



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

**“COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE HELECHOS CON SU
TIPO DE SUSTRATO DE CRECIMIENTO EN EL SENDERO
LAS CASCADAS, COMUNA DOS MANGAS”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

AUTORA:

NICOLE NOEMÍ RODRÍGUEZ MALAVÉ

TUTORA:

Blga. DADSANIA RODRÍGUEZ MOREIRA, Mgt.

La Libertad - Ecuador

2024

**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

**“COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE HELECHOS CON SU
TIPO DE SUSTRATO DE CRECIMIENTO EN EL SENDERO
LAS CASCADAS, COMUNA DOS MANGAS”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

AUTORA:

NICOLE NOEMÍ RODRÍGUEZ MALAVÉ

TUTORA:

Blga. DADSANIA RODRÍGUEZ MOREIRA, Mgt.

La Libertad - Ecuador

2024

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE HELECHOS CON SU TIPO DE SUSTRATO DE CRECIMIENTO EN EL SENDERO LAS CASCADAS, COMUNA DOS MANGAS”, elaborado por **RODRÍGUEZ MALAVÉ NICOLE NOEMÍ**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgt

DOCENTE TUTOR

C.I. 0913042008

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “**COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE HELECHOS CON SU TIPO DE SUSTRATO DE CRECIMIENTO EN EL SENDERO LAS CASCADAS, COMUNA DOS MANGAS**”, elaborado por **RODRÍGUEZ MALAVÉ NICOLE NOEMÍ**, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Bióloga, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 1712887767

DEDICATORIA

Con el corazón lleno de emoción y profunda gratitud, dedico mi trabajo de titulación a mis pilares fundamentales:

A mis amados padres, Giovanni Rodríguez Yagual y Maribel Malavé Reyes, por creer en mí y darme el estudio. Este logro es un reflejo de su dedicación y esfuerzo. Han sido mi inspiración y mi fortaleza, por ello, este logro es tan suyo como mío.

A mis queridos hermanos, mis mejores amigos y confidentes de vida, Edison, Richard, Milena y Valentina, por su apoyo constante, palabras de aliento y por compartir conmigo los momentos más alegres y desafiantes de mi vida.

Han sido ustedes la fuerza que me ha impulsado a perseguir mis metas con determinación.

Nicole Noemí Rodríguez Malavé

AGRADECIMIENTO

En la culminación de mi trabajo de titulación, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a aquellos que han sido parte en mi formación personal y académica.

A Dios por darme fortaleza, perseverancia, salud y sabiduría para no decaer y seguir adelante a lo largo de mi camino académico.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena y los docentes de la Facultad Ciencias del Mar por proporcionarme las herramientas, los valiosos conocimientos y el ambiente propicio para el desarrollo de mis estudios.

A mi tutora del presente trabajo de titulación, Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgt, por su grata paciencia, dedicación y sobre todo su valiosa orientación para estructurar esta investigación de la mejor manera.

A la comuna Dos Mangas, por haberme brindado la oportunidad de desarrollar mi investigación en su área de conservación. Su colaboración fue transcendental para la recolección de datos y el éxito de mi investigación.

Finalmente, a mi compañero y amigo Erick Montenegro Reyes, por su disposición y apoyo, al acompañarme en todos los monitoreos en el bosque, su colaboración y amistad fueron invaluable para el desarrollo de este trabajo.

A todos ustedes por ser parte de este logro, gracias de corazón.

Nicole Noemí Rodríguez Malavé

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de integración curricular: **“COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE HELECHOS CON SU TIPO DE SUSTRATO DE CRECIMIENTO EN EL SENDERO LAS CASCADAS, COMUNA DOS MANGAS”**, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Nicole Rodríguez

Nicole Noemí Rodríguez Malavé

C.I. 2450397829

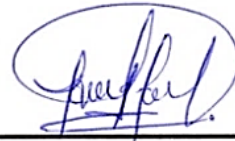
TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Rodríguez Malavé Nicole Noemí** como requisito parcial para la obtención del grado de Bióloga de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

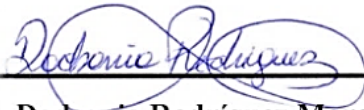
Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el 16 de julio del 2024:



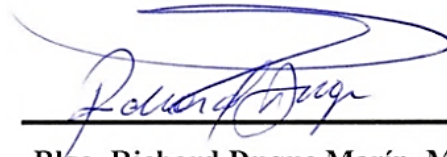
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



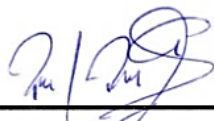
Blga. Mayra Cuenca Zambrano, M.Sc.
DOCENTE DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgt.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgtr.
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3.	JUSTIFICACIÓN	6
4.	OBJETIVOS	8
4.1.	Objetivo general	8
4.2.	Objetivos específicos	8
5.	HIPÓTESIS	9
6.	MARCO TEÓRICO	10
6.1.	Generalidades de los Helechos	10
6.1.1.	Pteridología	10
6.1.2.	Los Helechos	10
6.1.3.	Características principales	11
6.1.4.	Ciclo de vida	15
6.1.4.1.	Fase esporofítica	17
6.1.4.2.	Fase haploide	17
6.1.5.	Sustratos de crecimiento	18
6.2.	Clasificación taxonómica de helechos de la comuna Dos Mangas ...	19
6.2.1.	Clase Polypodiopsida	19
6.2.2.	Subclase Polypodiidae. Orden: Polypodiales	20
6.2.2.1.	Familia Aspleniaceae	21
6.2.2.2.	Familia Athyriaceae	21
6.2.2.3.	Familia Blechnaceae	21
6.2.2.4.	Familia Dryopteridaceae	22
6.2.2.5.	Familia Lomariopsidaceae	22

6.2.2.6.	Familia Nephrolepidaceae	22
6.2.2.7.	Familia Polypodiaceae	23
6.2.2.8.	Familia Pteridaceae	23
6.2.2.9.	Familia Tectariaceae	24
6.2.2.10.	Familia Thelypteridaceae	24
6.3.	Importancia ecológica de los helechos	27
6.4.	Importancia del estudio de helechos	28
6.5.	Marco legal del Ecuador	29
7.	MARCO METODOLÓGICO	32
7.1.	Diseño de estudio	32
7.2.	Ubicación geográfica del área de estudio	32
7.2.1.	Sitios de monitoreo	33
7.3.	Fase de campo	35
7.3.1.	Diseño y método de muestreo	35
7.3.2.	Muestreo sistemático.	36
7.3.3.	Recolección de muestras	37
7.4.	Métodos de identificación taxonómica y certificación de ejemplares 37	
7.4.1.	Plataformas digitales especializadas	37
7.4.2.	Guías ilustradas, libros y claves de identificación	38
7.5.	Análisis de datos	40
7.5.1.	Registro de datos	40
7.5.2.	Datos ecológicos estructurales	40
7.5.3.	Índices de diversidad, dominancia, riqueza y similitud	41
7.5.3.1.	Índice de Diversidad de Shannon- Weaver (H')	41

7.5.3.2.	Índice de Dominancia de Simpson (λ)	41
7.5.3.3.	Índice de Riqueza de Margalef (D_{mg}).....	41
7.5.3.4.	Índice de Equitabilidad de Pielou (J')	42
7.5.3.5.	Índice de Similitud de Jaccard	42
8.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	44
8.1.	Composición de helechos del Sendero “Las Cascadas”- Dos Mangas 44	
8.1.1.	Fichas fotográficas de helechos registrados en el sendero “Las Cascadas”, comuna Dos Mangas	46
8.1.1.1.	Familia Aspleniaceae.....	46
8.1.1.2.	Familia Arthyriaceae	47
8.1.1.3.	Familia Blechaceae	47
8.1.1.4.	Familia Dryopteridaceae.....	48
8.1.1.6.	Familia Nephrolepidaceae	49
8.1.1.7.	Familia Polypodiaceae	49
8.1.1.8.	Familia Polypodiaceae	50
8.1.1.9.	Familia Pteridaceae	51
8.1.1.10.	Familia Tectariaceae	56
8.1.1.11.	Familia Thelypteridaceae	56
8.2.	Análisis estructural de la comunidad de Helechos	59
8.2.1.	Abundancia de especies.....	59
8.2.2.	Porcentaje de Constancia de especies en las estaciones	60
8.2.3.	Diversidad y Riqueza de Helechos por estación	61
8.2.4.	Dominancia de Helechos por estación	63
8.2.5.	Equidad de Helechos por estación	64

8.2.6.	Similitud de Helechos por estación	65
8.3.	Preferencia de sustrato de crecimiento de las especies de helechos .	66
9.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
10.	CONCLUSIONES	72
11.	RECOMENDACIONES	74
12.	BIBLIOGRAFÍA	75
13.	ANEXOS	82

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Morfología del helecho.....	11
Figura 2. Prefoliación circinada de helecho del género <i>Oreopteris</i>	12
Figura 3. Tipo de venación de los helechos	13
Figura 4. Forma de soros de los helechos	14
Figura 5. Disposición de los soros	15
Figura 6. Estructuras y ciclo de vida del helecho	16
Figura 7. Láminas de helechos de las familias <i>Aspleniaceae</i> , <i>Athyriaceae</i> , <i>Blechnaceae</i> , <i>Dryopteridaceae</i> , <i>Lomariopsidaceae</i> , <i>Nephrolepidaceae</i> y <i>Polypodiaceae</i>	25
Figura 8. Láminas de helechos de las familias <i>Pteridaceae</i> y <i>Tectariaceae</i>	26
Figura 9. Láminas de helechos de la familia <i>Thelypteridaceae</i>	27
Figura 10. Ubicación geográfica de la comuna Dos Mangas	33
Figura 11. Estaciones de monitoreo en el Sendero "Las Cascadas"- Dos Mangas	35
Figura 12. Diseño y distribución de parcelas	36
Figura 13. Material bibliográfico y sitios webs para identificación de ejemplares de helechos	39
Figura 14. Composición de familias de Helechos en el sitio de estudio.....	45
Figura 15. Composición porcentual de las especies de helechos en el sitio de estudio	60
Figura 16. Porcentaje de constancia de las especies en el sitio de estudio	61
Figura 17. Índices de diversidad de Helechos en las estaciones de estudio.....	62

Figura 18. Dominancia de Helechos en las estaciones de estudio	63
Figura 19. Equidad de Helechos en las estaciones de estudio	64
Figura 20. Dendograma de similitud de la comunidad de Helechos en las estaciones de estudio	65
Figura 21. Número de especies de Helechos por sustrato de crecimiento	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de inicio de las estaciones de monitoreo	34
Tabla 2. Índices ecológicos utilizados en el presente estudio	42
Tabla 3. Registro total de helechos identificados en el sendero "Las Cascadas", comuna Dos Mangas	44
Tabla 4. Tipos de sustratos de crecimiento de helechos por estaciones.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Censo poblacional de Helechos del sendero "Las Cascadas"	82
Anexo 2. Cálculo estadístico de índices ecológicos en la plataforma Past.....	83
Anexo 3. Análisis de similitud por estaciones de monitoreo mediante el índice de Jaccard.....	83
Anexo 4. Clasificación de helechos del sitio de estudio según el sustrato de crecimiento.....	84
Anexo 5. Fotografías en fase de campo y laboratorio	85
Anexo 6. Visita de la tutora de tesis, Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, a la comuna de Dos Mangas.	85
Anexo 7. Permiso de investigación para la recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica, código MAATE-ARSFC-2023-0115.....	86
Anexo 8. Certificación de las especies de Helechos registrados en el sitio de estudio.	91

ABREVIATURAS

%: Porcentaje.

bits: En el contexto de diversidad biológica, son unidades de información digital.

(H'): Índice de Shannon-Wiener.

(J'): Equidad de Pielou.

E1-E14: Estación 1-Estación 14.

MAATE: Ministerio del Ambiente, Agua y Transacción Ecológica.

PPG I: Pteridophyte phylogeny Group (en español Grupo de Filogenia de Pteridofitos).

sp.: Especie.

UTM: Universal Tranverse Mercator.

T: Helecho terrestre.

R: Helecho rupícola.

E: Helecho epífito.

T-R: Helecho terrestre-rupícola.

T-E: Helecho terrestre-epífito.

GLOSARIO

Areolas: Espacios redondeados o poligonales que se forman cuando las venas de una hoja tocan lateralmente de espacio a espacio.

Abaxial: Lado inferior, ventral o envés de una hoja.

Adaxial: Lado superior o haz de una hoja.

Bifurcada: Que se divide en dos ramas o partes.

Bipinnado: Hoja compuesta cuyas pinnas están divididas en pínulas.

Cartáceo: Textura o consistencia del papel; fino y flexible.

Cordada: Forma de corazón.

Coriáceo: De textura y consistencia dura y flexible.

Decumbente: Rizoma que crece por encima del suelo con su ápice erecto.

Dimórficas: Que tiene dos formas diferentes, especialmente en referencia a las frondas fértiles y estériles de algunos helechos.

Diploide: Célula u organismos con dos juegos de cromosomas, uno de cada progenitor.

Elongados: Que tiene forma alargada.

Epífito: Planta que crece sobre otra planta sin parasitarla, obteniendo apoyo físico.

Erecto: De posición vertical o recta.

Erguido: Derecho o levantado.

Escamas: Pequeñas placas o láminas que cubren ciertas partes de una planta, como la base de las hojas o los tallos.

Escandentes: Plantas que trepan o se apoyan en otras estructuras para crecer en altura.

Esporófito: Es la planta de helechos que vemos comúnmente.

Estéril: Carente de estructuras reproductivas (Soros).

Fértil: Se refiere a una hoja productora de esporas.

Fronda: Hoja de un helecho, que suele ser grande y dividida en segmentos más pequeños. Son las estructuras más distintivas de los helechos.

Glabrescente o glabra: Desprovisto de pelos o escamas, es lisa.

Incospicuo: Que pasa desapercibido; poco visible o discreto.

Indusio: Estructura membranosa que cubre los soros en algunas especies de helechos.

Lámina: Parte planta y extendida de la fronda.

Mates: Superficie sin brillo o lustre; opaco.

Monomórficas: Referido a frondas de helechos que tienen una única forma, tanto en frondas fértiles como estériles.

Oblongo: Más largo que ancho.

Pilosos: Que tiene pelos o está cubierto de pelos.

Pinna: División primaria de una fronda compuesta.

Pínnula: División secundaria de una fronda bipinnada.

Prefoliación: Forma en que las frondas jóvenes se enrollan antes de desplegarse.

La prefoliación circinada es un tipo común de prefoliación en los helechos, en las que las frondas se enrollan en forma de bastón.

Reniformes: Con forma similar a la de un riñón.

Submarginales: Situados cerca pero no en el margen o borde de una estructura, como una hoja.

“COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE HELECHOS CON SU TIPO DE SUSTRATO DE CRECIMIENTO EN EL SENDERO LAS CASCADAS, COMUNA DOS MANGAS”

Autor: Nicole Noemí Rodríguez Malavé
Tutor: Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgt.

RESUMEN

Los helechos son plantas vasculares que se reproducen por medio de esporas. Aunque las especies de helechos varíen entre continentes, desempeñan roles similares en el entorno vegetal y comparten las mismas formas de vida o sustratos de crecimiento. Pueden crecer en el suelo del bosque, entre árboles, paredes húmedas de las quebradas o en rocas al borde de los ríos. En la comuna Dos Mangas aún es patente el desconocimiento científico sobre la vegetación representativa del lugar, que incluye a los helechos. Por aquello, la finalidad del presente estudio es determinar la composición florística de helechos del sendero “Las Cascadas”, utilizando guías taxonómicas de identificación relacionando el sustrato de crecimiento en que se encuentra cada especie. Para el conteo de helechos se implementaron 14 parcelas temporales de 20 x 20 metros a lo largo del sendero, permitiendo la contabilización de 3422 helechos del Orden Polypodiales, distribuidos en 10 familias, siendo las más diversas: Pteridaceae, Thelypteridaceae y Polypodiaceae. La especie más abundante fue *Adiantum tetraphyllum*, con una población de 656 helechos. *Christella dentata*, mostró el mayor porcentaje de constancia (92,86%), al estar presente en 13 de las 14 estaciones monitoreadas. El cálculo de diversidad de acuerdo al índice de Shannon reveló niveles de diversidad media y baja, siendo E14 con $H' = 2.09$ bits, la estación con el valor más alto en diversidad al presentar 12 especies. Respecto a la categorización de los helechos referente al sustrato de crecimiento, los helechos terrestre-rupícolas, mostraron mayor riqueza de especies en comparación a los helechos epífitos.

Palabras claves: Helechos, Diversidad, Sustrato, Dos Mangas.

“FLORISTIC COMPOSITION OF FERNS WITH THEIR TYPE OF GROWTH SUBSTRATE IN THE TRAIL ‘LAS CASCADAS’, COMUNA DOS MANGAS”

Autor: Nicole Noemí Rodríguez Malavé
Tutor: Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgt.

ABSTRACT

Ferns are vascular plants that reproduce by spores. Although fern species vary among continents, they play similar roles in the plant environment and share the same life forms or growth substrates. They can grow on the forest floor, among trees, moist creek walls or on rocks at the edge of rivers. In the Dos Mangas commune, there is still a lack of scientific knowledge about the representative vegetation of the area, which includes ferns. Therefore, the purpose of this study is to determine the floristic composition of ferns of the "Las Cascadas" trail, using taxonomic identification guides relating the growth substrate in which each species is found. For the counting of ferns, 14 temporary plots of 20 x 20 meters were implemented along the trail, allowing the counting of 3422 ferns of the Order Polypodiales, distributed in 10 families, the most diverse being: Pteridaceae, Thelypteridaceae and Polypodiaceae. The most abundant species was *Adiantum tetraphyllum*, with a population of 656 ferns. *Christella dentata*, showed the highest percentage of constancy (92.86%), being present in 13 of the 14 stations monitored. The calculation of diversity according to Shannon's index revealed medium and low levels of diversity, with E14 with $H' = 2.09$ bits, the station with the highest value in diversity with 12 species. Regarding the categorization of ferns according to the growth substrate, terrestrial-rupicolous ferns showed higher species richness compared to epiphytic ferns.

Key words: Ferns, Diversity, Substrate, Dos Mangas.

1. INTRODUCCIÓN

Helechos y plantas afines son un grupo de plantas que, según Zuquim et al. (2012) han estado presentes en la Tierra por más de trescientos millones de años, por lo que son consideradas las plantas vasculares más antiguas. Navarrete (2001) señaló que no fue sino hasta la Edad Media cuando este grupo de plantas comenzó a recibir atención como sujeto de estudio y se presentaron las primeras propuestas científicas para su clasificación. La historia de la clasificación de los helechos ha experimentado cambios profundos a lo largo del tiempo, más que cualquier grupo de plantas. Los helechos que vemos en la actualidad taxonómicamente forman parte de la clase Polypodiopsida, subclase Polypodiidae, esta clasificación los ubica como los helechos más modernos de las pteridofitas (PPG I, 2016).

Los helechos son plantas con características singulares: no producen flores, frutos o semillas, por lo que su reproducción se lleva a cabo mediante esporas. Además, a pesar de que las especies de helechos varían de un continente a otro, los roles que desempeñan en el entorno vegetal, y las formas de vida o sustratos de crecimiento son de alguna manera los mismos (Delgado & Plaza, 2010). Algunos crecen en el suelo del bosque, entre los árboles, en las paredes húmedas de las quebradas o al borde de los ríos. Sus frondas verdes de formas diversas y su aspecto primitivo realzan la riqueza visual del bosque (Navarrete, 2001). De acuerdo a un estudio realizado por Pteridophyte Phylogeny Group (2016), se estima que existen alrededor de 10 500 especies de helechos en todo el mundo. En el territorio ecuatoriano según García et al. (2014) se conocen alrededor de 18 000 especies de

flora vascular, de las cuales aproximadamente 1 300 especies corresponden a helechos y alrededor de 170 especies son endémicas, distribuidas en altitudes que van desde 0 a 4 500 metros.

En la provincia de Santa Elena a 7 kilómetros de Manglaralto, está la comuna Dos Mangas, un paraíso escondido de Ecuador debido a su gran valor biológico, hidrológico y patrimonial. Lo característico del área es la presencia de dos senderos, “Las Cascadas” y “Las Piscinas”, para las actividades de turismo y, que además son utilizados por los comuneros como vías de acceso a las áreas de cultivo. Estos senderos están rodeados por una abundante vegetación, formando un ecosistema de bosque húmedo tropical. Conjuntamente, las características bióticas que incluye a la flora, han demostrado ser significativas para la supervivencia de una gran variedad de animales nativos debido a que, el bosque actúa como un nicho ecológico esencial, proporcionando alimento y refugio para que estas especies prosperen (Ministerio de Turismo, 2019).

