no se cumplieron los supuestos correspondientes para un análisis de varianza, tal como el supuesto de normalidad. Como variable de respuesta se consideró el número de recolectas de cada una de las especies y la variable independiente los periodos de años en los que se realizaron dichas recolectas.

Además, se realizaron pruebas Ji cuadrada ( $\chi^2$ ) para conocer la posible existencia de una asociación entre el número de recolectas para cada especie y el tipo de vegetación, así como para el intervalo altitudinal. Por último, para representar estas asociaciones se realizaron análisis de correspondencia simple (ACS) que es una técnica multivariante que representa asociaciones entre variables.

La prueba Kruskal Wallis se realizó en el programa JMP® versión 8.0, los análisis de correspondencia en Past Versión 3.26 y las pruebas Ji cuadrada ( $\chi^2$ ) en GraphPad Prism versión 8. El nivel de significancia para las pruebas de hipótesis realizadas en este proyecto fue de 0.05 y una confiabilidad del 95%.

## 6.5 Evaluación del estado de conservación según IUCN

La evaluación y clasificación del estado de conservación se basó en las categorías y criterios geográficos (Criterio B; Tabla 1) propuestos en las directrices de la Lista Roja de la IUCN a nivel regional (IUCN, 2012; versión 4.0): En peligro crítico (CR),



En peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi amenazado (NT) y Preocupación menor (LC). Un taxón está “casi amenazado” cuando ha sido evaluado y no satisface en la actualidad, pero posiblemente en un futuro cercano los criterios, mientras que bajo “preocupación menor” se incluyen taxones abundantes y de amplia distribución que no cumplen ninguno de los criterios.

Tabla 1. Umbrales por rango geográfico (Criterio B) para evaluar si un taxón pertenece a una categoría de riesgo según IUCN (2019).

	En Peligro Crítico (CR)	En Peligro (EN)	Vulnerable (VU)
<b>B1. Extensión de presencia (EOO)</b>	<100 km <sup>2</sup>	<5,000 km <sup>2</sup>	<20,000 km <sup>2</sup>
<b>B2. Área de ocupación (AOO)</b>	<10 km <sup>2</sup>	<500 km <sup>2</sup>	<2,000 km <sup>2</sup>
<b>(a) Severamente fragmentada, O Número de localidades</b>	=1	≤5	≤10
<b>(b) Disminución continúa observada, estimada, inferida o proyectada en cualesquiera de: (i) extensión de presencia; (ii) área de ocupación; (iii) área, extensión y/o calidad del hábitat; (iv) número de localidades o subpoblaciones; (v) número de individuos maduros</b>			

Se realizó el cálculo del AOO, es decir del área del hábitat adecuado actualmente ocupado por el taxón, por dos razones fundamentales: primero por servir de medida por el efecto de aseguramiento, por el cual los taxones presentes en muchos sectores o grandes sectores de un paisaje terrestre o marino, se aseguran frente a riesgos de amenazas espacialmente explícitas; segundo, está inversamente relacionado con el riesgo de extinción (IUCN, 2019). Además, se calculó la EOO, uniendo los puntos de presencia de cada especie, formando un polígono mínimo convexo y se obtuvo el área de extensión en km<sup>2</sup> de la especie (Figura 4).

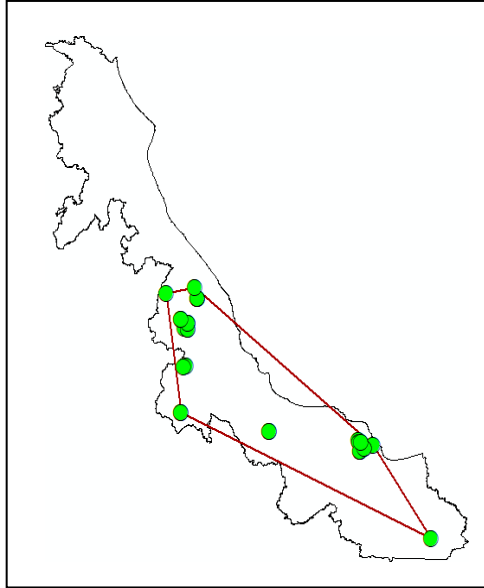


Figura 4. Ejemplo del cálculo del EOO mediante el polígono mínimo convexo propuesto por la IUCN para de la especie *Cyathea divergens*.

Además, mediante el análisis de los fragmentos de vegetación a través de Sistemas de Información Geográfica obtenidos de la carta de uso de suelo y vegetación INEGI (2007), se revisó en qué tipo de vegetación (incluyendo fragmentos de vegetación secundaria), se ubican los puntos de presencia de la especie, necesarios para saber si los fragmentos aún se conservan o ya han desaparecido. Finalmente, se contó el número de localidades o poblaciones de acuerdo con lo propuesto por la NOM-059-SEMARNAT-2010, las cuales deben ser discernibles en un mapa (1:4 000 000) con una distancia de separación de 3 mm entre cada localidad. Si la distancia entre puntos es menor en el mapa a la escala referida, se considera una sola localidad. Las poblaciones fueron ubicadas en el mapa a la misma escala y se trazó el polígono de distribución. Adicionalmente, se determinó el aislamiento geográfico de las poblaciones con las distancias (15 km) en línea recta entre ellas a partir de su ubicación en el mapa.

Con los valores obtenidos del análisis, junto con la información sobre el número de localidades de recolecta y la fragmentación del hábitat, se asignaron las categorías considerando el criterio B (rango geográfico; Tabla 4), que identifica los ecosistemas con pequeñas distribuciones que son susceptibles a amenazas y

catástrofes espacialmente explícitas. Por lo cual se comparó el área de distribución expresada en km<sup>2</sup> con el criterio de distribución geográfica de la IUCN (2019), el cual considera el número de localidades de recolecta y las tendencias a la disminución de su hábitat o fragmentación severa y que permite que una especie se clasifique como amenazada cuando su rango geográfico está restringido. Lo anterior permite la omisión de datos de tamaño de la población (necesarios en los criterios A, C y D) para asignar el estado de riesgo. Bajo el criterio B, una especie también debe cumplir al menos dos de las siguientes condiciones: fragmentación severa o existencia en pocos lugares; continuo declive y / o fluctuaciones extremas (Armenta-Montero et al., 2015; IUCN, 2019).

## 6.6 Evaluación de riesgo de extinción de plantas en México según NOM-059-SEMARNAT-2010

Los criterios del Método de Evaluación de Riesgo (MER) de extinción de plantas en México propuestos por la NOM-059-SEMARNAT-2010, se utilizaron con la finalidad de incluir, excluir o cambiar de categoría de riesgo de las especies. Dicha evaluación considera dos índices: el primero es el **Índice de rareza**, el cual consiste en tres criterios y cada uno de ellos con una serie de preguntas a las cuales se le asigna un valor de 0 a 3 dependiendo el caso, para después sumarlo y dividirlo en lo propuesto por cada criterio. El criterio A sobre las características de la distribución geográfica de las especies considera: la extensión de distribución, el número de poblaciones o localidades conocidas, el número de provincias biogeográficas en las que se encuentra, así como su representatividad en el territorio mexicano. El criterio B analiza las siguientes características del hábitat del taxón: los tipos de vegetación donde se presenta, si tiene un hábitat especializado, la permanencia de la población es dependiente de algún hábitat primario o si requiere de regímenes de perturbación particulares o asociación a etapas transitorias de sucesión y finalmente, la amplitud de intervalo altitudinal que ocupa. Finalmente, el criterio C acerca de la vulnerabilidad biológica intrínseca, está enfocado en la evaluación demográfica de las poblaciones y se subdivide en demografía, genética e interacciones especializadas. Sin embargo, este último criterio se omitió en esta evaluación, ya

que no se cuenta con dicha información y el método establece un valor de cero para este criterio cuando se carece de información al respecto.

El segundo índice que se menciona en el MER está relacionado con el **Impacto antropogénico** que solo presenta el criterio D. Este considera el impacto que genera la actividad humana, el cual evalúa cómo afecta al taxón la alteración antrópica del hábitat en que se encuentra la especie y cuál es el nivel de impacto en cuanto a la fragmentación, destrucción, urbanización, etc., si existe alguna evidencia que indique el deterioro en la calidad del hábitat por cambios globales y si este es cultivado o propagado *ex situ*.

Los cuatro criterios del MER tienen la misma ponderación, siendo el valor máximo para cada uno de ellos = 1. La sumatoria de los puntos en cada criterio debe ser normalizada con el puntaje máximo para ese criterio, de tal forma que el valor máximo sea 1. Además, con este método de evaluación de especies en riesgo, se determinan criterios para catalogar a través de vías directas (Anexo 2). Las categorías de riesgo se establecerán de conformidad a la tabla 2.

Tabla 2. Categorías de riesgo del anexo II de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

CATEGORÍA DE RIESGO	PUNTAJE OBTENIDO
En Peligro de Extinción (P)	a) Mayor o igual que 2 b) Vías directas: I. Cuando en las características de la distribución geográfica, el área de distribución sea menor o igual a 1 km <sup>2</sup> ; II. Cuando demográficamente, el número total de individuos sea igual o menor que 500; III. Cuando el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón, el hábitat remanente no permite la viabilidad de las poblaciones existentes; IV. Cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de 1 individuo cada 5 ha o menor; y que además la

	sumatoria del criterio D sea mayor que 0.4
<b>Amenazada (A)</b>	a) Mayor que 1.7 y menor que 2 b) Vía directa: Cuando la especie tenga poblaciones hiperdispersas con una densidad de población de 1 individuo cada 5 ha o menor, y que la sumatoria del criterio D sea mayor que 0.3 y menor que 0.4
<b>Sujeta a Protección Especial (Pr)</b>	a) Mayor o igual que 1.5 y menor que 1.7 b) Mayor o igual que 1 y menor que 1.5 y que la sumatoria del criterio D sea igual o mayor que 0.3

Los resultados obtenidos se compararon con las categorías establecidas para las especies en la última modificación del Anexo Normativo III sobre la Lista de especies en riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de noviembre de 2019.

## 7. Resultados

### 7.1 Análisis de datos

A partir de 553 ejemplares de herbario (Tabla 3, Anexo 1), debidamente determinados y con datos bien fincados, distribuidos en un total de 11 herbarios nacionales y extranjeros, se llevó a cabo la revisión conceptual ecológica y geográfica de las 13 especies de Cyatheaceae registradas para el estado de Veracruz, México. Las especies con el mayor número de ejemplares son *Alsophila firma* (147), *Cyathea bicrenata* (98) y *C. schiedeana* (64), mientras que las demás especies tienen entre 44 y siete registros.

Tabla 3. Especies de helechos arborescentes de Veracruz, indicando el número de ejemplares registrados por herbario, con rango de elevación y periodo de recolecta.

ESPECIE	CHAPA	CIB	CITRO	CORU	EBT	ENCB	MEXU	MO	UAMIZ	UC	XAL	TOTAL	RANGO ELEVACIONAL (M)	PERIODO
<i>A. firma</i>		6	12	5	5	22	41	9	15		32	147	0-1,750	1890-2011
<i>A. salvinii</i>	1					1	6		5		5	18	1,000-1,750	1968-1998
<i>A. tryoniana</i>			2		2		7		6		2	19	750-1,500	1910-2005
<i>C. aristata</i>						1	4		7		4	16	250-1,750	1978-1998
<i>C. bicrenata</i>	1					15	41		18	6	17	98	0-2,000	1920-2008
<i>C. costaricensis</i>						8	13		2	2	9	34	0-1,750	1938-1989
<i>C. decurrentiloba</i>	1					2	4		5	0	4	16	250-1,250	1972-1982
<i>C. fulva</i>		4	1	1		1	7		10	2	9	35	0-2,000	1838-2007
<i>C. microdonta</i>		1					4		1		1	7	0-250	1910-2011
<i>C. myosuroides</i>	1	1	1			4	10		1		8	26	0-1,750	1895-2010
<i>C. schiedeana</i>	2					9	22		5	1	25	64	0-1,750	1910-2003
<i>C. tuerckheimii</i>	1	2	4			4	13		7	3	10	44	0-2,250	1912-2011
<i>S. horrida</i>						3	9		6		11	29	500-1,750	1918-2005
	7	14	20	6	7	70	181	9	88	14	137	553		

En Veracruz las 13 especies registradas en este trabajo se concentran en las zonas montañosas (Figura 5): se considera endémica de México a *Cyathea aristata*, con una distribución en Oaxaca y Veracruz; ocho especies llegan a Centroamérica y cuatro son del Neotrópico (Anexo 1).

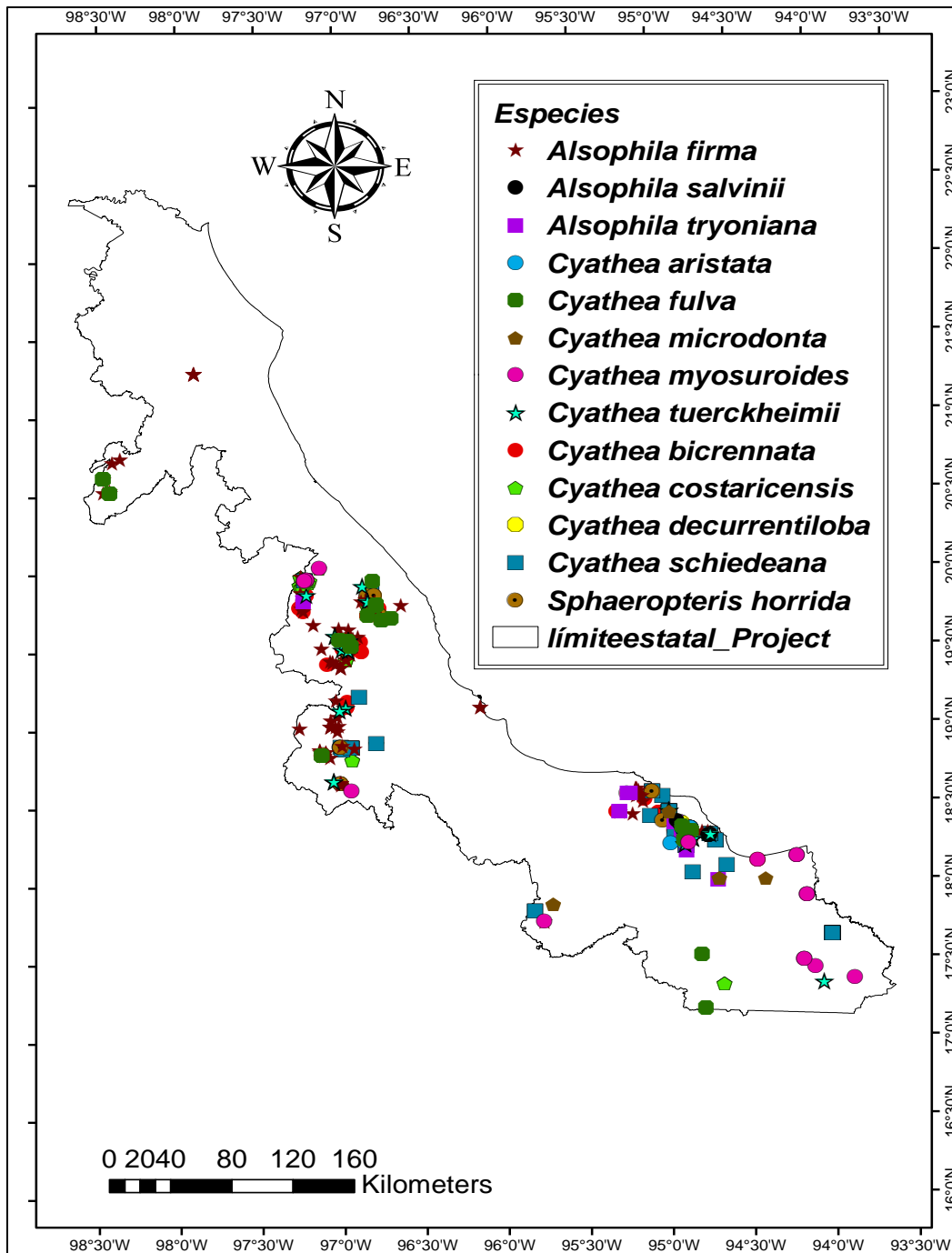


Figura 5. Distribución de las 13 especies de Cyatheaceae en el estado de Veracruz, México.

