



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MORELOS**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIODIVERSIDAD Y
CONSERVACIÓN**

**Diversidad de helechos en dos sitios de selva baja
caducifolia del estado de Morelos**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE LA BIODIVERSIDAD Y LA
CONSERVACIÓN**

PRESENTA:

LIC. ABRIL DANIELA SÁNCHEZ POPOCA

DIRECTORA

DRA. KARLA MARÍA AGUILAR DORANTES



CUERNAVACA, MORELOS.

Junio, 2023

I. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a CONACYT por la beca de maestría con número de apoyo 781550.

A mi directora de tesis la Dra. Karla María Aguilar Dorantes por su compromiso y apoyo incondicional. A la Dra. Claudia Moreno por sus valiosas contribuciones en mi formación académica y al proyecto, en correcciones y aportaciones. Agradezco al Dr. Klaus Mehlreter y a la Dra. Alejandra Vázquez Lobo por su compromiso, apoyo incondicional y preocupación por mi aprendizaje. Al Dr. Valentino Sorani por su contribución.

A los curadores y responsables de los herbarios ENCB, HUMO, UAMIZ y MEXU.

Al Comisariado de La Tigra Sr. Eliael Ortíz Reza por su valioso apoyo en el trabajo de campo y concedernos los permisos para llevar a cabo esta investigación. Al comisariado de San Andrés de la Cal Mtro. Elfego Miranda Desaida por concedernos los permisos para llevar a cabo esta investigación.

A Diego Salvador Sánchez Nieto, Lorena Sánchez Martínez, Alberto Orta, Elías Navarrete Rojas y Bibiana Delgado Popoca por su trabajo en campo y a los dos últimos colaboradores por su contribución al material fotográfico.

II. ÍNDICE

	Página
I AGRADECIMIENTOS.....	1
II ÍNDICE.....	2
III ÍNDICE DE FIGURAS.....	3
IV ÍNDICE DE TABLAS.....	4
1 RESUMEN	5
2 INTRODUCCIÓN.....	6
2.1 Estimación de la diversidad	6
2.2 Las selvas secas	8
2.3 Áreas naturales protegidas.....	9
2.4 Riqueza de especies vegetales en México y el estado de Morelos	9
3 HIPÓTESIS.....	12
4 OBJETIVOS	12
4.1 Objetivo general.....	12
4.2 Objetivos particulares.....	12
5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
5.1 Área de estudio.....	13
5.2 Datos climatológicos.....	14
5.3 Diversidad y abundancia de helechos en dos sitios de muestreo.....	15
5.4 Análisis de datos.....	16
5.4.1 Diversidad alfa.....	16
5.4.2 Diversidad beta.....	17
6 RESULTADOS.....	17
6.1 Diversidad alfa entre estaciones y los sitios de estudio.....	17
6.2 Diversidad beta entre estaciones y sitios.....	21
6.3 Hábito de las especies de helechos	21
6.4 Cobertura del dosel.....	22
7 DISCUSIÓN.....	24
7.1 Diversidad alfa de las especies de helechos.....	24
7.2 Diversidad beta entre estaciones y sitios.....	25
8 CONCLUSIONES.....	29
9 LITERATURA CITADA.....	31

III. ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Mapa del estado de Morelos	13
Figura 2 Datos climatológicos mensuales.....	15
Figura 3 Diversidad alfa entre sitios para la estación lluviosa.....	19
Figura 4 Diversidad alfa entre sitios para la estación seca.....	19
Figura 5 Diagrama de Venn entre sitios.....	21
Figura 6 Hábito de los helechos en el norte (COBIO) y el sur (REBIOSH).....	22

IV. ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Riqueza y abundancia de helechos entre estaciones y sitios.....	18
Tabla 2 Análisis asintótico. Comparación de diversidades asintóticas entre estaciones y sitios.....	19
Tabla 3 Cobertura del dosel, número total de árboles por sitio y riqueza de especies.....	22
Tabla 4 Análisis de la Regresión lineal simple de la cobertura del dosel y la diversidad alfa de los helechos en los sitios de estudio.....	23
Tabla 5 Especies raras en ambos sitios.....	23

1. RESUMEN

Los helechos de selva baja caducifolia han sido poco estudiados en el mundo. En México este tipo de vegetación es altamente estacional donde una parte del año es seca y el resto es lluvioso, además de ser uno de los ecosistemas más extensos y vulnerables, principalmente por el cambio de uso de suelo. Los helechos son un grupo hermano de las plantas con semilla, siendo el segundo grupo vegetal más diverso en el mundo, son plantas vasculares de crecimiento primario que necesitan de agua para reproducirse. Por lo anterior, se evaluó la diversidad alfa y beta en dos áreas naturales protegidas con ecosistema de selva baja caducifolia, una al norte y otra al sur del estado de Morelos. En cada área natural protegida, se muestrearon 20 cuadrantes de 5 x 5 m por sitio (n=40), en la estación seca y la estación lluviosa del 2021. En cada cuadrante se registró la abundancia, la diversidad, el hábito de helechos y la cobertura del dosel. Para estimar la diversidad alfa se usaron los números de Hill y para la diversidad beta se empleó el índice de Jaccard. Para ambas áreas naturales protegidas se registraron en total 1,953 individuos correspondientes a 25 especies, 15 géneros y seis familias. La familia Pteridaceae fue la más abundante y con mayor número de especies. *Asplenium pumilum*, *Anemia hirsuta* y *Bommeria pedata* fueron las especies más abundantes. La riqueza y diversidad fue mayor en el área natural protegida norte, en la temporada de lluvias. Con respecto a la diversidad beta encontramos que la disimilitud entre sitios y estaciones fue baja (52% y 28%, respectivamente), siendo mayor entre sitios que entre estaciones. La disimilitud entre estaciones se debió al anidamiento, probablemente porque las especies son criptobióticas y no existe recambio entre estaciones. Con respecto al tipo de hábito, los helechos en el norte fueron principalmente rupícolas (95.6%) y en el sitio sur fueron terrestres (94.9%), cabe mencionar que sólo encontramos seis individuos con hábito epífita (0.4%) para el norte. La cobertura del dosel promedio fue del 63% en el norte y del 61% en el sitio sur. Finalmente, registramos siete especies raras en el norte y cuatro en el sur. Dichas especies, aunque presentan amplia distribución en México, fueron escasas para la selva baja caducifolia. Por lo anterior, este tipo de estudios puede ayudar a comprender los patrones de distribución de distintas especies y puede sentar la base para proponer estrategias de conservación y de manejo para la vegetación estacional que sufre una gran presión antrópica.

2. INTRODUCCIÓN

2.1 Estimación de la diversidad

La diversidad biológica del mundo se encuentra en constante cambio y degradación (Moreno 2019), puede ser complejo medirla debido a que esta varía con las condiciones ambientales, la capacidad de la especie para dispersarse y la historia natural del área (Mota-Vargas et al. 2019). En un intento de estimar la diversidad biológica se realizan listados de especies, sin embargo, la información obtenida de estos trabajos es limitada, pues tienen el mismo valor todas las especies encontradas, en términos de importancia funcional y se desconoce que especies de esa lista son raras, cuales son abundantes, dominantes o comunes (Cultid-Medina y Escobar 2019).

Medir la biodiversidad puede facilitar su estudio y el diseño de estrategias para su conservación (Arroyo-Rodríguez et al. 2019). La diversidad biológica se puede medir en tres diferentes escalas: 1) diversidad alfa que se compone de la riqueza de especies en una comunidad (Cultid-Medina y Escobar 2019), 2) diversidad beta que es el cambio o disimilitud en la composición de especies entre comunidades (Calderón-Patrón y Moreno 2019) y 3) diversidad gamma que integra un conjunto de comunidades de más de un ecosistema, a escala de paisaje (Chao et al. 2012).

En este contexto se han desarrollado herramientas para medir la biodiversidad y describir el ambiente que ocupan las especies (Moreno 2019). La herramienta más aceptada para medir la diversidad alfa es por medio de los números de Hill (Hill 1973), método que permite hacer comparaciones entre estudios realizados con diferentes grupos de estudio y en distintos ecosistemas (Moreno 2019). Los números de Hill miden el número efectivo de especies presentes en una muestra, de tal forma que, las medidas de diversidad de distinto orden consideran a las especies de acuerdo con su abundancia en la comunidad (Hill 1973).

Por otro lado, la diversidad beta suele ser estimada con índices de disimilitud sustentados en el número de especies compartidas y especies exclusivas de cada sitio (Calderón-Patrón y Moreno 2019). Lande (1996) propone estimar la diversidad a escala gamma usando tres fórmulas, la primera basada en la riqueza de especies, la segunda

en el índice de Shannon y la tercera en el índice de Simpson. Estas fórmulas dividen el valor de la diversidad gamma en dos componentes: diversidad dentro de las comunidades (alfa) y diversidad entre comunidades (beta). Se ha estudiado con mayor énfasis los patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en gradientes altitudinales (Valois et al. 2016; Ávila-Sánchez et al. 2018; Carvajal-Hernández et al. 2018; Jiménez-López et al. 2020).

En este sentido, en estudios previos se ha observado que la tasa de reemplazo de especies de plantas vasculares (principalmente plantas con semilla) incrementa con la altitud y la tasa de reemplazo fue elevada entre todos los tipos de vegetación (>80%) y el recambio de especies fue completo entre tipos de vegetación de ambos extremos del gradiente de elevación (Ávila-Sánchez et al. 2018).

La diversidad de helechos epífitos en la Reserva de la Biosfera el Triunfo, Chiapas, México se ha evaluado a través de un gradiente altitudinal, y se ha encontrado mayor diversidad de especies en condiciones de alta humedad, debido a que sobre los árboles se crea un microhábitat de alta disponibilidad de luz, escasez de agua en el sustrato y nutrientes por lo que la humedad la toman del ambiente (Jiménez-López et al. 2020). Corroborando el resultado mencionado con un estudio de la riqueza de helechos en Veracruz, se encontró que en los climas más secos la diversidad de helechos epífitos disminuyó drásticamente (Acebey et al. 2017). En los estudios mencionados (Acebey et al. 2017; Ávila-Sánchez et al. 2018; Jiménez-López et al. 2020) se observa una mayor riqueza de especies en elevaciones medias, un patrón reconocido de forma general para animales y plantas a escala global (Kessler 2000).

Debido a lo anterior, es de gran importancia el estudio sistemático de los helechos que permite observar cambios en los ecosistemas, documentando la extinción local de especies y la reducción o aumento en las poblaciones de otras; reflejando qué factores son los que ponen en riesgo a las comunidades (Arreguín-Sánchez et al. 2009). Estudiar los helechos en un mismo tipo de vegetación permite identificar las variables microambientales que pudieran estar influyendo en la diversidad de los helechos.