Actualmente, la comuna es seleccionada para diversos estudios ecológicos enfocados en la descripción de la diversidad de fauna y flora, sin embargo, aún es patente el desconocimiento científico a nivel taxonómico sobre la vegetación representativa del lugar, que incluye a los helechos. Tras lo anteriormente mencionado, el presente trabajo de estudio florístico toma a los helechos como grupo de estudio, proponiéndolos como una iniciativa para que se realicen investigaciones similares sobre otros grupos de plantas, fomentando así un conocimiento más integral de la biodiversidad vegetal del bosque de la comuna. Por ello, esta investigación, tiene como objetivo determinar la composición florística de

helechos del sendero “Las Cascadas”, utilizando guías taxonómicas de identificación relacionando el sustrato de crecimiento en que se encuentra cada especie. La fase de campo se llevó a cabo de noviembre de 2023 hasta abril del 2024 y para el levantamiento de la información se instalaron parcelas temporales, posteriormente se utilizaron métodos científicos rigurosos que incluyen el muestreo sistemático de la vegetación, el reconocimiento hasta escala de especie y el análisis estadístico de los datos recopilados.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante el recorrido por los senderos del bosque de la comuna Dos Mangas es posible disfrutar de la observación de una rica variedad de flora. Sin embargo, son pocas las plantas que tanto la comunidad local como los guías turísticos pueden identificar únicamente por sus nombres comunes. A su vez, al indagar información física o en plataformas digitales se obtienen limitados nombres comunes de ciertos grupos de plantas características del sitio, por ejemplo: sembríos de paja toquilla, caña guadua, hortalizas y variedad de frutas de la región costera (Ministerio de Turismo, 2019), sin mencionar la existencia de la riqueza de helechos en el área, una flora que exhibe una gran diversidad de formas, tamaños y que eligen diferentes sustratos para su crecimiento y desarrollo, en un ambiente húmedo.

Esta situación pone en evidencia que científicamente es limitado el conocimiento sobre la abundancia y diversidad de la composición florística del lugar. La información sobre la presencia de plantas en un área determinada es importante para identificar áreas de importancia ecológica y establecer medidas de protección. El desconocimiento de la diversidad la flora, incluyendo los helechos, junto con la ausencia de registros puede suponer un obstáculo para el desarrollo de estrategias de conservación y manejo adecuadas para el bosque de la comuna. Sin estos registros, se dificulta la toma de decisiones informadas en cuanto a la gestión sostenible del bosque. Además, de acuerdo a lo aprendido académicamente, la disminución de la diversidad de los helechos podría significar una pérdida de beneficio, ya que estas especies que a menudo pasan inadvertidas poseen un valor medicinal importante. Por tanto, es necesario fomentar investigaciones centradas

en este grupo de plantas, comenzando por el reconocimiento de especies. En este sentido, los objetivos planteados para esta investigación permitirán detallar cualitativa y cuantitativamente la diversidad de helechos, una flora abundante en la zona de estudio. De lo anteriormente redactado, surge la pregunta de investigación: ¿Cuál es la diversidad y qué tipos de sustratos de crecimiento prefieren las especies de helechos presentes en el sendero Las Cascadas de la comuna Dos Mangas?

3. JUSTIFICACIÓN

Un estudio florístico se centra en determinar cuanta diversidad de especies existe en un área de estudio delimitada. Toda flora en general desempeña un papel transcendental en la protección de la fauna terrestre y proporciona servicios ecosistémicos necesarios para la subsistencia de las poblaciones (Dahua, 2015). Los helechos, flora de interés de esta investigación, son una parte importante de la diversidad biológica de los bosques, su presencia y distribución son indicadores clave de la salud y el estado de conservación del ecosistema. Desempeñan roles ecológicos importantes, como ser microhábitats, proporcionar refugio y sombra a los animales pequeños, participar en el balance hídrico y en el ciclo de nutrientes, al almacenar agua y material orgánico. Son también excelentes colonizadores de hábitats perturbados (Carvajal, 2020).

El reconocimiento y la documentación de las especies de helechos a través de un análisis cualitativo y cuantitativo contribuyen a fundamentar la toma de decisiones en el manejo y conservación de la biodiversidad. Esto se debe a que, proporciona una comprensión más profunda de los mecanismos biológicos que actúan en el área de estudio (Baquero et al, 2010). Además, se ha demostrado que la vegetación, incluyendo a los helechos que se encuentran en el bosque de la comuna Dos Mangas, es de vital importancia, ya que alberga una gran variedad de especies faunísticas únicas de este tipo ecosistemas.

Lo redactado anteriormente ratifica el valor de los estudios florísticos y se sostiene que la flora de la comuna constituye un recurso valioso que merece ser estudiado

en mayor profundidad. Por lo tanto, el presente trabajo contribuirá al reconocimiento de la riqueza de helechos en el sendero “Las Cascadas”, mediante la elaboración de una lista de las especies encontradas junto con sus principales características de identificación. Esto permitirá ampliar el conocimiento sobre la diversidad y abundancia de las comunidades de flora en la zona. Asimismo, al difundir los resultados del estudio, se puede fomentar el interés por la botánica e inspirar a futuros investigadores a involucrarse en la protección de estos hábitats importantes.

4. OBJETIVOS

4.1.Objetivo general

- Determinar la composición florística de helechos del sendero “Las Cascadas”, utilizando guías taxonómicas de identificación relacionando el sustrato de crecimiento en que se encuentra cada especie.

4.2.Objetivos específicos

- Identificar los taxones de helechos que se encuentran en la zona de estudio, utilizando guías taxonómicas de características morfológicas.
- Analizar la estructura de la comunidad de helechos por medio del cálculo de abundancia, frecuencia, dominancia, diversidad y similitud de cada estación.
- Determinar la preferencia de sustrato de crecimiento de las especies de helechos registrados, a través de la observación *in situ*.

5. HIPÓTESIS

H₁: Las especies de helechos presentes en el sendero Las Cascadas - Comuna Dos Mangas crecen en diferentes tipos de sustratos incluyendo terrestre, epífito y rupícola.

6. MARCO TEÓRICO

6.1.Generalidades de los Helechos

6.1.1. Pteridología

Disciplina dedicada al estudio y descripción de las plantas vasculares que no producen flores ni semillas. Esta ciencia incluye a los licófitos (licopodios, selaginelas e isoetos) y los helechos verdaderos, grupos evolutivamente distantes. El término “Pteridología” deriva del griego “pteris”, que significa “helecho”, y “logos”, estudio. Esta área de conocimiento abarca la taxonomía, morfología, fisiología y ecológica de estas plantas (Museo de Historia Natural, 2017).

6.1.2. Los Helechos

Son uno de los grupos de plantas con haces vasculares, más antiguos que se caracterizan principalmente por reproducirse a partir de esporas en lugares sombríos con abundante humedad, por tener un ciclo de vida de dos generaciones y por ser morfológicamente muy distintivas a las demás plantas (Reyes, 2022).

Según los registros más recientes, con 10 500 especies de helechos distribuidas en todo el mundo, son el segundo grupo más diverso de plantas vasculares luego de las plantas con semillas (Navarrete, 2001; PPG I, 2016). García (2014), anunció que en el territorio ecuatoriano crecen aproximadamente 1 300 especies de helechos y plantas afines.

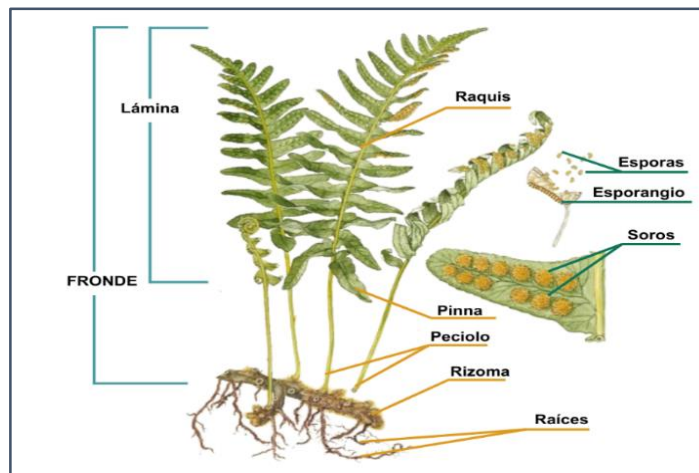
6.1.3. Características principales

Una planta madura de helecho se compone por raíces, tallo (denominado rizoma), hojas (llamadas también frondas), venas y soros (Figura 1).

El helecho adulto no presenta raíces verdaderas, debido a que la **raíz primaria** que se origina del embrión carece de la capacidad de incrementar su grosor, esto conduce a que la planta desarrolle **raíces fibrosas** desde el tallo, base de los peciolo y ocasionalmente en las hojas para satisfacer sus requerimientos (Navarrete, 2001).

Figura 1

Morfología del helecho



Nota. La figura la morfología general de un Helecho adulto.

El **tallo** es relativamente incóspicu, puede ser rastrero, extendiéndose sobre la superficie de la tierra (epigeos), debajo del suelo (hipogeos) o en los fangos. Los tallos también pueden ser cortos, globosos o nudosos, denominados **rizomas** subterráneos, tienen crecimiento horizontal y generalmente están recubiertos de escamas o pelos. En los helechos arborescentes, los tallos tienden a crecer erectos

(Verdejo, 2019). Es desde el ápice o a lo largo del rizoma donde emergen las frondas (parte más visible en la mayoría de helechos).

Las **frondas** de color verde, son la parte más conspicua del helecho, pueden presentarse como una lámina entera, sostenida por un peciolo, o de lámina dividida formando una hoja pinnada, donde el peciolo que se prolonga en la lámina se denomina raquis. Las frondas presentan una prefoliación circinada (Figura 2) es decir, los brotes foliares se encuentran enrollados y se van extendiendo según su crecimiento (Verdejo, 2019); estos tienen escamas y pelos (estructuras que derivan de la epidermis de la hoja) que protegen la planta. Las escamas están compuestas por dos o más filas de células, mientras que los pelos están formados por una sola fila de células, siendo generalmente de tamaño más reducido (Zuquim et al., 2012).

Figura 2

Prefoliación circinada de helecho del género Oreopteris



Nota. Se observa la prefoliación circinada de un helecho joven, es decir las láminas enrolladas desde el ápice.

Respecto a su función, las frondas de un helecho pueden ser exclusivamente fotosintéticas (trofófilos), reproductivas (esporófilos), o cumplir ambas funciones, en cuyo caso se les llama trofosporófilos. En ciertos géneros, una misma fronda puede tener segmentos fértiles (esporóforos) y segmentos estériles. Las hojas

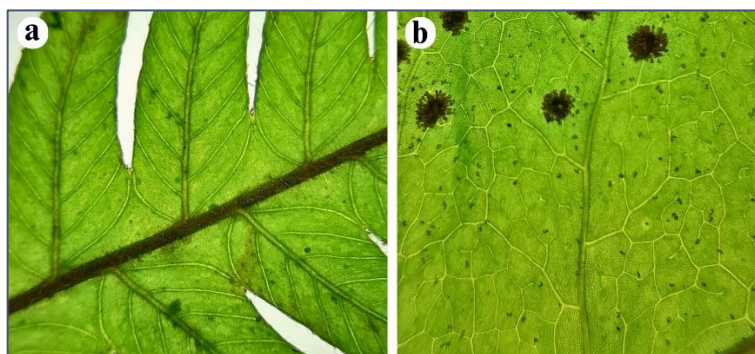
fértiles y estériles pueden ser muy similares o muy diferentes (además de las estructuras reproductivas) y la similitud puede ser un carácter que ayude a identificar la especie (Verdejo, 2019; Zuquim, et al., 2012).

Morfológicamente pueden ser enteras, recortadas, acerradas, laciniadas, dentadas y pinnadas, y su tamaño puede variar desde unos pocos milímetros hasta tres metros de largo o más. Cuando una hoja está dividida, las primeras divisiones se denominan pinnas y las divisiones subsiguientes se conocen como pínulas. Si la hoja está dividida una vez, se clasifica como 1-pinnada; si es dividida dos veces, se denomina 2-pinnada, y así sucesivamente (Oña et al., 2023).

La nervadura o **venación** en los helechos a menudo es abierta o libre, lo que significa que las venas se extienden y ramifican hasta cerca del borde de las pinnas, sin unirse entre sí, este patrón puede ser dicotómico o pinnada. Además, en ciertas especies la lámina presenta nervadura cerrada o anastomosada, en este caso, los nervios se conectan entre sí formando una red, dejando espacios libres llamados areolas, dentro de las cuales pueden encontrarse algunas venas pequeñas incluidas (Figura 3) (Navarrete, 2001; Verdejo, 2019).

Figura 3

Tipo de venación de los helechos

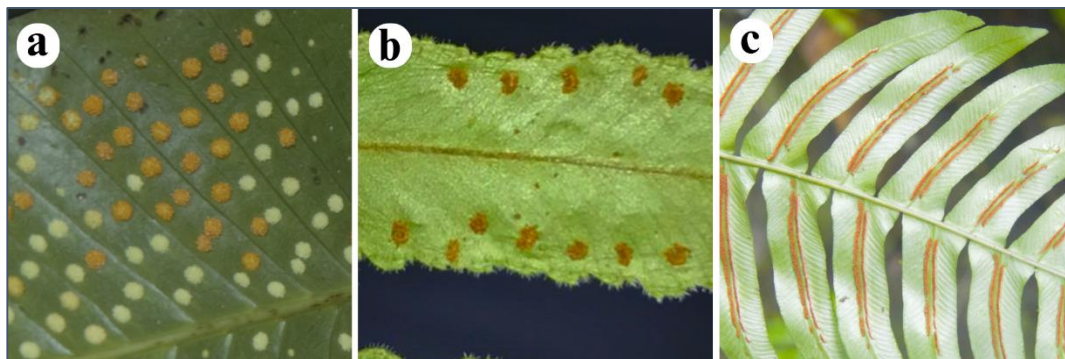


Nota. La figura muestra los tipos de venación que pueden presentar los helechos: **a.** Libre o abierta, **b.** Anastomosada o cerrada.

Los **soros** de color marrón, amarillentos o cobrizos, son agrupaciones de esporangios (pequeñas cápsulas que contienen esporas) que comúnmente se encuentran en la cara abaxial (envés) de las frondas fértiles (Verdejo, 2019). En ocasiones, estos soros pueden estar protegidos por el **indusio** (membrana que está lateralmente o sobre el soro, que puede encogerse a medida que el soro madura), por el margen revuelto de la hoja (**pseudoindusio**) o carecer de protección. Presentan distintas formas, pueden ser redondeados, ovalados, reniformes o lineares (Figura 4) (Hernández & Pérez, 2019). Respecto a su disposición según Naverrete (2001), los soros pueden ser: Abaxiales indusiados, abaxiales sin indusio, marginales, lineares, elongados, marginales en forma de copa, lineares siguiendo el curso de las venas y acrosticoide, es decir extendido por todo el envés de la lámina (Figura 5).

Figura 4

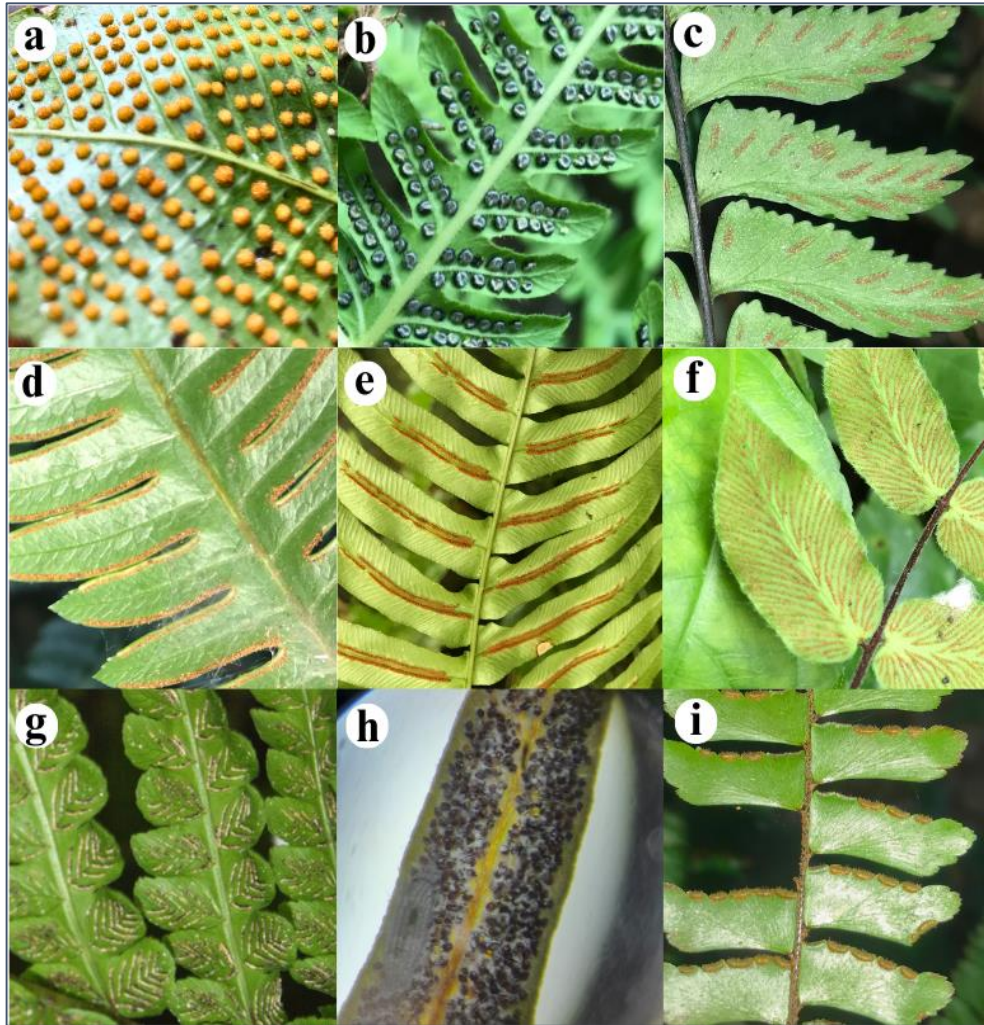
Forma de soros de los helechos



Nota. La figura muestra las formas de soros que pueden presentar los helechos: **a.** Soro redondo de *Campyloneurum*, **b.** reniforme de *Nephrolepis*, **c.** alargado de *Blechnum*.

Figura 5

Disposición de los soros



Nota. La figura muestra la manera en que los soros de helechos pueden distribuirse en las pinnas: **a)** Soros abaxiales circulares sin indusio, **b)** abaxiales circulares indusiados, **c)** abaxiales lineares, **d)** marginales continuos, **e)** paralelo a las venas, **f)** y **g)** lineares siguiendo el curso de las venas, **h)** acrosticoides, **i)** soros con seudoindusio.

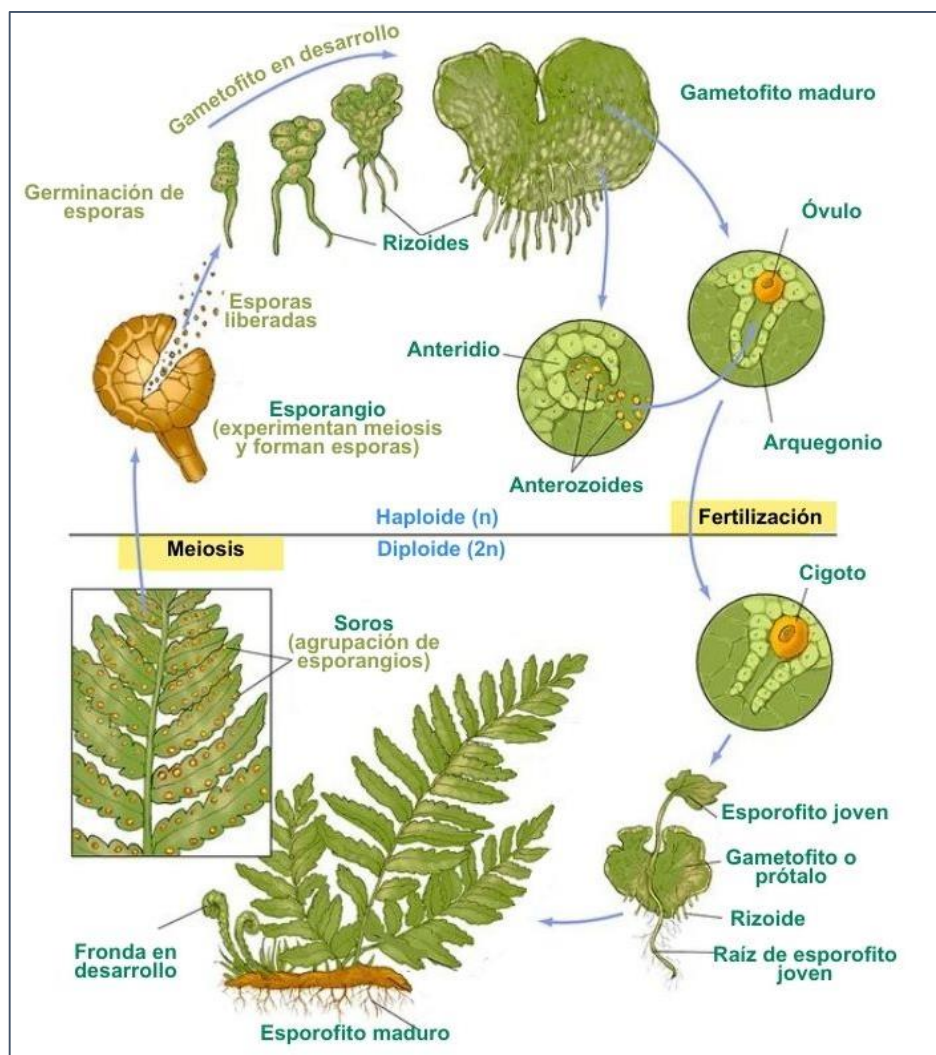
6.1.4. Ciclo de vida

Este ciclo es digenético y heteromórfico (generaciones diferentes), donde el esporófito constituido por raíces, rizomas y frondas es la generación dominante, más larga e independiente nutricionalmente de este ciclo. Estas fases tienen un

número cromosómico diferente, en una de ellas se forman los gametos, lo que se conoce como fase gametofítica (n), siendo haploide; en la siguiente fase denominada esporofítica ($2n$) que es diploide, se lleva a cabo la formación de esporas (Figura 6) (Verdejo, 2019).