De los 212 municipios con que cuenta el estado de Veracruz, sólo en 48 (23%) de ellos ocurrió alguna de las 13 especies de Cyatheaceae. El municipio de San Pedro Soteapan presentó el mayor número de especies y registros (10 taxones; 87 recolecciones), seguido de Catemaco (8; 38) y Xalapa (6; 30) (Figura 6).

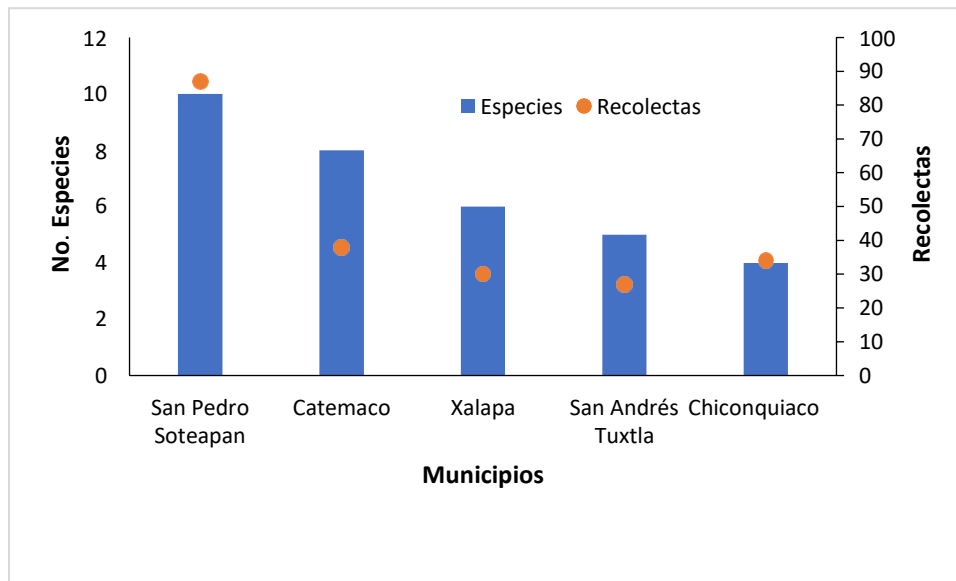


Figura 6. Número de especies y recolectas de Cyatheaceae por municipio en el estado de Veracruz, México.

En la selva alta perennifolia ocurrieron las 13 especies registradas, representadas por 175 recolectas (31% de los 553 recolectas), seguido del bosque mesófilo de montaña con 12 especies y 278 recolectas (50%), la selva baja caducifolia (8; 29; 5.2%), el bosque de *Quercus* (8; 50; 9%) y finalmente el bosque de *Pinus-Quercus* (4; 21; 3.7%) (Figura 7).



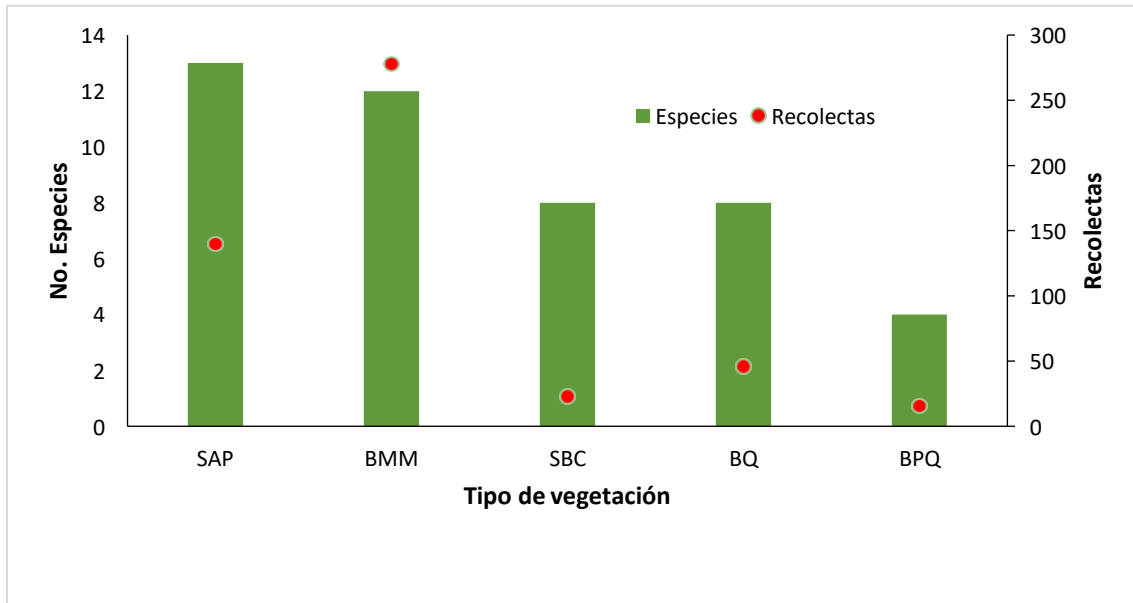


Figura 7. Número de especies y recolectas de Cyatheaceae por tipo de vegetación (SAP: Selva alta perennifolia; BMM: Bosque mesófilo de montaña; SBC: Selva baja caducifolia; BQ: *Bosque de Quercus*; BPQ: Bosque de *Pinus-Quercus*) en el estado de Veracruz, México.

Las especies de Cyatheaceae en Veracruz mostraron una distribución altitudinal entre 0 y 2,250 m. Sin embargo, los intervalos con mayor número de especies fueron de 1,500-1,750 m con 10 especies y 66 registros, seguido de 1,250-1,500 m (9; 128), 1,000-1,250 m (9; 79) y 250-500 m (9; 43); el rango altitudinal de 2,000-2,250 m tuvo el menor número de especies y registros (1; 2) (Figura 8).

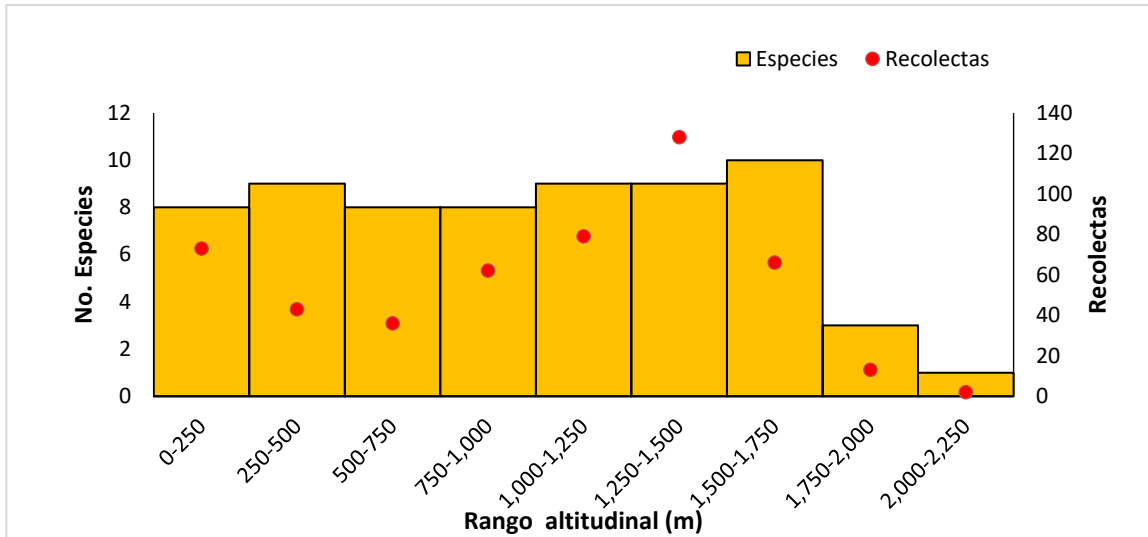


Figura 8. Número de especies y recolectas de Cyatheaceae por rango altitudinal en el estado de Veracruz, México.

El mayor número de especies y recolección fue de 1980 a 1999 (13; 262), seguido de 1960 a 1979 (11; 148) y de 1999 hasta la actualidad (9; 40), mientras que el período de 1838 a 1889 se registró un espécimen de una especie (Figura 9).

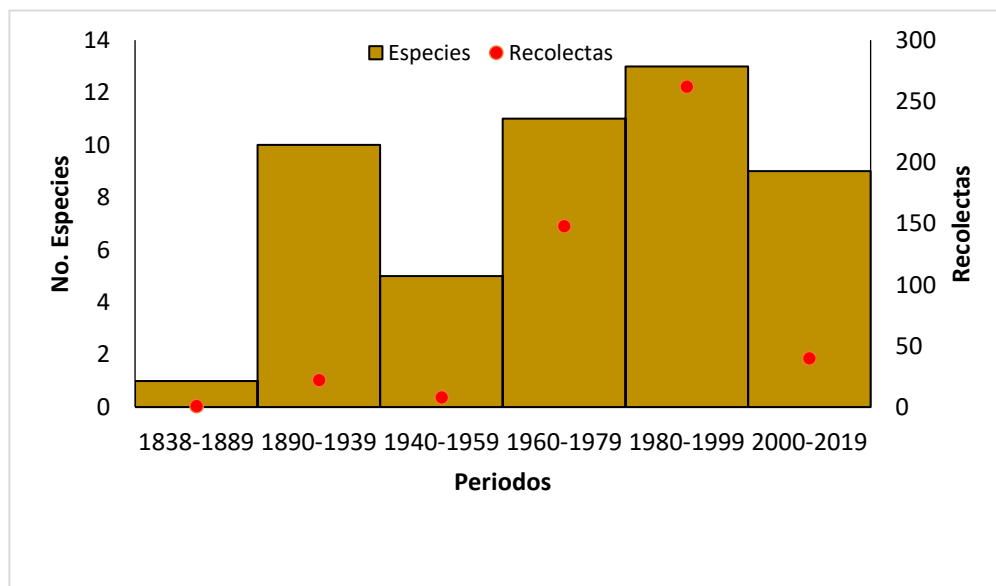


Figura 9. Número de especies y recolectas de Cyatheaceae por periodo de años en el estado de Veracruz, México.

En relación con la distribución porcentual del total de cada especie, se observa que en el periodo de 1980-1999 se presenta una alta proporción de recolectas, mientras que en los últimos 20 años disminuyó considerablemente. Además, cuatro de las 13 especies no muestran presencia de recolectas en los últimos 20 años, siendo *Alsophila firma* la única especie que ha sido recolectada durante todos los periodos (Figura 10).

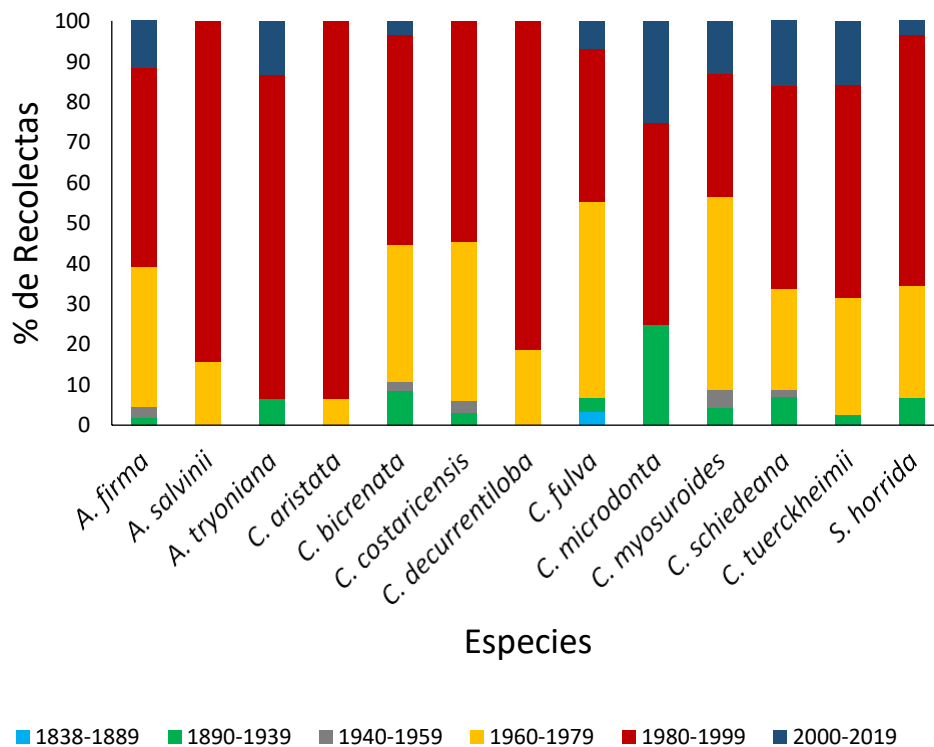


Figura 10. Porcentaje de recolectas para cada especie de Cyatheaceae con periodo de años de recolecta en el estado de Veracruz, México.

Se encontró una correlación estadísticamente significativa ( $\chi^2=239.1$ ,  $gl=48$ ,  $P<0.01$ ) entre el número de registros de cada especie con respecto a la altitud y tipo de vegetación. El análisis de correspondencia logró representar el 81.7% de la inercia total, donde *Cyathea bicrenata*, *C. fulva* y *Sphaeropteris horrida* están asociadas al bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque de pino-encino (BPQ) y

*Alsophila salvinii*, *A. tryoniana* y *Cyathea aristata* están correlacionadas con la selva alta perennifolia (SAP) y selva baja caducifolia (SBC). Otras especies presentaron una asociación cercana al bosque de *Quercus* (BQ) (Figura 11).

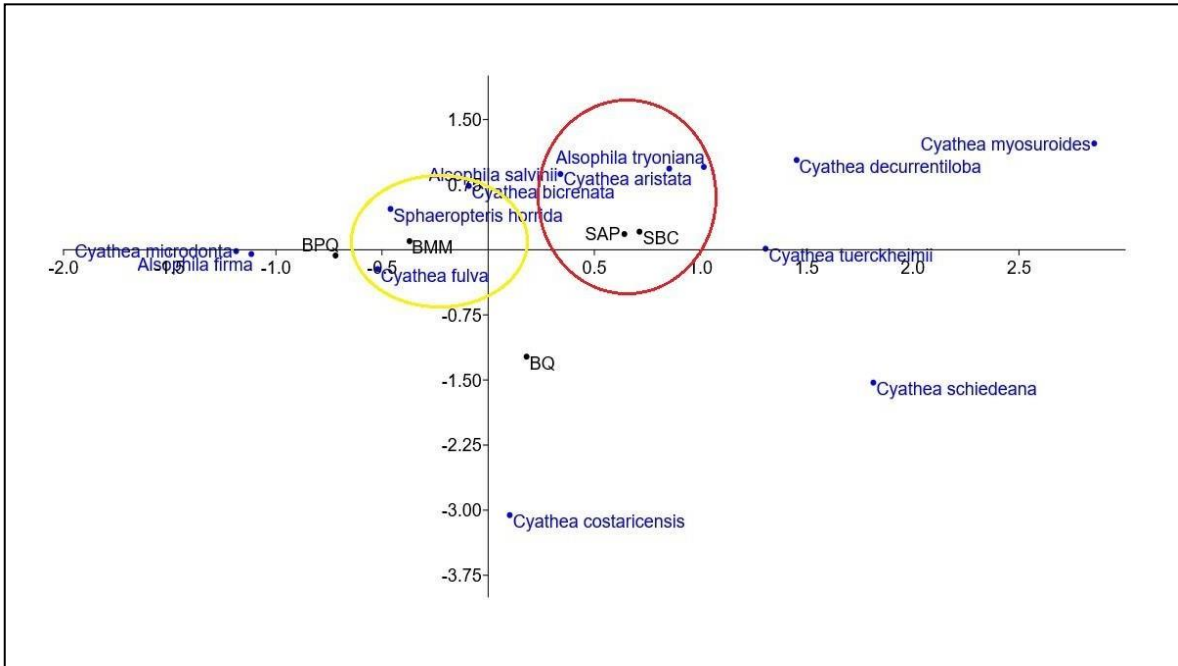


Figura 11. Análisis de correspondencia entre número de registros de Cyatheaceae y tipos de vegetación en el estado de Veracruz, México.