2.2 Las selvas secas

Las selvas secas en el mundo ocupan una extensión de 11.5 millones de km² (Challenger y Soberón 2008). En México ocupan 226,898 km² y representan 11.7% del territorio nacional (Challenger y Soberón 2008), dentro de las selvas secas encontramos la selva baja caducifolia que ocupa 66,492 km² (Challenger y Soberón 2008). Este tipo de vegetación es de las más dominantes y vulnerables en México (Challenger y Soberón 2008). La selva baja caducifolia presenta una marcada estacionalidad, con una estación seca que va de 6 a 8 meses de noviembre a abril y una estación lluviosa con duración de seis meses de mayo a octubre (Trejo Vázquez 1999; Miranda y Hernández 2014). El 75% de las especies de plantas pierden sus hojas en la estación seca y se observan pocas o ninguna hierba (Miranda y Hernández 2014).

Los árboles en esta selva baja caducifolia presentan 15 m de alto como máximo (Miranda y Hernández 2014), generalmente formando un solo estrato arbóreo (Rzedowski 2006). El dosel está conformado por las copas de los árboles, en este estrato la intensidad de luz es mayor, el rango de humedad es extremo, desde más húmedo a las primeras horas del día a lo más cálido y seco en las últimas horas, además de contener menor cantidad de nutrientes que en otros estratos del ecosistema (García y Llamas 2020). El desarrollo del estrato arbustivo (cuando está presente) varía de un sitio a otro (Rzedowski 2006). El estrato herbáceo está poco desarrollado cuando hay poca perturbación y en estado de conservación llegando a ser casi inexistente (Rzedowski 2006). En la selva baja caducifolia las plantas trepadoras y epífitas son escasas (Rzedowski 2006). Las briofitas y helechos son poco frecuentes en este tipo de vegetación, aunque se llegan a encontrar con cierta abundancia especies xerófilas (Rzedowski 2006). Hay especies estacionales y especies presentes de forma exclusiva en la estación seca (Miranda y Hernández 2014; Castrejón-Alfaro et al. 2022).

En la selva baja caducifolia podemos encontrar 20% de las especies vegetales reportadas para México (Rzedowski, 1998) y especies únicas, presenta un poco más de 40% de endemismo (Rzedowski, 1991), lo que resalta su importancia como reservorio de la biodiversidad. Por lo que en los últimos años se han dedicado mayores esfuerzos para su conservación. Una de las estrategias es mitigar el mayor problema de pérdida

de biodiversidad en el mundo: el cambio de uso de suelo. Por lo anterior se designaron las Áreas Naturales Protegidas.

2.3 Áreas Naturales Protegidas

Las áreas naturales protegidas, son la mejor estrategia para conservar los ecosistemas y en consecuencia la biodiversidad, establecidas como fragmentos o ecosistemas que no deberían ser alterados ni reducidos (<https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226>). En las áreas naturales protegidas, pueden estar inmersas en paisajes antrópicos como islas o fungir como corredores biológicos (Arroyo-Rodríguez et al. 2019). La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), reporta 183 áreas naturales protegidas de carácter federal y 382 áreas destinadas voluntariamente a la conservación (<https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226>).

El estado de Morelos presenta 14 áreas naturales protegidas, principalmente conformadas por bosque de pino, pino-encino y selva baja caducifolia, formando un importante reservorio de estos tipos de vegetación (González-Flores, Contreras-MacBeath 2020).

2.4 Riqueza de especies vegetales en México y el estado de Morelos

En la literatura se reportan 23,314 especies de plantas vasculares para México (Villaseñor 2016), de las cuales casi 4% de las especies (908) son helechos (Martínez-Salas y Ramos 2014). Para el estado de Morelos se reportan 3,491 especies de plantas vasculares (Villaseñor 2016), de las cuales 4.6% de las especies (161) pertenecen a la división Monilophyta (Mickel y Smith 2004).

En un primer listado florístico se registran para el estado de Morelos ocho especies de helechos, sin embargo, hay inconsistencias en la nomenclatura y no se ha encontrado registro de siete de las especies para Morelos o para México (Vázquez-Sánchez 1974). Riba y colaboradores (1996) reportan 145 especies de helechos para Morelos. Bonilla-Barbosa y Villaseñor (2003) reportan 210 especies de helechos, de estas, se pudo confirmar la identidad de 170 especies en campo o herbario (Sánchez-Popoca 2016).

La división Monilophyta (helechos *sensu stricto*, en adelante denominados helechos), son plantas vasculares de crecimiento primario y reproducción dada por medio de esporas, sin producción de flores o semillas (Mendoza-Ruiz y Pérez-García 2009). Los helechos son el segundo grupo de plantas vasculares más diverso después de las angiospermas (Kessler et al. 2011). Este grupo de plantas está representado por 9,600 especies de en el mundo (Kessler 2010), para México 908 especies (Martínez-Salas y Ramos 2014) y en el estado de Morelos 191 (Riba et al. 1996; Bonilla-Barbosa y Villaseñor-Ríos 2003). Específicamente, para el Corredor Biológico Chichinautzin se reportan 117 especies de helechos (Bonilla-Barbosa et al. 2010) y para la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla apenas 48 especies (Sánchez-Popoca 2016).

Los helechos presentan diversos hábitos como terrestre, saxícola, epífita y acuático (Hietz 2010). Son plantas anuales o perennes, se distribuyen en casi todo el mundo excepto en los polos, desde nivel del mar hasta los 5,000 m snm (Mickel y Smith 2004; Carvajal-Hernández et al. 2018). El clima, geología del suelo e historia son factores cruciales para las variaciones en la composición de helechos (Tuomisto et al. 2003). Su distribución y diversidad disminuye en condiciones climáticas extremas ya sean áridas o frías (Kreft et al. 2010), está limitada principalmente por factores ambientales como la precipitación, humedad, temperatura o tipo de suelo (Hernández-Rojas et al. 2020).

La sensibilidad de los helechos a los cambios ambientales se debe a que presentan dos fases independientes en su desarrollo (Mickel y Smith 2004), la fase gametofítica y la esporofítica. El gametofito (n) es independiente, generalmente fotosintético y presenta asociaciones con hongos (Sharpe et al. 2010), en esta fase el helecho es más sensible porque aún no presenta caracteres como el indumento que le permita evitar la desecación, además, requieren de agua para la fertilización debido a que el espermatozoide es móvil (Mendoza-Ruiz y Pérez-García 2009). La fase esporofítica ($2n$), representa al helecho desarrollado y presenta estados de carácter que le permiten sobrevivir a condiciones ambientales adversas.

A nivel global se ha observado que la mayor diversidad de helechos se encuentra en los trópicos, especialmente en los bosques nubosos y en una altitud media, concentrando en estos ecosistemas el 85% de las especies de helechos (Mehltreter 2008). Sin

embargo, hay especies como las de la familia Pteridaceae y Polypodiaceae que se distribuyen en una gran variedad de hábitats incluyendo sistemas xéricos (Schuettpelz et al. 2007). Los helechos de ambientes secos presentan adaptaciones únicas como la presencia de indumento, enrollamiento de las hojas y hojas caducifolias (Schuettpelz et al. 2007; Hietz 2010). Debido a sus adaptaciones fisiológicas los helechos pueden perder de 76 a 97% de agua y permanecer vivos, las angiospermas y gimnospermas generalmente mueren al perder 8 a 12% de humedad (Moran 2002).

A pesar de que la mayoría de los helechos suelen presentar su fase fértil en los meses más húmedos (Mehltreter 2006; Mehltreter y García-Franco 2008), se ha observado a algunas especies fértiles en los meses más secos o calurosos del año, por ejemplo, *Hemionitis pinnatifida* Baker y *Astrolepis sinuata* (Lag. ex Sw.) D.M. Benham & Windham (Castrejón-Alfaro et al. 2022). Las esporas de los helechos en ambientes xéricos pueden germinar en contacto con el agua o acumularse en el suelo (banco de esporas), permaneciendo latentes por meses o años (Sharpe y Mehltreter 2010). Las esporas de los helechos son unicelulares, de 25 a más de 100 micras y pueden presentar ornamentaciones y/o clorofila (Erdtman y Sorsa 1971).

Los estudios de diversidad de especies de los helechos en México (Riba 1998; Siqueiros-Delgado 2006; Rodríguez-Romero 2008; Arreguín-Sánchez et al. 2009; Ramírez-Cruz et al. 2009; Sundue 2017) y de forma particular en el estado de Morelos (Bonilla-Barbosa y Villaseñor-Ríos 2003; Bonilla-Barbosa et al. 2010; Riba et al. 1996) son escasos y enfocado principalmente a bosques templados (Cuevas-Hernández et al. 2013). A partir de la revisión de las principales colecciones biológicas en México, se encontró que el 57% de los ejemplares colectados en el estado de Morelos provienen de tres municipios en el norte del estado: Tepoztlán, Cuernavaca y Huitzilac (Riba 1996; Bonilla-Barbosa y Villaseñor-Ríos 2003), en donde domina vegetación de bosque templado (Bonilla-Barbosa y Villaseñor-Ríos 2003). Por otro lado, las colecciones biológicas y de literatura (Bonilla-Barbosa y Villaseñor-Ríos 2003; Bonilla-Barbosa et al. 2010; Riba et al. 1996), reflejan que la diversidad de helechos en el estado de Morelos se ha subestimado en ambientes como la selva baja caducifolia, lo cual se ve reflejado en las principales colecciones biológicas del país (Sánchez-Popoca 2016). Una revisión

de literatura, herbario y colectas en zonas poco exploradas mostraron 193 especies para el estado de Morelos (Sánchez-Popoca et al. 2020). Sin embargo, 33% de los municipios del estado no presentan ningún registro y 64% de los municipios no tienen un listado completo (Sánchez-Popoca 2016).

2. HIPÓTESIS

Debido a que los helechos son sensibles a cambios microambientales esperamos encontrar mayor riqueza de especies, abundancia y dominancia en el sitio de estudio norte, debido a que la zona norte del estado de Morelos es más húmeda y con temperaturas más bajas que la zona sur del estado de Morelos. De la misma forma, al ser plantas dependientes del agua para su reproducción esperamos encontrar mayor riqueza, abundancia y dominancia de especies en la estación lluviosa.

3. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la estacionalidad de la selva baja caducifolia sobre la diversidad de helechos en dos áreas naturales protegidas del estado de Morelos.

4.2 Objetivos Particulares

1. Analizar la diversidad alfa de helechos en dos sitios de estudio en diferentes estaciones
2. Analizar la diversidad beta de helechos en dos sitios de estudio en diferentes estaciones
3. Registrar el hábito en el que se encuentran los helechos en los dos sitios de estudio y entre estaciones.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

La selva baja caducifolia es un tipo de vegetación con una marcada estacionalidad, una estación húmeda o lluviosa de mayo a octubre y una estación seca con duración de seis meses de noviembre a abril (Miranda y Hernández 2014). En el estado de Morelos hay dos principales áreas naturales protegidas. Al norte el Corredor Biológico Chichinautzin (COBIO) con una extensión de 65,901 ha (Bonilla-Barbosa et al. 2010) y al sur la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH) con 59,030 ha (Dorado-Ramírez et al. 2005).