Figura 6

Estructuras y ciclo de vida del helecho



Nota. Esta figura fue tomada de Stock (2024) y está modificado por Rodríguez (2024).

6.1.4.1.Fase esporofítica

El esporofito con morfología cormofítica (raíces, rizoma y fronda) es la etapa asexual, donde se reproducen las esporas asexuales. Luego que los esporófitos alcanzan la madurez, los esporangios donde se producen las esporas, se abren liberando miles de estas al aire, dispersándose a través del viento y la corriente del agua. Si una spora encuentra un sustrato propicio en un ambiente húmedo y cálido, germinará y dará lugar al prótalo (Verdejo, 2019; Zuquim, et al., 2012).

6.1.4.2.Fase haploide

El gametofito o prótalo es la fase más vulnerable en el ciclo de vida de un helecho, y habitualmente requiere humedad y poca exposición al sol (insolación); generalmente son superficiales y pocas veces subterráneos. Su tamaño es de unos pocos milímetros (rara vez alcanza el centímetro) y, tiene una forma cordada. A diferencia del esporófito, el prótalo no presenta tallo, hojas o cualquier tipo de tejido conductor, su estructura se reduce a una delgada lámina de color verde, compuesta únicamente por células clorofílicas; por otro lado en lugar de raíces, se sujeta al sustrato mediante rizoides, que a su vez participan en la absorción de agua y sales minerales (Delgado & Plaza, 2010).

Durante el crecimiento del gametofito, que puede extenderse desde unas pocas a varias semanas se desarrollan los órganos sexuales, es decir, los gametangios masculinos (anteridios) y femeninos (arquegonios), ambos órganos en la parte inferior o ventral del prótalo. Los anteridios, que normalmente aparecen entre los

rizoides, son simples estructuras ovaladas que albergan en su interior gametos denominados anterozoides (células masculinas flageladas) mientras que, los arquegonios adoptan forma de botella y protegen a la ovocélula (oosfera), célula de gran tamaño e inmóvil (Verdejo, 2019).

Cuando ambos órganos sexuales alcanzan la madurez al mismo tiempo, los anterozoides liberados por el anteridio fertilizan la ovocélula en el arquegonio. Este proceso requiere la presencia de abundante agua para que los anterozoides puedan viajar a la boca del arquegonio, entrar en su cuello y alcanzar la ovocélula para la fecundación (Verdejo, 2019).

La unión entre un anterozoide y la ovocélula en el arquegonio del prótalo forma un **zigoto** diploide, que dará lugar al **embrión**, que continúa fijado al prótalo. En su desarrollo originará la plántula, que representa la fase inicial del esporófito. La primera hoja que emerge es simple y muy diferente de la fronda de un helecho adulto. A medida que el esporófito crece, desarrollan más hojas hasta alcanzar la forma de un helecho adulto, además desarrolla sus propias raíces y se vuelve independiente del gametofito una vez que este se marchita y muere (Verdejo, 2019).

6.1.5. Sustratos de crecimiento

Los helechos muestran una excelente adaptación a diversos entornos en la naturaleza, ya que pueden desarrollarse en distintos tipos de sustratos, tales como **terrestre, epífita, acuática y rupícola**. Los helechos terrestres están en contacto con el suelo durante todo su ciclo de vida, a diferencia de los helechos epifitos que viven en troncos o ramas de árboles sin tocar el suelo, se nutren del agua de lluvia

o de la condensación que transcurre por la planta huésped sin parasitarla, es decir no penetran tejidos de la planta de soporte. Al no llegar al suelo son expuestos más a los cambios ambientales, especialmente la humedad. Por otro lado, los helechos acuáticos se mantienen flotando en el agua en todas sus fases (Zuquim et al., 2012). Por último, los helechos rupícolas o saxícolas que crecen en asociación con rocas, los rizomas crecen en huecos o rajaduras de las rocas o en cavidades formadas por la erosión.

6.2. Clasificación taxonómica de helechos de la comuna Dos Mangas

Este apartado, se centra rigurosamente en describir la clase Polypodiopsida, el orden Polypodiales (de la Subclase: Polypodiidae) junto con ciertas familias seleccionadas de este orden. Esta selección se debe a que todos los hallazgos de helechos y datos recopilados en la fase de campo de esta investigación están vinculados exclusivamente a estos grupos taxonómicos.

6.2.1. Clase Polypodiopsida

De acuerdo con Romero, (2022) la clase Polypodiopsida (los helechos leptosporangiados) constituye el grupo más diverso y exitoso de helechos vivos, con alrededor de 11 000 especies distribuidas globalmente. Estos helechos se denominan como “helechos verdaderos”, aproximadamente un tercio de las especies de este grupo son epífitas. Esta clase incluye tanto grupos muy modernos, que se desarrollaron desde el Cretácico, como otros que emergieron al inicio del Carbonífero. La mayoría de las especies de esta clase, exhiben frondas complejas conocidas como megafilas que, en términos de morfología están más estrechamente

relacionadas con las hojas de las plantas con semillas (espermatofitas) que con las hojas microfilas de la subclase Lycopodiopsida (Romero, 2022).

6.2.2. Subclase Polypodiidae. Orden: Polypodiales

El orden Polypodiales. considerado uno de los más avanzados desde el punto de vista evolutivo, incluye más del 80% de las especies de helechos existentes en la actualidad. Estas especies se encuentran distribuidas en diversas partes del mundo, abarcando regiones tropicales, semitropicales y templadas (iNaturalist, 2024).

Los miembros de este orden son mayormente terrestres, pero además logran desarrollarse sobre rocas, en forma epífita e incluso en ambientes acuáticos. Presentan tallos subterráneos o apenas visibles en la superficie del suelo, a menudo horizontales (rizomatosos) y rastreros. Los esporangios se agrupan en soros con indusio, cuya forma varía entre distintas familias. Estos helechos son los únicos en tener esporangios con un anillo vertical interrumpido por el pedicelo. Al alcanzar la madurez, los esporangios se deshidratan, haciendo que el anillo se contraiga, abre al esporangio y libere las esporas (Galan, 2014).

El orden está representado por 24 familias que son: **Aspleniaceae**, **Athyriaceae**, **Blechnaceae**, Cystopteridaceae, Davalliaceae, Dennstaedtiaceae, Desmophlebiaceae, Diplaziopsidaceae, **Dryopteridaceae**, Hemidictyaceae, Hypodematiaceae, Lindsaeaceae, **Lomariopsidaceae**, Lonchitidaceae, **Nephrolepidaceae**, Oleandraceae, Onocleaceae, **Polypodiaceae**, **Pteridaceae**, Rhachidosoridaceae, Saccolomataceae, **Tectariaceae**, **Thelypteridaceae**, Woodsiaceae.

6.2.2.1.Familia Aspleniacee

Comprende a helechos terrestres, rupícolas o epífitas, con rizoma erecto o rastrero que puede ser corto o largo, verdoso a nigrescente y cubierto de escamas. Presentan frondas monomórficas, erectas o colgantes; láminas simples o divididas varias veces (hasta 2-pinnadas), habitualmente glabrescentes; pecíolos no articulados al tallo, mates a intensamente brillantes, cubiertos de escamas. Nerviación pinnada o libremente ramificada, raramente anastomosadas. Los soros se ubican en la superficie abaxial de la lámina, son elípticos o alargados presente sobre los nervios o unilateralmente, con indusio membranáceo o coriáceo lineal (Oña et al., 2023).

6.2.2.2.Familia Athyriaceae

Se trata de helechos terrestres o rupícolas, con rizoma erguido, erecto o rastrero protegido por escamas en el ápice. Frondas monomórficas (raramente dimórficas); los pecíolos pueden ser escamosos, pilosos o glabrescentes; con láminas simples, pinnadas o 1-3-pinnada-pinnatifida. Venación libre o anastomosada sin venillas. Soros alargados o lineares pares que bordean cada lado de una vénula, o en forma de J que cruza la vénula de un lado a otro, indusio membranoso o cartáceo (raramente sin indusio) (Arana & Mynssen, 2016).

6.2.2.3.Familia Blechnaceae

Son helechos terrestres, raramente epífitas o rupícolas, o muy raramente acuáticas. Rizomas erectos, ascendentes o rastreros, arborescentes o escandentes, de delgados a robustos, a veces estoloníferos, cubiertos de escamas. Las frondas son rojizas en

estado juvenil, son monomórficas o dimórficas; láminas pinnatífidas a 1-pinnadas; el báculo a veces cubiertos de mucílago; pecíolo continuo con el tallo generalmente escamoso. Venación libre o anastomosada. Soros elongados a lineares ubicados en los nervios centrales, usualmente presentan indusio lateral (Oña et al. 2023).

6.2.2.4.Familia Dryopteridaceae

Helechos terrestres, epífitas o rupícolas, con rizomas erectos o rastreros largos y escamosos. Frondas monomórficas o dimórficas; láminas simples a 1-5-pinnadas. Venación libre (menos comúnmente anastomosada). Soros redondos o acrosticoides (ubicados en toda la superficie de la lámina) con indusio de forma arriñonada presente o ausente (Oña et al., 2023)

6.2.2.5.Familia Lomariopsidaceae

Helechos epífitos o rupícolas, rara vez terrestres con rizomas rastreros. La morfología de las frondas es variable, pero a menudo dimórficas simples o pinnadas, usualmente las fértiles son más largas y angostas que las estériles. Los soros desnudos (sin indusio) suelen ser redondos y dispuestos en hileras cubren toda la superficie inferior de las láminas (Yatskievych, 2020).

6.2.2.6.Familia Nephrolepidaceae

Helechos epífitos o terrestres, con rizomas erectos o largamente rastreros, escamosos, a veces con estolones o tubérculos. Frondas distantes o fasciculadas, monomórficas o dimórficas; pecíolos pilosos o escamosos; láminas lanceoladas o elíptico-lanceoladas; simples a 1-pinnadas, pinnas numerosas, sésiles a menudo

oblongo-lanceoladas de borde entero o dentado, glabras, pilosas o escamosas, a veces las pinnas fértiles son más angostas que las estériles. Venación simple o furcadas. Soros mediales a submarginales, redondeados a oval-reniformes con indusios reniformes (Arana, 2016; Oña et al., 2023).

6.2.2.7.Familia Polypodiaceae

Son helechos generalmente epífitos, menos comúnmente rupícolas o terrestres con rizomas horizontales, compactos o de cortos a largos, con escamas (raramente glabras); Frondas monomórficas o dimórficas; pecíolo articulado con el tallo, formando filopodios (como pequeñas «rodillas» en la base de los pecíolos); láminas simples, pinnatífidas, 1-pinnadas o raramente con más divisiones, con glabras, pubescentes o escamosas. Venación libre o anastomosada, con o sin venillas incluidas en las areolas. Soros redondeados o alargados sin indusio (Oña et al., 2023).

6.2.2.8.Familia Pteridaceae

Helechos terrestres, rupícolas, acuáticos a semiacuáticos o epífitos, con rizomas erectos o rastreros, escamosos o vellosos. Frondas monomórficas o dimórficas con láminas simples a pinnadas (1-6-pinnadas). Venación libre bifurcada o anastomosada, las areolas sin venillas incluidas. Soros a lo largo de las venas o protegidos por un falso indusio (formado por el margen revoluto de la lámina) (Oña et al., 2023).

6.2.2.9.Familia Tectariaceae

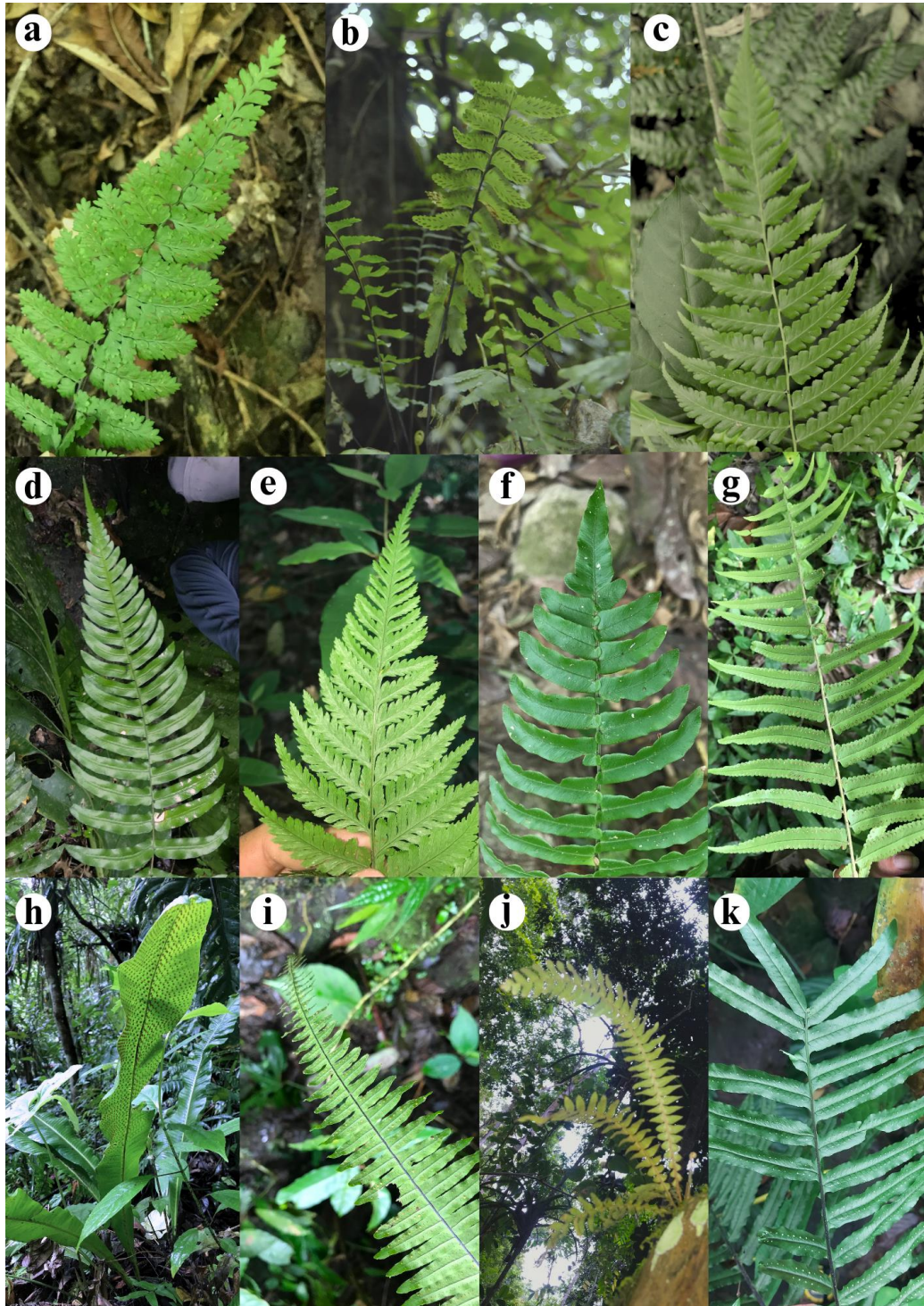
Las especies de esta familia son helechos terrestres o en ocasiones rupícolas con rizomas rastreros de cortos o largos. Las láminas pueden ser simples o compuesta de morfología triangular, pinnatífidas, pinnadas-pinnatífidas o divididas más veces, las pinnas basales pueden ser lobuladas. Venación generalmente anastomosada (reticuladas) formado areolas poligonales a menudo con venillas libres incluidas. Soros circulares al termino de las venillas, con indusio circular o reniforme (Marquez & Ponce, 2017).

6.2.2.10. Familia Thelypteridaceae

Incluyen a helechos terrestres, rupícolas o epífitos, con rizomas rastreros erectos o decumbentes, cortos a largos, generalmente cubiertos de escamas peludas o glabras. Frondas monomórficas, rara vez dimórficas, espaciadas a fasciculadas con pecíolos no articulados con el rizoma. Láminas simples o 4-pinnadas, usualmente 1-pinnada-pinnatífida. Venación libre o anastomosada; tricomas aciculares, simples ramificados o estrellas, unicelulares o multicelulares presentes en diversas partes de las frondas. Soros circulares en las venas, raramente lineares o alargados, con indusio reniforme o sin indusio (Oña et al., 2023).

Figura 7

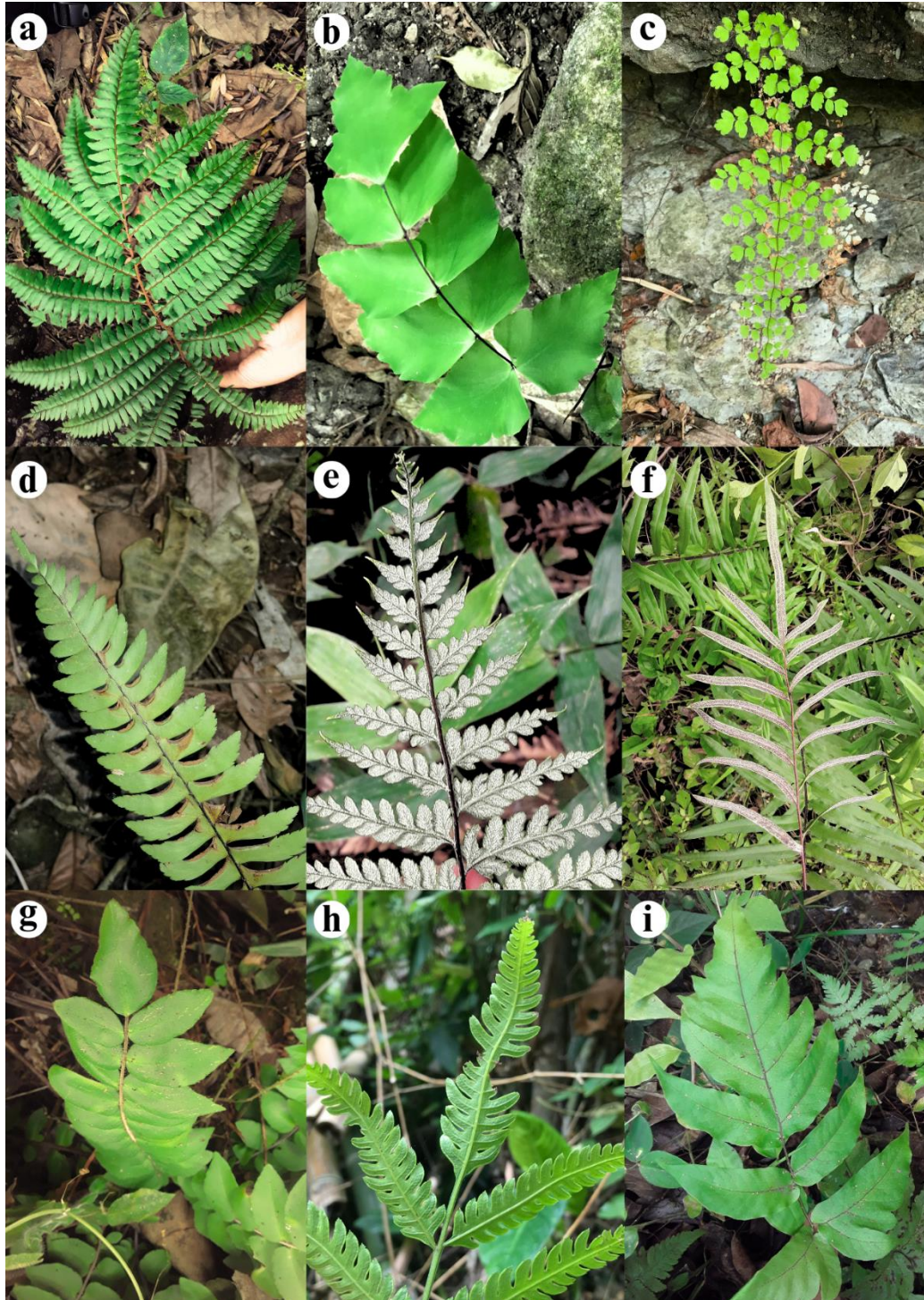
Láminas de helechos de las familias Aspleniaceae, Athyriaceae, Blechnaceae, Dryopteridaceae, Lomariopsidaceae, Nephrolepidaceae y Polypodiaceae



Nota. La figura muestra láminas de helechos de familias y géneros identificados en el sitio de estudio. Aspleniaceae: *Asplenium* (a-b); Athyriaceae: *Diplazium* (c); Blechnaceae: *Blechnum* (d); Dryopteridaceae: *Lastreopsis* (e); Lomariopsidaceae: *Cyclopetlis* (f); Nephrolepidaceae: *Nephrolepis* (g); Polypodiaceae: *Campyloneurum* (h), *Pecluma* (i), *Pleopeltis* (j), *Polypodium* (k).