Se encontró una correlación significativa entre los registros de ciertas especies de Cyatheaceae y los rangos altitudinales ( $\chi^2=563.3$ ,  $gl=96$ ,  $P<0.01$ ; el 61% de la inercia total (Figura 12); *Cyathea costaricensis*, *C. schiedeana*, *C. decurrentiloba* y *Sphaeropteris horrida* prefieren habitar por debajo de los 1,000 m, mientras que *Cyathea bicrenata*, *C. fulva*, *C. aristata*, *C. tuerckheimii*, *Alsophila firma* y *A. salvinii* lo hacen por arriba de dicha cota altitudinal. Las especies *Cyathea microdonta* y *C. myosuroides* aparentemente son facultativas entre estas dos disyuntivas, aunque tienen una proporción de registros mayoritaria por debajo de 1,000 m snm.

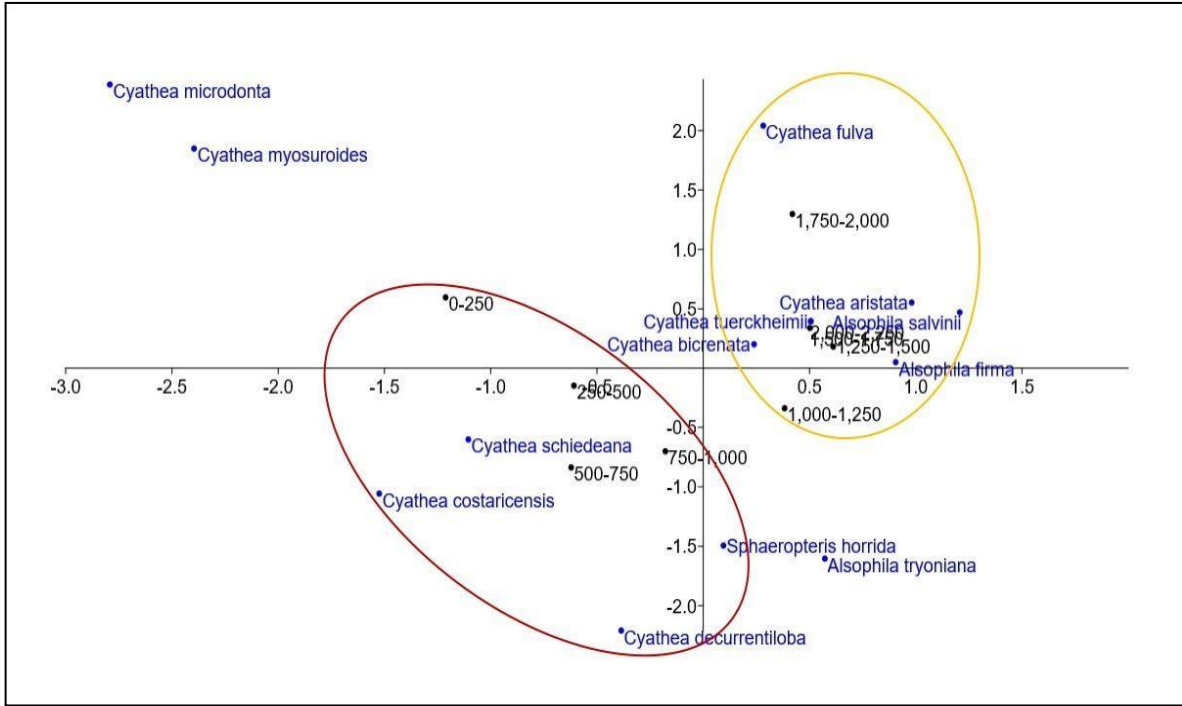


Figura 12. Análisis de correspondencia entre número de registros de Cyatheaceae y rangos altitudinales en el estado de Veracruz, México.

## 7.2 Evaluación del estado de conservación según IUCN

El análisis de las áreas de distribución de las especies para el estado de Veracruz, de acuerdo con los umbrales definidos por la IUCN (Tabla 4), demostraron que la extensión de presencia (EOO) excede los 20,000 km<sup>2</sup> para *Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *C. schiedeana*, *C. tuerckheimii*. Sin embargo, en cuanto a su área de ocupación (AOO), todas se encontraban distribuidas en un área menor a 500 km<sup>2</sup> y mayor a 10 km<sup>2</sup>, por lo que se podrían considerar “en peligro” (EN). Sin embargo, *A. firma* es una especie común con una amplia distribución, así que se considera que el EOO presenta un resultado más real.

Tabla 4. Valores obtenidos de EOO, AOO y número de localidades, hábitat (SAP: Selva alta perennifolia; SBC: Selva baja caducifolia; BMM: Bosque mesófilo de montaña; BQ: Bosque de *Quercus*; BPQ: Bosque de *Pinus-Quercus*) y categoría de riesgo a nivel regional según IUCN (CR: Peligro crítico; EN: En Peligro; VU: Vulnerable; NT: Casi amenazada; LC: Preocupación menor; las abreviaturas se refieren a los términos en inglés) correspondientes a las 13 especies de Cyatheaceae presentes en Veracruz.

ESPECIE	EOO	AOO	LOCALIDADES	HÁBITAT	CATEGORÍA
<i>Alsophila firma</i>	56,456	324	18	SAP-SBC-BMM-BQ	LC
<i>Alsophila salvinii</i>	181	20	2	BMM	EN
<i>Alsophila tryoniana</i>	2,972	44	6	SAP-BMM-BQ	EN
<i>Cyathea aristata</i>	97	28	1	SAP-BMM	CR
<i>Cyathea bicrenata</i>	19,647	128	8	SAP-SBC-BMM-BQ-BPQ	VU
<i>Cyathea costaricensis</i>	17,434	60	6	SAP-SBC-BMM	VU
<i>Cyathea decurrentiloba</i>	175	20	3	SAP-BMM-BQ	EN
<i>Cyathea fulva</i>	43,067	68	9	SAP-SBC-BMM-BQ-BPQ	NT
<i>Cyathea microdonta</i>	3,845	16	4	SAP-SBC-BMM	EN
<i>Cyathea myosuroides</i>	4,203	44	8	SAP-SBC-BMM	EN
<i>Cyathea schiedeana</i>	33,094	88	12	SAP-SBC-BMM-BQ	NT
<i>Cyathea tuerckheimii</i>	31,323	72	8	SAP-SBC-BMM-BQ-BPQ	NT
<i>Sphaeropteris horrida</i>	18,869	52	9	SAP-BMM-BQ-BPQ	VU

De acuerdo con los valores del EOO, hay nueve especies en una categoría de riesgo según IUCN y cuatro que no fueron consideradas como amenazadas a nivel regional. *Cyathea aristata*, es la única especie que se clasificó como en “peligro

crítico" (CR) en Veracruz, ya que presentó un EOO menor a 100 km<sup>2</sup> con solo una localidad y un hábitat altamente amenazado.

Cinco especies se categorizaron como "en peligro" (EN) para Veracruz por tener un EOO menor a 5,000 km<sup>2</sup> y AOO menor a 500 km<sup>2</sup>. *Alsophila salvinii* es un caso extremo, pues sólo se registró en dos localidades, una de las cuales está muy fragmentada. *Alsophila tryoniana*, *Cyathea decurrentiloba*, *C. microdonta* y *C. myosuroides* presentan registros en tres a ocho localidades, dos o más de ellos con impacto antropogénico. Las especies consideradas en este estudio como "vulnerable" (VU), que presentan un EOO menor 20,000 km<sup>2</sup> y un AOO menor 2,000 km<sup>2</sup> en Veracruz son: *Cyathea bicrenata* y *C. costaricensis* con distribución en seis y ocho localidades, así como *Sphaeropteris horrida* con nueve localidades, cuyo hábitat se encuentra amenazado, lo que compromete la supervivencia de esta especie a futuro.

Las especies "casi amenazadas" (NT) en Veracruz, por presentar un EOO mayor a 20,000 km<sup>2</sup> son *Cyathea fulva* y *C. tuerckheimii* presentes en ocho y nueve localidades, respectivamente y en hábitats que presentan un grado de perturbación alto. Un caso ambiguo que raya con los de "preocupación menor" es *C. schiedeana*, ya que se encuentra en 12 localidades, con hábitat amenazado.

Finalmente, de "preocupación menor" (LC) en Veracruz, debido a su amplia extensión geográfica, se encuentra *Alsophila firma* que ocurre en 18 localidades y se puede encontrar en los diferentes tipos de vegetación.

### 7.3 Evaluación de riesgo de extinción de plantas en México según NOM-059-SEMARNAT-2010

Las categorías asignadas en cuanto al análisis realizado con la evaluación del MER, demostraron que ocho de las 13 especies de Cyatheaceae se encuentran en "peligro de extinción" (P), tres se encuentran "amenazadas" (A) y dos están "sujetas a protección especial" (Pr) para el estado de Veracruz (Tabla 5).

Tabla 5. Categoría asignada a nivel regional (A: Amenazada; P: En Peligro de Extinción; Pr: Sujeta a Protección Especial) al estado de conservación de las 13 especies de Cyatheaceae presentes en Veracruz de acuerdo con la evaluación del MER, indicando las categorías registradas en la versión antigua y actualizada de la NOM-059-SEMARNAT 2010.

ESPECIE	I. RAREZA			I. IMPACTO ANTROPOGÉNICO	TOTAL	NOM-059 - SEMARNAT-2010	NOM-059- SEMARNAT-2010 (ACT.)	CATEGORÍA ASIGNADA
	A	B	C	D				
<i>Alsophila firma</i>	0.55	0.22	0	0.6	1.37	Pr	P	P
<i>Alsophila salvinii</i>	0.82	0.56	0	0.5	1.87	Pr	Pr	P
<i>Alsophila tryoniana</i>	0.73	0.56	0	0.5	1.78			P
<i>Cyathea aristata</i>	0.91	0.56	0	0.7	2.16	Pr	Pr	P
<i>Cyathea bicrenata</i>	0.64	0.33	0	0.4	1.37	Pr	Pr	A
<i>Cyathea costaricensis</i>	0.64	0.67	0	0.4	1.70	P	P	A
<i>Cyathea decurrentiloba</i>	0.91	0.67	0	0.6	2.18	Pr		P
<i>Cyathea fulva</i>	0.55	0.11	0	0.3	0.96	Pr	Pr	Pr
<i>Cyathea microdonta</i>	0.82	0.89	0	0.5	2.21			P
<i>Cyathea myosuroides</i>	0.64	0.22	0	0.3	1.16			Pr
<i>Cyathea schiedeana</i>	0.55	0.56	0	0.4	1.50	Pr	Pr	A
<i>Cyathea tuerckheimii</i>	0.64	0.22	0	0.5	1.36		Pr	P
<i>Sphaeropteris horrida</i>	0.55	0.56	0	0.5	1.60	Pr	Pr	P

Las especies que obtuvieron un puntaje superior a 0.4 de acuerdo con el criterio D del MER, se consideran como especies en “peligro de extinción” (P) en Veracruz, de acuerdo con su inclusión por vía directa como lo establece la NOM-059 (ver tabla 2) son: *Alsophila firma*, *A. salvinii*, *A. tryoniana*, *Cyathea aristata*, *C. decurrentiloba*, *C. microdonta*, *C. tuerckheimii* y *Sphaeropteris horrida*.

Las especies con valores mayores a 0.3 y menores a 0.4 que por vía directa se ubican como especies “amenazadas” (A), además de presentar poblaciones hiperdispersas, son: *Cyathea bicrenata*, *C. costaricensis* y *C. schiedeana*.

Finalmente, las especies sujetas a “protección especial” (Pr) con un valor igual o mayor a 0.3 son: *Cyathea fulva* y *C. myosuroides*.



## 8. Discusión

Según los resultados obtenidos, la hipótesis planteada inicialmente ha sido confirmada: la mayoría de las 13 especies de Cyatheaceae registradas para Veracruz presenta un reducido número de localidades y se encuentra en hábitats fragmentados y perturbados que amenazan a sus poblaciones. Este aspecto ya fue señalado en otra evaluación para dos especies de Cyatheaceae en Hidalgo, México (Pérez-Paredes et al., 2014). Por lo tanto, la evaluación del estado de conservación corroboró colateralmente el deterioro de sus hábitats como principal problema a la que están sujetas las especies. Estas fueron clasificadas en diferentes categorías de riesgo a nivel regional, por lo que las colecciones, así como los estándares internacionales de la IUCN y federales mexicanos, permitieron conocer su estado de conservación en Veracruz.

En las últimas dos décadas se observa una disminución en el ritmo de recolecta de estas especies, debido probablemente a los escasos fondos para la realización de trabajos florísticos, el declive del interés científico en la rama de la botánica-taxonómica, así como el déficit presupuestario que también provoca dicho declive (Funk, 2014; Villaseñor et al., 2018; Crisci et al., 2019; Britz et al., 2020). Sin embargo, las colecciones representan un gran valor científico, ya que constituyen una fuente fundamental de datos para trabajos estadísticos e investigaciones basadas en ecología, biogeografía y conservación (Crisci y Katinas, 2017).

Entre los recolectores más antiguos de Cyatheaceae en Veracruz se encuentran C.G. Pringle, con recolecta en Orizaba y Xalapa, seguido por C.L. Smith en Coatzacoalcos; C.A. Purpus en Xalapa y Zacualpan y C.R. Orcutt en Chinameca y Córdoba, durante los 1880s y principios de 1900s. Sin embargo, los bosques donde se obtuvieron los especímenes han sido transformados por el crecimiento poblacional e industrial (Agüero-Rodríguez, 2010). Entre 1940 y 1950, F. Miranda recolectó en Coatzacoalcos, Coscomatepec y Tlapacoyan; R.M. Tryon en Orizaba y G.P. DeWolf en Fortín; ellos reportaron una cubierta forestal natural que actualmente ya no se observa. Lo anterior se debe a la extracción de madera

dirigida a la industria de la construcción y uso combustible, así como la promoción de actividades agrícolas y ganaderas de manera preponderante (Gerez-Fernández y Pineda-López, 2011). A finales de los 1960s hasta principios de los 1980s R. Riba y A. Gómez-Pompa acopiaron una gran cantidad de recolectas en diversos municipios, como parte de varios proyectos de investigación que culminan en el fascículo de la Flora de Veracruz para esta familia (Riba, 1981; Gómez-Pompa et al., 2010).

La mayor proporción de las colectas se realizó en el periodo de 1980 a 1999, vinculado al proyecto de la Flora de Veracruz y al programa institucional del Herbario Nacional del Instituto de Biología de la UNAM, con el objetivo de fomentar sus actividades, promoviendo colecciones en una región tropical importante, basada en la experiencia de proyectos de otras zonas tropicales (Gómez-Pompa et al., 2010). Sobre todo, en la región de Los Tuxtlas, que es una de las áreas de mayor biodiversidad, altamente colectada e impulsada por la investigación científica realizada en la reserva de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", por lo que no es sorprendente que muchos de los especímenes de Cyatheaceae se hayan colectado ahí (Gómez-Pompa et al., 2010; Coates, 2017).

Al comparar el hábitat de Cyatheaceae con otros taxa evaluados a nivel estatal con fines de conservación, como es el caso de los helechos grammitoides (Krömer et al., 2013) y licófitos del género *Phlegmariurus* (Armenta-Montero et al., 2015), los cuales en algunos aspectos tienen afinidad ecológica, dado que ocurren en entornos similares, se ha demostrado que estas suelen ser sensibles al disturbio antropogénico (Krömer et al., 2013; Armenta-Montero et al., 2015; Carvajal-Hernández et al., 2017). La comparación de estas afinidades ecológicas con respecto a Cyatheaceae, permite inferir el riesgo en el que se encuentran diferentes grupos de pteridofitas. La coincidencia radica en que la pérdida de su hábitat pone en riesgo a las poblaciones de dichas especies y de muchas otras también, que se encuentran el mismo hábitat.