Se seleccionaron dos sitios con tipo de vegetación de selva baja caducifolia, al norte dentro de San Andrés de la Cal y al sur del estado de Morelos La Tigra, ambos sitios dentro de cada una de las áreas naturales protegidas, el Corredor Biológico Chichinautzin y la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla Morelos, respectivamente (Figura 1).

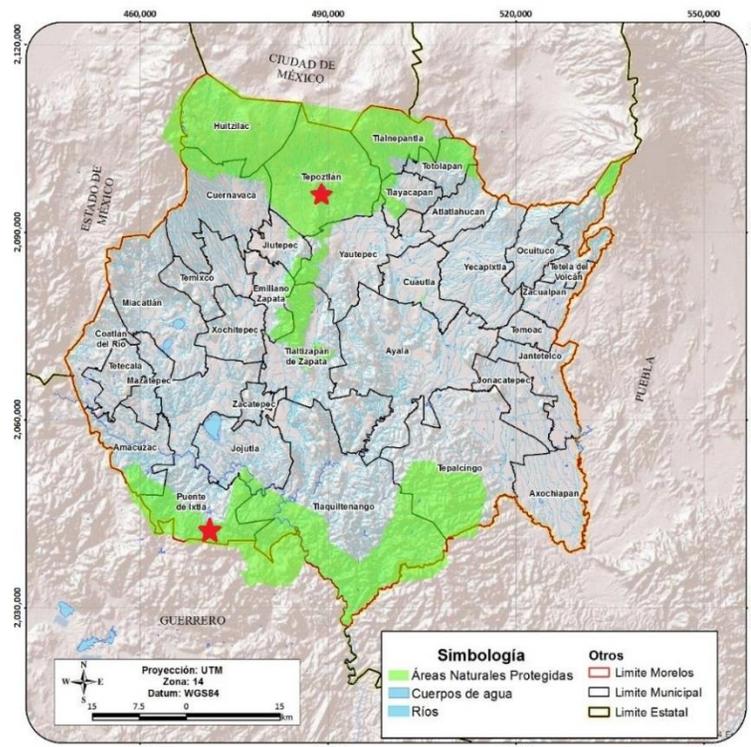


Figura 1. Mapa del estado de Morelos. Las marcas con estrellas de color rojo indican los sitios de muestreo.

Corredor Biológico Chichinautzin (norte "COBIO")

El sitio norte se ubica en 18°56'34.8" N 99°07'01.3" W y 18°56'30.7" N 99°06'56.6" W. Tiene una altitud de 1500 m snm. Los cuerpos de agua son de temporal. Con un clima semicálido subhúmedo (Bonilla-Barbosa et al. 2010), la temperatura media anual osciló entre 18 y 22° C (Santillán-Alarcón et al. 2010). El tipo de vegetación dominante en el COBIO como área natural protegida es bosque de pino (21%) y bosque de encino (16%), además presenta selva baja caducifolia (14%), bosque mixto (11%), una zona agropecuaria (28%), bosque de oyamel (4%), asentamientos humanos (2%), una zona de transición de bosque de encino y selva baja caducifolia (2%), afloramientos rocosos (2%) y matorral (0.4%) (Bonilla-Barbosa et al. 2010).

Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (sur "REBIOSH")

El sitio sur se ubica 18°30'51.5" N 99°20'36.1" W, presenta una altitud de 1000 a 1200 m snm (Dorado-Ramírez et al. 2005). Los cuerpos de agua son de temporal. La temperatura media anual oscila entre 20 y 29°C (Dorado-Ramírez et al. 2005). La máxima precipitación se presenta durante julio y septiembre, con una baja o ausencia en agosto (Dorado-Ramírez et al. 2005). Hay fuertes tormentas en el mes de julio con hasta 80 mm (Dorado-Ramírez et al. 2005). El tipo de vegetación dominante en la REBIOSH como área natural protegida es selva baja caducifolia (90%), además presenta también selva mediana subcaducifolia, bosque de encino y bosque de pino (Dorado-Ramírez et al. 2005).

5.2 Datos climatológicos

La precipitación y temperatura se obtuvieron del Sistema Meteorológico Nacional con las estaciones meteorológicas más cercanas a cada sitio de estudio, en el norte tomando la de Tepoztlán y en el sur Tilzapotla (CONAGUA 2022). Los datos climatológicos para las áreas estudiadas en 2021 fueron de una temperatura promedio anual de 23° C en el norte y de 25° C en el sur. La precipitación promedio anual en 2021 fue de 85.9 mm para el norte y 87.6 mm para el sitio sur (Figura 2).

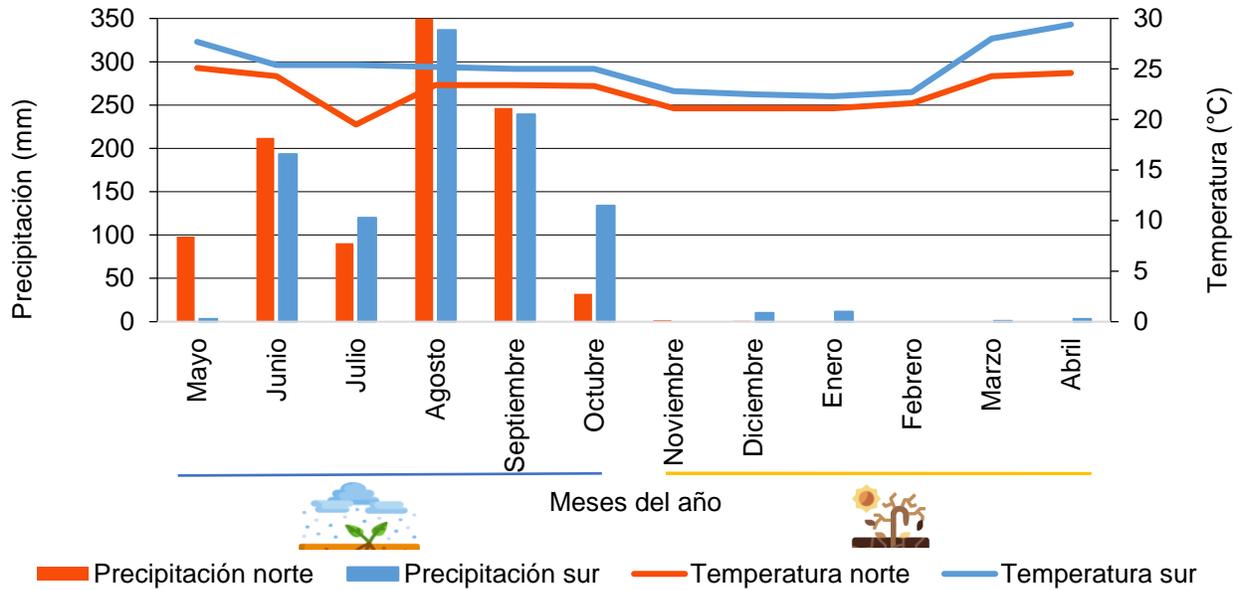


Figura 2. Datos climatológicos mensuales. Temperatura promedio y precipitación promedio del norte (COBIO) en color rojo y del sur (REBIOSH) en color azul, de enero a diciembre de 2021.

5.3 Diversidad y abundancia de helechos en los dos sitios de muestreo

Para conocer la abundancia y diversidad de helechos, se realizaron 12 expediciones botánicas en 2021 para el norte (COBIO) y el sur (REBIOSH), cuatro en la estación seca y ocho en la estación lluviosa. Por sitio se realizaron 20 cuadrantes de 5 x 5 m para registrar abundancia, hábito de los helechos y cobertura del dosel.

Los ejemplares registrados dentro de los cuadrantes se recolectaron y herborizaron (Sánchez-González y González-Ledezma 2007). Los ejemplares recolectados se identificaron con apoyo de especialistas, el uso de floras, claves y descripciones taxonómicas (Vásquez-Sánchez 1974; Riba et al. 1996; Riba 1998; Bonilla-Barbosa y Villaseñor-Ríos 2003; Mickel y Smith 2004; Siqueiros-Delgado 2006; Mendoza-Ruiz y Pérez-García 2009; Bonilla-Barbosa et al. 2010). Se consultaron los herbarios: Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México (ENCB), Herbario del Centro de Investigación y Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (HUMO), Herbario Nacional de México (MEXU), Herbario de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAMIZ).

Todos los registros en el presente trabajo, desde antecedentes hasta resultados se reportan siguiendo una estricta revisión de la clasificación, apegado a la PPG I, haciendo una curación de los nombres reportados en la literatura (se eliminaron sinonimias o se actualizaron los nombres científicos). Además, se siguió la clasificación de Monilophyta *sensu stricto* y una exhaustiva revisión de herbario, por lo que se pueden encontrar diferencias significativas entre la literatura fuente y el presente trabajo.

Se registró el hábito de cada uno de los individuos por cuadrante, por sitio. Se consideró la suma de registros de ambas estaciones para establecer la frecuencia de hábito por sitio. Los hábitos de los helechos en los sitios fueron tres: terrestre, epífito y rupícola. Para los helechos epífitos se midió la distancia del helecho desde el suelo al individuo.

La cobertura del dosel se midió por cuadrante en cada sitio de estudio. Este factor fue medido únicamente en la estación de lluvias, debido a que durante la estación seca todos los árboles habían perdido sus hojas. Para obtener la cobertura del dosel se midió el largo y ancho de la copa de cada uno de los árboles, considerando todas las copas que estaban dentro del cuadrante. También se midió la cobertura de los arbustos mayores a 1.5 m.

Se agregó la categoría de especie rara, a aquellas que presentan un sólo individuo o dos (Pineda-López 2019), en este trabajo consideramos especies raras a aquellas con uno a tres individuos.

5.4 Análisis de Datos

5.4.1 Diversidad alfa

Para analizar la diversidad alfa, se hizo través del índice de diversidad verdadera propuesto por Jost (2016) usando como unidad el número efectivo de especies o números de Hill en cada sitio y temporada, con el programa R usando el paquete iNEXT (Hsieh et al. 2020). Los números de Hill se dividen en tres órdenes y se simbolizan de la siguiente forma: q_0 = riqueza de especies, q_1 = especies igualmente abundantes y q_2 = especies dominantes (Cultid-Medina y Escobar 2019).

5.4.2 Diversidad beta

Se evaluó la diversidad beta para estimar la similitud entre ambos sitios y estaciones, utilizando el índice de Jaccard en el programa R con el paquete betapart (R Core Team 2020). Para ilustrar la diversidad beta se realizó un diagrama de Venn, con el programa R usando el paquete Venn Diagram (R Core Team 2020). Se ingresaron datos de riqueza de especies totales por sitio, con el fin de comparar la riqueza por sitio y visualizar el número de especies compartidas y número de especies exclusivas por sitio.