Figura 8

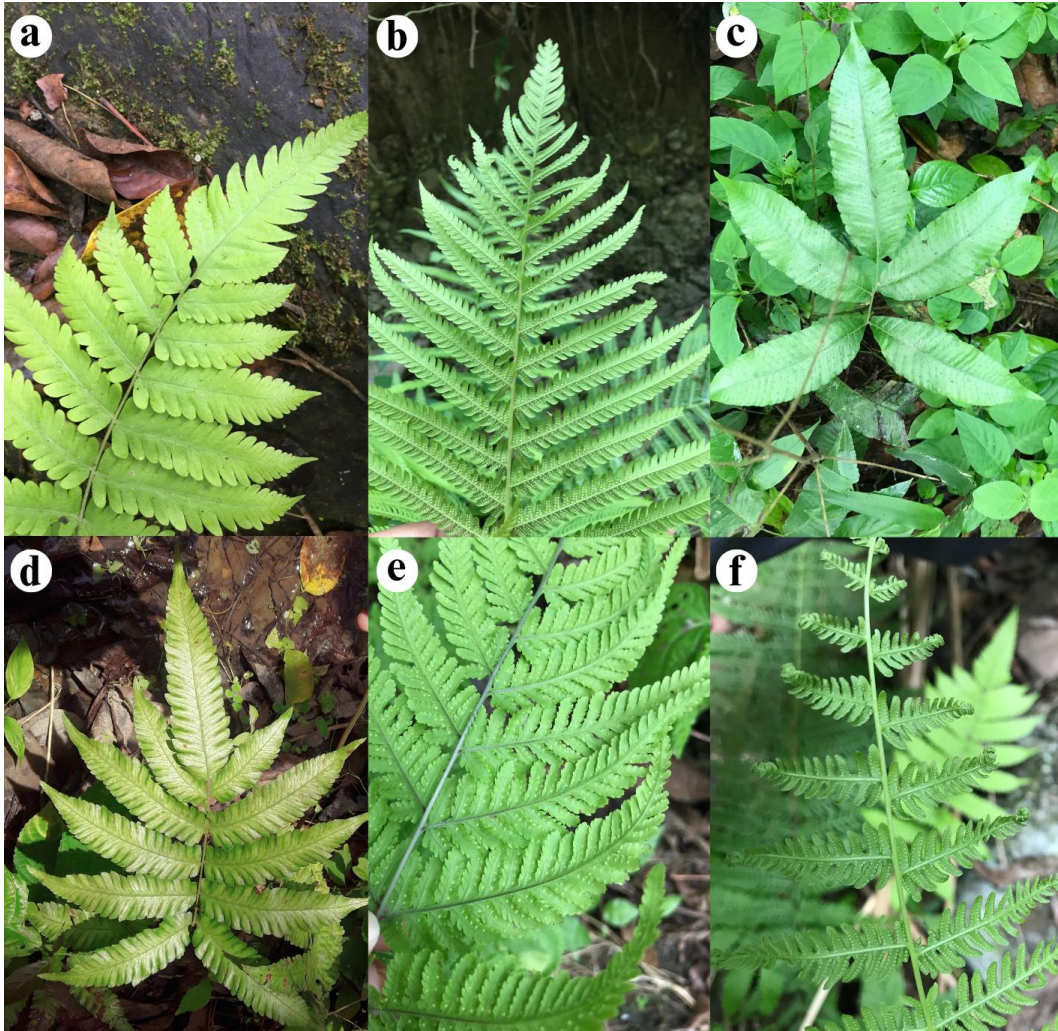
Láminas de helechos de las familias Pteridaceae y Tectariaceae



Nota La figura muestra láminas de helechos de familias y géneros identificados en el sitio de estudio. Pteridaceae: *Adiantum* (a-d), *Pityrogramma* (e-f), *Hemionitis* (g), *Pteris* (h); Tectariaceae: *Tectaria* (i).

Figura 9

Láminas de helechos de la familia Thelypteridaceae



Nota. La figura muestra helechos de la familia Thelypteridaceae, específicamente de los géneros: *Christella* (a-b), *Goniopteris* (c-d), *Macrothelypteris* (e), *Oreopteris* (f).

6.3.Importancia ecológica de los helechos

Carvajal (2020), expone que los helechos cumplen un rol ecológico importante en los ecosistemas, con su cubierta protegen al suelo de la erosión causada por la lluvia y el viento. Contribuyen al mantenimiento de la humedad del suelo, al balance hídrico y ciclo de nutrientes, ya que almacenan agua y material orgánico. Son

plantas pioneras, que inician la colonización de ecosistemas perturbados y proporcionan biomasa al suelo a medida que se descomponen.

Su capacidad de adaptación es notable, puesto que pueden realizar la fotosíntesis con poca luz, y poseen una alta tolerancia a la escasez de nutrientes. Sin embargo, son altamente sensibles a las variaciones de temperatura, un aumento de tan solo un grado puede ocasionar una mortandad significativamente alta en su población, esto los convierte en bioindicadores sobre las afectaciones del cambio climático (Carvajal, 2020).

6.4.Importancia del estudio de helechos

Es preciso promover la educación ambiental entre las comunidades que habitan en zonas con presencia de helechos, ya que sólo al conocerlos y comprender los beneficios que ofrecen, las personas podrán contribuir a su conservación de manera consciente (Carvajal, 2020). En términos de conservación, el estudio de los helechos es fundamental para identificar áreas de alta biodiversidad e incluir a los helechos en listas de especies en peligro. La destrucción del hábitat, la sobreexplotación y el cambio climático representan algunas de las principales amenazas para este grupo de flora. Por lo tanto, comprender su ecología y distribución resulta crucial para desarrollar estrategias de conservación efectivas. El estudio de su taxonomía y sistemática de estas plantas contribuye para identificar especies únicas y amenazadas, así como comprender la relación evolutiva entre diferentes grupos.

Además, de su valor ecológico, los helechos tienen una importancia económica significativa. Muchas especies son destinadas a usos ornamentales en jardinería y paisajismo. En diversos estudios se ha demostrado que ciertas especies poseen potencial para actuar como biorremediadores de suelos afectados con derrames de petróleo y ganadería, así como para la producción de medicamentos, y productos químicos industriales (Reyes, 2022).

6.5.Marco legal del Ecuador

En los siguientes fragmentos, se puntualizan los artículos que respaldan este trabajo de investigación:

a) Ley para conservación y uso sustentable de la biodiversidad

Título V: De la Información sobre la Biodiversidad

Capítulo I: De la Investigación y el Monitoreo

Artículo 91.- Con el objetivo de preservar y aprovechar de forma sostenible la biodiversidad, el Estado, a través del Ministerio del Ambiente, en conjunto con las universidades e instituciones públicas y privadas pertinentes, establecerá las áreas prioritarias de investigación científica (Ley para conservación y uso sustentable de la biodiversidad, 2019, pág. 17).

Artículo 92.- Se garantiza la participación de los pueblos indígenas, afroecuatorianos y comunidades locales en las investigaciones sobre la biodiversidad y sus elementos intangibles que se lleven a cabo dentro de sus territorios comunitarios

de influencia (Ley para conservación y uso sustentable de la biodiversidad, 2019, pág. 17).

Artículo 94.- Se fomentará y autorizará la participación de universidades, centros de investigación y empresas públicas y privadas, tanto nacionales como extranjeras, en actividades de investigación y monitoreo, siempre que se cumpla los siguientes requisitos (Ley para conservación y uso sustentable de la biodiversidad, 2019, pág. 17):

- a) Colaboración con instituciones de investigación ecuatorianas;
- b) Inclusión de investigadores ecuatorianos en el proceso, tanto en participación como en la capacitación;
- c) Implementación de mecanismos para la transferencia de tecnología y conocimiento científico que fortalezcan la capacidad científica;
- d) Respeto por los saberes ancestrales y garantía de los derechos de las comunidades y del Estado sobre cualquier beneficio económico derivado de estas investigaciones.

b) Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

Libro IV: De la Biodiversidad

Título II: De la Investigación, Colección y Exportación de Flora y Fauna Silvestre

Artículo 6.- Cualquier investigación de flora o fauna silvestre en áreas protegidas, sin importar la nacionalidad del investigador, necesita autorización del Distrito Regional correspondiente. Fuera de áreas protegidas, no se requieren permiso para

investigar, a menos que se recolecten muestras o especímenes (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, 2017, pág. 121).

Artículo 7.- El Ministerio del ambiente evaluará y diferenciará los trabajos de investigación científica relacionado a fauna o flora silvestre, tomando en cuenta (Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, 2017, pág. 121):

- a) **El estado de conservación:** La situación poblacional de la especie o especies a estudiar;
- b) **Impacto:** El nivel de manipulación experimental o de otro tipo sobre los individuos, poblaciones, hábitat o su potencial impacto directo e indirecto;
- c) **Sensibilidad** ecológica y biológica de los organismos y hábitats donde se realizará la investigación.

El actual trabajo de investigación posee el permiso respectivo otorgado por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) (Anexo 7):

Autorización de recolección de ejemplares de la diversidad biológica.

No. 115

CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2023-0115

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1. Diseño de estudio

El presente estudio de investigación fue de tipo observacional y descriptivo no experimental ya que, no se manipuló ninguna variable. Se describió la información registrada en campo, mediante la recolección de datos para conocer la diversidad y abundancia de helechos en el sendero “Las Cascadas - Comuna Dos Mangas”. Del mismo modo, al ser un tema sobre el cual no existen antecedentes en la comuna, se constituye en un estudio de tipo exploratorio (Veiga de Cabo & Zimmermann, 2008).

Se utilizaron enfoques de investigación, tanto cualitativo como cuantitativos. En el enfoque cualitativo, se emplearon técnicas que facilitaron la identificación taxonómica de los helechos. Por otro lado, se manejaron cifras numéricas de abundancia, los cuales otorgaron información valiosa para la investigación.

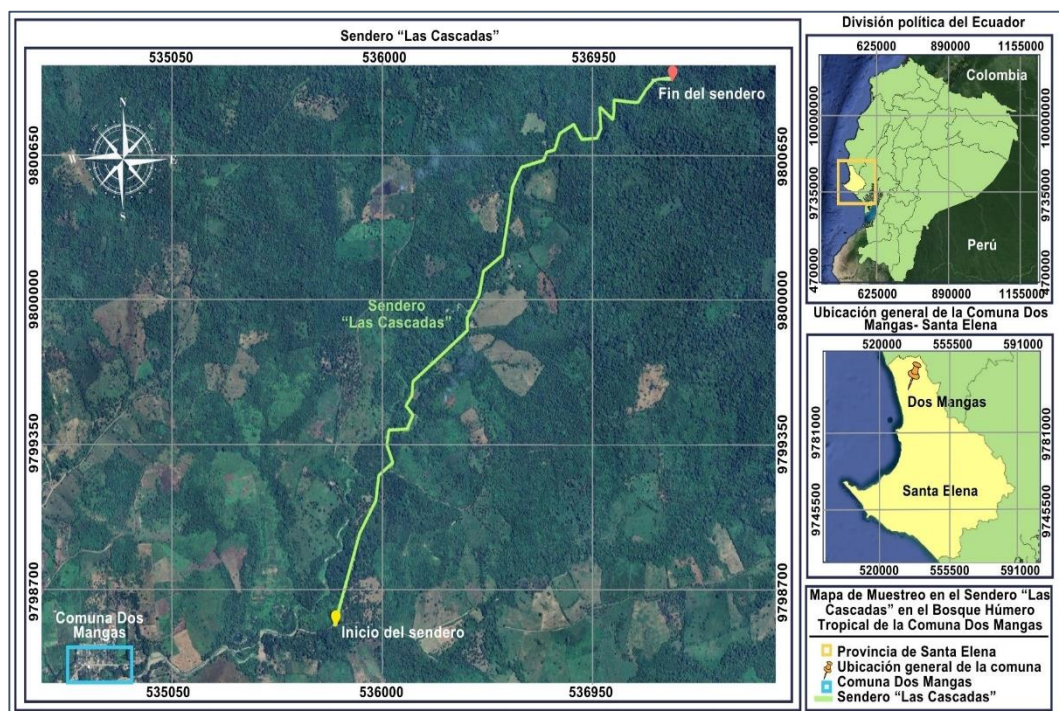
7.2. Ubicación geográfica del área de estudio

El estudio se realizó dentro del bosque húmedo tropical de la comuna Dos Mangas, misma que está localizada en el trayecto de la Ruta del Spondylus, a 7 km del noreste de la parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena (Figura 10) (Ministerio de Turismo, 2019) en las coordenadas geográficas: 1°48'04"S y 80°39'37"O. Es denominada “Dos Mangas”, por la convergencia de los ríos que hoy son llamados ríos Las Cascadas y río Las Piscinas (antiguamente conocidos como Grande y Colín). Producto de su ubicación en las estribaciones de la cordillera

Chongón-Colonche dota al sitio de un clima de bosque húmedo tropical (Yumisaca et al., 2020) rodeado de una frondosa vegetación propia de la zona. El territorio de la comuna abarca 4 945 hectáreas, de las cuáles 2 840 hectáreas están designadas para la conservación (Álvarez, 2015). Las actividades de monitoreo se llevaron a cabo en el Sendero “Las Cascadas”. En el Centro Interpretativo de Dos Mangas, se indica que este sendero posee una extensión de 4 352 metros, donde es posible la observación varias cascadas, sitios de descanso y zonas de cultivo.

Figura 10

Ubicación geográfica de la comuna Dos Mangas



Fuente: QGIS (2024); modificado por Rodríguez (2024).

7.2.1. Sitios de monitoreo

Para el monitoreo de diversidad y abundancia de helechos se establecieron 14 estaciones en el sendero “Las Cascadas”; se tomó la ubicación espacial con la ayuda

de un GPS marca Garmin 64 C, y la información fue procesada en el programa QGIS versión 3.36 (Figura 11, Tabla 1).

Dentro de cada estación se instaló una parcela temporal, con un total de 14 parcelas que fueron monitoreadas, para garantizar una cobertura adecuada del área de estudio. Es necesario resaltar que, en virtud de las características topográficas del sendero, las parcelas no fueron dispuestas a una distancia uniforme entre sí. En lugar de ello, se colocaron en puntos donde el terreno permitía el acceso y la posibilidad de establecer las parcelas de manera segura y práctica. Por ende, se seleccionaron ubicaciones donde se podía transitar con facilidad, asegurando así una distribución efectiva y representativa dentro del sitio de estudio, a pesar de las limitaciones impuestas por el terreno.

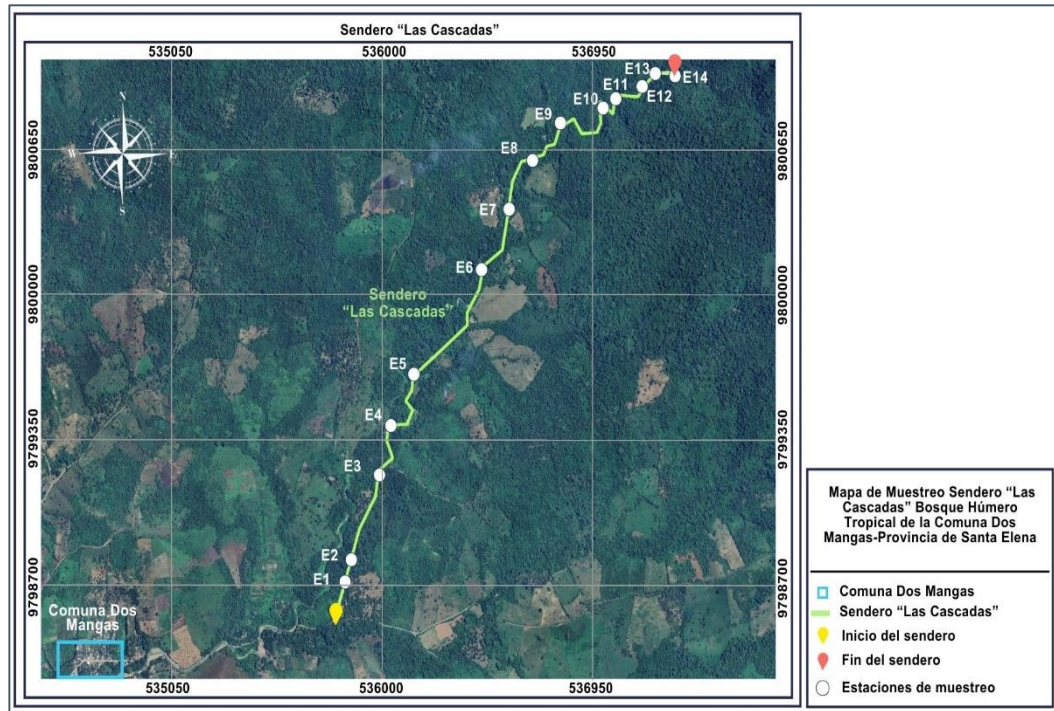
Tabla 1

Coordenadas de inicio de las estaciones de monitoreo

Coordenadas UTM de estaciones					
N° de Estaciones	X	Y	N° de Estaciones	X	Y
E1	535925.45	9798720.05	E8	536904.17	9800555.71
E2	535946.38	9798803.69	E9	537043.36	9800709.82
E3	536096.94	9799181.54	E10	537215.63	9800778.86
E4	536158.07	9799361.31	E11	537296.25	9800842.23
E5	536638.48	9800051.82	E12	537492.28	9800916.95
E6	536638.70	9800052.20	E13	537569.52	9801004.93
E7	536759.88	9800366.53	E14	537753.63	9800889.56

Figura 11

Estaciones de monitoreo en el Sendero "Las Cascadas"- Dos Mangas



Fuente: GAIA GPS (2024), modificado por Rodríguez (2024).

7.3.Fase de campo

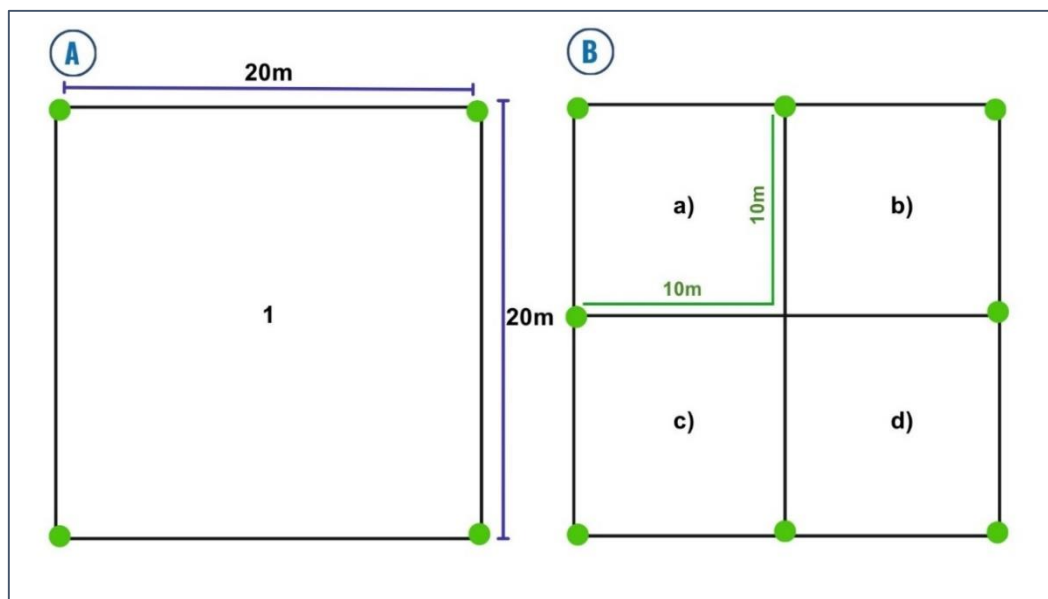
7.3.1. Diseño y método de muestreo

La recopilación de datos se llevó a cabo desde noviembre del 2023 a abril del 2024 con una duración de seis meses. Se realizó recorridos en tanto en horarios matutinos y vespertinos, ejecutando dos muestreos mensuales, aproximadamente cada 15 días. Para analizar ecológicamente el área, se siguieron las directrices metodológicas establecidas por Hernández et al. (2005) y Kessler et al. (2014). En consecuencia, se establecieron y delimitaron parcelas (no permanentes) de dimensiones 20 x 20 metros (Figura 12), colocadas estratégicamente a lo largo del sendero, una en cada estación previamente delimitada. Cada parcela se dividió en cuatro subparcelas de

10 x 10 metros, totalizando 40 subparcelas. Las parcelas fueron numeradas del 1 al 14, mientras que las subparcelas se identificaron utilizando letras del abecedario (a, b, e y d). La construcción de las parcelas se llevó a cabo mediante el uso de estacas y piola para garantizar su precisión y consistencia.

Figura 12

Diseño y distribución de parcelas



Nota. La figura representa la esquematización y extensión de las parcelas (A) y subparcelas (B).

7.3.2. Muestreo sistemático.

En las 14 parcelas 20 x 20 m, se registraron y contabilizaron únicamente los helechos cuya altura superaba los 40 centímetros. Aquellos helechos con altura inferior a los 40 centímetros se registraron y contabilizaron en una de las cuatro subparcelas (10 x 10 metros), elegida aleatoriamente de cada una de las parcelas (Hernández et al., 2005) (Kessler et al., 2014).

En cada muestreo, se registraron con los siguientes datos:

1. **Estado** (abundancia en parcelas y subparcelas):
2. **Etapa fenológica** (definida por la presencia y ausencia de soros):
3. **Sustrato**: se registró las formas de crecimiento de cada especie en relación al sustrato y se clasificaron de acuerdo con Grayum y Churchill (1987) en tres categorías: Terrestres (T), epífitas (E), y rupícolas (R).
4. **Fotografía** de cada especie que fueron captadas por una cámara profesional modelo Nikon D7500 y un Smartphone con resolución FHD+ (1280×960 px max) Zoom.