La presente evaluación mostró que el 69% de las especies de Cyatheaceae analizadas tienen áreas de distribución restringidas y crecen en hábitats

amenazados por la pérdida continua y fragmentación de la vegetación natural, principalmente de selva alta perennifolia y bosque mesófilo de montaña (Guevara *et al.*, 2004; Ellis *et al.*, 2011). Similarmente, los casos de *Araceae*, *Peperomia*, *Phlegmariurus* y helechos grammitoides documentan que la deforestación y la fragmentación, así como la falta de áreas protegidas que incluyan bosques tropicales y montanos húmedos, son las principales causas para que las especies se encuentren en alguna categoría de riesgo, según los criterios de la IUCN a nivel regional (Krömer *et al.*, 2013; Armenta-Montero *et al.*, 2015; Vergara-Rodríguez *et al.*, 2017; Krömer *et al.*, 2019).

Los tipos de vegetación donde crece la mayoría de las especies de Cyatheaceae corresponden al intervalo de altitud entre los 1,000 a 1,750 m y 250 a 500 m, donde se desarrollan los bosques montañosos y tropicales con alta humedad, aspecto que se comparte con muchas especies de helechos (Tejero-Díez *et al.*, 2011, Acebey *et al.*, 2015; Carvajal-Hernández y Krömer, 2015). Lamentablemente, en Veracruz el bosque mesófilo y la selva alta son dos de los ecosistemas más amenazados (Ellis *et al.*, 2011), de manera que, si estos ecosistemas siguen disminuyendo su tamaño, las poblaciones de Cyatheaceae declinarán inevitablemente.

Varios estudios demostraron que una gran cantidad de especies de helechos, incluidos Cyatheaceae, disminuyen en riqueza y tamaño de sus poblaciones con la modificación de la estructura de los bosques naturales, que provoca cambios en el microclima; por ello se pueden considerar indicadores de la calidad ambiental (Mehltreter, 2010; Carvajal-Hernández *et al.*, 2014, 2017; Krömer *et al.*, 2014). Este tipo de especies no tolerantes al impacto antrópico son propias de bosques maduros (Krömer *et al.*, 2013; Armenta-Montero *et al.*, 2015), por lo que son las candidatas para formar parte de las Listas Rojas de conservación en muchos países neotropicales.

Una forma de evaluar la condición de fidelidad a los sistemas naturales maduros, considera el valor del área de ocupación (AOO), el cual señala que todas las especies analizadas se distribuirían en un área restringida y deberían ser clasificadas como “en peligro” (EN). Sin embargo, en las especies analizadas se

encontraron contrastes en sus áreas de distribución que demostraron que la categorización basada en la extensión de presencia (EOO) parece ser un parámetro más acorde a lo observado en los datos crudos. Por ejemplo, se presentaron especies comunes y con una amplia distribución a lo largo de todo el Estado, como *Alsophila firma*, mientras que la distribución de *Cyathea aristata* en Veracruz se limita al volcán Santa Marta en Los Tuxtlas. En esos casos extremos, el AOO es similar en ambas especies, pero en cuanto a los valores del EOO son muy contrastantes, así, el resultado es más real al momento de determinar su estado de conservación. Sin embargo, en este tipo de evaluación influye la intensidad de recolectas que afecta los valores de presencia y extensión de ocurrencia; por lo tanto, se espera que una mayor exploración en determinadas áreas produzca mayor número de registros y/o localidades que amplíen el conocimiento de la distribución y riqueza de las especies en la actualidad. Por ello, un aumento en los registros brindaría una mayor certeza en las evaluaciones del estado de conservación.

La evaluación sobre el estado de conservación, de acuerdo con los criterios de la IUCN, también se ha aplicado para los helechos de la familia Cyatheaceae en otros países neotropicales; Kessler et al. (2006) indican que en Bolivia seis de un total de 40 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo según la Lista Roja. Algo diferente es la situación en Colombia donde 71 de 91 especies de Cyatheaceae se encuentran en una categoría de riesgo, principalmente por sus usos culturales (Sierra-Giraldo, 2020), mientras que en Guatemala para esta familia, ocho de 21 especies se encuentran clasificadas como altamente vulnerables y otras tres como vulnerables (Véliz-Pérez y Vargas-Ponce, 2006). Por otro lado, en Myanmar cuatro de un total de 12 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo (Khine y Schneider, 2020). Finalmente, en la India, a pesar de que las 11 especies de Cyatheaceae están incluidas en el Libro Rojo de la IUCN, no se ha adoptado una estrategia especial para la protección de estas especies (Mishra y Behera, 2020).

Para el caso de las 13 especies de Cyatheaceae consideradas en este estudio, ninguna se incluye formalmente en alguna categoría de riesgo en la Lista Roja de la IUCN (2020). Esto podría deberse a que algunas tienen poblaciones abundantes

y se distribuyen desde México hasta Sudamérica. Es claro que las especies amenazadas a nivel regional no necesariamente lo están en el mundo, ya que pueden ser raras y habitar en ecosistemas bajo fuerte presión antrópica en una región o país, pero seguir siendo comunes en otros países (Krömer et al., 2019). La mayor parte de las especies de Cyatheaceae en Veracruz tienen una distribución en Centro y Sudamérica, pero en el Estado muchas de ellas presentan poblaciones muy dispersas en hábitats altamente fragmentados o destruidos. Solo *Cyathea aristata* es endémica del país con pocas recolectas, condición relevante en una evaluación de riesgo regional y consecuentemente global (Mehltreter, 2010).

En la evaluación con respecto a los criterios del MER para Veracruz, se demostró que ocho de las 13 especies de Cyatheaceae se encuentran en “peligro de extinción” (P), tres se encuentran “amenazadas” (A) y dos están “sujetas a protección especial” (Pr), ya que presentaron poblaciones pequeñas o un alto índice de impacto antropogénico en su hábitat, según la NOM-059-SEMARNAT-2019. Un caso similar encontraron Pérez-Paredes et al. (2014), que demostraron que el establecimiento y la sobrevivencia de las poblaciones de *Alsophila firma* y *Cyathea fulva* dependen en gran medida de la conservación del bosque mesófilo de montaña debido a que, por su capacidad de tolerancia a la sombra, requieren de la existencia de cierto grado de cobertura vegetal. Por lo tanto, al ser un hábitat vulnerable, los autores ubican a dichas especies en una categoría dentro de la NOM-059.

Por otro lado, se resolvieron problemas taxonómicos de sinonimia, ya que la falta de actualización en los listados oficiales hace que el trabajo científico no coincida (Arias et al., 2005). Por ejemplo, en la NOM-059-SEMARNAT-2010, *Alsophila firma* aparece catalogada con dos nombres diferentes; es decir, con el nombre de *A. firma* se indica en la categoría de riesgo “sujeta a protección especial” (Pr), mientras que con el nombre de *Nephelea mexicana* (= *Cyathea mexicana*) está categorizada como “en peligro” (P). A pesar de estos errores nomenclaturales en la lista de las especies en la NOM-059-SEMARNAT-2010, el MER puede ser también un instrumento muy útil para la conservación de especies, debido a que incluye elementos de análisis que se consideran eficaces, tal como Carvajal-Hernández et al. (2020) hicieron para la especie de cícada *Ceratozamia miqueliana* (endémica de

Chiapas, Tabasco y Veracruz) y Valverde et al. (2009), para el cactus *Mammillaria pectinifera* (endémica de Oaxaca y Puebla).

Este estudio demuestra que la mayoría de las especies de Cyatheaceae se encuentran amenazadas a nivel regional, es por ello necesario aplicar este tipo de evaluación en el contexto nacional, toda vez que fortalecería la actualización de las categorías de riesgo, e incluso se podría aplicar a otros grupos taxonómicos (Krömer et al., 2019). Dado que no existe equivalencia exacta entre las categorías de riesgo del MER y de la IUCN (Tambutti et al., 2001), en este estudio se logró detectar que, aunque hay gran variación en las equivalencias entre los valores de EOO y AOO y los criterios del MER, la categoría de especie en peligro de extinción de la Norma Oficial Mexicana coincide parcialmente con las categorías en “peligro crítico” (CR) y “en peligro” (EN) de la clasificación de la IUCN (NOM-059-SEMARNAT-2002; Arias et al., 2005).

Cabe destacar que tanto para el MER como el método de la IUCN se incorpora información de distintas fuentes, como bases de datos florísticos, recolectas y ejemplares de herbario, por lo tanto, la evaluación dependerá de la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos. Las decisiones sobre los puntajes asignados a cada uno de sus criterios aplicados a las 13 especies de Cyatheaceae presentes en Veracruz, se documentaron y argumentaron con base en la mejor información disponible. Es indudable que los valores asignados a uno o más de los criterios del MER son susceptibles de modificación a la luz de los resultados que aporten futuras investigaciones; no obstante, esto no implicaría necesariamente un cambio substancial en el estatus de conservación de cada uno de ellos.

## 9. Conclusión

Se analizaron para este trabajo 13 especies de Cyatheaceae presentes en el estado de Veracruz que se distribuyen principalmente en el bosque mesófilo de montaña y la selva alta perennifolia, ubicados entre los 1,000 a 1,750 m y 250 a 500 m de altitud respectivamente. El enorme impacto debido al cambio de uso de suelo en estas formaciones vegetales del Estado ha mermado notablemente la abundancia de las poblaciones de la familia Cyatheaceae y favorecido su separación geográfica, lo que podría poner en peligro la genética de las especies censadas por fenómenos de depresión endogámica, aspectos que deberían ser evaluados urgentemente en el futuro.

Otro punto relevante para destacar, es la necesidad de actualizar constantemente los listados de especies en peligro que se presentan contenidos en los documentos oficiales, tanto nomenclaturalmente como las categorías de peligro que se etiquetan. Para una evaluación correcta de este tipo de especies, asociadas a hábitats maduros y que reaccionan negativamente ante los impactos antrópicos, estas deben ser monitoreadas mediante continuas recolectas de campo que se depositen en los herbarios para su consulta. Sólo así, podrán ser evaluados los impactos que el hombre propició no sólo a dichas especies, si no a los hábitats mismos donde estas medran.

De las 13 especies evaluadas, una es endémica disyunta (*Cyathea aristata*) con poblaciones reducidas a hábitats sujetos a cambios de uso de suelo, por lo que debe tener el máximo valor de protección. Con relación a las demás especies, se considera que al menos ocho (*Alsophila firma*, *A. salvinii*, *A. tryoniana*, *C. decurrentiloba*, *C. microdonta*, *C. tuerckheimii* y *Sphaeropteris horrida*) deberían tener el grado de “en peligro de extinción” (P), tres (*Cyathea bicrenata*, *C. costaricensis* y *C. schiedeana*) “amenazadas” (A) y dos (*Cyathea fulva* y *C. myosuroides*) “sujetas a protección especial” (Pr) de acuerdo con los lineamientos del MER. Con ciertas divergencias, estos resultados coinciden con la evaluación según los criterios de la UICN, donde es más importante el tamaño de la población y la magnitud de la distribución geográfica.

Los estudios de especies que son afectadas negativamente por el impacto antrópico proporcionan un doble rasero evaluativo; por un lado, protección a la biodiversidad y por el otro, una advertencia o indicador biológico acerca del estado de conservación de los hábitats naturales. La protección *in situ* de las especies de Cyatheaceae, es decir la conservación de sus hábitats naturales, debe ser de alta prioridad, ya que sufren de un alto grado de fragmentación y muchos sitios donde antiguamente se realizaron recolectas han sido transformados. Del mismo modo se realza la importancia de la conservación *ex situ* (cultivo en jardines botánicos mexicanos y extranjeros) de aquellas especies que son endémicas o están en peligro (Gómez-Pompa et al., 2010). Otra opción viable podría ser la creación de invernaderos o viveros comunitarios municipales o rurales en el marco de una Unidad de Manejo de Vida Silvestre (UMA; Robles, 2009; Avila-Foucat y Pérez-Campuzano, 2015). Solo con este tipo de estrategias se dará respuesta a los compromisos suscritos por nuestro país en la agenda 2000 en cuanto a la conservación mundial de la biodiversidad.



## 10. Referencias

- Acebey, A. R., Krömer, T., Vázquez-Torres, M. y Tejero-Díez, J. D. (2015). Helechos y licófitos de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Botanical Sciences*, 93 (2),1-32.
- Agüero-Rodríguez, J. C. (2010). Entre las demandas reivindicativas y ambientales. Conflictos por el agua en la zona metropolitana Córdoba-Orizaba, Veracruz, 1990-2006. Biblioteca Digital de Humanidades. Universidad Veracruzana, Xalapa. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 26 (2), 507-514. Recuperado el 14 de julio de 2020 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6428439>
- Arens-Cristal, N. y Sánchez-Baracaldo, P. (1998). Distribution of tree ferns (Cyatheaceae) across the successional mosaic in an Andean Cloud Forest, Nariño, Colombia. *American Fern Journal*, 88 (2), 60-71.
- Arias, S., Ulises, G. Mandujano, M.C. Soto M. y Golubov, J. (2005). Las especies mexicanas de cactáceas en riesgo de extinción. I. Una comparación entre los listados NOM-059- ECOL-12001 (México), La Lista Roja (UICN) y CITES. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 50 (4),100-125.
- Armenta-Montero, S., Carvajal-Hernández, C. I., Ellis, E. A. y Krömer, T. (2015). Distribution and conservation status of *Phlegmariurus* (Lycopodiaceae) in the state of Veracruz, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 8, 114-137.
- Avila-Foucat, V. S. y Pérez-Campuzano, E. (2015). Municipality socioeconomic characteristics and the probability of occurrence of wildlife management units in Mexico. *Environmental Science and Policy*, 45 (1), 146-153.
- Bernabe, N., Williams, G. y Palacios, R. M. (1999). Tree ferns in the interior and at the edge of a Mexican cloud forest remnant: spore germination and sorophyte survival and establishment. *Biotropica*, 31 (1), 83-88.
- Britz, R., Hundsdörfer, A. y Fritz, U. (2020). Financiación, capacitación, permisos: los tres grandes desafíos de la taxonomía. *Megataxa*, 1 (1), 49-52.

Brummitt, N., Aletrari, E., Syfert, M. M. y Mulligan, M. (2016). Where are threatened ferns found? Global conservation priorities for pteridophytes. *Journal of Systematics and Evolution*, 54(6), 604-616.

Bystriakova, N., Schneider, H. y Coomes, D. (2011). Evolution of the climatic niche in scaly tree ferns (Cyatheaceae, Polypodiopsida). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 165,1-19.

Carvajal-Hernández, C. I., Krömer, T., y 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., y 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. y 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.

Carvajal-Hernández, C. I. Juárez-Fragoso, M. A., Armenta-Montero, S., Demeneghi-Calatayud, A. P. y Vázquez-Torres, M. (2020). Different criteria for evaluation of the conservation status of *Ceratozamia miqueliana* (Zamiaceae). *Tropical Conservation Science* 13, 1-12.

Castillo-Campos, G. (1995). Ecología del paisaje del municipio de Jalcomulco, Veracruz, tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 192 pp.

Castillo-Campos, G. y Laborde-Dovalí, J. (2004). La vegetación. En S. Guevara, J. Laborde y G. Sánchez-Ríos (Eds.), Los Tuxtlas: el paisaje de la sierra. Instituto de Ecología, Unión Europea. Xalapa, México, 231-265 pp.

Castillo-Campos, G., Avendaño R., S. y Medina A., M. E. (2011). Flora y Vegetación. En Conabio (Eds.), La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado 1 (1). México:

CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C., 163-179 pp.