Para el análisis de la cobertura del dosel, se realizó una regresión lineal en el programa R studio (R Core Team 2020).

6. RESULTADOS

6.1 Diversidad alfa entre estaciones y sitios

En total se registraron 1953 individuos en ambos sitios en la temporada de lluvias, correspondientes a seis familias 15 géneros y 25 especies de helechos. Para ambos sitios se registraron 638 individuos de 18 especies durante la estación seca.

En el norte (COBIO) se registró una abundancia total de 1304 individuos en la temporada de lluvias. La abundancia total registrada para el norte (COBIO) en la estación seca fue de 378 individuos y para el sur (REBIOSH) se registraron 649 individuos, de helechos. La abundancia total registrada para el sur (REBIOSH) en la estación seca fue de 260 individuos. Las especies más abundantes en la estación seca fueron *Myriopteris cucullans* en el norte (COBIO) y en el sur (REBIOSH) fue *Anemia hirsuta*.

La familia Pteridaceae fue la que presentó mayor número de especies en ambos sitios. En la estación de lluvias la suma de sitios presentó una riqueza de 25 especies, siendo *Asplenium pumilum* y *Anemia hirsuta* las especies más abundantes y en la estación seca la suma de sitios presentó 18 especies siendo *Anemia hirsuta* y *Bommeria pedata* las especies más abundantes de la temporada seca (Tabla 1).

Tabla 1. Riqueza y abundancia de helechos entre estaciones y sitios

Familia	Especie	norte (COBIO)		sur (REBIOSH)		Abundancia sitios
		Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	
Anemiaceae	<i>Anemia hirsuta</i> (L.) Sw.	1	3	169	305	308
Anemiaceae	<i>Anemia tomentosa</i> var. <i>mexicana</i> (C. Presl) Mickel	0	0	0	21	21
Aspleniaceae	<i>Asplenium hallberguii</i> Mickel & Beitel	25	30	0	0	30
Aspleniaceae	<i>Asplenium pumilum</i> Sw.	1	562	1	11	573
Dryopteridaceae	<i>Dryopteris</i> sp.	52	80	8	7	87
Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis undulata</i> (Afzel. ex Sw.) J. Sm.	50	62	0	0	62
Polypodiaceae	<i>Phlebodium areolatum</i> (Willd.) J. Sm.	0	3	0	0	3
Polypodiaceae	<i>Polypodium thyssanolepis</i> Klotzsch	0	3	0	0	3
Pteridaceae	<i>Adiantum braunii</i> Mett.	0	3	45	62	65
Pteridaceae	<i>Adiantum concinnum</i> Humb. & Bonpl.	3	12	0	0	12
Pteridaceae	<i>Adiantum raddianum</i> C. Presl	0	2	0	0	2
Pteridaceae	<i>Astrolepis sinuata</i> (Lag. ex Sw.) D.M. Benham & Windham	1	1	0	0	1
Pteridaceae	<i>Bommeria elegans</i> (Davenp.) Ranker & Haufler	46	83	0	0	83
Pteridaceae	<i>Bommeria pedata</i> (Sw.) E. Fourn.	85	217	11	51	268
Pteridaceae	<i>Cheilanthes brachypus</i> (Kunze) Kunze	8	6	3	37	43
Pteridaceae	<i>Cheilanthes lozanoi</i> (Maxon) R.M. Tryon & A.F. Tryon	9	40	11	65	105
Pteridaceae	<i>Cheilanthes skinneri</i> (Hook.) R.M. Tryon & A.F. Tryon	0	18	1	61	79
Pteridaceae	<i>Cheiloplecton rigidum</i> (Sw.) Fée	0	0	0	8	8
Pteridaceae	<i>Gaga kaulfussii</i> (Kunze) Fay W. Li & Windham	4	1	5	6	7
Pteridaceae	<i>Gaga marginata</i> (Kunth) Fay W. Li & Windham	1	6	0	3	9
Pteridaceae	<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	3	19	0	2	21
Pteridaceae	<i>Myriopteris cucullans</i> (Fée) Grusz & Windham	19	29	1	0	29
Pteridaceae	<i>Myriopteris myriophylla</i> (Desv.) J. Sm.	0	0	0	4	4
Pteridaceae	<i>Notholaena candida</i> (M. Martens & Galeotti) Hook.	70	123	5	5	128
Pteridaceae	<i>Pellaea cordifolia</i> (Sessé & Moc.) A.R. Sm.	0	1	0	0	1

Para el orden de diversidad q0 (riqueza) en la estación de lluvias observamos un valor más alto en el norte (COBIO) con 21 especies y en el sur (REBIOSH) 16 especies.

Para el orden de diversidad q1 (especies igualmente comunes) en la estación de lluvias es mayor por muy poco, 6.9 especies en el norte (COBIO) y 6.3 especies en el sur (REBIOSH). En el orden de diversidad q2 (especies dominantes) en la estación de lluvias el número de especies dominantes es igual 4 y 3.9 especies en el norte (COBIO) y el sur (REBIOSH) respectivamente (Tabla 2, Figura 3).

Tabla 2. Análisis asintótico. Comparación de las diversidades asintóticas entre estaciones y sitios

Sitio	Orden de diversidad	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas
		Diversidad observada	Diversidad observada	Diversidad estimada	Diversidad estimada
norte	q0	21	16	25.5	21.9
norte	q1	6.9	8.4	7	8.7
norte	q2	4.2	6.9	4.3	7
sur	q0	16	11	16.5	13.9
sur	q1	6.3	3.4	6.4	3.5
sur	q2	3.9	2.2	3.9	2.2

Para el orden de diversidad q0 (riqueza) en la estación seca observamos un valor más alto en el norte (COBIO) con 16 especies y en el sur (REBIOSH) 11 especies. Para el orden de diversidad q1 (especies igualmente comunes) en la estación seca es mayor en el norte (COBIO) con 8.4 especies y 3.4 especies en el sitio sur. En el orden de diversidad q2 (especies dominantes) en la estación seca es mayor en el norte (COBIO) con un valor de 6.9 especies y 2.2 especies en el norte (REBIOSH) (Tabla 2, Figura 4).

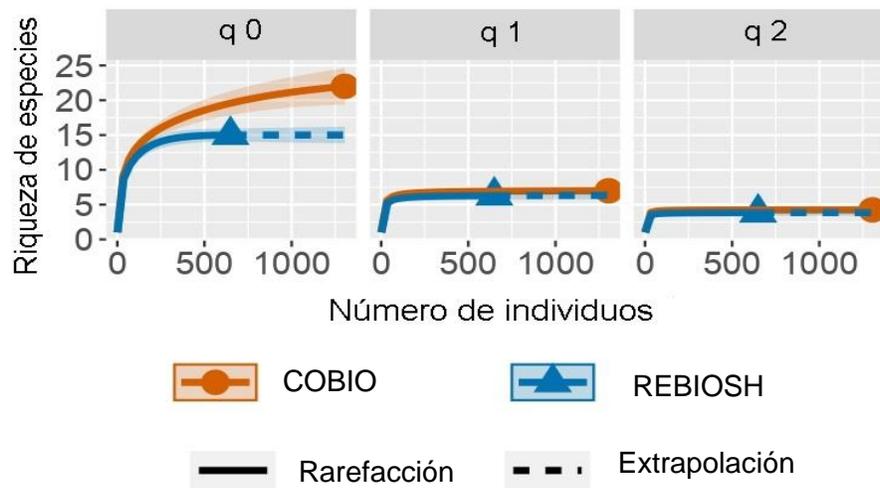


Figura 3. Diversidad alfa entre sitios para la estación lluviosa. La curva roja corresponde al norte (COBIO). La curva azul corresponde al sur (REBIOSH). Curvas de rarefacción donde q_0 = riqueza de especies, q_1 = especies igualmente comunes y q_2 = especies dominantes. Las bandas en color suave entorno a las curvas corresponden a los intervalos de confianza.

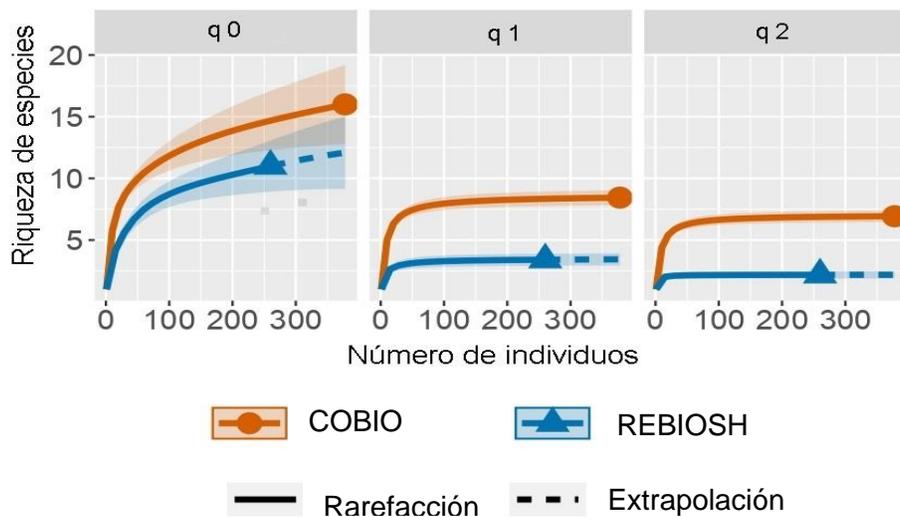


Figura 4. Diversidad alfa entre sitios para la estación seca. La curva roja corresponde al sitio norte (COBIO). La curva azul corresponde al sur (REBIOSH). Curvas de rarefacción donde q_0 = riqueza de especies, q_1 = especies igualmente comunes y q_2 = especies dominantes. Las bandas en color suave entorno a las curvas corresponden a los intervalos de confianza.

6.2 Diversidad beta entre estaciones y sitios

La diversidad beta de los helechos en este estudio muestra una disimilitud del 52% entre sitios. La diversidad beta por sitio expresa 40% como recambio o sustitución de especies y 12% de anidamiento por diferencias en riqueza.

De las 25 especies registradas como diversidad entre sitios se registraron 21 especies en el norte (COBIO) y 16 especies en el sur (REBIOSH) de las cuales, comparten 12 especies, nueve son exclusivas del norte y cuatro especies exclusivas del sitio sur, de esta forma la diferencia en riqueza entre ambos sitios es de cinco especies (Figura 5).