7.3.3. Recolección de muestras

De acuerdo con Péndas et al. (2015), se debe recolectar la planta completa, incluyendo los rizomas y la base de las frondas. En caso de ser muy grande la planta o de tamaño mediano, se corta una parte del rizoma incluyendo raíces y frondas con soros. En este estudio, la colecta fue manual retirando frondas fértiles de cada especie, posteriormente se colocaron en fundas ziploc herméticamente selladas, junto con un papel absorbente con el propósito de aislar la humedad.

7.4. Métodos de identificación taxonómica y certificación de ejemplares

Para la identificación y determinación de los helechos encontrados del orden Polypodiales, se utilizaron los siguientes recursos:

7.4.1. Plataformas digitales especializadas

INaturalistEC

Es una plataforma digital administrado por el INABIO, Ecuador se integró a finales del 2018. Esta plataforma tiene como objetivo fomentar observaciones para el

posterior registro y difusión de la biodiversidad en Ecuador. Se trata de una base de datos en línea que ofrece una amplia variedad de imágenes e información pertinente, acompañada de referencias bibliográficas, sobre flora o fauna. Por tanto, resulta considerablemente confiable para investigaciones relacionadas a la biodiversidad, permitiendo conocer la clasificación taxonómica de determinados organismos (iNaturalist Ecuador, 2016).

About Ferns

Es una plataforma que consolida información dispersa de varias fuentes de información relacionada con los helechos en general. El sitio fue creado con el propósito de respaldar información científica y hortícola. Los datos se organizan de manera estandarizada, refleja información científica de cada helecho detallando la escala taxonómica básica, nombre común, descripción morfológica, distribución, enlaces y referencias bibliográficas que se utilizan en la compilación del perfil del helecho. About ferns está afiliado con la **Sociedad Británica de Pteridología** (en inglés: British Pteridological Society), que proporciona amplia información sobre helechos, foro, revistas publicadas, folletos y libros y la **Asociación Holandesa de Navegación** (en inglés: Nederlandse Varenvereniging), que ofrece publicaciones impresas.

7.4.2. Guías ilustradas, libros y claves de identificación

A continuación, se enlista los títulos de los documentos respectivamente ilustrados (Figura 13) que facilitaron la determinación de las especies de helechos. Además,

se observó con la ayuda de un estereoscopio la morfología de cada helecho recolectado.

Libro: Helechos comunes en la Amazonía baja ecuatoriana (Navarrete, 2001).

Libro: Helechos amenazados de Andalucía (Delgado & Plaza, 2010).

Revista: Helechos de la estación experimental La Favorita (Oña et al., 2023).

Guía de Helechos y licófitas de la Amazonía central (en portugués: Guia de samambaias e licófitas da REBIO Uatumã-Amazônia Central) (Zuquim et al., 2012).

Guía de Helechos y Licófitas de la Reserva Ecológica Guapiaçu (en portugués: Guia de Samambaias e Licófitas da Reserva Ecológica de Guapiaçu) (Mendes et al., 2023).

Guía: Helechos comunes de la RBCC (Reserva Biológica Colonso-Chalupas - Napo, Ecuador) (Moulatlet et al., 2022).

Figura 13

Material bibliográfico y sitios webs para identificación de ejemplares de helechos



Nota. La figura muestra aquellos libros, guías y catálogos ilustrativos con descripciones morfológicas, así como las plataformas digitales empleadas para la identificación de especies de helechos.

Para el listado florístico y organización de familias y géneros se consideró la clasificación de PPG I (2016). La nomenclatura y abreviación de autores se actualizó con información de las plataformas Catalogue of Life (Roskov et al., 2015) y Tropicos (2018) respectivamente.

7.5. Análisis de datos

7.5.1. Registro de datos

Los datos recolectados durante el periodo de muestreo y anotados en las fichas de campo fueron introducidos en el programa Microsoft Office Excel 2016 a fin de ejecutar el análisis estadístico, empleando gráficos o diagramas descriptivos.

7.5.2. Datos ecológicos estructurales

Con los datos estructurales que se obtuvieron en el censo de la vegetación de helechos, se calculó los siguientes valores ecológicos que incluye los siguientes parámetros.

Abundancia relativa (Ab%): En un estudio de composición florística se la considera como el número de organismos de una especie dividido por el total de organismos encontrados en el sitio de estudio.

$$Ab\% = \frac{n_i}{N} \times 100$$

Donde:

- n_i = Número de individuos por especie.
- N = Número de individuos totales en el área de estudio.

Porcentaje de constancia

Por cada especie se valoró la amplitud de distribución aplicando el cálculo de Porcentaje de constancia (PC), cuya fórmula fue propuesta por Madrigal (1967):

$$PC = \frac{\text{Número de sitios en los que se presentó la especie}}{\text{Número total de sitios de recolección}} \times 100$$

7.5.3. Índices de diversidad, dominancia, riqueza y similitud

7.5.3.1. Índice de Diversidad de Shannon- Weaver (H')

Se determinó la diversidad alfa (α) de helechos de las 14 estaciones a través de este índice, mismo que estima la heterogeneidad de la comunidad considerando: el número o riqueza de especies presentes y su abundancia relativa (Pla, 2006). Los resultados indicarán la diversidad de individuos presente en una comunidad (Weaver, 1949).

7.5.3.2. Índice de Dominancia de Simpson (λ)

El índice de Simpson es un indicador que expresa la dominancia de una especie dentro de una comunidad en comparación con otras especies. Evalúa si una comunidad está formada por especies muy abundantes, puesto que suma las abundancias de cada especie elevado al cuadrado (Lamprecht, 1962). La diversidad se obtiene como $1 - \lambda$, ya que el valor del índice de Simpson es inverso a la equidad.

7.5.3.3. Índice de Riqueza de Margalef (D mg)

Este índice evalúa la biodiversidad de una comunidad basándose principalmente en la cantidad de especies presentes, en relación con el número total de individuos en

la muestra estudiada. Este índice integra la cantidad de especies (S) e individuos (N) (Magurran, 2004).

7.5.3.4. Índice de Equitabilidad de Pielou (J')

Se empleó también el índice de equidad Pielou para evaluar cuán uniformemente se distribuyen los individuos entre las diferentes especies de en la comunidad de helechos en cada estación de monitoreo (Aguirre, 2013).

7.5.3.5. Índice de Similitud de Jaccard

Finalmente, se empleó el coeficiente de Similitud de Jaccard para expresar el grado de similitud entre las estaciones de monitoreo por las especies de helechos presentes en estas, permitirá conocer que estaciones tienen la misma composición de especies.

Las fórmulas e interpretación de los índices previamente mencionados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Índices ecológicos utilizados en el presente estudio

Tipo de Índice	Fórmula	Condición
	$H' = -\sum(Pi) \cdot (\ln Pi)$	
Índice de Shannon (H')	$Pi = \frac{n_i}{N}$ <ul style="list-style-type: none"> ▪ Σ = sumatoria ▪ ln = logaritmo natural ▪ ni = número de individuos de la especie i ▪ N = número total de individuos de la muestra 	0 – 1,35 diversidad baja 1,36 – 3,5 diversidad media > 3,6 diversidad alta

	Dominancia: $\lambda = \Sigma (Pi)^2$	
	$Pi = \frac{n_i}{N}$	0 – 0,33 = dominancia baja (diversidad alta)
Índice de Simpson (D)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Σ = sumatoria ▪ n_i = número de individuos de la especie i ▪ N = número total de individuos de la muestra 	0,34 – 0,66 = dominancia media (diversidad media)
		> 0,67 = dominancia alta (diversidad baja)
	$D_{mg} = \frac{(s - 1)}{\ln(N)}$	
Índice de Margalef (Dmg)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ s = número de especies presentes ▪ ln = logaritmo natural ▪ N = número total de individuos 	Valores menores a 2.00 = baja riqueza
		Valores cercanos a 5.00 = riqueza alta
		0 – 0,33 = heterogéneo en abundancia (diversidad baja)
	$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$	0,34 – 0,66 =
Índice de Pielou (J')	<ul style="list-style-type: none"> ▪ H' = índice de Shannon ▪ H'max (H'max = ln del total de especies (S)) = diversidad máxima 	ligeramente heterogéneo en abundancia (diversidad media)
		> 0,67 homogéneo en abundancia (diversidad alta)
	$J = a / a + b - c$	
Índice de Jaccard	<ul style="list-style-type: none"> ▪ a = número de especies comunes entre dos sitios ▪ b = número de especies presentes en el primer sitio y no en el segundo ▪ c = número de especies presentes en el segundo sitio y no en el primero ▪ a+b-c = número total de especies diferentes presentes en el conjunto de los dos sitios 	0 = similitud mínima
		1 = similitud máxima

Fuente: Adaptado de Aguirre (2013); Campo & Duval (2014).

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

8.1. Composición de helechos del Sendero “Las Cascadas”- Dos Mangas

Durante el periodo de estudio correspondiente, de seis meses de duración, utilizando la metodología de parcelas en el sendero “Las Cascadas” del Bosque húmedo tropical de la comuna Dos Mangas, se contabilizaron un total de 3 422 helechos del Orden Polypodiales, distribuidos en 10 familias (Tabla 3).

Las familias más representativas fueron Pteridaceae constituida por 9 especies (33,3%), Thelypteridaceae con 6 especies (22,2%), Polypodiaceae con 4 especies (14,8%) y Aspleniaceae con 2 especies (7,4%). Las familias restantes están representadas por una especie cada una (3,7%) como se observa en la Figura 14.

Tabla 3

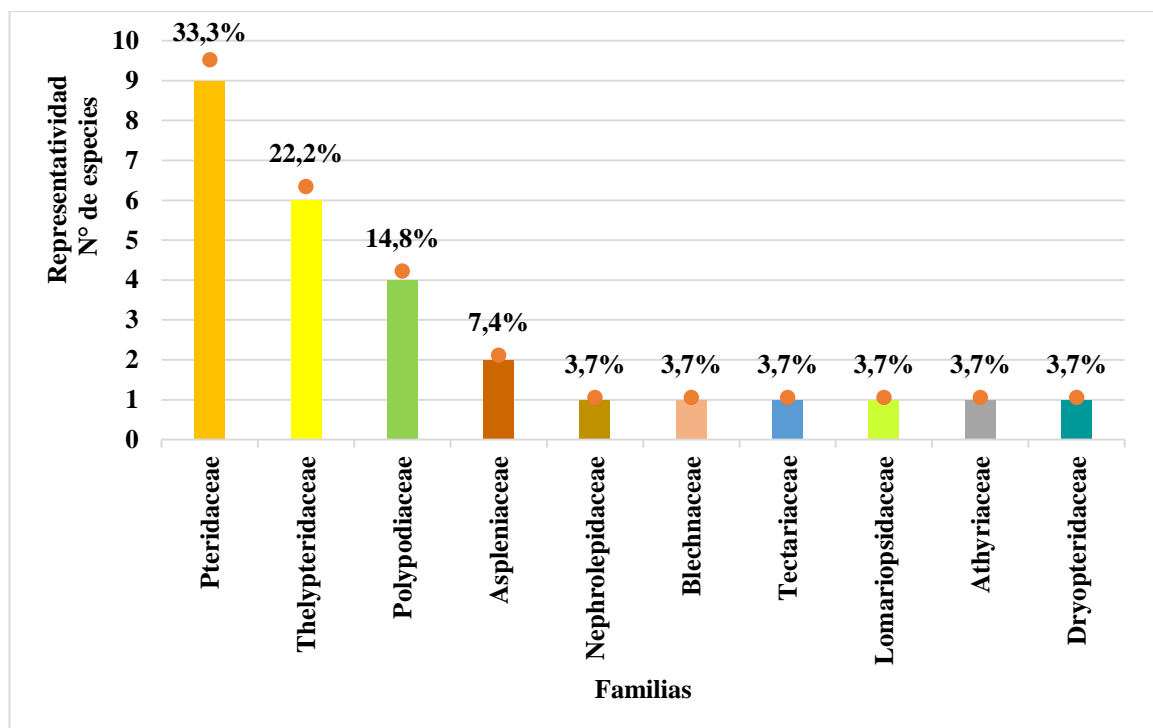
Registro total de helechos identificados en el sendero "Las Cascadas", comuna Dos Mangas

Orden	Familias	Géneros	Especies	Número de Helechos
Polypodiales	Pteridaceae	<i>Adiantum</i>	<i>Adiantum tetraphyllum</i>	656
			<i>Adiantum alarconianum</i>	85
			<i>Adiantum macrophyllum</i>	35
			<i>Adiantum</i> sp.	73
		<i>Pityrogramma</i>	<i>Pityrogramma calomelanos</i>	106
			<i>Pityrogramma trifoliata</i>	12
		<i>Pteris</i>	<i>Pteris propinqua</i>	114
			<i>Pteris biaurita</i>	4
		<i>Hemionitis</i>	<i>Hemionitis rufa</i>	78
	Thelypteridaceae	<i>Christella</i>	<i>Christella dentata</i>	515
			<i>Christella normalis</i>	29
		<i>Goniopteris</i>	<i>Goniopteris poiteana</i>	45
			<i>Goniopteris tetragona</i>	222
		<i>Macrothelypteris</i>	<i>Macrothelypteris torresiana</i>	270
<i>Oreopteris</i>		<i>Oreopteris limbosperma</i>	5	
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis</i>	<i>Pleopeltis bombycina</i>	25	

	<i>Campyloneurum</i>	<i>Campyloneurum phyllitidis</i>	54
	<i>Pecluma</i>	<i>Pecluma plumula</i>	29
	<i>Polypodium</i>	<i>Polypodium sp.</i>	4
Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>	<i>Asplenium maxonii</i>	11
	<i>Hymenasplenium</i>	<i>Hymenasplenium laetum</i>	5
Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis</i>	<i>Nephrolepis biserrata</i>	339
Blechnaceae	<i>Blechnum</i>	<i>Blechnum appendiculatum</i>	240
Tectariaceae	<i>Tectaria</i>	<i>Tectaria incisa</i>	68
Lomariopsidaceae	<i>Cyclopeltis</i>	<i>Cyclopeltis semicordata</i>	350
Athyriaceae	<i>Diplazium</i>	<i>Diplazium dilatatum</i>	11
Dryopteridaceae	<i>Lastreopsis</i>	<i>Lastreopsis exulta</i>	37
Totales	10	20	3 422

Figura 14

Composición de familias de helechos en el sitio de estudio



8.1.1. Fichas fotográficas de helechos registrados en el sendero “Las Cascadas”, comuna Dos Mangas







8.1.1.1. Familia Aspleniaceae

<i>Asplenium maxonii</i> Lellinger				
			Taxonomía	
			<p>Orden: Polypodiales Familia: Aspleniaceae Género: <i>Asplenium</i> Especie: <i>A. maxonii</i></p>	
			Descripción de fotografías	
			<p>Fotografías en campo: a. Helechos agrupados de <i>Asplenium maxonii</i> en sustrato terrestre, b. Vista abaxial de lámina (2-pinnada), c. Soros lineares o elongados cortos en las pínulas. Fotografías en estereomicroscopio: d. Venación abierta furcada, e. Soros con indusio elongados en las venas.</p>	
<i>Hymenasplenium laetum</i> (Sw.) L. Regalado & Prada				
			Taxonomía	
			<p>Orden: Polypodiales Familia: Aspleniaceae Género: <i>Hymenasplenium</i> Especie: <i>H. laetum</i></p>	
			Descripción de fotografías	
			<p>Fotografías en campo: a. Helechos agrupados de <i>Hymenasplenium laetum</i> en sustrato terrestre, b. Vista abaxial de lámina, c. Vista adaxial de lámina (pinnada) con pinnas pares y alternas, d. Soros lineares cortos con indusio blanquecino elongados en las venas secundarias, e. Prefoliación circinada de la especie.</p>	







8.1.1.2.Familia Arthyriaceae

<i>Diplazium dilatatum</i> Blume					
			Taxonomía		
			Orden: Polypodiales Familia: Arthyriaceae Género: <i>Diplazium</i> Especie: <i>D. dilatatum</i>		
			Descripción de fotografías		
			Fotografías en campo: a-b. Helechos agrupados de <i>Diplazium dilatatum</i> en sustrato terrestre, c. Vista abaxial de láminas (3-pinnada) con pinnas opuestas, lanceoladas, d. Soros lineares indusiados. Fotografías en estereomicroscopio: e. Venación abierta, f. Soros a lo largo de las venas secundarias de las pinnas.		
					






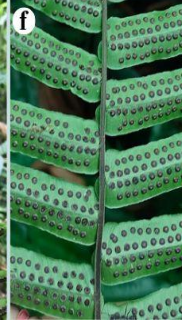
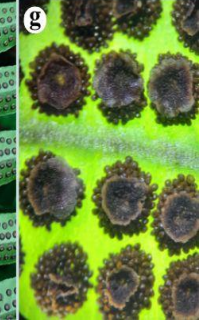
8.1.1.3.Familia Blechnaceae

<i>Blechnum appendiculatum</i> Willd.					
			Taxonomía		
			Orden: Polypodiales Familia: Blechnaceae Género: <i>Blechnum</i> Especie: <i>B. appendiculatum</i>		
			Descripción de fotografías		
			Fotografías en campo: a. Helechos de <i>Blechnum appendiculatum</i> en sustrato terrestre, b. Vista adaxial de lámina (pinnada) con pinnas alternas, c-d. Vista abaxial y disposición de soros alargados paralelos a las venas. Fotografías en estereomicroscopio: e. Venación abierta bifurcada, f. Soros paralelos a las venas.		
					








8.1.1.4. Familia Dryopteridaceae

<i>Lastreopsis exculta</i> (Mett.) Tindale		
		
Taxonomía		
<p>Orden: Polypodiales Familia: Dryopteridaceae Género: <i>Lastreopsis</i> Especie: <i>L. exculta</i></p>		
Descripción de fotografías		
<p>Fotografías en campo: a. Helechos de <i>Lastreopsis exculta</i> en sustrato terrestre, b. Vista abaxial de lámina (2-pinnada-pinnatífida), c. Vista adaxial de pinnas, d. Disposición de soros circulares.</p> <p>Fotografías en estereomicroscopio: e. Venación abierta, f. Soros sin indusio.</p>		
		




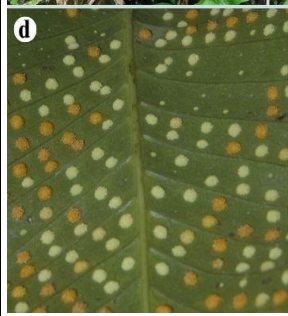
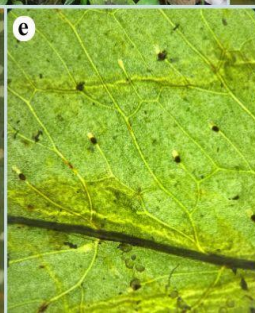

8.1.1.5. Familia Lomariopsidaceae

<i>Cyclopetlis semicordata</i> (Sw.) J.Sm.		
		
Taxonomía		
<p>Orden: Polypodiales Familia: Lomariopsidaceae Género: <i>Cyclopetlis</i> Especie: <i>C. semicordata</i></p>		
Descripción de fotografías		
<p>Fotografías en campo: a-b. Helechos de <i>Cyclopetlis semicordata</i> en sustrato terrestre y rupícola, c. Vista abaxial de lámina (pinnada) con pinnas alternas alargadas, d. Peciolos con escamas oscuras, e-f. Soros redondeados en hileras entre la vena principal.</p> <p>Fotografía en estereomicroscopio: g. Soros con indusio.</p>		
		
		

8.1.1.6.Familia Nephrolepidaceae







<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott		
		
		
		
Taxonomía		
<p>Orden: Polypodiales Familia: Nephrolepidaceae Género: <i>Nephrolepis</i> Especie: <i>N. biserrata</i></p>		
Descripción de fotografías		
<p>Fotografías en campo: a-b. Helechos colgantes de <i>Nephrolepis biserrata</i> en sustrato epífita y montículo terrestre, c-d. Vista adaxial y abaxial de lámina (pinnada) con pinnas alternas, e. Prefoliación circinada. Fotografías en estereomicroscopio: f-g. Soros con indusio reniformes.</p>		

8.1.1.7.Familia Polypodiaceae







<i>Campyloneurum phyllitidis</i> (L.) C. Presl		
		
		
Taxonomía		
<p>Orden: Polypodiales Familia: Polypodiaceae Género: <i>Campyloneurum</i> Especie: <i>C. phyllitidis</i></p>		
Descripción de fotografías		
<p>Fotografías en campo: a-b. Helechos de <i>Campyloneurum phyllitidis</i> en sustrato rupícola con crecimiento en racimo, c. Vista abaxial de lámina entera coriácea, delgada y larga, d. Disposición de sori circulares formando hileras. Fotografías en estereomicroscopio: e. Venación cerrada o reticulada con venillas, f. Soros sin indusio.</p>		

8.1.1.8.Familia Polypodiaceae

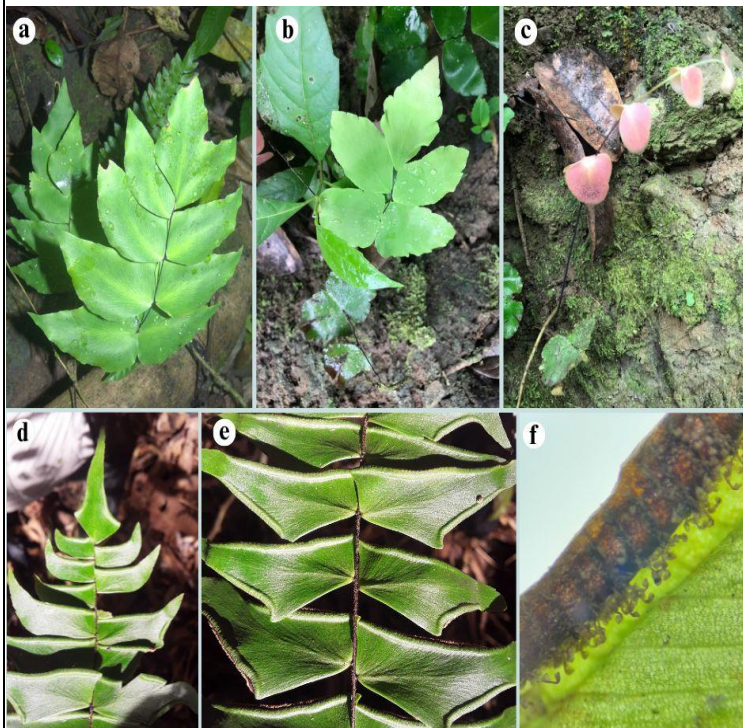
<i>Pectuma plumula</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.Price						
				Taxonomía		
				<p>Orden: Polypodiales Familia: Polypodiaceae Género: <i>Pectuma</i> Especie: <i>P. plumula</i></p>		
Descripción de fotografías						
<p>Fotografías en campo: a. Helechos de <i>Pectuma plumula</i> en sustrato rupícola, b-c. Vista adaxial y abaxial de lámina (pinnada), d-e. Soros circulares sin indusio, dispuestos en dos columnas una a cada lado de la vena principal de la pinna.</p> <p>Fotografía en estereomicroscopio: f. Nervación abierta.</p>						
			Taxonomía			
Descripción de fotografías						
<p>Fotografías en campo: a-c. Helechos de <i>Pleopeltis bombycina</i> en sustrato epífita con láminas pinnadas, d. Prefoliación circinada.</p> <p>Fotografías en estereomicroscopio: e-f. Soros anaranjados circulares sin indusio, dispuestos en dos columnas, una a cada lado de la vena central de la pinna.</p>						

<i>Polypodium sp.</i>			Taxonomía
			Orden: Polypodiales Familia: Polypodiaceae Género: <i>Polypodium</i> Especie: <i>Polypodium sp.</i>
			
Descripción de fotografías			
Fotografías en campo: a. Helechos de <i>Polypodium sp.</i> en sustrato terrestre, b-c. Vista adaxial de láminas pinnadas, d-e. Disposición de soros circulares. Fotografías en estereomicroscopio: f. Venación abierta bifurcada.			