Coates, R. I. (2017). La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas desde su fundación. (pp. 13-23). Avances y perspectivas en la investigación de los bosques tropicales y sus alrededores: La Región de Los Tuxtlas. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

CITES - sitio web. FAO y el Cuadro Especial de Expertos para la evaluación de la propuesta de modificación de los Apéndices de la CITES. FI Institutional Websites. Texto de Vasconcellos M., Cardia F. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Roma. Recuperado 12 junio, 2019 de: <http://www.fao.org/fishery/>

Crisci, J.V. y Katinas, L. (2017). Las colecciones de historia natural: Memoria colectiva de la humanidad. *Revista Museo*, 29, 23-30.  
<http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/64282/>

Crisci, J. V., Apodaca, J. M. y Katinas, L. (2019). El fin de la Botánica. División Plantas Vasculares. Facultad de Ciencias Naturales y Universidad Nacional de La Plata, Argentina. *Revista Museo*, 4 (1), 41-50.

Davidse, G., Sousa Sánchez, M. y Knapp, S. (1995). Psilotaceae a Salviniaceae. 1: (1)-21, 1-470. En G. Davidse, M. Sousa Sánchez y A. O. Chater (Eds.), *Flora Mesoamericana*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.

Eleutério, A. A. y Pérez-Salicrup, D. (2006). Management of tree ferns (*Cyathea* spp.) for handicraft production in Cuetzalan, Mexico. *Economic Botany*, 60 (2), 182-186.

Ellis, A., Martínez B. M. y Monroy I. R. (2011). Focos rojos para la conservación de la biodiversidad. En Conabio (Eds.), *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. 1 (1). México: CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C., 351-367 pp.

Funk, V. (2014). The erosion of collection-based science: Alarming trend or coincidence? *The Plant Press*, 17 (4), 1-13.

Gerez-Fernández, P. y Pineda-López, M. (2011). Los bosques de Veracruz en el contexto de una estrategia estatal REDD. *Madera y Bosques*, 17 (3), 7-27.

Giraldo, G. F. y Mejía, S. P. (2002). Helechos arbóreos de Antioquia, Medellín Colombia. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe. Recuperado 10 noviembre, 2018 de: [http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR\\_CN\\_3099\\_2001\\_1.pdf](http://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/FLORA/AIRNR_CN_3099_2001_1.pdf)

Gómez-Pompa, A. (1978). *Ecología de la vegetación del estado de Veracruz*, CECSA/INIREB, Xalapa, Ver., 91 pp.

Gómez-Pompa, A., Krömer, T. y Castro-Cortés, R. (2010). Atlas de la flora de Veracruz, Un patrimonio natural en peligro. Xalapa, México. Gobierno del Estado de Veracruz para Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana, Universidad Veracruzana, 528 pp.

Gotsch, S. G., Carter-Berry, Z., Holwerda, F., Muñoz-Villers, L. E. y Asbjorsen, H. (2016). Slope position influences vegetation atmosphere Interactions in a tropical montane cloud forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 221, 207-218.

Guevara, S., Laborde D., J. y Sánchez-Ríos, G. (2000). La Reserva de La Biosfera Los Tuxtlas. Documento de trabajo. Programa de cooperación sur-sur sobre desarrollo socioeconómico ambientalmente adecuado en los trópicos húmedos. UNESCO. París, Francia, 49 pp.

Guevara, S., Laborde D., J. y Sánchez-Ríos, G. (2004). Rain forest regeneration beneath the canopy of fig trees isolated in pastures of Los Tuxtlas, Mexico. *Biotropica* 36 (1), 99-108.

Hassler, M. y Schmitt, B. (2019). Lista de verificación de helechos y licófitos del mundo. World Ferns. Versión 8.01. Recuperado 25 junio, 2019 de: <https://worldplants.webarchiv.kit.edu/ferns/>

INEGI. (2017). Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación, escala 1:250, 000; serie VI. México, 204 pp.

INEGI. (2007). Carta de Uso del Suelo y Vegetación. Serie IV, 1:250 000. INEGI, México, D. F.

INEGI. (2012). Perspectiva estadística Veracruz de Ignacio de la Llave. Recuperado 18 septiembre, 2018 de: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd\\_perspect/ver/Pers-ver.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd_perspect/ver/Pers-ver.pdf).

IUCN. (2012). Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels: Version 4.0. *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources Gland, Switzerland and Cambridge, UK*.

IUCN. (2019). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-1. Recuperado 15 septiembre, 2018 de: <http://www.iucnredlist.org/>.

IUCN. (2020). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. Recuperado 14 julio 2020 de: <http://www.iucnredlist.org/>.

Kessler, M., Betz, L. y Roedde, S. (2006). Red List of the Pteridophytes of Bolivia. Recuperado 23 junio, 2020 de: [www.fernsofbolivia.uni-goettingen](http://www.fernsofbolivia.uni-goettingen).

Khine, P. K. y Schneider, H. (2020). First assessment of pteridophytes composition and conservation status in Myanmar. *Global Ecology and Conservation*, e00995. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e00995>

Korall, P., Pryer, K. M., Metzgar, J. S., Schneider, H. y Conant, D. S. (2006). Tree ferns: Monophyletic groups and their relationships as revealed by four protein-coding plastid loci. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39 (1), 830-845.

Korall, P., Pryer, K. y Schuettpelz, E. (2010). Abrupt deceleration of molecular evolution linked to the origin of arborescence in ferns. *Evolution*, 64 (9), 2786-92.

Krömer, T., Acebey, A. R. y Smith, A. R. (2007). *Thelypteris tuxtliensis* (Thelypteridaceae), a new species in subgenus *Goniopteris* from Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *American Fern Journal*, 97 (3), 136-140.

Krömer, T., Acebey, A. R. y Smith, A. R. (2013). Taxonomic update, distribution and conservation status of grammitid ferns (Polypodiaceae, Polypodiopsida) in Veracruz State, Mexico. *Phytotaxa*, 82 (1), 29-44.

Krömer, T., García-Franco, J. G. y Toledo-Aceves, T. (2014). Epífitas vasculares como bioindicadores de la calidad forestal: impacto antrópico sobre su diversidad y composición. En C.A. González-Zuarth, A. Vallarino, J.C. Pérez-Jiménez y A.M. Low-Pfeng (Eds.), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) – El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México, D. F. y Campeche, 605-623 pp.

Krömer, T., Acebey, A. R. Armenta-Montero, S. y Croat, T. B. (2019). Diversity, distribution, and conservation status of Araceae in the state of Veracruz, Mexico. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 104, 10-32.

Lehnert, M. (2016). A synopsis of the exindusiate species of *Cyathea* (Cyatheaceae-Polypodiopsida) with bipinnate-pinnatifid or more complex fronds, with a revision of the *C. lasiosora* complex. *Phytotaxa*, 243, 1-53.

Lehnert, M. y Weigand, A. (2016). A synopsis of the Neotropical species of *Cyathea* (Cyatheaceae; Polypodiopsida) with bipinnate fronds. *Brittonia*, 69, 71-90.

Mehltreter, K. Flores-Palacios, A. y García-Franco, J. G. (2005). Host preferences of low-trunk vascular epiphytes in a cloud forest of Veracruz, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 651-660.

Mehltreter, K. y García-Franco, J. G. (2008). Leaf phenology and trunk growth of the deciduous tree fern *Alsophila firma* (Baker) D. S. Conant in a lower montane Mexican forest. *American Fern Journal*, 98, 1-13.

Mehltreter, K. (2010). Fern Conservation. En K. Mehltreter, L. R. Walker, y M. J. Sharpe (Eds.), *Fern Ecology*. Cambridge University Press, Nueva York, 323-359 pp.

Mickel, J. T. y Smith, A. R. (2004). The pteridophytes of México. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 88, 1-1054.

Miller, K., Chang, E. y Johnson, N. (2001). In search of a common ground for the Mesoamerican biological corridor. World Resources Institute. Whashington, USA, 45 pp.

Mishra, N. y Behera, S. K. (2020). Tree ferns and giant ferns in India: Their significance and conservation. Springer, Singapore. *Environmental Concerns and Sustainable Development*, 45-62.

Moran, R. C y Riba, R. (1995). Flora Mesoamericana, Psilotaceae a Salviniaceae. México: UNAM. Missouri Botanical Garden, The Natural History Museum. *Vol. 1*

Moran, R. C., Klimas, S. y Carlsen, M. (2003). Low-trunk epiphytic ferns on tree ferns versus angiosperms in Costa Rica. *Biotropica*, 35(1), 48-56.

Ospina-Riaño, K., Briones, O. y Pérez-García, B. (2015). Spore germination of three tree fern species in response to light, water potential, and canopy openness. *American Fern Journal*, 105 (2), 59-72.

Palacios-Ríos, M. (1992). Las Pteridofitas del estado de Veracruz, México. Tesis de Maestría. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F.

Pérez-Paredes, M., Sánchez-González, G. A. y Tejero-Díez, J. D. (2014). Estructura poblacional y características del hábitat de dos especies de Cyatheaceae del estado de Hidalgo. *Botanical Sciences*, 92 (2), 1-13.

PPG I. (2016). A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, 54, 563-603.

Ramírez-Barahona, S., Luna-Vega, I. y Tejero-Díez, J. D. (2011). Species richness, endemism, and conservation of American tree ferns (Cyatheales). *Biodiversity and Conservation*, 20, 59-72.

Riba, R. (1979). Botanical and ecological study of Uxpanapa River Region, Veracruz Pteridophytes [Mexico]. *Biotica*, 44 (3), 135-139.

Riba, R. (1981). Cyatheaceae. Flora de Veracruz. 17, 1-45.

Robles, B. R. (2009). Las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre y el corredor Biológico mesoamericano. Mexico City, Mexico: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Rodríguez-Luna, E., Gómez-Pompa, A., López, J. C., Velázquez-Rosas, N., Aguilar, Y. y Vázquez, M. (2011). Atlas de los espacios naturales protegidos de Veracruz. Xalapa: Secretaría de Educación y Gobierno del estado de Veracruz.

Rojas-Alvarado, A. F. (2001). Nuevas especies, nombres nuevamente utilizados y nuevas distribuciones en los helechos arborescentes (Filicales: Cyatheaceae) para el Neotrópico. *Revista de Biología Tropical*, 49 (2), 453-466.

Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Limusa. México, 504 pp.

Rzedowski, J. (2006). La vegetación de México. 1ra. Edición digital. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Sánchez-Ramos, G. y Dirzo, R. (2014). El Bosque Mesófilo de Montaña: Un ecosistema prioritario amenazado. En M. Gual-Díaz 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, D.F., México, 109-139 pp.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Recuperado 18 noviembre 2018, de: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010).

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2012). Informe de la situación del medio ambiente en México-Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y de desempeño ambiental. Recuperado 20 noviembre 2018, [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Informe\\_2012.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf)



Sierra-Giraldo, J. (2020). Monografía helechos arborescentes (Monilophyta con crecimiento arborescente). *CORPOAMAZONIA Mocoa*, Putumayo, Colombia, 1ra Edición.

Soto-Esparza., M. y Giddings, B. L. (2011). Clima. En Conabio (Eds.), *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Vol. 1. México: CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C., 35-52 pp.

Tambutti, M., Aldama, A., Sánchez, O., Medellín, R. y Soberón, J. (2001). La determinación del riesgo de extinción de especies silvestres en México. *Gaceta Ecológica*, 61, 11-21.

Tejero-Díez, J. D., Torres D., A., Mickel, J. T., Mehltreter, K. y Krömer, T. (2011). Pteridoflora de Veracruz. En Conabio (Eds.), *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Vol. 1. México: CONABIO, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C., 163-179 pp.

Toledo-Aceves, T., Meave, J. A., González-Espinosa, M. y Ramírez-Marcial, N. (2011). Tropical montane cloud forests: current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *Journal of Environmental Management*, 92 (3), 974-981.

Valverde, P. L., Zavala-Hurtado, J. A., Jiménez-Sierra, C., Rendon-Aguilar, B., Cornejo-Romero, A., Rivas-Arancibia, S., López-Ortega, G. y Pérez-Hernández, A. (2009). Evaluación del riesgo de extinción de *Mammillaria pectinifera*, cactácea endémica de la región de Tehuacán-Cuicatlán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80 (3), 219-230.

Vergara-Rodríguez, D., Mathieu, G., Samain, M. S., Armenta-Montero, S. y Krömer, T. (2017). Diversity, distribution, and conservation status of *Peperomia* (Piperaceae) in the state of Veracruz, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 10, 1940082917702383.

Véliz-Pérez, M. E. y Vargas-Ponce, J. M. (2006). Helechos arborescentes de Guatemala: distribución, diversidad, usos y manejo. Guatemala: Litografías Modernas, S. A.

Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87 (3), 559-902.  
<http://worldplants.webarchiv.kit.edu/ferns/>

Villaseñor, J. L., Ortiz, E. y Campos-Villanueva, A. (2018). High richness of vascular plants in the Tropical Los Tuxtlas region, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 11, 1940082918764259.

Anexo 1. Fichas técnicas de las especies de Cyatheaceae de Veracruz, indicando su distribución, especímenes representativos, colecciones examinadas, periodo de recolecta, ecología y estado de conservación. Abreviaciones de Estados mexicanos: Chis: Chiapas; Gro: Guerrero; Hgo: Hidalgo; Jal: Jalisco; Edo Méx: Estado de México; Mich: Michoacán; Nay: Nayarit; Oax: Oaxaca; Pue: Puebla; Qro: Querétaro; SLP: San Luis Potosí; Tab: Tabasco; Ver: Veracruz.

**1. *Alsophila firma*** (Baker) D.S. Conant, J. Arnold Arbor. 64: 372 (1983) (Figura 13).

Sinónimos: *Hemitelia firma* Baker, *J. Alsophila costalis* H. Christ, *A. furcata* H. Christ, *A. tenerifrons* H. Christ, *Cyathea arida* H. Christ, *C. firma* (Baker) Domin, *C. gemmifera* H. Christ, *C. mexicana* Schldl. et Cham., *C. patellaris* H. Christ, *C. trejoi* H. Christ, *Nephelea mexicana* (Schldl. et Cham.) R.M. Tryon.

**Distribución:** México (Chis, Hgo, Edo Méx, Oax, Pue, Qro, SLP y Ver); Guatemala, Belice, Honduras, Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Ecuador.

**Municipios de Veracruz:** Banderilla, Chiconquiaco, Chocaman, Coscomatepec, Huatusco, Huayacocotla, Misantla, Orizaba y Zongolica.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Coscomatepec, F. Miranda 4901 (MEXU, MO, UC, XAL); Zongolica, A. Castillo-Hernández et al. 336 (CHAPA, ENCB, MEXU, XAL).

**Colecciones examinadas:** 147

**Periodo de recolecta:** 1890-2011

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia, Selva Baja Caducifolia, Bosque Mesófilo de Montaña y Bosque de *Quercus*, entre los 0 y 1,750 m snm.

**Estado de Conservación:** *Alsophila firma* es una especie de “preocupación menor” (LC) en Veracruz. Se tienen muchos registros de recolectas y presenta una amplia distribución en las regiones que van de Norte a Sur, desde la Huasteca Alta, hasta los límites de la Olmeca, donde ocurre en 18 localidades dentro de nueve municipios (EOO: 56,456 km<sup>2</sup>; AOO de 324 km<sup>2</sup>). Sin embargo, el hábitat de la especie

actualmente está fragmentado debido al cambio de uso de la tierra, como es el caso de la continua deforestación, lo que en un futuro podría comprometer la seguridad de la especie.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “en peligro” (P) con un valor de 1.37 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.6, debido a alto nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón.