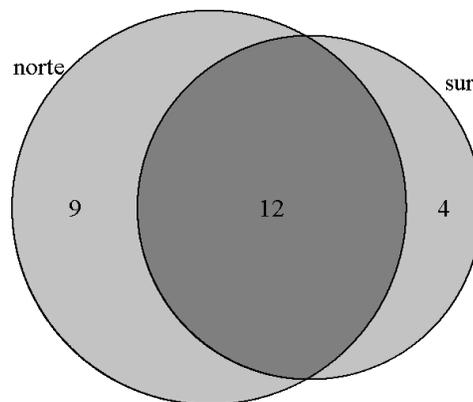


Figura 5. Diagrama de Venn entre sitios. Sitio norte (COBIO) y sur (REBIOSH).

La diversidad beta estacional presenta 28% de disimilitud correspondiente a 0% de recambio y 28% de anidamiento. Es decir, no se observan especies distintas en la temporada seca, no hay especies exclusivas en la estación seca, de modo que las especies presentes en la temporada seca se encuentran también en la lluviosa, esta última con un incremento de 28% de especies.

6.3 Hábito de las especies de helechos

En el norte (COBIO) 95.6% (246) de los individuos de helechos son rupícolas, 3.91% (51) terrestres y 0.4% (6) epífitos. En el sur (REBIOSH) 94.9% (616) de los individuos son terrestres, 5.08% (33) rupícolas y ningún helecho epífito (Figura 6).

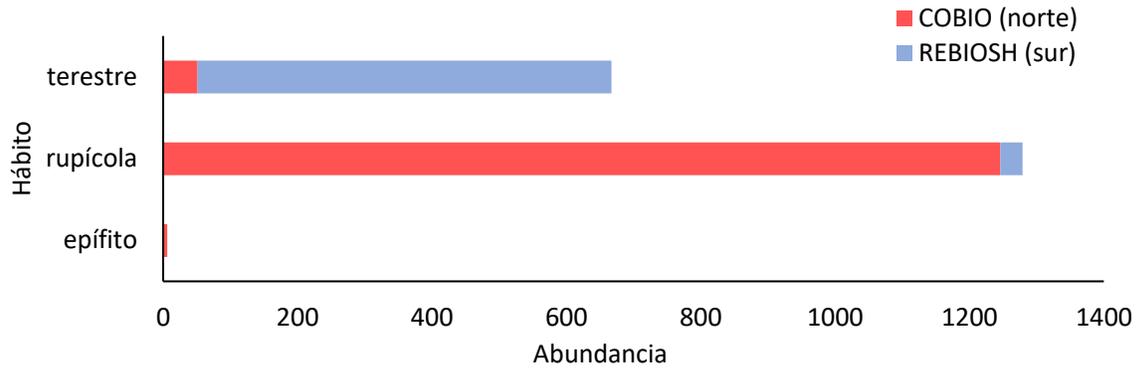


Figura 6. Hábito de los helechos en el norte (COBIO) en color rojo y el sur (REBIOSH) en color azul.

6.4 Cobertura del dosel

La cobertura de dosel fue mayor en el norte (COBIO) con un promedio de 63% de cobertura por cuadrante y menor en el sur (REBIOSH) con un promedio de cobertura de 61% (Tabla 3).

Tabla 3. Cobertura del dosel, número total de árboles por sitio y riqueza de especies

	norte (COBIO)	sur (REBIOSH)
Número de árboles	78	78
Cobertura del dosel (m)	317	307
Riqueza de especies de helechos	19	16

En la regresión lineal el valor de R^2 ajustado fue de 0.12 para el norte (COBIO) y de 0.22 para el sur (REBIOSH), lo que indicó una relación baja entre la cobertura del dosel y la riqueza de especies de helechos (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de la regresión lineal simple de la cobertura del dosel y la diversidad alfa de los helechos en los sitios de estudio

	Norte (COBIO)	Sur (REBIOSH)
Coefficiente de correlación múltiple	0.35	0.47
Coefficiente de determinación R ²	0.12	0.22
R ² ajustado	0.02	0.13
Error típico	24.65	28.66
Observaciones	20	20

Astrolepis sinuata y *Pellaea cordifolia* fueron especies raras con la abundancia más baja, presentando un único individuo en uno solo de los sitios (norte-COBIO y sur-REBIOSH, respectivamente).

En el sitio norte (COBIO) se registró a *Anemia hirsuta*, *Pellaea cordifolia*, *Adiantum raddianum*, *Astrolepis sinuata*, *Phlebodium areolatum*, *Polypodium thysanolepis* y *Adiantum braunii* como especies raras. En el sur (REBIOSH) se registró a *Gaga marginata*, *Myriopteris cucullans*, *Myriopteris aurea* y *Pellaea cordifolia* como especies raras (Tabla 5).

Tabla 5. Lista de especies raras en ambos sitios de muestreo

Especie	Norte- COBIO	Sur- REBIOSH	Abundancia Total
<i>Anemia hirsuta</i>	3	305	308
<i>Astrolepis sinuata</i>	1	0	1
<i>Gaga kaulfussii</i>	1	6	7
<i>Gaga marginata</i>	6	3	9
<i>Myriopteris aurea</i>	19	2	21
<i>Pellaea cordifolia</i>	1	0	1
<i>Phlebodium areolatum</i>	3	0	3

7. DISCUSIÓN

Este estudio aporta información nueva sobre la influencia de la estacionalidad en la diversidad alfa y beta de helechos de selva baja caducifolia en dos áreas naturales protegidas del estado de Morelos. A continuación, se discuten algunas posibles causas de los resultados encontrados y sus implicaciones.

7.1 Diversidad alfa de las especies de helechos

En este estudio la diversidad entre sitios es igual, sin embargo, hay diferencias entre estaciones. Para la estación de lluvias, la abundancia aumenta 67% mientras que la riqueza aumenta 28% respecto a la abundancia y la riqueza de la estación seca. Por lo que, en este estudio los helechos son estacionales y presentan estado de dormancia en la estación seca, una característica reportada para los helechos de selva baja caducifolia (Castrejón-Alfaro et al. 2022; Reintal et al. 2010). En ese mismo sentido, Anthelme et al. (2011) señalan que los helechos de ambientes áridos son especies periódicamente latentes que se benefician de la lluvia, cumpliendo con su ciclo biológico durante esta estación. Una estrategia de los helechos es la sincronía con el resto de la vegetación de la selva baja caducifolia, donde el 75% de las especies de plantas pierden sus hojas en la estación seca y desarrollan nuevos brotes en la temporada de lluvias como lo reporta Miranda y Hernández (2014) para el resto de grupos vegetales de este tipo de vegetación.

La precipitación es el principal factor que promueve la producción de hojas y crecimiento de los helechos (Mehltreter y Palacios-Ríos 2003; Mehltreter 2006), por lo que, en bosques estacionales como la selva baja caducifolia los helechos presentan estrategias para tolerar la ausencia de lluvia y aprovechar la humedad ambiental. Ejemplo de esto es la presencia de indumento (farina, tricomas, escamas, ceras) o de rizomas con capacidad de almacenar agua y carbohidratos (Hietz 2010). Otra estrategia es la capacidad de enrollar hojas y reestablecerlas de acuerdo a las condiciones ambientales y microambientales. También algunas especies pueden retener las hojas senescentes para retención de humedad o materia orgánica y por el contrario otras especies de helechos son caducifolias manteniendo así el rizoma con la humedad

restante de la planta, permaneciendo latente hasta la siguiente temporada de lluvia (Hietz 2010).

Encontramos mayor riqueza de especies en el norte (COBIO), a pesar de que la precipitación y la temperatura son mayores en el sur (REBIOSH) (3° C y 1.7 mm respectivamente). Es decir que en el sur las condiciones climáticas fueron más cálidas y lluviosas. La temperatura elevada promueve una mayor pérdida de agua que probablemente no se compensa o no es suficiente con la precipitación registrada en el sur (REBIOSH), haciendo insuficiente la humedad en el sur y más favorable para la riqueza de especies de helechos en el norte.

Por otro lado, probablemente debido a la heterogeneidad de hábitats, encontramos mayor riqueza de helechos en el COBIO como área natural protegida debido a que presenta siete tipos de vegetación (Bonilla-Barbosa et al. 2010) mientras que la REBIOSH como área natural protegida presenta únicamente tres (Dorado-Ramírez et al. 2005). Se ha observado a escala global que los ambientes más heterogéneos albergan mayor diversidad de especies de helechos, pues los ambientes heterogéneos promueven una rápida proliferación de especies (Suissa et al. 2021). Este estudio se realizó en un área reducida de selva baja caducifolia, sin embargo, cada sitio tiene probabilidades de ser colonizado por especies de la vegetación cercana (de bosque de pino o encino, en este caso), a esto se le conoce como efecto de rescate (Brown y Kodrick-Brown 1977). Esta información es útil a la hora de definir áreas naturales prioritarias para la conservación. La heterogeneidad climática y geológica de un sitio puede crear microclimas específicos para algunas especies de helechos, por ejemplo, se ha observado un incremento en la riqueza y abundancia de los helechos de ambientes húmedos como los que se forman en las zonas ribereñas (Hernández-Rojas et al. 2018).

7.2 Diversidad beta entre estaciones y sitios

Los estudios de diversidad vegetal en su mayoría se han realizado en gradientes altitudinales y tipos de vegetación contrastantes donde el recambio de especies fue completo entre tipos de vegetación y en los extremos del gradiente de elevación (Ávila-Sánchez et al. 2018). Al ser este estudio un comparativo de diversidad entre el mismo tipo de vegetación se encontró mayor similitud de diversidad. Siendo muy similar entre

estaciones y con algunas diferencias entre sitios (60% y 52% respectivamente), en este sentido, se ha reportado que valores superiores al 67% son considerados altos (Sánchez y López 1988), por lo que nuestros resultados reflejan una alta similitud entre las especies de helechos del norte (COBIO) y los del sur (REBIOSH). El recambio de especies fue mayor que el anidamiento en nuestro estudio, por lo que, la diferencia entre la composición de especies por sitios se debe mayormente a el reemplazo de especies y en menor medida a las diferencias en el número de especies.

A la escala geográfica a la que se hizo el estudio, no encontramos diferencias en la diversidad alfa y beta entre sitios, sin embargo, si habría diferencias a escala de Área Natural Protegida, debido a que en la zona norte del estado de Morelos (COBIO) dominan el Bosque de Quercus y Bosque de Pino, en contraste con la zona sur (REBIOSH) donde domina la selva baja caducifolia.

Consideramos necesario un análisis de diversidad a mayor escala espacial, a escala de Área Natural Protegida. Esto podría confirmar lo señalado por algunos autores que indican que los helechos prefieren bosques templados y selvas húmedas (Riba 1998; Kessler 2001; Tejero-Diez 2008; Kessler et al. 2011; Kluge y Kessler 2011; Salazar et al. 2013; Khine et al. 2019) que los bosques secos, sin embargo, a la escala que realizamos el estudio podemos observar indicadores de mayor humedad en el norte (COBIO), como el epifitismo de algunos helechos. El factor de humedad muestra una relación positiva con la riqueza de especies de helechos (Acebey et al. 2017).