8.1.1.9. Familia Pteridaceae

<i>Adiantum alarconium</i> Gaudich.			Taxonomía
			Orden: Polypodiales Familia: Pteridaceae Género: <i>Adiantum</i> Especie: <i>A. alarconium</i>
			
Descripción de fotografías			
Fotografías en campo: a-b. Helechos de <i>Adiantum alarconium</i> en sustrato terrestre y rupícola, c. Vista del ápice de láminas pinnadas, d. Soros continuos, sólo uno por pinna. Fotografías en estereomicroscopio: e-f. Venación abierta; soros en el margen superior de la pinna con falso indusio.			

Adiantum macrophyllum Sw.



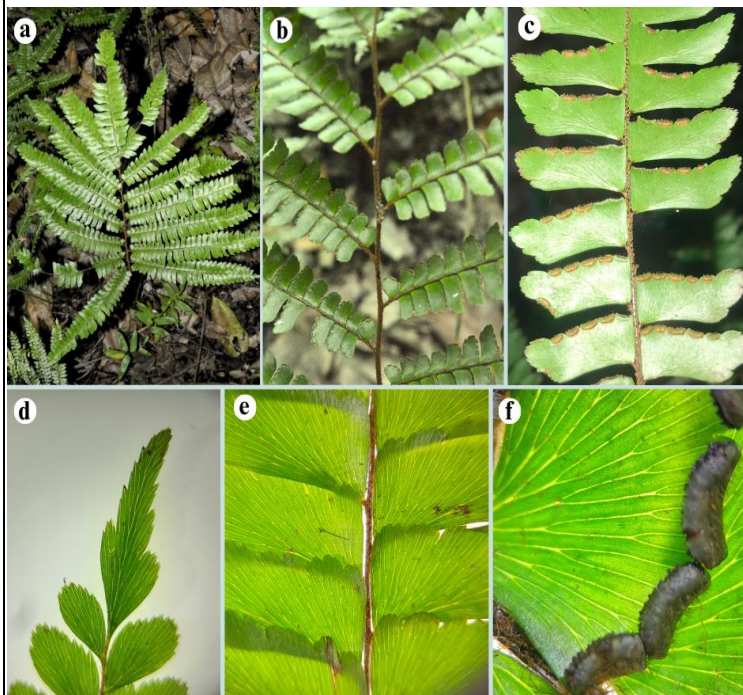
Taxonomía

Orden: Polypodiales
Familia: Pteridaceae
Género: *Adiantum*
Especie: *A. macrophyllum*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: a-b. Helechos de *Adiantum macrophyllum* en sustrato terrestre y rupícola, c. Fronde joven de color rosa-salmón, d-e. Soros oblongos en el margen de las pinnas de fronde fértil. **Fotografías en estereomicroscopio:** f. Soros con falso indusio.

Adiantum tetraphyllum Humb. & Bonpl. ex Willd.

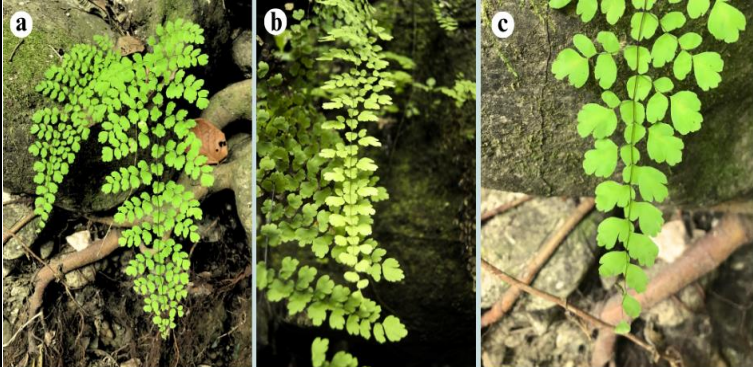


Taxonomía

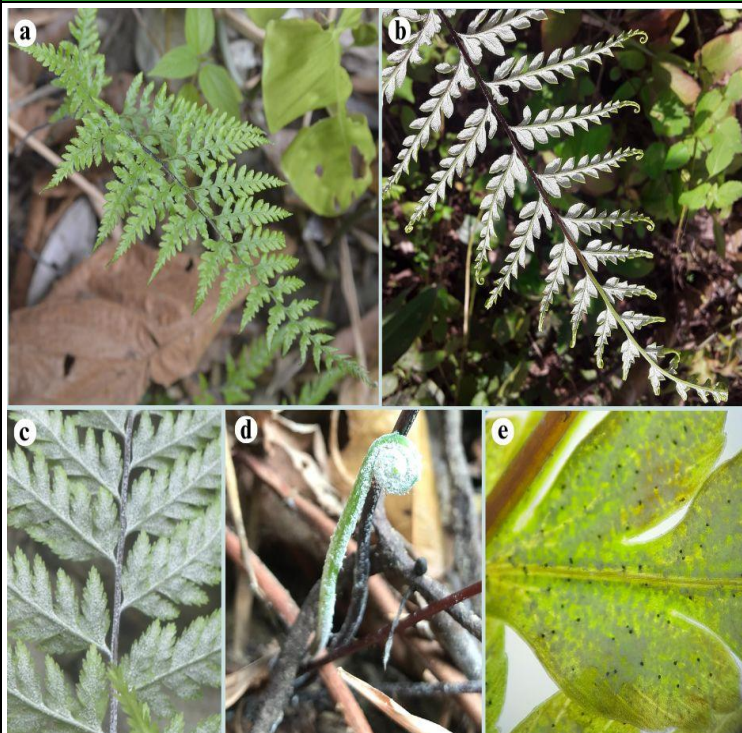
Orden: Polypodiales
Familia: Pteridaceae
Género: *Adiantum*
Especie: *A. tetraphyllum*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: a-b. Helechos de *Adiantum tetraphyllum* en sustrato terrestre, b. Láminas 2-pinnadas, c. Soros en el margen de las pínulas. **Fotografías en estereomicroscopio:** e. Venación abierta bifurcada, f. Soros con falso indusio.

<i>Adiantum</i> sp.		
	Taxonomía	
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Pteridaceae Género: <i>Adiantum</i> Especie: <i>Adiantum</i> sp.</p>	
	Descripción de fotografías	
	<p>Fotografías en campo: a-b. Helechos de <i>Adiantum</i> sp. en sustrato rupícola, c-d. Vista de láminas (2-pinnadas). Fotografía en estereomicroscopio: e. Venación abierta bifurcada.</p>	
<i>Hemionitis rufa</i> (L.) Sw.		
	Taxonomía	
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Pteridaceae Género: <i>Hemionitis</i> Especie: <i>H. rufa</i></p>	
	Descripción de fotografías	
	<p>Fotografías en campo: a-b. Helechos de <i>Hemionitis rufa</i> en sustrato terrestre, b. Vista de ápice de láminas, c. Lámina pinnada y peciolo cubiertos de pelos blancos, d-e. Soros bifurcados sin indusio sobre las venas. Fotografía en estereomicroscopio: f. Venación abierta bifurcada.</p>	

Pityrogramma calomelanos (L.) Link



Taxonomía

Orden: Polypodiales
Familia: Pteridaceae
Género: *Pityrogramma*
Especie: *P. calomelanos*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: **a.** Helechos de *Pityrogramma calomelanos* en sustrato terrestre, **b.** Vista abaxial de lámina (3-pinnada), **c.** Superficie inferior cubierta por cera blanca con apariencia de polvo, **d.** Prefoliación circinada. **Fotografía en estereomicroscopio:** **e.** Soros pequeños (puntos negros).

Pityrogramma trifoliata (L.) R.M. Tryon



Taxonomía

Orden: Polypodiales
Familia: Pteridaceae
Género: *Pityrogramma*
Especie: *P. trifoliata*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: **a-b.** Vista adaxial y abaxial de helechos de *Pityrogramma trifoliata* en sustrato terrestre, **c** Prefoliación, **d.** Disposición de pinnas. **Fotografías en estereomicroscopio:** **e-f.** Soros acrosticoides.

Pteris biaurita L.



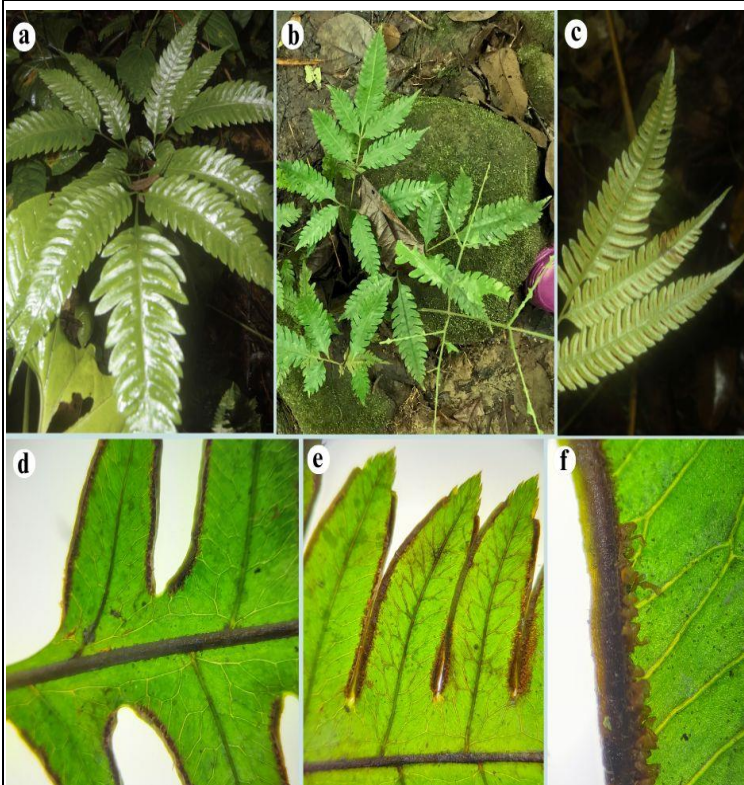
Taxonomía

Orden: Polypodiales
Familia: Pteridaceae
Género: *Pteris*
Especie: *P. biaurita*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: a. Helecho de *Pteris biaurita* en sustrato terrestre con láminas 2-pinnadas, las pinnas basales más largas que las apicales, **b-c.** Soros lineares, en los márgenes de pinnas.

Pteris propinqua J.Agardh






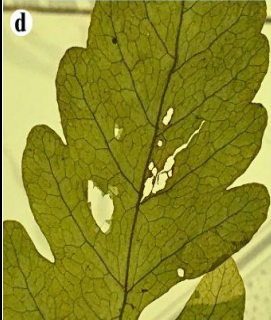
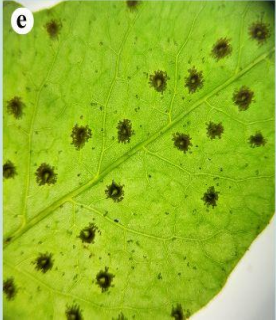

Taxonomía

Orden: Polypodiales
Familia: Pteridaceae
Género: *Pteris*
Especie: *P. propinqua*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: a-b. Esporófitos de *Pteris propinqua* en sustrato terrestre, **c.** Vista de lámina fértil.
Fotografías en estereomicroscopio: d-e. Soros en líneas marginales, **f.** Los nervios terciarios forman areolas en cada lado de la vena principal de las pinnulas.

8.1.1.10. Familia Tectariaceae

<i>Tectaria incisa</i> Cav.		
		
Taxonomía		
<p>Orden: Polypodiales Familia: Tectariaceae Género: <i>Tectaria</i> Especie: <i>T. incisa</i></p>		
Descripción de fotografías		
<p>Fotografías en campo: a. Helecho con láminas pinnadas de <i>Tectaria incisa</i> en sustrato terrestre, b. Ápice lobulado de la lámina, c. Soros circulares dispersos irregularmente, d. Venación cerrada con venillas.</p> <p>Fotografías en estereomicroscopio: e-f. Soros con indusio circular.</p>		
		

8.1.1.11. Familia Thelypteridaceae

<i>Christella dentata</i> (Forssk.) Brownsey & Jermy		
		
Taxonomía		
<p>Orden: Polypodiales Familia: Thelypteridaceae Género: <i>Christella</i> Especie: <i>C. dentata</i></p>		
Descripción de fotografías		
<p>Fotografías en campo: a-b. Helechos agrupados de <i>Christella dentata</i> en sustrato rupícola, c. Vista de lámina bipinnatífida, d-e. Disposición de soros circulares con indusio reniforme, densamente peloso, en las puntas de nervios.</p>		
		

Christella normalis (C.Chr.) Holttum



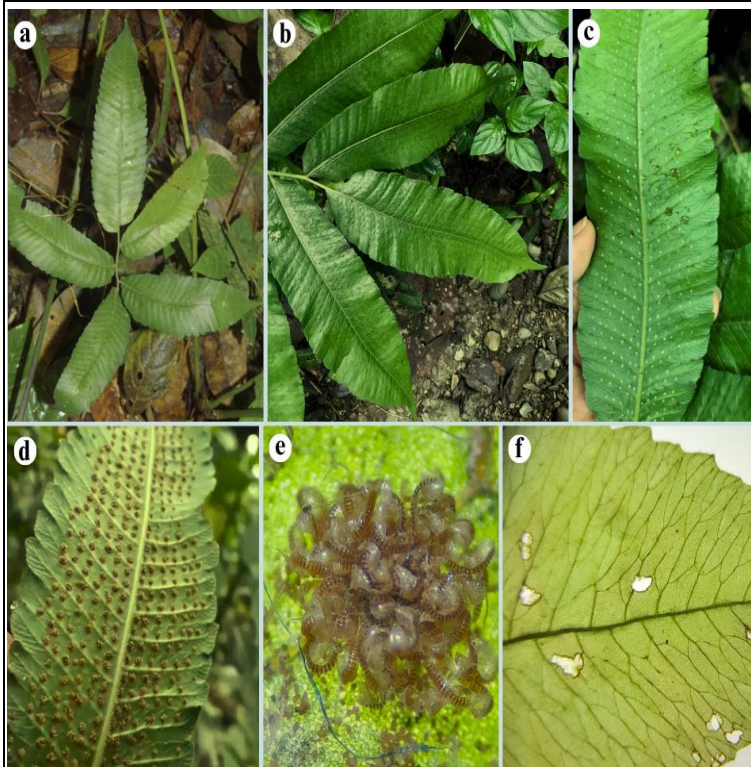
Taxonomía

Orden: Polypodiales
Familia: Thelypteridaceae
Género: *Christella*
Especie: *C. normalis*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: a. Helechos agrupados de *Christella normalis* en sustrato terrestre, b-c. Vista de lámina bipinnatífidas, d-e. Disposición de soros orbicular-reniformes. **Fotografía en estereomicroscopio:** f. Soros indusiados (contraídos a la madurez dejando los esporangios expuestos).

Goniopteris poiteana (Bory) Ching



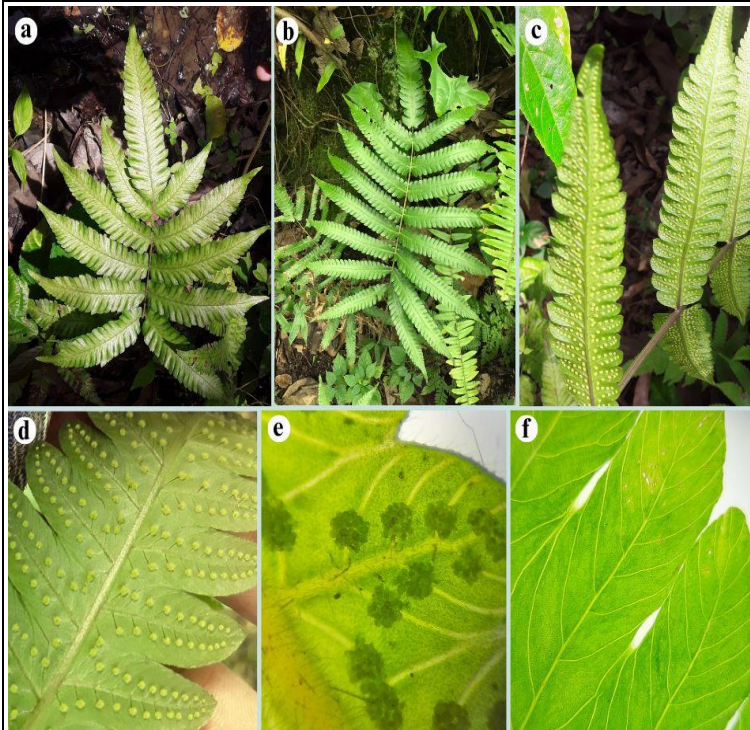
Taxonomía

Orden: Polypodiales
Familia: Thelypteridaceae
Género: *Goniopteris*
Especie: *G. poiteana*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: a. Helecho de *Goniopteris poiteana* en sustrato terrestre, c. Vista de pinna fértil, d. Soros redondos sin indusio en dos hileras entre los nervios secundarios. **Fotografías en estereomicroscopio:** e. Soros redondos sin indusio, f. Venación cerrada o anastomosada, areolas con venillas.

Goniopteris tetragona (Sw.) C.Presl



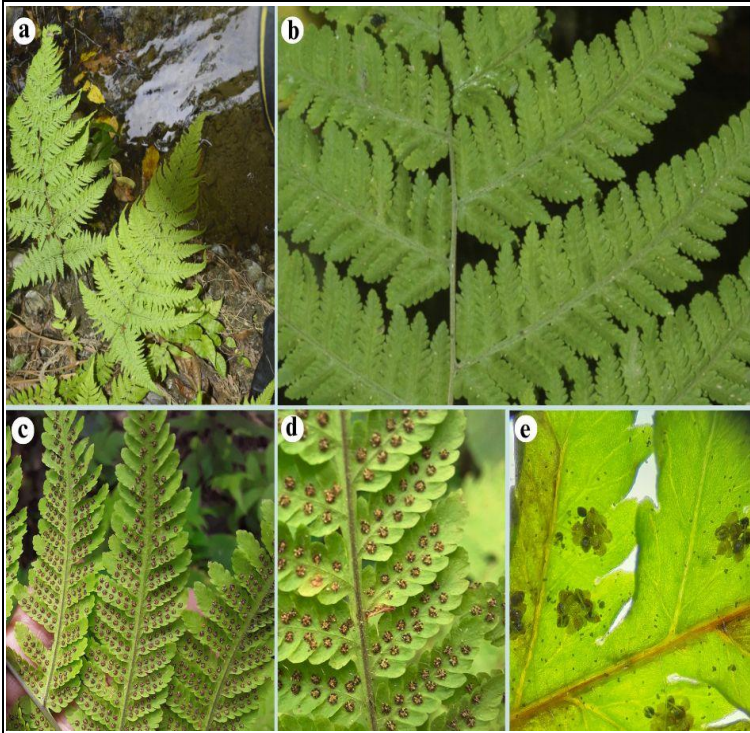
Taxonomía

Orden: Polypodiales
Familia: Thelypteridaceae
Género: *Goniopteris*
Especie: *G. tetragona*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: a-b. Helechos de *Goniopteris tetragona* en sustrato terrestre con láminas pinnadas, c-d. Disposición de soros circulares en pinnas sésiles. **Fotografías en estereomicroscopio:** e. Soros sin indusio, f. Venación abierta.