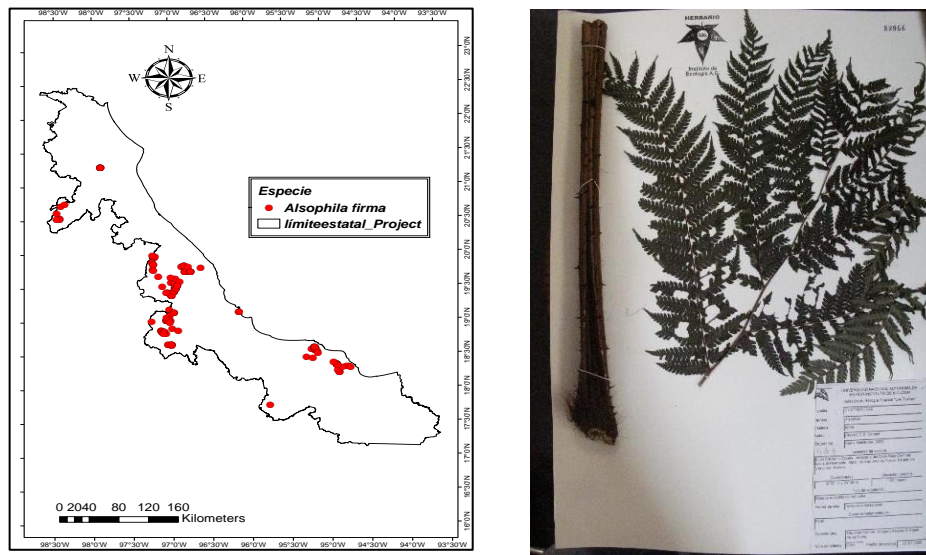


Figura 13. Izq. Mapa de distribución para la especie *Alsophila firma* en Veracruz; Der. Ejemplar T. Krömer et al. 2361 (XAL) del municipio de San Andrés Tuxtla.

## 2. *Alsophila salvinii* (Hook) Baker 36 (1866) (Figura 14).

Sinónimos: *Cyathea salvinii* (Hook.) Domin, *Alsophila muenchii* Christ.

**Distribución:** México (Chis, Oax y Ver); Guatemala, Belice, Honduras, Salvador, Nicaragua y Perú.

**Municipios de Veracruz:** Mecayapan, Pajapan y Soteapan.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Pajapan, M. Sousa 3604 (CHAPA, ENCB, MEXU, XAL); Soteapan, G. Castillo-Campos 17395 (MEXU, MO, UC, XAL).

**Colecciones examinadas:** 18

**Periodo de recolecta:** 1968-1998

**Ecología:** Bosque Mesófilo de Montaña, entre los 1,100-1,750 m snm.

**Estado de conservación:** *Alsophila salvinii* es una especie “en peligro” (EN) B1ab(i,ii,iii) en Veracruz. Se tienen pocos registros de recolectas y su distribución está delimitada a las regiones del Papaloapan y Los Tuxtlas, donde ocurre en dos localidades dentro de tres municipios (EOO: 181 km<sup>2</sup>; AOO: 20 km<sup>2</sup>), se considera una especie en peligro no solo por su área de ocupación o extensión, sino por las altas tasas de fragmentación en esta zona.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “en peligro” (P) con un valor de 1.87 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.5, debido a que existen indicadores de un deterioro en la calidad o extensión del hábitat.

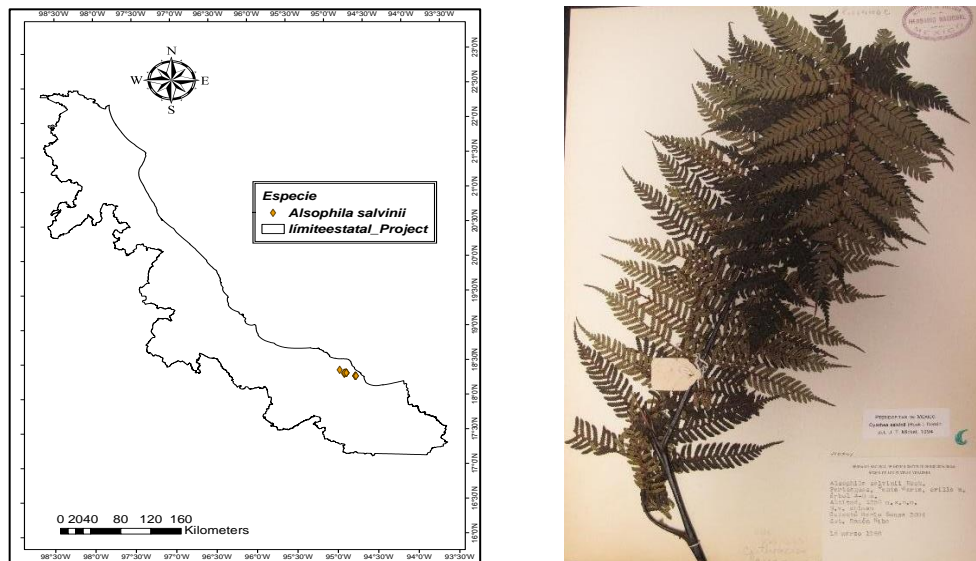


Figura 14. Izq. Mapa de distribución para la especie de *Alsophila salvinii* en Veracruz; Der. Ejemplar M. Sousa 3604 (MEXU) del municipio de Mecayapan.

### 3. *Alsophila tryoniana* (Gastony) D.S. Conant, J. Arnold Arbor. 64: 371 (1983) (Figura 15).

Sinónimos: *Nephelea tryoniana* Gastony.

**Distribución:** México (Ver); Guatemala, Honduras, Salvador y Nicaragua.

**Municipios de Veracruz:** Atzalan, Catemaco, Chinameca, San Andrés Tuxtla y Soteapan.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Chinameca, C. R. Orcutt 3195 (EBT, ENCB, MEXU, XAL); San Andrés Tuxtla, T. Krömer y A. Acebey 2563 (EBT, MEXU, UC, XAL).

**Colecciones examinadas:** 19

**Periodo de recolecta:** 1910-2005

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia (transición al BMM), Bosque Mesófilo de Montaña y Bosque de *Quercus*, entre los 750-1,500 m snm.

**Estado de conservación:** *Alsophila tryoniana* es una especie “en peligro” (EN) B1ab(i,ii,iii) en Veracruz. Se tienen recolectas escasas y su distribución es muy limitada, presentándose en las regiones de Nautla, Capital, Papaloapan, de Los Tuxtlas y al límite de la región Olmeca, donde ocurre en seis localidades dentro de cinco municipios (EOO: 2,972 km<sup>2</sup>; AOO de 44 km<sup>2</sup>) con una alta fragmentación de su hábitat.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “en peligro” (P) con un valor de 1.78 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.5, debido a que existen indicadores de un deterioro en la calidad o extensión del hábitat además de que dicha área de distribución ocupa más de 1 km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional.

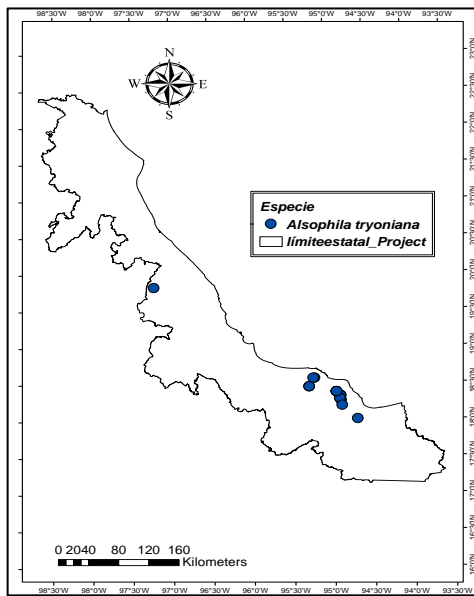


Figura 15. Izq. Mapa de distribución para la especie *Alsophila tryoniana* en Veracruz; Der. Ejemplar B. Pérez-García et al. 167 (UAMIZ) del municipio de Soteapan.

**4. *Cyathea aristata*** (Hook.) Stolze, Fieldiana, Bot. 37: 40 (1974) (Figura 16).

Sinónimos: *Hemitelia apiculata* Hook., *Cyathea aristata* Domin, *Cyathea apiculata* Domin.

**Distribución:** México (Oax y Ver). Endémica.

**Municipios de Veracruz:** Soteapan y Pajapan.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Soteapan, G. Castillo-Campos et al. 17434 (CHAPA, MEXU, MO, UC); Pajapan, R. Riba 1187 (MO, UAMIZ, UC, XAL).

**Colecciones examinadas:** 16

**Periodo de recolecta:** 1978-1998

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia y Bosque Mesófilo de Montaña entre los 250-1,750 m snm.

**Estado de Conservación:** *Cyathea aristata* es una especie en “peligro crítico” (CR) B1ab(i,ii,iii) en Veracruz, con una distribución limitada solo a Los Tuxtlas, donde fue

registrada en una sola localidad en dos municipios que rodean el volcán Santa Marta (EOO: 97 km<sup>2</sup>; AOO: 28 km<sup>2</sup>) y cuya vegetación está amenazada por deforestación. Además, esta especie no fue recolectada en más de 20 años, a pesar de varias exploraciones botánicas realizadas desde 2005 en esta zona.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “en peligro” (P) con un valor de 2.16 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.7, debido a que presenta un área de distribución ocupa más de 1 km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional, además de que el número de provincias biogeográficas y el tipo de vegetación en que ocurre también son limitados.

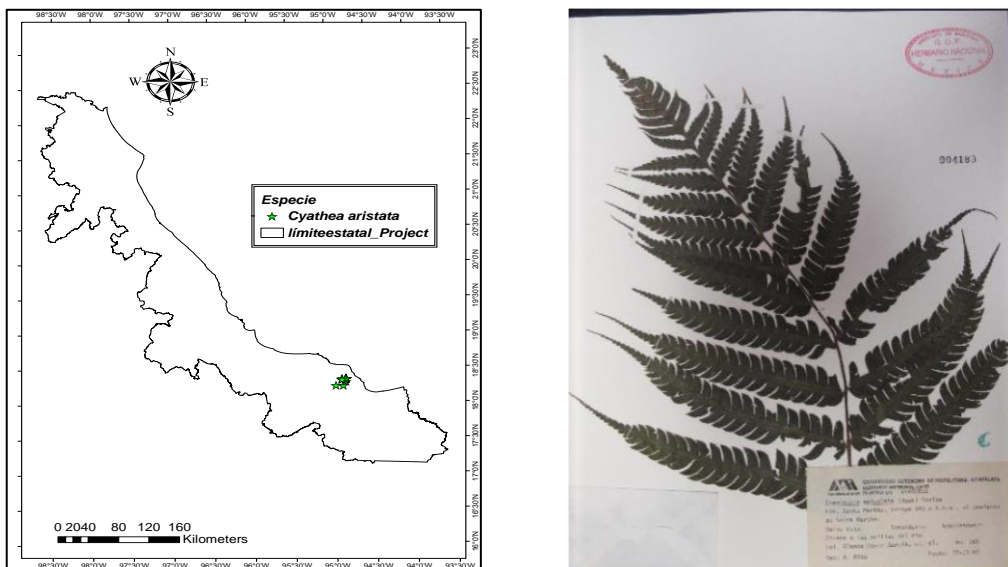


Figura 16. Izq. Mapa de distribución para la especie *Cyathea aristata* en Veracruz; Der. Ejemplar B. Pérez-García 165 (MEXU) del municipio de Pajapan.

##### 5. *Cyathea bicrenata* Liebm., Mexic. Bregm. 289 (1849) (Figura 17).

Sinónimos: *Alsophila bicrenata* (Liebm.) E. Fourn., *Trichipteris bicrenata* (Liebm.) R. M. Tryon, Contr. Gray Herb. 200: 44-1970.

**Distribución:** México (Chis, Gro, Oax, Pue y Ver); Guatemala, Honduras, Salvador,



Nicaragua, Costa Rica y Panamá. **Municipios de Veracruz:** Catemaco, Chiconquiaco, Misantla, San Andrés Tuxtla y Xalapa.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Chiconquiaco, B. Pérez et al. 48 (EBT, UAMIZ, XAL); Veracruz, C. G. Pringle S174 (ENCB, MEXU, MO, UC).

**Colecciones examinadas:** 98

**Periodo de recolecta:** 1920-2008

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia, Selva Baja Caducifolia, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de *Quercus* y Bosque de *Pinus-Quercus*, entre los 0-2,000 m snm.

**Estado de conservación:** *Cyathea bicrenata* es una especie “vulnerable” (VU) B1ab(i,ii,iii) en Veracruz. Tiene una distribución en las regiones de Nautla, Altas Montañas, Sotavento, Papaloapan, Los Tuxtlas y Olmeca, donde ocurre en ocho localidades dentro de cinco municipios (EOO: 19,647 km<sup>2</sup>; AOO: 128 km<sup>2</sup>), presentándose una alta fragmentación en los hábitats en donde se ubican los puntos de recolecta, aspecto que compromete su supervivencia y reproducción.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “amenazada” (A) con un valor de 1.37 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.4, debido al área de distribución de más de km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional; un número alto de localidades existentes, presenta un nivel medio de impacto por actividades humanas sobre el hábitat del taxón.

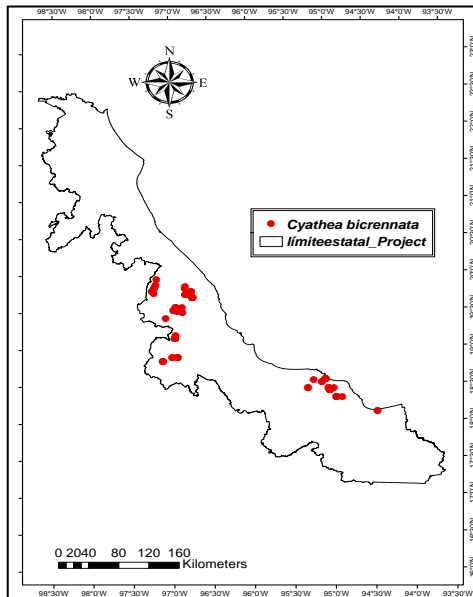


Figura 17. Izq. Mapa de distribución para la especie de *Cyathea bicrenata* en Veracruz; Der. Ejemplar T. Wendt et al. 3979 (UC) del municipio de Misantla.

**6. *Cyathea costaricensis* (Mett. ex Kuhn) Domin, Acta Bot. Bohem. 9: 107. (1930) (Figura 18).**

Sinónimos: *Hemitelia costaricensis* Mett. ex Kuhn, *Trichipteris costaricensis* (Mett. ex Kuhn) Barrington.

**Distribución:** México (Chis, Gro, Jal, Mich, Nay, Oax, Pue, Tab y Ver); Guatemala, Belice, Honduras, Salvador, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

**Municipios de Veracruz:** Atzalan, Amatlán, Jalacingo, Tlapacoyan y Xalapa.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Atzalan, M. Palacios-Ríos 17056 (EBT, MEXU, XAL); Tlapacoyan, M. Nee 26106 (ENCB, UC, XAL).

**Colecciones examinadas:** 34

**Periodo de recolecta:** 1938-1989

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia, Selva Baja Caducifolia y Bosque Mesófilo de Montaña, entre los 0-1,750 m snm.

**Estado de conservación:** *Cyathea costaricensis* es una especie “vulnerable” (VU) B1ab(i,ii,iii) en Veracruz. Tiene una distribución en las regiones de Nautla, Capital, Altas Montañas y Olmeca, donde ocurre en seis localidades en cinco municipios (EOO: 17,434 km<sup>2</sup>; AOO: 60 km<sup>2</sup>). Se presentan pocas recolectas de esta especie, además el hábitat en que se encuentran es uno de los más amenazados, lo que la pone en riesgo a futuro.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “amenazada” (A) con un valor de 1.70 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.4, debido al área de distribución de más de 1 km<sup>2</sup>, pero <1% del territorio nacional, aunque ocurre en los tipos de vegetación amenazados, el número de localidades donde se distribuye es más amplio, así como el nivel de impacto por actividades humanas sobre el hábitat del taxón, es moderado.