Aunque se describe a los helechos de ambientes húmedos y poca luz, en ambientes xéricos su diversidad sigue siendo importante. En promedio los helechos representan 4% de la vegetación en bosques templados (Sharpe et al. 2010) y en el área de estudio representan 4.4% de la diversidad vegetal vascular, sin embargo, hay que considerar que los estudios de helechos en la selva baja caducifolia del estado de Morelos son escasos, a pesar de que es un tipo de vegetación dominante, por lo que este porcentaje de representatividad de los helechos puede ser mayor. La diversidad beta es baja entre sitios, es decir comparten la mayoría de sus especies, sin embargo, la diversidad beta entre estaciones es más alta, indicando que en la estación seca se pierden especies. Este recambio de especies entre estaciones se debe a que los helechos de bosques secos son criptobióticos, por lo que en la estación seca algunas

especies pierden sus hojas, otras se secan enrollando las hojas de tal forma que permanecerán latentes hasta presentarse la próxima estación lluviosa.

Los helechos de selva baja caducifolia prefieren sustratos rocosos, sin embargo, observando de manera individual por sitio en el sur (REBIOSH) los helechos fueron principalmente terrestres y en el norte (COBIO) rupícolas. Otros estudios reportan que los helechos de ambientes más secos son de hábitos rupícolas (Kreft et al. 2004; Krömer et al. 2005; Carrasco-Velázquez et al. 2008; Krömer et al. 2013). En selva baja caducifolia 99% de las especies de helechos en la REBIOSH presentan hábitos terrestres (Sánchez-Popoca 2016).

Los tipos de suelo pueden determinar la presencia de helechos, de acuerdo con las necesidades de nutrientes y humedad de las especies (Kluge et al. 2006). Hay helechos generalistas en sus preferencias al tipo de suelo, mientras que otras especies muestran especificidad (Jones et al. 2013). Los suelos con alta materia orgánica favorecen a especies del género *Adiantum*, por lo contrario especies del género *Lindsea* prefieren suelos bajos en nutrientes (Jones et al. 2013). En el presente estudio no se analizaron muestras de suelo por lo que no podemos concluir que características favorecen la riqueza y abundancia de las especies de helechos.

Para el hábito epífita se reconocen 2865 especies de helechos en el mundo, principalmente de las familias Polypodiaceae e Hymenophyllaceae (Jiménez-López et al. 2020). Las especies con hábitos epífitos encontradas en este estudio: *Astrolepis sinuata*, *Bommeria elegans*, *Gaga kaulfussii*, *Myriopteris cucullans* y *Notholaena candida* pertenecen a la familia Pteridaceae (Figura 1), que en la literatura son reportadas con hábitos rupícolas o terrestres (Mickel y Smith 2004). En este estudio se reportan por primera vez a estas especies como epífitas, sin embargo, la abundancia de las mismas fue tan baja y el área estudiada tan reducida que no representa un acontecimiento evolutivo, es decir no estamos ante la transición evolutiva de plantas terrestres o rupícolas a hábitos epífitos. Estos registros muestran aspectos ecológicos interesantes, como el hecho de que las especies de la familia Pteridaceae presentan adaptaciones a ambientes áridos, que les ayudan a evitar la desecación (como la presencia de indumento), una característica que comparte con especies de hábito epífita, ya que al

estar en el dosel no pueden acceder al suelo, por lo que deben eficientizar la obtención y retención de agua y de nutrientes (Benzing 1990). En otros estudios realizados en selvas húmedas los helechos de hábito epífito mostraron mayor diversidad que los terrestres (Mandl et al. 2010). En bosques templados hay una correlación positiva de los helechos epífitos con la humedad ambiental (Kreft et al. 2004; Krömer et al. 2005; Kreft et al. 2010; Krömer et al. 2013) por lo que el clima seco es un factor determinará la ausencia o riqueza y abundancia de helechos epífitos (Acebey et al. 2017).

Por lo anterior, en este estudio los helechos epífitos son un indicativo de mayor humedad, debido a que este escenario se observó únicamente en el norte, posiblemente resultado de factores microclimáticos y de topografía.

El estrato arbustivo en selva baja caducifolia varía en función de la densidad del dosel llegando a ser muy espeso en periodos de lluvia o con claros grandes (Rzedowski 2006), sin embargo, la cobertura del dosel en este estudio no representó un factor de cambio en la diversidad alfa de los helechos de selva baja caducifolia. La cercanía de los árboles y su abundancia, determina la formación de microclimas, protege el suelo de la erosión y evita el sobrecalentamiento y la evaporación acelerada de la humedad (García y Llamas 2020). Los helechos son sensibles a cambios ambientales o micro ambientales (Hernández-Rojas et al. 2018; Suissa et al. 2021), por lo que más que la cobertura del dosel, el microclima generado por los arbustos, rocas, hierbas y otras plantas asociadas además del sustrato, pueden determinar la presencia de especies de helechos y su abundancia, sin embargo, en este estudio no registramos los arbustos, hierbas y rocas inferiores a los 60 cm de altura, por lo que no podemos determinar si estos elementos tuvieron alguna influencia sobre la diversidad de helechos.

Las especies poco frecuentes o con escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales (Moreno 2019). Las especies registradas como raras para el norte (COBIO) son de amplia distribución a nivel mundial, presentes en 8 o hasta 20 países (Mickel y Smith 2004) excepto *Pellaea cordifolia* que es una especie cuasiendémica con amplia distribución en México, presente en 21 estados y un registro en Texas (Estados Unidos; Mickel y Smith 2004). Las especies raras del norte (COBIO) presentan amplia distribución en México, estando presentes

desde 8 a 26 estados (Mickel y Smith 2004). *Anemia hirsuta* y *Adiantum braunii* son especies raras en el norte (COBIO), sin embargo, en el sur (REBIOSH) son abundantes.

Las especies *Adiantum raddianum*, *Astrolepis sinuata*, *Phlebodium areolatum* y *Polypodium thyssanolepis* presentan amplia distribución en el estado de Morelos y en México. Sin embargo, en este estudio las encontramos como especies raras. Esta incongruencia se debe probablemente a que la mayoría de los registros en el país provienen de zonas templadas o más húmedas. Se desconoce si estas especies son raras en selva baja caducifolia y comunes en bosques templados y selvas húmedas. Las especies raras estuvieron presentes únicamente en el norte (COBIO), sin embargo, hay registros de ellas en la selva baja caducifolia de la REBIOSH donde también son especies raras (Sánchez-Popoca 2016).

Las especies raras del sur (REBIOSH) presentan amplia distribución mundial que va de 10 a 17 países excepto *Myriopteris cucullans* reportada como especie cuasiendémica con registros en Guatemala y amplia distribución en México presente en 16 estados (Mickel y Smith 2004). Las especies raras del sur (REBIOSH) presentan amplia distribución en México que van desde los 16 a 27 estados (Mickel y Smith 2004). *Myriopteris cucullans* es una especie rara en el sitio sur, sin embargo, en el norte es una especie abundante.

8. CONCLUSIONES

La diversidad de helechos en selva baja caducifolia es distinta entre estaciones, siendo mayor en la estación lluviosa, debido al incremento en la disponibilidad de agua lo que reactiva a los helechos promoviendo además las condiciones para su reproducción. A pesar de que los helechos están presentes en la estación seca, al ser especies criptobioticas, las especies permanecen en estado de dormancia, por ello aunque los rizomas estén presentes, si son especies caducifolias no se observan pues en esta temporada el helecho generalmente no produce hojas.

Hay diferencias bajas de diversidad entre sitios (norte-COBIO y sur-REBIOSH) y entre estaciones. La disimilitud (diversidad beta) entre sitios (52%) es mayor que entre

estaciones (28%) debido a que se trata del mismo tipo de vegetación, por lo que si llegan esporas de helechos a estos ecosistemas las que proliferan son aquellas de especies con las características necesarias para colonizar ecosistemas áridos. La poca diferencia de especies entre estaciones indica que las especies en la estación seca se encuentran también en la estación lluviosa.

En este estudio no encontramos una relación entre la diversidad alfa de helechos y la cobertura del dosel, sin embargo, al ser plantas sensibles a cambios microambientales podría haber una influencia de los arbustos, rocas y hierbas cercanas sobre la diversidad alfa pues la biomasa de los arbustos incrementa drásticamente con la humedad; factores que modifican la temperatura y humedad del entorno inmediato de los helechos. Es muy probable que exista una correlación positiva entre la cobertura del dosel y cada especie de forma específica, es decir, que habrá ciertas especies que estén presentes a mayor cobertura y otras especies de helechos prefieran mayor exposición solar.

Encontramos diferencias importantes en la riqueza y abundancia de especies por hábitat, factor que podríamos explicar si se realizaran estudios de suelo, debido a que los helechos suelen mostrar una fuerte afinidad por los tipos de suelo (Suissa et al. 2021).

Reconocemos la importancia de realizar análisis de diversidad en tipos de vegetación contrastantes, como bosques templados comparados con selva baja caducifolia.

9. LITERATURA CITADA

- Acebey AR, López-Acosta JC, Tejero-Diez JD, Krömer T (2017) Riqueza y composición de helechos y licofitos en tres áreas de bosque mesófilo en los Tuxtlas, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. (88): 625-635.
- Anthelme F, Abdoukader A, Viane R (2011) Are ferns in arid environments underestimated? Contribution from the Saharan Mountains. *Journal of Arid Environments*. (75): 516-523.
- Arreguín-Sánchez ML, Quiroz-García D, Fernández-Nava R (2009) Pteridofitas extintas del Valle de México. *Polibotánica*. (27): 17-2.
- Arroyo-Rodríguez V, Arasa-Gisbert R, ArcePeña N, Cervantes-López MJ, Cudney-Valenzuela SJ, Galán-Acedo C, Hernández-Ruedas MA, Rito KF, San-José M (2019) Determinantes de la biodiversidad en paisajes antrópicos: Una revisión teórica. En: Moreno CE (Ed) La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México. (1): 65-111.
- Ávila-Sánchez P, Sánchez-González A, Catalán-Heverástico C, Almazán-Núñez RC, Jiménez-Hernández J (2018) Patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en un gradiente altitudinal en Guerrero, México. *Polibotánica*. (45): 101-113.
- Benzing DH (1990) Vascular epiphytes. General biology and related biota. New York, *Cambridge University Press*. P(1): pp 346.
- Bonilla-Barbosa J, Mora V, Luna-Figueroa J, Colín H, Santillán-Alarcón S (2010) Biodiversidad, Conservación y Manejo en el Corredor Biológico Chichinautzin. Condiciones actuales y perspectivas México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 1: Pp.315.
- Bonilla-Barbosa JR, Villaseñor-Ríos JL (2003) Catálogo de la flora del estado de Morelos. *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*. Centro de Investigaciones Biológicas. Morelos, México. (1): Pp.118.
- Brown JK, Kodric-Brown A (1977) Turnover rates in insular biogeography: effect of immigration on extinction. *Ecology*. (58): 445-449.