Macrothelypteris torresiana (Gaud.) Ching





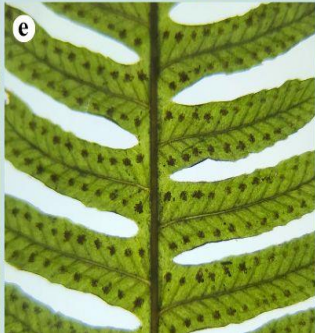



Taxonomía

Orden: Polypodiales
Familia: Thelypteridaceae
Género: *Macrothelypteris*
Especie: *M. torresiana*

Descripción de fotografías

Fotografías en campo: a. Helechos de *Macrothelypteris torresiana* en sustrato terrestre. b. Vista de lámina 3-pinnada con pínulas sésiles, c-d. Soros redondos. **Fotografía en estereomicroscopio:** e. Soros con indusio pequeño.

<i>Oreopteris limbosperma</i> (All.) Holub		
		
Taxonomía		
Orden: Polypodiales Familia: Thelypteridaceae Género: <i>Oreopteris</i> Especie: <i>O. limbosperma</i>		
Descripción de fotografías		
Fotografías en campo: a. Helechos de <i>Oreopteris limbosperma</i> en sustrato terrestre. b. Vista abaxial de lámina 2-pinnada, c. Prefoliación circinada, d. Soros circulares marginales.		
		
Fotografías en estereomicroscopio: e-f. Venación abierta y sori con indusio pequeño.		

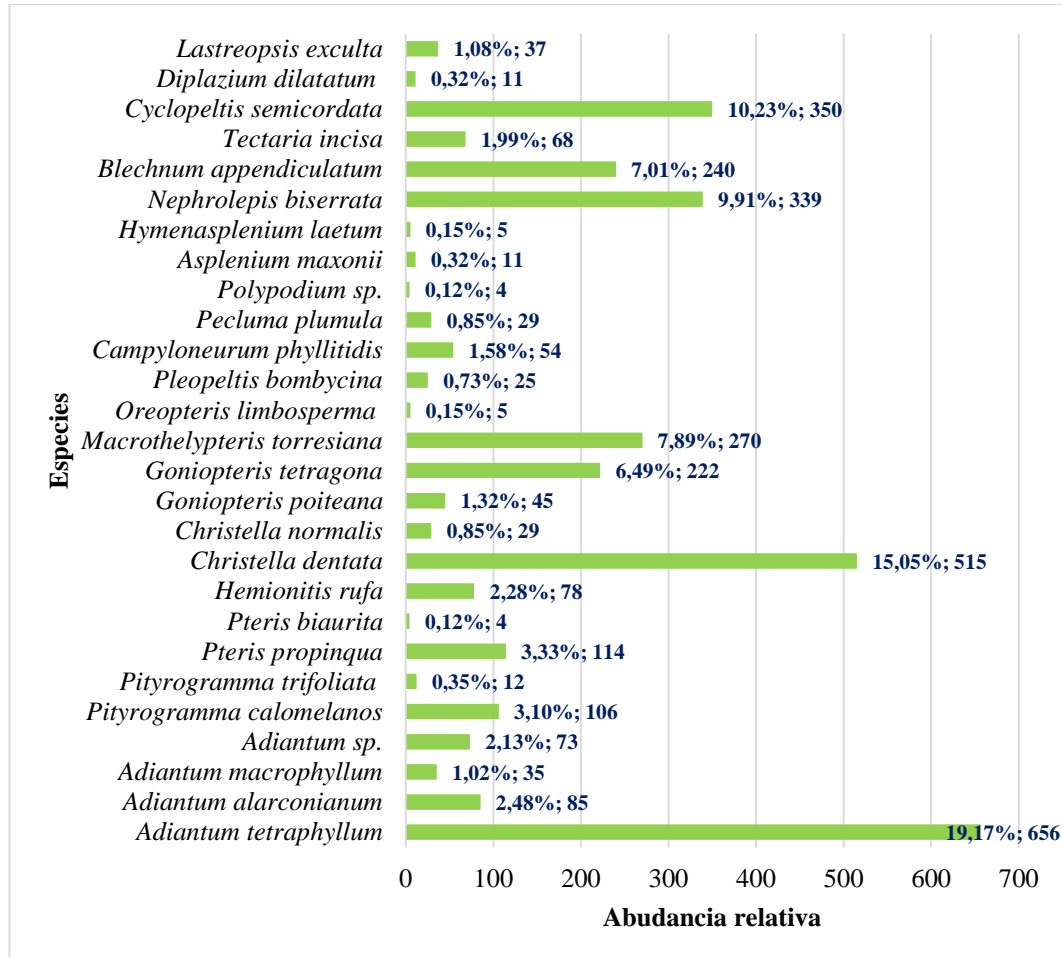
8.2. Análisis estructural de la comunidad de Helechos

8.2.1. Abundancia de especies

Las especies más abundantes durante los meses de monitoreo fueron: *Adiantum tetraphyllum* (19,17%), *Christella dentata* (15,05%), *Cyclopeltis semicordata* (10,23%, 350 helechos), *Nephrolepis biserrata* (9,91%), *Macrothelypteris torresiana* (7,89%) y *Goniopteris tetragona* (6,49%) representantes de las familias Pteridaceae, Thelypteridaceae, Lomariopsidaceae y Nephrolepidaceae (Figura 15).

Figura 15

Composición porcentual de las especies de helechos en el sitio de estudio



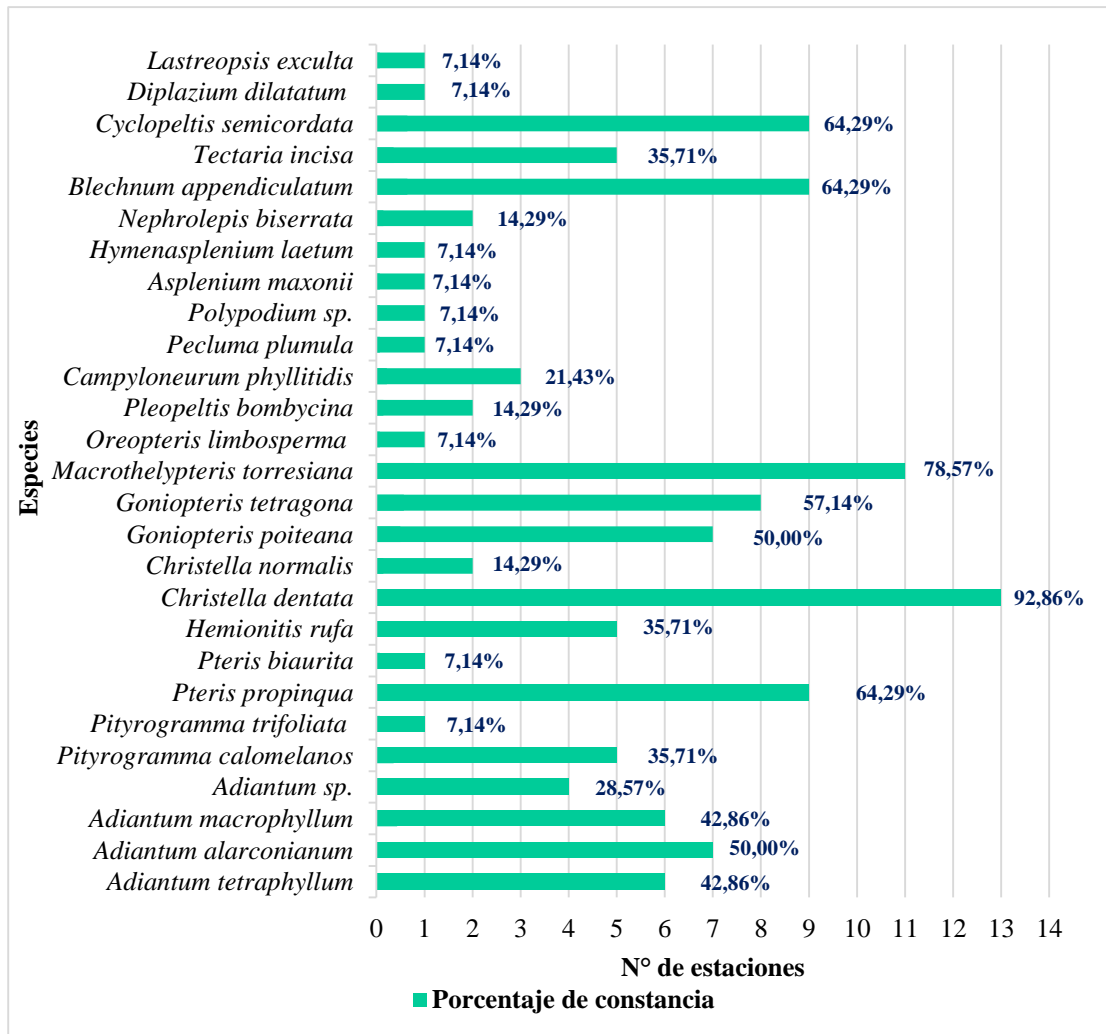
8.2.2. Porcentaje de Constancia de especies en las estaciones

Tras el cálculo de Porcentaje de Constancia (PC), se evidenció que en el sendero “Las Cascadas”, las especies más frecuentes y por ende con amplia distribución fueron *Christella dentata* de la familia Thelypteridaceae, con un PC de 92,86% ya que, se registró en 13 de las 14 estaciones de monitoreo, *Macrothelypteris torresiana* con un valor de PC de 78,57% registrada en 11 estaciones, *Pteris propinqua*, *Blechnum appendiculatum* y *Cyclopeltis semicordata* con 64% PC,

presentes en 9 estaciones, cada una respectivamente (Figura 16).

Figura 16

Porcentaje de constancia de las especies en el sitio de estudio



8.2.3. Diversidad y Riqueza de Helechos por estación

La diversidad de helechos se evaluó mediante el Índice de Shannon. A manera general el sendero “Las Cascadas” presentó una diversidad media de 2.61 bits.

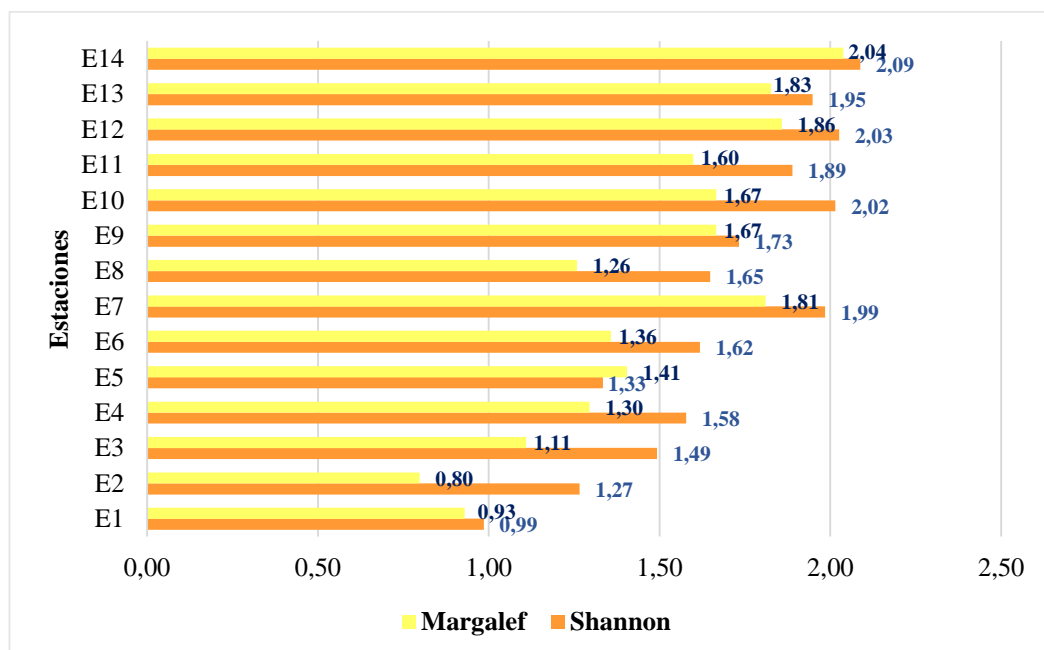
Mientras que por estaciones se observó variaciones en la estructura de sus

comunidades (Figura 24). La última estación E14 mostró el valor más alto ($H' = 2.09$) con una población de 221 helechos de 12 especies, sin embargo, su diversidad es clasificada como media. Se refleja que, a partir de la estación E3 (exceptuando la E5), las estaciones presentan una diversidad media, con valores que oscilan entre 1.36 a 3.5. Por otro lado, fueron las estaciones E1, E2 y E5, que presentaron los valores más bajos ($H' = 0.99$; $H' = 1.27$ y $H' = 1.33$) con una población de 634 helechos de 7 especies; 528 helechos de 6 especies y 146 helechos de 8 especies respectivamente, esto indica que son estaciones con baja diversidad.

El índice de Margalef en general arrojó un valor de 3.19 lo que denota una riqueza media de especies en el sendero. A nivel de estaciones se pudo constatar en base a la interpretación de valores del índice que en todas las estaciones hubo una baja riqueza y diversidad de especies (Figura 17).

Figura 17

Índices de diversidad de Helechos en las estaciones de estudio.

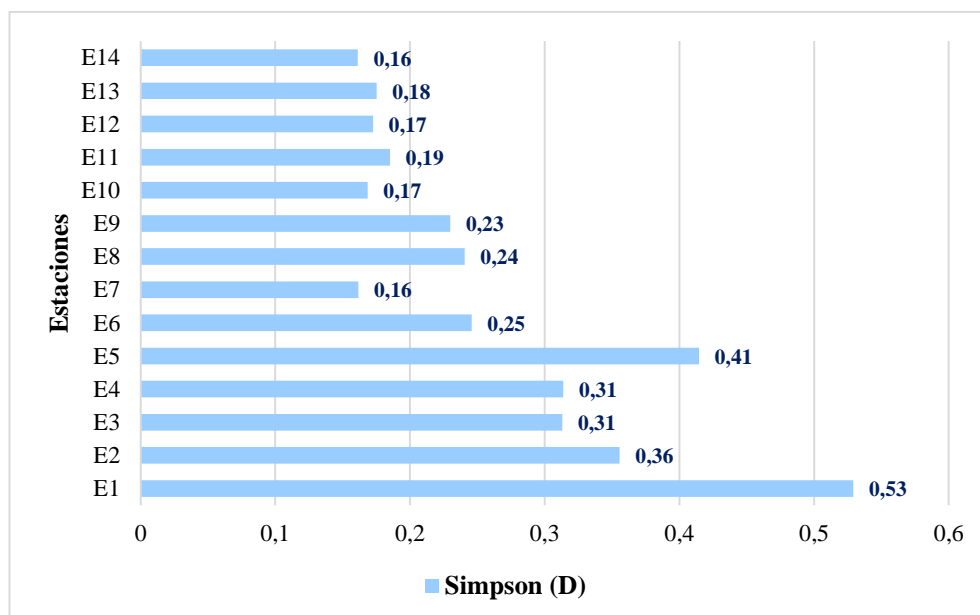


8.2.4. Dominancia de Helechos por estación

La dominancia de helechos en las estaciones medida a través del índice de Simpson, mostró que, a partir de la estación E6 hay una mayor equidad en la distribución de especies, lo que sugiere estaciones más diversas, indicando baja dominancia de helechos en cada estación. Por otro lado, fue la estación E1, con 0.53 quién mostró el valor más alto, sin embargo, de acuerdo con los intervalos del índice de Simpson se cataloga con una diversidad media ya que, moderadamente domina la especie *Adiantum tetraphyllum* (con 449 ejemplares de helechos), sobre los demás helechos. Así mismo E2 (con 0.36) y E5 (con 0.41) son estaciones que poseen una diversidad media, con dominancia de *Nephrolepis biserrata* (con 261 helechos) y *Goniopteris tetragona* (con 91 helechos), pero no tan evidentes como la E1 (Figura 18).

Figura 18

Dominancia de Helechos en las estaciones de estudio

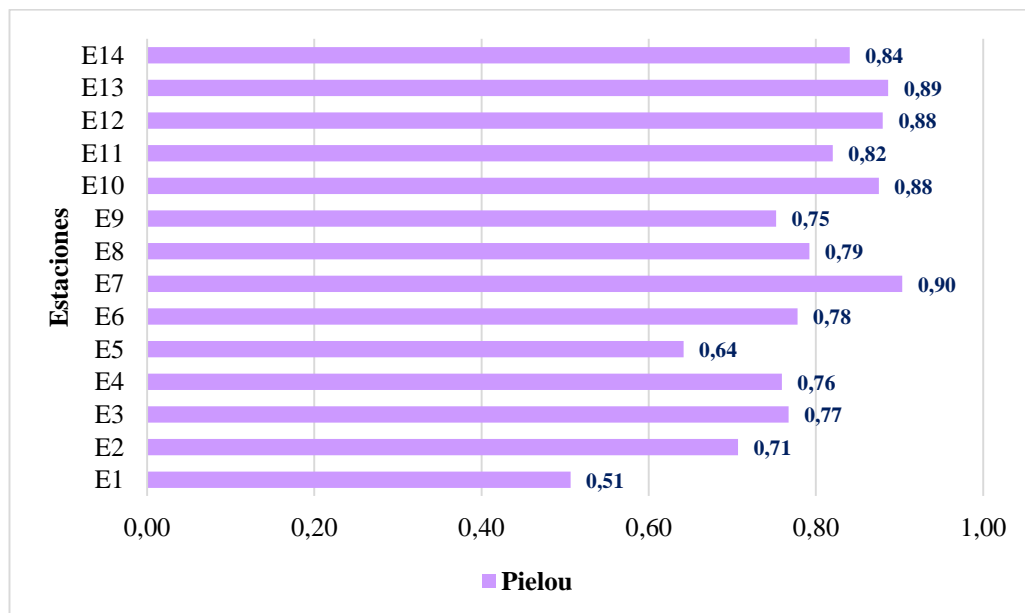


8.2.5. Equidad de Helechos por estación

Los resultados al aplicar índice de uniformidad de Pielou reflejó valores de alto rango en 12 de las 14 de estaciones de monitoreo, lo que se interpreta que la presencia de helechos es homogéneamente abundante en la mayoría de estas, ya que muestran una uniformidad próxima a la unidad. La estación E7 ($J' = 0.90$) destaca por su mayor diversidad, así como las estaciones E13 ($J' = 0.89$); E10 y E12 ($J' = 0.88$ cada una) como se observa en la Figura 19. Por otro lado, las estaciones E1 y E5 poseen valores medios dentro de los rangos del índice, indicando que son estaciones ligeramente heterogéneas en abundancia de helechos, es decir con una diversidad media.

Figura 19

Equidad de helechos en las estaciones de estudio

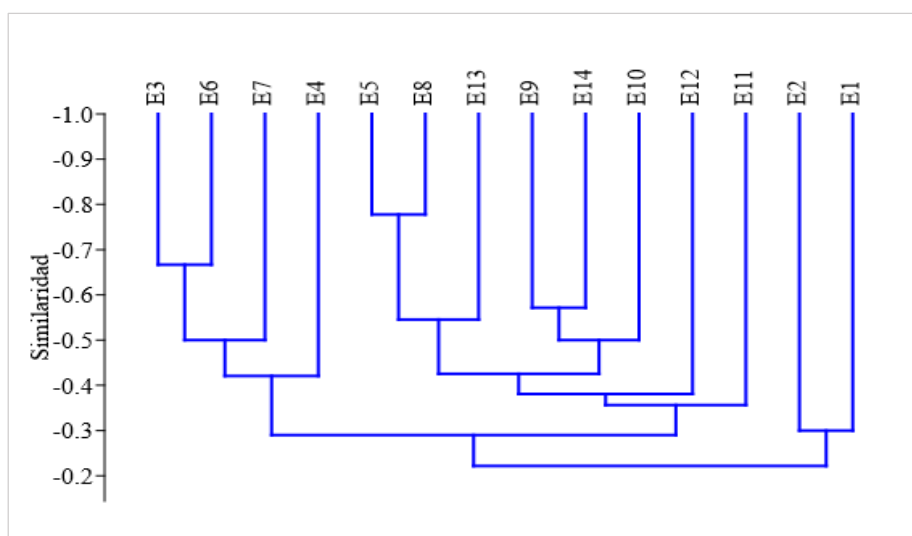


8.2.6. Similitud de Helechos por estación

El análisis de similitud de helechos entre las 14 estaciones, con base en el coeficiente de Jaccard, demostró que las estaciones E5 y E8 presentan una mayor semejanza en riqueza y diversidad de helechos, con una representación del 0.78 o 78%, debido a que comparten 7 especies: *Christella dentata*, *Goniopteris poiteana*, *Blechnum appendiculatum*, *Macrothelypteris torresiana*, *Goniopteris tetragona*, *Tectaria incisa* y *Cyclopeltis semicordata*, la estación E13 también muestra un grado de similitud notable, con un valor de 0,54 o 54%, al compartir 5 especies con las estaciones mencionadas. Por otro lado, el índice clasificó a las estaciones E1 y E2 en el rango de baja similitud con un valor de 0.30 o 30% puesto que, únicamente comparten 3 especies: *Adiantum tetraphyllum*, *Christella dentata* y *Nephrolepis biserrata*. No obstante, en general el dendograma de la Figura 20 indica que no hay estaciones con cero similitudes, lo cual significa que todas las estaciones del sendero comparten al menos una especie de helechos (Anexo 1).