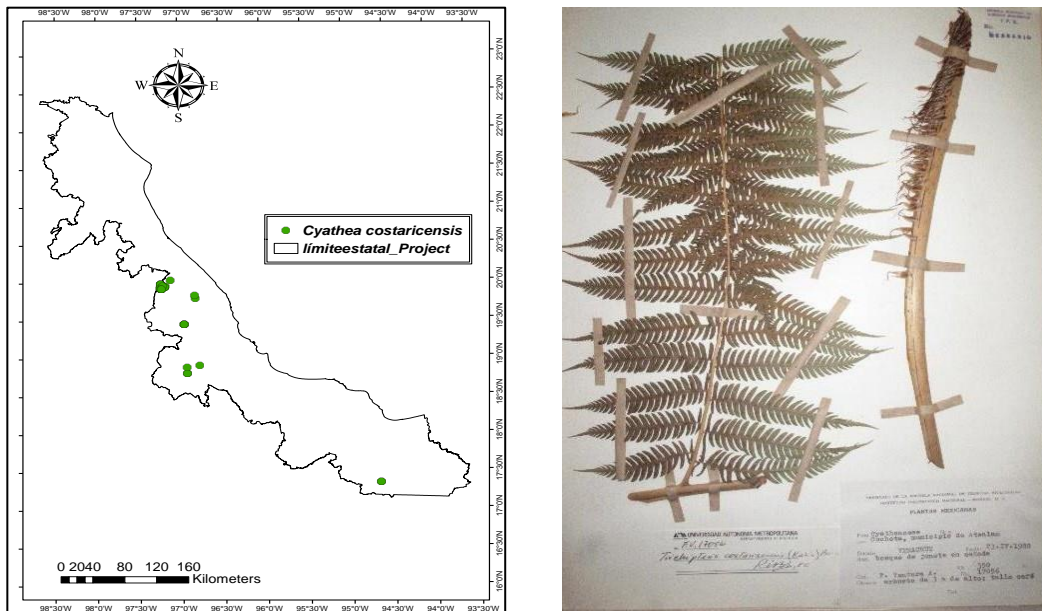


Figura 18. Izq. Mapa de distribución para la especie de *Cyathea costaricensis* en Veracruz; Der. Ejemplar F. Ventura 170056 (ENCB) del municipio de Atzalan.

**7. *Cyathea decurrentiloba*** (Liebm.) Domin En Acta Bot. Bohem 9: 110 (1930)  
(Figura 19).

Sinónimos: *Cnemidaria decurrens* (Liebm.) R. M. Tryon, *Hemitelia decurrens* Liebm., *Hemistegia decurrens* (Liebm.) E. Fourn., *Cyathea decurrentiloba* Domin, *Cyathea decurrens* (Hook.) Cope.

**Distribución:** México (Chis, Oax y Ver); Guatemala y Honduras.

**Municipios de Veracruz:** Catemaco, Pajapan y Soteapan.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Catemaco, J. H. Beaman 6110 (CHAPA, ENCB); Soteapan, F. Ramírez R. 840 (CHAPA, MEXU, XAL).

**Colecciones examinadas:** 16

**Periodo de recolecta:** 1972-1982

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia, Bosque Mesófilo de Montaña y Bosque de *Quercus*, entre los 250-1,250 m snm.

**Estado de conservación:** *Cyathea decurrentiloba* es una especie “en peligro” (EN) B1ab(i,ii,iii) en Veracruz. Tiene una distribución limitada a la región de Los Tuxtlas, donde ocurre en tres localidades de tres municipios (EOO: 175 km<sup>2</sup>; AOO: 20 km<sup>2</sup>). Se presentan escasas recolectas de esta especie, su hábitat se encuentra modificado debido al cambio de uso de suelo y aunque se encuentra en un área protegida, a futuro puede verse afectada.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “en peligro” (P) con un valor de 2.18 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.6, debido al área de distribución de más de 1 km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional, ocurre en pocos tipos de vegetación, y aunque el número de localidades donde se distribuye es más amplio, presenta un nivel alto de impacto por actividades humanas sobre el hábitat del taxón.

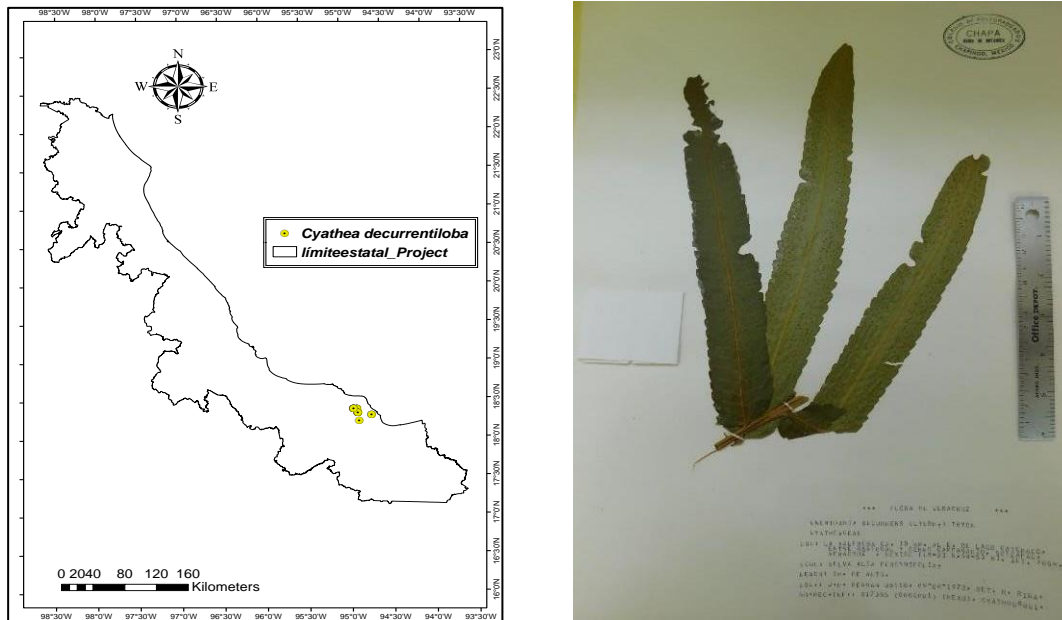


Figura 19. Izq. Mapa de distribución para la especie de *Cyathea decurrentiloba* en Veracruz; Der. Ejemplar J. H. Beaman 6110 (CHAPA) del municipio de Catemaco.

**8. *Cyathea fulva*** (M. Martens & Galeotti) Fée, Mém. Foug. 9: 34 (1857) (Figura 20).

Sinónimos: *Alsophila fulva* M. Martens & Galeotti, *Cyathea delicatula* Maxon.

**Distribución:** México (Chis, Gro, Hgo, Oax, Pue y Ver); Guatemala, Honduras, Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Colombia, Venezuela y Ecuador.

**Municipios de Veracruz:** Acajete, Alto Lucero, Córdoba, Jesús Carranza y Orizaba.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Jesús Carranza, A. Mendoza R. et al. 1118 (ENCB, MO, UAMIZ, UC); Orizaba, R. M. Tryon 15 (ENCB, MEXU, UC, XAL).

**Colecciones examinadas:** 35

**Periodo de recolecta:** 1838-2007

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia, Selva Baja Caducifolia, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de *Quercus* y Bosque de *Pinus-Quercus*, entre los 0-2,000 m snm.

**Estado de conservación:** *Cyathea fulva* es una especie “casi amenazada” (NT) en Veracruz. Tiene una distribución en las regiones de la Huasteca baja, región Totonaca, del Nautla, Capital, Altas Montañas, Los Tuxtlas y al sur de la región Olmeca, donde ocurre en nueve localidades dentro de cinco municipios (EOO: 43,067 km<sup>2</sup>; AOO: 68 km<sup>2</sup>), con hábitats amenazados y otros con alta fragmentación.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “sujeta a protección especial” (Pr) con un valor de 0.96 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.3, debido a un área de distribución de más de 1 km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional y un reducido número de provincias biogeográficas.



Figura 20. Izq. Mapa de distribución para la especie *Cyathea fulva* en Veracruz; Der. Ejemplar A. Vargas 167 (MEXU) del municipio de Huayacocotla.

**9. *Cyathea microdonta*** (Desv.) Domin, Pterid. Dominica 263 (1929) (Figura 21).

Sinónimos: *Polypodium microdontum* Desv., *Alsophila microdonta* (Desv.) Desv., *Trichipteris microdonta* (Desv.) R. M. Tryon.

**Distribución:** México (Chis, Gro, Tab y Ver); Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Cuba; Colombia, Trinidad y Tobago, Guyana Francesa, Surinam, Paraguay, Ecuador, Perú, Brasil y Bolivia.

**Municipios de Veracruz:** Catemaco, Chinameca e Ixhuatlán del Sureste.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Chinameca, C. R. Orcutt 3195 (ENCB, MEXU, XAL); Ixhuatlán del Sureste, J. Calónico-Soto et al. 27689 (CHAPA, ENCB, MEXU).

**Colecciones examinadas:** 7

**Periodo de recolecta:** 1910-2011

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia y Selva Baja Caducifolia, entre 0-250 m snm.

**Estado de conservación:** *Cyathea microdonta* es una especie “en peligro” (EN) B1ab(i,ii,iii) en Veracruz. Tiene una distribución muy limitada en la región del Papaloapan y Los Tuxtlas, donde ocurre en cuatro localidades de tres municipios (EOO: 3,845 km<sup>2</sup>; AOO: 16 km<sup>2</sup>), el hábitat se encuentra altamente amenazado, situación que la pone en peligro.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “en peligro” (P) en Veracruz con un valor de 2.21 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.5, debido al área de distribución de más de 1 km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional. Se encuentra en una sola provincia biogeográfica, el número de individuos recolectados es mínimo, además del nivel alto de impacto por actividades humanas sobre el hábitat del taxón.



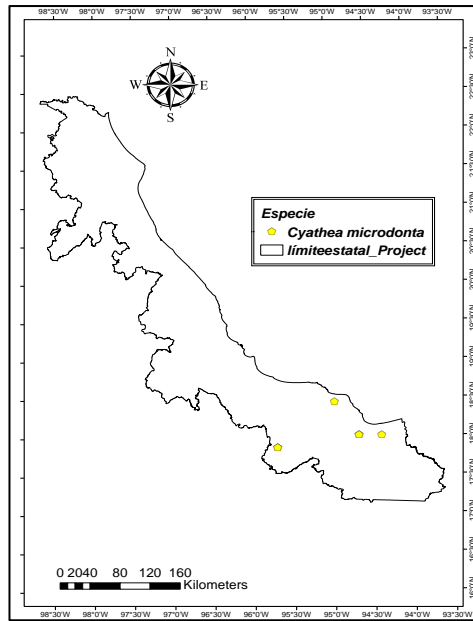


Figura 21. Izq. Mapa de distribución para la especie *Cyathea microdonta* en Veracruz; Der. Ejemplar C. R. Orcutt 3195 (MEXU) del municipio de Chinameca.

**10. *Cyathea myosuroides* (Liebm.) Domin, Pterid. Dominica 263 (1929)**  
(Figura 22).

Sinónimos: *Alsophila myosuroides* Liebm., *Sphaeropteris myosuroides* (Liebm.) R. M. Tryon.

**Distribución:** México (Chis, Oax, Pue, Tab y Ver); Guatemala, Belice, Honduras, Nicaragua y Cuba.

**Municipios de Veracruz:** Coatzacoalcos, Hidalgotitlán, Las Choapas, Mecayapan, Tlapacoyan y Zongolica.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Coatzacoalcos, A. R. Smith 2093 (ENCB, MEXU, XAL); Zongolica, J. C. Ledesma-Corral et al. 1515 (ENCB, MEXU, XAL).

**Colecciones examinadas:** 26

**Periodo de recolecta:** 1895-2010



**Ecología:** Selva Alta Perennifolia, Selva Baja Caducifolia y Bosque Mesófilo de Montaña, entre los 0-1,750 m snm.

**Estado de conservación:** *Cyathea myosuroides* es una especie “en peligro” (EN) B1ab(i,ii,iii) en Veracruz. Tiene una distribución en las regiones Totonaca, Altas Montañas, Sotavento, Papaloapan, Los Tuxtlas y Olmeca, donde ocurre en ocho localidades en seis municipios (EOO: 4,203 km<sup>2</sup>; AOO: 44 km<sup>2</sup>), presenta una alta fragmentación del hábitat, lo que compromete su estado de conservación actual.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “sujeta a protección especial” (Pr) con un valor de 1.16 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.3, debido al área de distribución de más de 1 km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional y un nivel alto de impacto por actividades humanas sobre el hábitat del taxón.

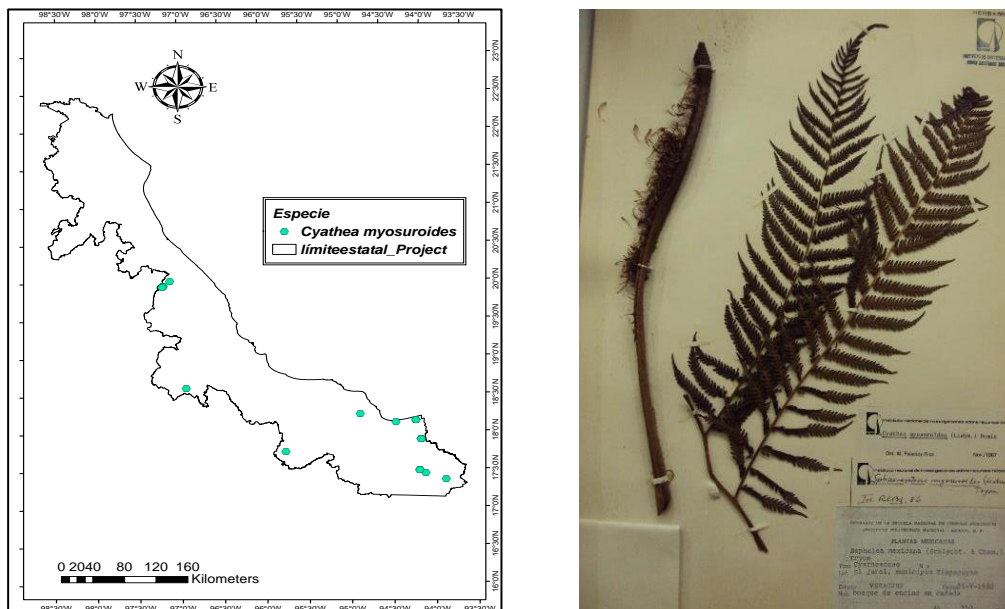


Figura 22. Izq. Mapa de distribución para la especie *Cyathea myosuroides* en Veracruz; Der. Ejemplar R. M. Tryon 5 (XAL) del municipio de Tlapacoyan.

**11. *Cyathea schiedeana*** (C. Presl) Domin, Prerid. Dominica 263. (1929) (Figura 23).

Sinónimos: *Alsophila schiedeana* C. Presl, *Trichipteris schiedeana* (C. Presl) R. M. Tryon.

**Distribución:** México (Chis, Gro, Oax, Pue y Ver); Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Colombia.

**Municipios de Veracruz:** Catemaco, Córdoba, Las Choapas y Sotepan.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Córdoba, A. R. Smith 78 (ENCB, MEXU, UC, XAL); San Andrés Tuxtla, G. Ibarra-Manríquez 3043 (CHAPA, EBT, XAL).

**Colecciones examinadas:** 64

**Periodo de recolecta:** 1910-2003

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia, Bosque Mesófilo de Montaña y Bosque de *Quercus*, entre los 0-2,250 m snm.

**Estado de conservación:** *Cyathea schiedeana* es una especie “casi amenazada” (NT) en Veracruz. Tiene una distribución desde el río Nautla, Capital, Altas Montañas, Papaloapan, Los Tuxtlas y la Región Olmeca, donde ocurre en 12 localidades en cuatro municipios (EOO: 33,094 km<sup>2</sup>; AOO: 88 km<sup>2</sup>). Se presenta un número significativo de recolectas de esta especie, sin embargo, su hábitat se encuentra amenazado por diferentes factores, a pesar de que su estado de conservación es vulnerable, puede llegar a tener problemas a futuro.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “amenazada” (A) con un valor de 1.50 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.4, debido al área de distribución de más de 1 km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional, ocurre en un número de tipos de vegetación medio, el número de localidades donde se distribuye es más amplio, así como un nivel moderado de impacto por actividades humanas sobre el hábitat del taxón.