- Calderón-Patrón JM, Moreno CE (2019) Diversidad beta como disimilitud: su partición en componentes de recambio y diferencias en riqueza. En: La Biodiversidad en un Mundo Cambiante: Fundamentos Teóricos y Metodológicos para su Estudio. Moreno, CE, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Pp. 379.
- Carvajal-Hernández CI, Gómez-Díaz JA, Kessler M, Krömer T (2018) Influence of elevation and habitat disturbance on the functional diversity of ferns and lycophytes. *Plant Ecology y Diversity*. (3) (11 11): 335-347.
- Castrejón-Alfaro EB, Ramos-Robles MI, Aguilar-Dorantes KM (2022) Phenology of the Terrestrial Fern Community in a Tropical Dry Forest of Morelos, Mexico. *American Fern Journal*. (112): 269-284.
- Challenger A, Soberón J (2008) Los ecosistemas terrestres. En: Soberón J, Halffter G & Llorente-Busquets J (Eds.) Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad. *CONABIO*, México. (1): 87-108.
- Chao A, Chiu CH, Hsieh TC (2012) Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. *Ecology*. (39): 2037-2051.
- Comisión Nacional de Agua (2022, 23 de marzo) Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvia. <https://smn.conagua.gob.mx/es/>. Consultado el 23 de marzo del 2022.
- Cuevas-Hernández AL, Sánchez-Gonzalez A, Tejero-Diez JD (2013) Pteridophytes of a semiarid natural protected área in central Mexico. *Bio One. Natural Areas Journal*. (33) 2: 177-188.
- Cultid-Medina CA, F Escobar (2019) Assessing the Ecological Response of Dung Beetles in an Agricultural Landscape Using Number of Individuals and Biomass in Diversity Measures. *Community and Ecosystem Ecology*. (45): 310-319.
- Dorado-Ramírez OR, Maldonado-Almanza BJ, Arias Ataíde DM, Sorani Dalbón V, Ramírez Rodríguez R, Leyva-Sánchez E, Valenzuela-Galván D (2005) Programa de conservación y manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla. *CONANP*. México. (1): 210.
- Erdtman G, Sorsa P (1971) Pollen and Spore Morphology. *Plant Taxonomy: Pteridophyta*. Estocolmo, Almqvist & Wiksells. 66-176.
- González-Flores L, ET Contreras MacBeath (2020) Áreas naturales protegidas. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (conabio) y

- Gobierno del Estado de Morelos. 2020. La biodiversidad en Morelos: Estudio de Estado 2. (3): 255-279.
- Hernández-Rojas A, Kessler M, Krömer T, Carvajal-Hernández C, Weigand A, Kluge K (2018) Richness patterns of ferns along an elevational gradient in the Sierra de Juárez, Oaxaca, Mexico: a Comparison with Central and South America Source: *American Fern Journal*. (108) 3: 76-94.
- Hernández-Rojas AC, Kluge J, Krömer T, Carvajal-Hernández C, Silva-Mijangos L, Miehe G, Lehnert M, Weigand A, Kessler M (2020) Latitudinal patterns of species richness and range size of ferns along elevational gradients at the transition from tropics to subtropics. *Journal of Biogeography*. 1-15.
- Hietz P (2010) Fern adaptations to xeric environments. En: Fern Ecology. Mehlreter, K, Walker, LR y Sharpe, JM (Eds.). *Cambridge University Press*. pp. 140-176.
- Hill MO (1973) Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*. Ecological Society of America. (54): 427-432.
- Hsieh TC, Ma KH, Chao A (2020) iNEXT: Interpolación y extrapolación para la diversidad de especies. Versión del paquete R 2.0.20. http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/.
- Jiménez-López DA, Martínez-Camilo R, Martínez-Meléndez N, Kessler M (2020) Diversity of epiphyte ferns along an elevational gradient in: El Triunfo Biosphere Reserve, southern Mexico. *Plant Ecology and Evolution*. (153)1: 12–21.
- Jones MM, Ferrier S, Condit R, Manion G, Aguilar S, Pérez R (2013) Strong congruence in tree and fern community turnover in response to soils and climate in central Panama. *Journal of Ecology*. (101)2: 506-516.
- Jost L (2016) Entropy and diversity. *Oikos*. 113 (2): 363-375.
- Kessler M (2000) Altitudinal zonation of Andean cryptogam communities. *Journal of Biogeography*. (27)2: 275-282.
- Kessler M (2010) Biogeography of ferns. In: Fern ecology. Mehlreter K, Walker L, Sharpe JM. *Cambridge*. (1): 22-60.
- Kessler M, Kluge J, Hemp A, Ohlemüller R (2011) A global comparative analysis of environmental species richness patterns of ferns. *Global Ecology and Biogeography*. (20): 868-880.

- Kessler M. (2001). Patterns of diversity and range size of selected plant groups along an elevational transect in the Bolivian Andes. *Biodiversity and Conservation*. (10): 1897–1920.
- Khine PK, Kluge J, Kessler M, Miehe G, Karger DN (2019). Latitude-independent, continent-wide consistency in climate–richness relationships in Asian ferns and lycophytes. *Journal of Biogeography*. (5)46: 981-991.
- Kluge J, Kessler M (2011) Influence of niche characteristics and forest type on fern species richness, abundance and plant size along an elevational gradient in Costa Rica. *Plant Ecology*. (212): 1109-1121.
- Kluge J, Kessler M, Dunn RR (2006) What drives elevational patterns of diversity? A test of geometric constraints, climate and species pool effects for Pteridophytes on an elevational gradient in Costa Rica. *Global Ecology and Biogeography*. (15)4: 358–371.
- Kreft H, Jetz W, Mutke J, Barthlott W (2010) Contrasting environmental and regional effects on global pteridophyte and seed plant diversity. (33): 408-419.
- Kreft H, Köster N, Küper W, Nieder J, Barthlott W (2004) Diversity and biogeography of vascular epiphytes in Western Amazonia, Yasuní, Ecuador. *Journal of Biogeography*. (31)9: 1463-1476.
- Krömer T, Acebey AR, Smith AR (2013) Taxonomic update, distribution and conservation status of grammitid ferns (Polypodiaceae, Polypodiopsida) in Veracruz State, Mexico. *Phytotaxa*. (82)1: 29–44.
- Krömer T, Kessler M, Gradstein RS, Acebey AR (2005) Diversity patterns of vascular epiphytes along an elevational gradient in the Andes. *Journal of Biogeography*. (32)10: 1799-1809.
- Lande R (1996) Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*. (76): 5-13.
- Mandl N, Lehnert M, Kessler M, Gradstein RS (2010) A comparison of alpha and beta diversity patterns of ferns, bryophytes and macrolichens in tropical montane forests of southern Ecuador. *Biodiversity Conservation*. (19): 2359–2369.

- Martínez-Salas E, Ramos CH (2014) Biodiversidad de Pteridophyta en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México.* (85): 110-113.
- Mehlreter K (2006) Leaf phenology of the climbing fern *Lygodium venustum* in a semideciduous lowland forest on the Gulf of México. *American Fern Journal.* (96): 21-30.
- Mehlreter K y García-Franco JG (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.
- Mehlreter K, Palacios-Ríos M (2003) Phenological studies of *Acrostichum danaeifolium* (Pteridaceae, Pteridophyta) at a mangrove site on the Gulf of Mexico. *Journal of Tropical Ecology.* (19): 155–162.
- Mendoza-Ruiz A, Pérez-García B (2009) Helechos y Licopodios de México. CONABIO-UAMIZ, México, D.F. (1):287.
- Mickel J, Smith A (2004) The pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden.* (88): 1055.
- Mickel JT, Beitel J (1988) Pteridophyte flora of Oaxaca, Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden.* (46): 1-1054.
- Miranda F, E Hernández-X (2014) Los tipos de vegetación en México y su clasificación. Edición conmemorativa 1963-2013. Sociedad botánica de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. *Fondo de la Cultura Económica.* México, D.F. (28): 29-179.
- Moran RC (2002) Escamas vegetales. *Contactos* (43): 5-9.
- Moreno CE (2019) La Biodiversidad en un Mundo Cambiante: Fundamentos Teóricos y Metodológicos para su Estudio. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.* Pp. 379.
- Mota-Vargas C, Encarnación-Luévano A, Ortega-Andrade HM, Prieto-Torres DA, Peña-Peniche A, Rojas-Soto OR (2019) En: La Biodiversidad en un Mundo Cambiante: Fundamentos Teóricos y Metodológicos para su Estudio. Moreno, CE, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.* Pp. 379.

- Pineda-López R (2019) Estimadores de la riqueza de especies. En: La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio. Moreno CE (Ed). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex*, Ciudad de México. Pp. 159-174.
- Ramírez-Cruz S, Sánchez-González A, Tejero-Díez JD (2009) La Pteridoflora del Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (84): 35-44.
- Reintal M, Tali K, Haldna M, Kull T (2010) Habitat preferences as related to the prolonged dormancy of perennial herbs and ferns. *Plant Ecology*. (210):111–123.
- Riba R (1998) Pteridofitas mexicanas: distribución y endemismo. En: Diversidad biológica de México. Ramamorthy TP, Bye R, Lot A y Fa J (comps.). Instituto de Biología, *Universidad Nacional Autónoma de México*. México, D.F. (1): 369-384.
- Riba R, Pacheco L, Valdez A, Sandoval Y (1996) Pteridoflora del Estado de Morelos, México, lista de familias, géneros y especies. *Acta Botánica Mexicana*. (37): 45-65.
- Rodríguez-Romero L, Pacheco L, Zavala Hurtado JA (2008) Pteridofitas indicadoras de alteración ambiental en el bosque templado de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, México. *Revista de Biología Tropical*. (56)2: 641-656.
- Rzedowski R (2006) Vegetación de México. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México. 1ra. Edición digital. 505.
- Salazar L, Homeier J, Kessler M, Abrahamczyk S, Lehnert M, Krömer T, Kluge J (2013) Diversity patterns of ferns along elevational gradients in Andean tropical forest. *Plant Ecology and Diversity*. (8)1: 13–24.
- Sánchez O, López G (1988) A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. *Folia Entomol. Mexico*. (75): 119-145.
- Sánchez-González A, González-Ledezma M (2007) Técnicas de recolecta de plantas y herborización. En: La sistemática, base del conocimiento de la biodiversidad. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. (1): Pp.161.
- Sánchez-González A, Tejero-Díez JD, Pérez-Atilano Y, Hernández-Álvarez AG, Gutiérrez-Lozano M, Pérez-Paredes MG, Álvarez-Zúñiga E (2016) Helechos y

- licopodios del estado de Hidalgo, México. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*.
- Sánchez-Popoca AD (2016) La familia Pteridaceae (Pteridophyta) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos. Tesis de Licenciatura de la Facultad de Ciencias Biológicas, *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*. México. Pp.121.
- Sánchez-Popoca AD, Mehlreter K, Aguilar-Dorantes KM, Ramírez Rodríguez R (2020) New fern records for the state of Morelos, Mexico: *Hemionitis pinnatifida* and *Myriopteris longipila* subsp. *brevipila* (Pteridaceae). *Fern Gazette* (21)3: 113-119.
- Santillán-Alarcón S, Sorani Dalbón V, Bonilla-Barbosa JR, Luna-Figueroa JL, Colín H (2010) Escenario geográfico. En: Biodiversidad, Conservación y Manejo en el Corredor Biológico Chichinautzin, condiciones actuales y perspectivas México. Bonilla-Barbosa, J, Mora, V, Luna-Figueroa, J, Colín, H y Santillán-Alarcón, S, *Universidad Autónoma del Estado de Morelos*. (1): 3-19.
- Schuettpelz E, Schneider H, Huiet L, Windham M, Pryer KM (2007) A molecular phylogeny of the fern family Pteridaceae: Assessing overall relationships and the affinities of previously unsampled genera. *Molecular phylogenetics and evolution*. (44): 1172–1185.
- Sharpe JM, Mehlreter K, Walker LR (2010) Ecological importance of ferns. En: Fern Ecology. Mehlreter K, Walker LR, and Sharpe JM. *Cambridge University Press*. (1):1-21.
- Siqueiros-Delgado ME (2006) Helechos y plantas afines de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. México. (1): Pp.181.
- Smith AR (1981) Pteridophytes. In DE Breedlove [ed.], Flora of Chiapas. *California Academy of Sciences*. San Francisco, CA. (2): 1– 370.
- Suissa JS, Sundue MA, Testo WL (2021) Mountains, climate and niche heterogeneity explain global patterns of fern diversity. *Journal of Biogeography*. 1-13.
- Sundue MA (2017) Three New Species of Grammitid Ferns (Polypodiaceae) from the Fern Hunter's Paradise: Sierra Juárez, Oaxaca, Mexico. *Systematic Botany*. (42): 160-168.

- Tejero-Díez JD (2008) Helechos y Lycopodios. In: Ceballos G, List R, Garduño G, López-Cano R, Collado E y J Eivin-San Roman (Comps.). La diversidad biológica del Estado de México: estudio de Estado. Gobierno del Estado de México y *Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Colección Mayor. Estado de México. 167-175+apéndice 469-483.
- Trejo Vázquez I (1999) El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas Boletín*. 39: 40-52.
- Tuomisto H, Ruokolainen K, Yli-Halla M (2003) Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forest. *Science*. 299: 241-244.
- Valois Cuesta H, Córdoba-Arias JA y Rentería-Arriaga E (2016) Patterns of plant diversity in a low elevation gradient in Chocó, Colombia using indicator species (Rubiaceae). *Revista mexicana de biodiversidad*. (87)4: 1275–1282.
- Vázquez-Sánchez J (1974) Contribución al estudio de las plantas del estado En Morelos (México), *Catálogo de plantas contenidas en el "Herbario Lámagatall"*. (1):180.
- Villaseñor JL (2016) Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. (87)3: 559-902.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Cuernavaca, Morelos, 05 de junio de 2023

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación
PRESENTE

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada “Diversidad de helechos en dos sitios de selva baja caducifolia del estado de Morelos” de la alumna Abril Daniela Sánchez Popoca, con número de matrícula 100 370 93, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(X) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

() No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DRA. KARLA MARIA AGUILAR DORANTES

C.i.p. – Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

KARLA MARIA AGUILAR DORANTES | Fecha:2023-06-06 07:39:04 | Firmante

U59vo7CD113QRqdNnQBv0E3AftAg0x2iilJW71SbM1t75YI/V1t4xl4vZypoNsQ3OmW45mVdMk/+uzJQYEoKC0r+ZK1nMrMfs6y6liAYOpGhhj9Zb0yORLuy3HqiENm9sREqIhf1P2IIQdRHtYAsBtnd7YvdmolBIsbUoexWaBykRV67OXbAYodTpwPOZ0PObsxvzRCwQF9RQg64S+5bloR8Y6KE1lg9kvFioix0Zrg5O6Pcuafo2u49Eqc3LGPmuvO6lr01K7/steeHI2oXeP/F1IXTsBQlv/b6U8igkgCqXsUEmyDWYB2wseRK+saUI6K6VyoEnQ61+FLrA+A==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[vGZxPUWwb](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/9pKg9p87ekAlKGHuBZYyNeJyeDiMRf6M>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Cuernavaca, Morelos, 05 de junio de 2023

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación
PRESENTE

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada “Diversidad de helechos en dos sitios de selva baja caducifolia del estado de Morelos” de la alumna Abril Daniela Sánchez Popoca, con número de matrícula 100 370 93, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(X) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

() No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DRA. ALEJANDRA VAZQUEZ LOBO YUREN

C.i.p. – Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

ALEJANDRA VAZQUEZ LOBO YUREN | Fecha:2023-06-08 11:50:54 | Firmante

gQW70HSFE05edrbDh3wlQ51zxzhqkbN/DdJ44PIWlo2YIFy6NXPJucW/OY7BtAAd0lzhjkzeFMVZ8o1r84htjvzBTJHaPZe52tIQ2DR+Z1jujcrA/H10tuOgiBAI8k9NMUy7gSu9u/5gv
mVMbFaYXhG3h8Opj3Pb54jlZPBLWuRFX1bZa/LZG79tfSFCbEQ+a/PGSO/qDc8QTuxklE82LHjCxe+nB2/OrJ52YldyJ1NcpBGyickJkcA48b2gagl7f0rEn7QG98b19vtL5KoQbPQ
YUnSfUe1lv4sjiT+0AQqtybG6PTfhzC0Lk8/BsJRD174taTlxwX3xNFAfvPzJQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



CTGkpszF7

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/dSr9myvvqAyuSACiiln8ONMU5RRcPifo>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería

School of Engineering and Basic Sciences

Área Académica de Biología

Department of Biology

Pachuca de Soto, Hgo., a 5 de junio de 2023

**Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada “**Diversidad de helechos en dos sitios de selva baja caducifolia del estado de Morelos**” de la alumna **Abril Daniela Sánchez Popoca**, con número de matrícula **100 370 93**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

() Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

() No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente

Dra. Claudia Elizabeth Moreno Ortega

Profesora-investigadora, UAEH

E-mail: cmoreno@uaeh.edu.mx

Ciudad del Conocimiento
Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5
Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma,
Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: +52 (771) 71 720 00 ext. 6640, 6642
Fax 2112
aab_icbi@uaeh.edu.mx



www.uaeh.edu.mx



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

CLAUDIA ELIZABETH MORENO ORTEGA | Fecha:2023-06-06 12:18:31 | Firmante

eGVUzgRp/8laMxFGALT2kPMA0TGGzyEoTGvrlUK8W+eRPOvTOKr5wxNKU1xg807xQbQb0r0CPdruKWtzoV4n/ajh9DIVACGT/Ad+DhVo0qjjT96zSs1RNiltJR3jOtgMyr3ERrXft5CJPEmSgtRrSHp/Zs0KEnykqzVQHE2yTn+utsvOzEhOjxTsGjidZFyтуoLbrpGchgHaOwkCFJLGWkr2PVefmYq5g4VACF5erXIsY8Avg9lhstCY3OUk4EQoEpdS9KjwC9fwtkr/znKirnX7TGJfE5wEljmL14XLptHSZ8EuQUfvrf46Vsy+H3sX6OKO0wqLkXRqNVMQw30lw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[eydxIHSOA](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/6JL0fKRhqtqw1Yv5vgw5LkZgs1N4xfDZ>





Fecha: 06 de junio de 2023

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada "**Diversidad de helechos en dos sitios de selva baja caducifolia del estado de Morelos**" de la alumna **Abril Daniela Sánchez Popoca**, con número de matrícula **100 370 93**, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(X) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

() No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente

Dr. Klaus Mehltreter



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

KLAUS VOLKER MEHLTRETER | Fecha:2023-06-06 18:52:24 | Firmante

W+7EIWOeGcBkUj7KLSQZTcBEm4Q+mFRr2Wvv0Cp3+QX69U0UiR3x1+o7AQuh+XP0Q29ak5S0pEQXVguMT/HSVLUuE511I86/JiQztVYmu9kTj7fU0BtxS6h5AoGxAKAOpbW
T7huOHf4dyqE0GIUA+iRgiXUusJ0iv5DWPTGrB7Nv8ZD8hUpsyYk/UoOc6ZgSQKp4EOBSYwO42Zu0d5aKDiKa5MB6Q16xvYJpQw4WzCM27Dr05bBSzbVRJ9IhTI65ho31EVE
om3zsAMxXCOiLVHF39hvQNzXQoSNTxZl+c03qcLV5o9iMK72yDvHrqFxO+Eh2h/yMeH3Guzr8tIIMA==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[lLtn6A2o](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/wUFJTOKfkAmfrYptYAMMKI2zUN5BZs4P>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Cuernavaca, Morelos, 05 de junio de 2023

Coordinación Académica
Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación
PRESENTE

Como integrante de la Comisión Revisora y después de haber evaluado la tesis titulada “Diversidad de helechos en dos sitios de selva baja caducifolia del estado de Morelos” de la alumna Abril Daniela Sánchez Popoca, con número de matrícula 100 370 93, aspirante al grado de Maestra en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, expreso mi decisión eligiendo la opción:

(X) Otorgo el voto por considerar que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado.

() No otorgo el voto aprobatorio por considerar que la tesis no está lista para ser presentada y defendida en el examen de grado.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. VALENTINO SORANI DALBON

C.i.p. – Archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VALENTINO SORANI DALBON | Fecha:2023-06-08 21:13:39 | Firmante

3MHK45p0XBxfKtSGtaiDntI826XISpp3yggmtFJc/11X1YUcRiJqwbcXNrCuBsM+4tbWq1uCHI9E2Q05ziRU18TQGvJW69VWwXoQS8gLEEYSbbgjH1/TTxYLj7mqU7ytSmVKlw9Z
HNAi0A2uc4Dwm3vP02Al5vqSfiqditXkpqT9h5MxrPC9IXNQDR9P7r8JcHfkQKb/k0HteGEUL2lvTwcAW78+42HX/5kV0HQHJT18n7cfRifo2mdwMDHMUY2BbIWWfIHExaa/QqXyx
7EpyugZgb1nYyStgUV/U5w2aQXqd05Sgl3ySV2ThUHGaB7lJ/gwpXaPM+gZjTf9wdzC0g==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[c5zCStBAy](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/rQnIrM8vQyQeZsllSuaYFs2LVMxl2N5d>