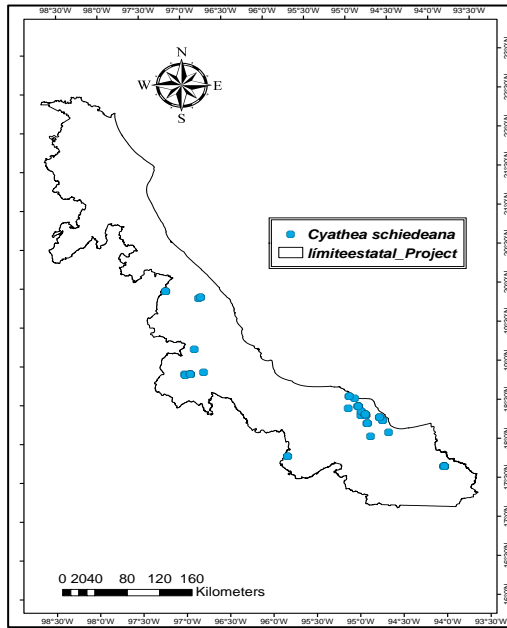


Figura 23. Izq. Mapa de distribución para la especie de *Cyathea schiedeana* en Veracruz; Der. Ejemplar G. Ibarra-Manriquez et al. 3043 (CHAPA) del municipio de San Andrés Tuxtla.

**12. *Cyathea tuerckheimii* (Maxon) R. M. Tryon, Contr. Gray Herb. 206: 56 (1976) (Figura 24).**

Sinónimos: *Cyathea tuerckheimii* Maxon, *Cyathea juergensenii* E. Fourn.

**Distribución:** México (Chis, Oax, Pue y Ver); Belice, Guatemala, Honduras y Nicaragua.

**Municipios de Veracruz:** Acajete, Atzalan, Banderilla, Catemaco, Huatusco, Las Choapas, Xalapa y Zongolica.

**Especímenes representativos de Veracruz:** Xalapa, C. A. Purpus 3807 (MEXU, UC, XAL); Zongolica, L. A. Castillo-Hernández et al. 337 (ENCB, MO, XAL).

**Colecciones examinadas:** 44

**Periodo de recolecta:** 1912-2011

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia, Selva Baja Caducifolia, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de *Quercus* y Bosque de *Pinus-Quercus*, entre 0-2,250 m snm.

**Estado de conservación:** *Cyathea tuerckheimii* es una especie “casi amenazada” (NT) en Veracruz. Su distribución va desde la región Totonaca, del Nautla, Capital, de las Altas Montañas, Los Tuxtlas y el sur de la región Olmeca, donde ocurre en ocho localidades de ocho municipios (EEO: 31,323 km<sup>2</sup>; AOO: 72 km<sup>2</sup>). Sin embargo, su hábitat se encuentra amenazado y en algunos casos con fragmentación severa.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “en peligro” (P) con un valor de 1.35 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.5, debido a que su uso implica la extracción, presenta un área de distribución de más de 1 km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional, además el número de provincias biogeográficas y localidades donde se encuentra, es pequeño.

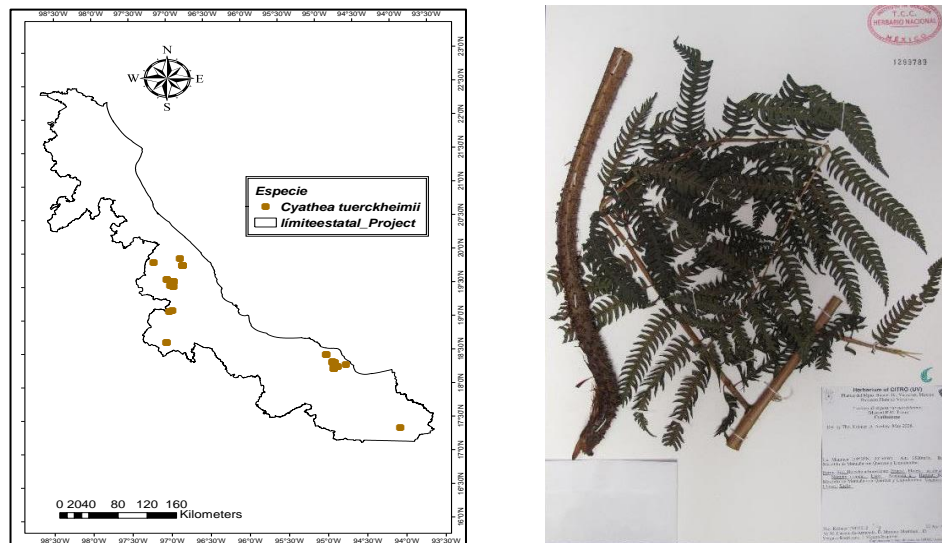


Figura 24. Izq. Mapa de distribución para la especie *Cyathea tuerckheimii* en Veracruz; Der. Ejemplar T. Krömer et al. 3212 (MEXU) del municipio de Banderilla.

**13. *Sphaeropteris horrida* (Liebm.) R. M. Tryon, Conrr. Gray Herb. 200: 20. 1970, non *Cyathea horrida* (L.) Sm., (1793) (Figura 25).**

Sinónimos: *Cibotium horridum* Liebm.

**Distribución:** México (Chis, Gro, Oax y Ver); Belice, Guatemala, Honduras, Salvador y Nicaragua.

**Municipios de Veracruz:** Chiconquiaco, Fortín de las Flores, San Andrés Tuxtla, Soteapan y Xalapa.

**Especímenes representativos de Veracruz:** San Andrés Tuxtla, G. Ibarra- Manríquez 2830 (EBT, ENCB, XAL); Soteapan, R. Riba 1187 (MO, UAMIZ, UC).

**Colecciones examinadas:** 29

**Periodo de recolecta:** 1918-2005

**Ecología:** Selva Alta Perennifolia, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de *Quercus* y Bosque de *Pinus-Quercus*, entre los 500-1,750 m snm.

**Estado de conservación:** *Sphaeropteris horrida* es una especie “vulnerable” (VU) B1ab(i,ii,iii) en Veracruz. Tiene una distribución en las regiones de Nautla, Capital, Altas Montañas, Los Tuxtlas y Olmeca. En nueve localidades de cinco municipios (EOO: 18,869 km<sup>2</sup>; AOO: 52 km<sup>2</sup>). Se presenta un número intermedio de recolectas con relación a las especies de *Cyathea*, lo que se representa en su área de ocupación, su hábitat se encuentra amenazado, lo que compromete la supervivencia de esta especie a futuro.

De acuerdo con el análisis del MER, es una especie “en peligro” (Pr) con un valor de 1.60 y en el criterio D obtuvo un puntaje de 0.5, debido al área de distribución de más de 1 km<sup>2</sup> pero <1% del territorio nacional; ocurre en un número de tipos de vegetación bajo, el número de localidades donde se distribuye, es pequeño, así como un nivel medio de impacto por actividades humanas sobre el hábitat del taxón.

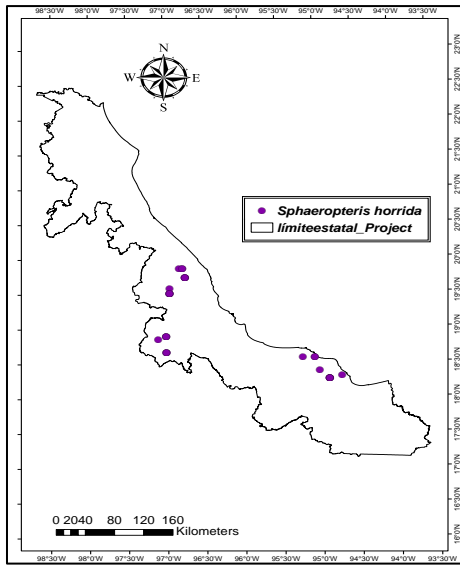


Figura 25. Izq. Mapa de distribución para la especie de *Sphaeropteris horrida* en Veracruz; Der. Ejemplar T. Krömer et al. 2151 (MEXU) del municipio de San Andrés Tuxtla.

## Anexo 2. Método de Evaluación del riesgo de Extinción de plantas en México según NOM-059 SEMARNAT-2010.

### I. INDICE DE RAREZA

#### **Criterio A. Características de la distribución geográfica**

1) Extensión de la distribución (los porcentajes se determinaron considerando la extensión territorial de los biomas en el país).

- a) El área de distribución es menor o igual a  $1 \text{ km}^2 = 4$
- b) El área de distribución ocupa más de  $1 \text{ km}^2$  pero  $<1\%$  del Territorio Nacional = 3
- c) El área de distribución ocupa  $>1- <5\%$  del Territorio Nacional = 2
- d) El área de distribución ocupa  $>5- <40\%$  del Territorio Nacional = 1
- e) El área de distribución ocupa  $>40\%$  del Territorio Nacional = 0

2) Número de poblaciones o localidades conocidas existentes (en el caso de localidades se trata de puntos (3 mm de diámetro) que pueden ser discernibles en un mapa a una escala de 1:4 000 000).

- a) 1-3 = 3
- b) 4-8 = 2
- c) 9-25 = 1
- d) Mayor o igual que 26 = 0

3) Número de provincias biogeográficas (CONABIO, 1997) en las que se encuentra el taxón (o que abarcaba su distribución histórica).

- a) 1 = 3
- b) 2-3 = 2
- c) 4-5 = 1
- d) Mayor o igual que 6 = 0

4) Representatividad de la distribución del taxón en el Territorio Mexicano. Se refiere a la importancia que pueden tener las poblaciones mexicanas dentro de la distribución geográfica de la especie.

- a) Distribución periférica o extralimital = 1
  - b) Distribución no periférica o extralimital = 0
- Subtotal del Criterio A = Suma del puntaje obtenido / 11

#### **Criterio B. Características del hábitat.**

1) ¿En cuántos tipos de vegetación se presenta?

- a) 1 = 3
- b) 2 = 2
- c) 3 = 1

d) Mayor o igual que 4 = 0

2) ¿El taxón tiene un hábitat especializado?

- a) Sí = 1
- b) No = 0

3) ¿La permanencia de la población es dependiente de un hábitat primario?

- a) Sí = 1
- b) No = 0

4) ¿La permanencia de la población requiere de regímenes de perturbación particulares o está asociada a etapas transitorias en la sucesión?

- a) Sí = 1
- b) No = 0

5) Amplitud del intervalo altitudinal que ocupa el taxón.

- a) Menor que 200 m = 3
- b) 200 m - < 500 = 2
- c) 500 m - < 1000 m = 1
- d) Mayor o igual que 1000 m = 0

Subtotal del Criterio B = Suma del puntaje obtenido / 9

### **Criterio C. Vulnerabilidad biológica intrínseca.**

C-1. Demografía.

C-2. Genética (donde no existe información asignar un valor de 0).

C-3. Interacciones bióticas especializadas. ¿Se ha observado (o inferido) la presencia de las siguientes interacciones bióticas en el taxón? (si no existe información, asignar un valor de 0).

Subtotal del Criterio C = Suma del puntaje obtenido / 23

## **II. INDICE DE IMPACTO ANTROPOGENICO**

### **Criterio D. Impacto de la actividad humana**

1) ¿Cómo afecta al taxón la alteración antrópica del hábitat?

- a) Es beneficiado por el disturbio = -1
- b) No le afecta o no se sabe = 0
- c) Es perjudicado por el disturbio = 1

2) ¿Cuál es el nivel de impacto de las actividades humanas sobre el hábitat del taxón (impacto = fragmentación, modificación, destrucción, urbanización, pastoreo o contaminación del hábitat y se refiere tanto a la intensidad como a la extensión)?

- a) El hábitat remanente no permite la viabilidad de las poblaciones existentes = 4



- b) El impacto es fuerte y afecta a todas las poblaciones = 3
- c) El impacto es fuerte en algunas o moderado en todas las poblaciones = 2
- d) El impacto es moderado y sólo afecta algunas poblaciones = 1
- e) No hay impacto significativo en ninguna población = 0

3) ¿Existe evidencia (mediciones, modelos o predicciones) que indique un deterioro en la calidad o extensión del hábitat como efecto de cambios globales (e.g., sensibilidad a cambio climático) o se prevé un cambio drástico en el uso del suelo?

- a) No = 0
- b) Sí = 1

4) ¿Cuál es el impacto del uso sobre el taxón?

- a) El impacto de uso implica la remoción de las poblaciones = 4
- b) El impacto de uso es fuerte y afecta a todas las poblaciones = 3
- c) El impacto de uso es fuerte en algunas o moderado en todas las poblaciones = 2
- d) El impacto de uso es moderado y sólo afecta algunas poblaciones = 1
- e) No hay impacto de uso significativo en ninguna población = 0

5) ¿Él es cultivado o propagado ex situ?

- a) Sí = -1
- b) No = 0

Subtotal del Criterio D = Suma del puntaje obtenido / 10

Anexo 3. Resultados obtenidos del Método de Evaluación de Riesgos (MER) por especie.

<i>Alsophila firma</i>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	2		1	
2	1	0		2	
3	2	0		1	
4	0	0		2	
5		0		0	
<b>Total por criterio</b>	0.54	0.22	0	0.6	1.36

<i>Alsophila salvinii</i>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	3		1	
2	3	0		3	
3	3	1		1	
4	0	0		0	
5	0	1		0	
<b>Total por criterio</b>	0.81	0.55	0	0.5	1.87

<i>Alsophila tryoniana</i>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	2		0	
2	2	0		3	
3	2	1		1	
4	1	0		1	
5		2		0	
<b>Total por criterio</b>	0.72	0.55	0	0.5	1.78

<b><i>Cyathea aristata</i></b>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	3		1	
2	3	0		3	
3	3	1		1	
4	1	0		2	
5		1		0	
<b>Total por criterio</b>	0.90	0.55	0	0.7	2.16

<b><i>Cyathea bicrenata</i></b>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	2		0	
2	2	0		2	
3	2	0		1	
4	0	1		1	
5		0		0	
<b>Total por criterio</b>	0.63	0.33	0	0.4	1.36

<b><i>Cyathea costaricensis</i></b>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	3		1	
2	2	0		2	
3	2	1		1	
4	0	1		0	
5		1		0	
<b>Total por criterio</b>	0.63	0.66	0	0.4	1.70

<b><i>Cyathea decurrentiloba</i></b>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	3		1	
2	3	0		3	
3	3	1		1	
4	1	1		1	
5		1		0	
<b>Total por criterio</b>	0.90	0.66	0	0.6	2.17

<b><i>Cyathea fulva</i></b>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	1		0	
2	1	0		1	
3	2	0		0	
4	0	0		2	
5		0		0	
<b>Total por criterio</b>	0.54	0.11	0	0.3	0.95

<b><i>Cyathea microdonta</i></b>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	3		1	
2	2	0		3	
3	3	1		1	
4	1	1		0	
5		3		0	
<b>Total por criterio</b>	0.81	0.88	0	0.5	2.20

<b><i>Cyathea myosuroides</i></b>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	2		0	
2	2	0		2	
3	2	0		0	
4	0	0		1	
5		0		0	
<b>Total por criterio</b>	0.63	0.22	0	0.3	1.15

<b><i>Cyathea schiedeana</i></b>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	3		0	
2	1	0		2	
3	2	1		0	
4	0	1		2	
5		0		0	
<b>Total por criterio</b>	0.54	0.55	0	0.4	1.50

<b><i>Cyathea tuerckheimii</i></b>					
	INDICE DE RAREZA			INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO	
	CRITERIO A	CRITERIO B	CRITERIO C	CRITERIO D	
1	3	1		0	
2	2	0		2	
3	2	0		0	
4	0	1		3	
5		0		0	
<b>Total por criterio</b>	0.63	0.22	0	0.5	1.35

<b><i>Sphaeropteris horrida</i></b>					
	<b>INDICE DE RAREZA</b>			<b>INDICE DE IMPACTO ANTROPOGÉNICO</b>	
	<b>CRITERIO A</b>	<b>CRITERIO B</b>	<b>CRITERIO C</b>	<b>CRITERIO D</b>	
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>		<b>0</b>	
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		<b>2</b>	
<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	
<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	
<b>5</b>		<b>0</b>		<b>0</b>	
<b>Total por criterio</b>	0.54	0.55	0	0.5	1.60