Figura 20

Dendograma de similitud de la comunidad de Helechos en las estaciones de estudio

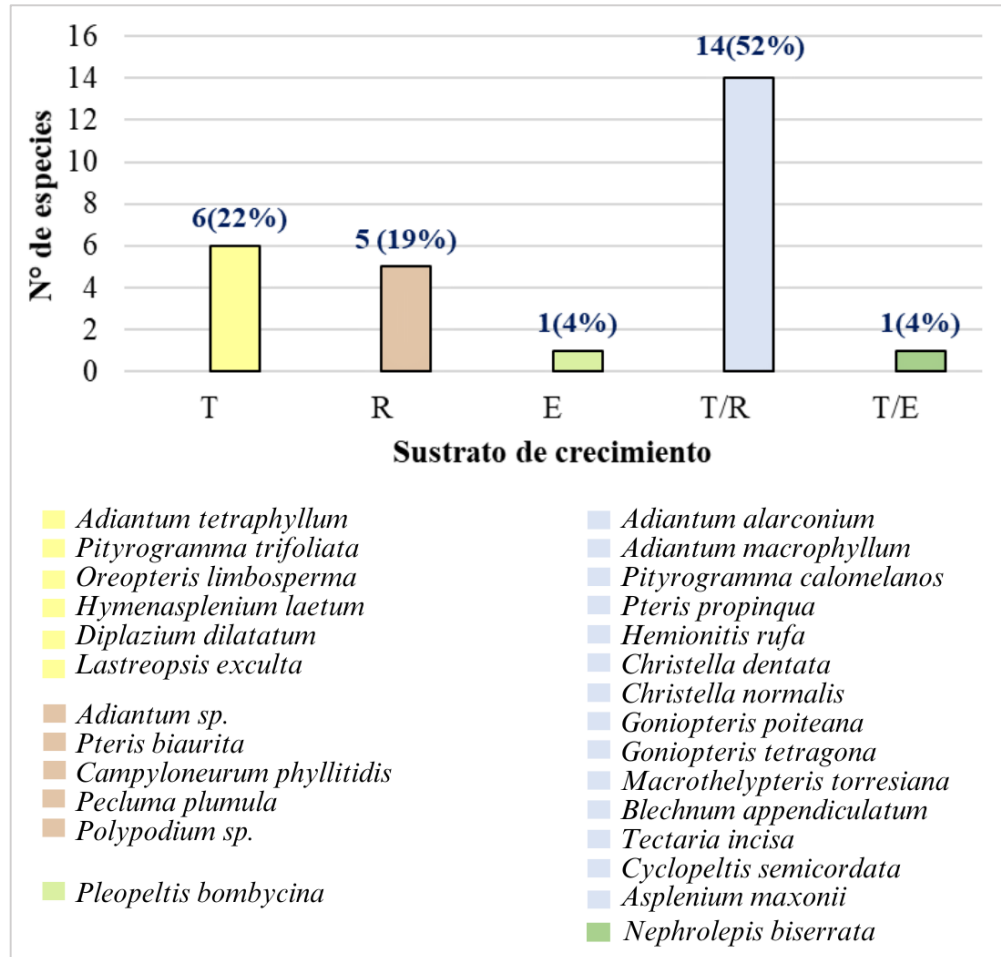


8.3. Preferencia de sustrato de crecimiento de las especies de helechos

La observación *in situ* para determinar la preferencia de sustratos de crecimiento de las especies de helechos a lo largo del sendero “Las cascadas”, reveló que existe una notable diversidad de nichos ecológicos disponibles para estos. De acuerdo con esta clasificación, de las 27 especies registradas, se encontró que el grupo más significativo compuesto por 14 especies, representando el 52% del total, muestra adaptabilidad al crecer tanto en **sustrato terrestre como rupícolas**, distribuidas entre las familias: Pteridaceae, Thelypteridaceae, Blechnaceae, Tectariaceae, Lomariopsidaceae, Artyaceae y Aspleniaceae. Además, se identificaron 6 (22%) especies que crecen exclusivamente en **sustrato terrestre** pertenecientes a las familias Pteridaceae, Thelypteridaceae, Aspleniaceae, Athyriaceae y Dryopteridaceae. Por otro lado, se registraron 5 especies (19%) exclusivamente rupícolas pertenecientes a las familias: Pteridaceae, Polypodiaceae y Aspleniaceae. Se identificó 1 especie (4%), *Pleopletis bombycina* de la familia Polypodiaceae, que crece exclusivamente como epífita. Finalmente, sólo 1 especie (4%), *Nephrolepis biserrata*, del sendero mostró adaptabilidad para crecer tanto en sustrato terrestre como epífita, específicamente sobre el árbol Palma de Tagua (*Phytelephas aequatorialis*) (Figura 21, Anexo 4).

Figura 21

Número de especies de helechos por sustrato de crecimiento



T: terrestre, R: rupícola, E: epífita, T/R: terrestre-rupícola, T/E: terrestre-epífita

Adicionalmente con los datos recopilados se realizó un análisis detallado por estación (Tabla 4): Las estaciones E1 y E2 presentaron especies que crecen en sustrato terrestre y epífitas debido a que, ambas estaciones presentan un ambiente terrestre predominante con hojarasca que proporciona un sustrato rico en nutrientes. Además, la presencia de árboles permite el crecimiento de especies epífitas. A partir de las siguientes dos estaciones E3 y E4 a más de especies terrestres se empezó a observar el inicio de la presencia de especies rupícolas, mostrando una diversidad

de sustrato, combinando suelos terrestres con la presencia de rocas con briofitos que, junto con la cercanía del río en estas estaciones, crea un microhábitat húmedo favorable para las especies rupícolas. Las estaciones E5 y E6 son dominantes exclusivamente por especies terrestres, lo que indica un sustrato homogéneo sin presencia significativa de rocas o estructuras arbóreas para epífitas. A partir de la E8 se observa un incremento significativo en la presencia de especies rupícolas, lo que indica un cambio en las condiciones de sustrato, con más rocas, cercanas a la fuente de agua, el río.

Tabla 4

Tipos de sustratos de crecimiento de helechos por estaciones

Sustrato de crecimiento	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
T	6	5	5	4	8	8	8	2	0	2	3	0	0	2
R	0	0	0	0	0	0	0	3	6	3	2	7	7	8
E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T-R	0	0	2	4	0	0	0	3	4	5	5	3	2	2
T-E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R-E	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Total de especies	7	6	7	8	8	8	9	8	10	10	10	10	9	12

Nota. Esta tabla muestra el número de especies por estación de acuerdo con el sustrato de crecimiento. Siendo, **T**: terrestre, **R**: rupícola, **E**: epífito, **T/R**: terrestre-rupícola, **T/E**: terrestre-epífito.

9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Investigaciones realizadas por autores ecuatorianos como Peña (2020), Albán, (2020), Riaño & Massaine (2022), han resaltado la riqueza florística de helechos de los bosques húmedos en Ecuador subrayando la gran diversidad de helechos en diferentes regiones del país. Estos autores documentaron la presencia de especies en la Sierra y Amazonía ecuatoriana, con una notable representación en ciertas familias de helechos similares a los hallazgos en el bosque de la comuna Dos Mangas. En el presente estudio, al registrar 3 422 helechos distribuidos en 10 familias, refuerza los resultados de estos autores al corroborar la alta diversidad de helechos en los bosques húmedos de Ecuador. En la presente investigación, las familias Pteridaceae, Thelypteridaceae y Polypodiaceae destacaron por tener los mayores porcentajes de representación, tanto en número de géneros como de especies, coincidiendo con la dominancia observada en otros estudios ya mencionados a nivel nacional, lo que sugiere que estos ecosistemas comparten patrones similares de biodiversidad y adaptación ecológica. En el marco mundial la familia Pteridaceae se caracteriza por su gran diversidad, ya que integran helechos que habitan en una amplia variedad de entornos y toleran cambios en las condiciones ambientales (Sánchez, 2016).

La especie más abundante fue *Adiantum tetraphyllum*, con una población de 656 helechos, junto a *Christella dentata*, presente en 13 de las 14 estaciones monitoreadas, fue la especie que mostró la mayor frecuencia o porcentaje de constancia, de acuerdo con Hernández et al. (2005), esto sugiere que ambas especies

poseen una alta capacidad de dispersión, lo que se traduce en una elevada producción y fertilidad de esporas.

Se analizaron las estaciones para determinar cuál de ellas presentaba la mayor diversidad de helechos. Para ello, se emplearon los índices de Shannon-Weaver y Simpson, que toman en cuenta tanto la riqueza de especies (número de especies) como la abundancia relativa de cada una. Si bien se esperaba que las estaciones E9, E10, E12 y E14 obtuvieran la mayor diversidad debido a su mayor riqueza de especies (10 especies en todas las estaciones mencionadas, y 12 en la última respectivamente) los resultados no lo confirmaron. Esto se debe a que estos índices también consideran la abundancia de cada especie, y en estas estaciones algunas especies dominaban, reduciendo la diversidad general (Hernández et al., 2005). No obstante, en términos ecológicos, es evidente que cuando los hábitats naturales son convertidos a plantaciones ocurre una, reducción de la biodiversidad nativa, incluyendo la riqueza de especies (Dirzo et al., 2014); precisamente en las primeras estaciones de estudio (E1, E2 y E5) donde se obtuvo niveles bajos de diversidad, existen asentamientos de cultivos. Por otro lado, las estaciones E7 y E14 sí presentaron los valores más altos de diversidad según los cálculos. Esto sugiere que en estas estaciones existe una mayor variedad de helechos, con una distribución más equitativa de la abundancia entre las especies.

De acuerdo al tipo de sustrato, los helechos se encontraron principalmente en sustratos terrestres-rupícolas. Rupícolas y epifitas en menor proporción. Estos resultados coinciden con Sánchez (2016), quién también registró más especies

terrestres que rupícolas y epífitas. Es relevante mencionar, que las plantas epífitas han desarrollado diversas adaptaciones para sobrevivir en su entorno aéreo, algunas adaptaciones incluyen la presencia de láminas para absorber agua y nutrientes del aire, adherirse a los soportes y mecanismos para tolerar la desecación. En este estudio, se encontró una especie del género *Pleopletis*. Esta especie de acuerdo con Mai (2014), es poiquilohídrica (estrategia relacionada al balance hídrico), lo que significa que puede perder y ganar agua según sus condiciones ambientales. En épocas de sequía, las láminas de esta especie se deshidratan y se marchitan, pero se rehidratan cuando hay agua disponible. Además, la presencia o ausencia de helechos en las estaciones estudiadas podría depender de varios factores ambientales como la intensidad lumínica, la temperatura, la humedad, la cobertura del suelo, la abundancia de hojarasca, la disponibilidad de nutrientes y las perturbaciones antrópicas (Hernández et al., 2005).

10. CONCLUSIONES

Las 14 estaciones delimitadas en el sendero “Las Cascadas” de la comuna Dos Mangas durante seis meses de monitoreo permitieron registrar 3 422 ejemplares de helechos del orden Polypodiales distribuidos en 10 familias. Las familias mejor representadas por el número de especies fueron Pteridaceae, Thelypteridaceae y Polypodiaceae. Esta diversidad se debe a la heterogeneidad de hábitats que presenta el sendero, mismo que se encuentra dentro de la Cordillera Chongón-Colonche. La especie más abundante en el sitio de estudio fue *Adiantum tetraphyllum*. Por otro lado, *Christella dentata*, fue la especie con mayor frecuencia o porcentaje de constancia debido a que, se presentó en 13 de las 14 estaciones monitoreadas.

El cálculo de la diversidad de helechos de acuerdo con el índice de Shannon reveló niveles de diversidad media y baja, siendo E14 ($H' = 2.09$) la estación, que obtuvo el valor más alto en diversidad de helechos, esto podría estar relacionada a su ubicación, alejada de zonas intervenidas y asentamientos humanos, además, factores como altitud, topografía, disponibilidad de agua, luminosidad y composición del suelo. El análisis de similitud de helechos entre las 14 estaciones, revela una notable semejanza en riqueza y diversidad de especies en las estaciones E5 y E8, con un alto valor de similitud del 78%, al compartir siete especies. Además, todas las estaciones del sendero comparten al menos una especie de helechos, ya que no hay estaciones con similitud cero. Esto sugiere una conexión ecológica entre todas las estaciones, lo cual es un factor importante para la conservación de la biodiversidad en el área.

En cuanto a la categorización de los helechos referente al sustrato de crecimiento, los helechos terrestre-rupícolas, mostraron mayor riqueza de especies en comparación a los helechos epífitos. La diversidad de nichos ecológicos y las preferencias de sustrato observadas en las especies a lo largo del sendero resaltan la complejidad y riqueza de este ecosistema. La adaptabilidad de algunas especies a múltiples sustratos sugiere una estrategia evolutiva para maximizar el uso de recursos disponibles. Estos hallazgos aportan conocimientos valiosos sobre la ecología de los helechos y su interacción con el entorno.

11. RECOMENDACIONES

- Ejecutar investigaciones anuales en distintos periodos (época lluviosa y seca) para determinar si la riqueza de helechos en el sendero varía, ya sea disminuyendo, aumentando o manteniéndose constante. Esto también permitirá identificar posibles especies indicadoras de cada periodo.
- Llevar a cabo investigaciones que evalúen la relación de las condiciones ambientales con el crecimiento y distribución de helechos, comparando las preferencias ecológicas de las especies presentes.
- Realizar análisis de suelo de cada estación o parcela determinando su influencia en la diversidad de helechos.

12. BIBLIOGRAFÍA

- About Ferns. (2023). *Aboutferns.org*. Obtenido de <https://www.aboutferns.org/default.aspx?aid=1>
- Aguirre, Z. (2013). *Guía de Métodos para Medir la Biodiversidad*. Loja-Ecuador: Universidad Nacional de Loja. doi:<https://zhofreaguirre.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/03/guia-para-medir-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Albán, M. (2020). *Caracterización de los helechos (pterydophytas) presentes en el campus salache de la universidad técnica de Cotopaxi*. Tesis de Licenciatura. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Álvarez, M. (2015). *Dos Mangas, el bosque escondido de 2.840 hectáreas en Manglaralto*. Obtenido de El telégrafo: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/zoo/1/dos-mangas-el-bosque-escondido-de-2-840-hectareas-en-manglaralto>
- Arana, M. (2016). *Familia NEPHROLEPIDACEAE Pic. Serm.* Obtenido de [s://www.researchgate.net/publication/314208566_Familia_NEPHROLEPIDACEAE_Pic_Serm](https://www.researchgate.net/publication/314208566_Familia_NEPHROLEPIDACEAE_Pic_Serm)
- Arana, M., & Mynssen, C. (2016). *Familia ATHYRIACEAE Alston*. doi:10.2307/j.ctt1p0vjr5.11
- Banchon, A. (2020). *Senderismo (Rutas Senderismo en Ecuador → Guayas → Dos Mangas. Sendero de Las Cascadas*. Obtenido de Wikiloc: <https://es.wikiloc.com/rutas-senderismo/sendero-de-las-cascadas-52256878>
- Baquero, J., Duque, J., & Gómez, G. (2010). *Composición florística en la sonadora, Calarcá, Quindío*. Armenia, Universidad del Quindío, Colombia.

- Campo, A., & Duval, V. (2014). *Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina)*. Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 34(2), 25-42.
- Carvajal, C. (2020). *Helechos, bioindicadores del cambio climático*. Obtenido de Universo - Sistema de noticias de la UV: <https://www.uv.mx/prensa/ciencia/helechos-bioindicadores-del-cambio-climatico/#:~:text=Los%20helechos%20tienen%20una,excelentes%20colorizadores%20de%20h%C3%A1bitats%20perturbados>.
- Dahua, A. (2015). *Evaluación de la composición florística y estructura del remanente de Bosque en las áreas ganaderas del centro de investigación, posgrado y conservación Amazónica "CIPCA" Cantón Santa Clara Provincia de Pastaza, Ecuador*. Tesis de grado , Universidad Estatal Amazónica , Facultad ciencias de la vida , Pastaza. Obtenido de <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/158/T.A.MB.B.UEA.%203075?sequence=1&isAllowed=y>
- Delgado, A., & Plaza, L. (2010). *Helechos amenazados de Andalucía: avances en conservación*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.
- Dirzo, R., Broadbent, E., Almeida, A., Picado, A., Acuña, R., Moraga, M., & García, D. (2014). *Biodiversidad en las plantaciones de palma aceitera de la región Osa-Golfito*. San José, Costa Rica: Stanford Woods Institute for the Environment Stanford University.
- Galan, C. (2014). *Orden: Polypodiales*. Obtenido de Taxateca.com: <https://www.taxateca.com/ordenpolypodiales.html>
- García, S., García, M., Parra, D., & Mena, P. (2014). *El país de la biodiversidad: Ecuador*. EcoFondo (Ecuador), Jardín Botánico de Quito, Ecuador. Ministerio del Ambiente.

- Grayum M., & Churchill, H. (1987). *An introduction to the Pteridophyte Flora of Finca La Selva, Costa Rica*. *American Fern Journal*, 77, 73-89.
- Hernández, A., Sánchez, A., & Tejero, J. (2019). Licofitas y helechos del bosque mesófilo de montaña del estado de Hidalgo, México. *Botanical Sciences*, 97(2), 236-249.
- Hernández, M., & Pérez, L. (2019). *Diversidad de Licopodios y Helechos en cuatro municipios de la Huasteca Hidalguense*.
- Hernández, R., Cryil, N., Mejía, T., & Borjas, G. (2005). Diversidad de Helechos en el Sendero La Esperanza del Parque Nacional La Tigra, Honduras. *Ceiba*, 46(1-2), 29-41.
- iNaturalist. (2024). *Helechos milpiés, helechos alados y afines (orden Polypodiales)*. Obtenido de <https://www.inaturalist.org/taxa/47754-Polypodiales>
- iNaturalist Ecuador. (2016). *¿Qué es iNaturalistEC?* Obtenido de <https://ecuador.inaturalist.org/>
- Kessler, M., Salazar, L., Homeier, J., & Kluge, J. (2014). Species richness–productivity relationships of tropical terrestrial ferns at regional and local scales. *Journal of Ecology*, 102(6), 1623-1633. doi:<https://doi.org/10.1111/1365-2745.12299>
- Lamprecht. (1962). Ensayo sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. *Acta Científica Venezolana*, 13(2), 1-57.
- Ley para conservación y uso sustentable de la biodiversidad. (2019). *Ley para conservación y uso sustentable de la biodiversidad*. Obtenido de <http://www.oas.org/dsd/EnvironmentLaw/Serviciosambientales/Ecuador/Leyparaconservacion.pdf>.
- MAATE. (2023). *Permiso de investigación para la recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica, código MAATE-ARSFC-2023-0115*.

- Madrigal, X. (1967). *Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (Abies religiosa (HBK) Schl. et Cham.) en el Valle de México*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico 18.
- Magurran, A. (2004). The commonness and rarity of species. *Measuring Biological Diversity*. Oxford, Blackwell Science, Ltd, 256-256.
- Mai, P. (2014). *Flora epífita vascular de Uruguay con énfasis en helechos (Polypodiofitas)*. Montevideo, Uruguay: Tesis de Maestría. PEDECIBA/UdelaR.
- Marquez, G., & Ponce, M. (2017). *Familia TECTARIACEAE Panigrahi*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/316280829_Familia_TECTARIACEAE_Panigrahi
- Mendes, M., Santos, A., & Guerra, M. (2023). *Guia de Samambaias e Licófitas da Reserva Ecológica de Guapiaçu (1ª Edição)*. Río de Janeiro.
- Ministerio de Turismo. (2019). *Dos Mangas, un paraíso escondido del Ecuador*. Obtenido de Turismo.gob.ec: <https://www.turismo.gob.ec/dos-mangas-un-paraiso-escondido-del-ecuador/>
- Moulatlet, G., Ponce, J., Montenegro, C., Capparelli, M., & Riaño, K. (2022). *Guía 1404. Helechos comunes de la RBCC (Reserva Biológica Colonso-Chalupas)- Napo, ECUADOR*. Universidad Regional Amazónica Ikiam, Ecuador & Universidad de Guadalajara, Mexico. Obtenido de https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/1404_ecuador_common_ferns_of_colonso_chalupas_reserve_1.pdf
- Museo de Historia Natural. (2017). *BRIOLOGÍA Y PTERIDOLOGÍA*. Obtenido de <https://museohn.unmsm.edu.pe/brio&ptr.html>
- Navarrete, H. (2001). *Helechos Comunes de la Amazonía Baja Ecuatoriana*. Quito: Simbioe.

- Oña, T., Holger, S., & Verlarde, E. (2023). *Helechos de la estación experimental La Favorita*. Ibarra - Ecuador: Universidad Técnica del Norte (UTN).
- Peláez, F., Alarcón, N., Zelada, W., Torres, J., Casitllo, H., Vergara, S., & Mondragón, D. (2022). Licófitos y helechos en bosque primario y plantación de *Elaeis guineensis*, Shanusi. *REBIOL*, 42(2), 199-212.
- Pendás, E., Hernández, V., Ramos, Z., Vento, A., Varela, N., Jover, A., & Verdecia, R. (2015). Manual revisado para colecta y herborización de especies de plantas cubanas. *Revista ECOVIDA*, 5(1), 117-138.
- Peña, T. (2020). *Estudio de la diversidad y biomasa de helechos en bosques de diferentes estados de conservación en un gradiente altitudinal en los Andes tropicales del Ecuador para determinar su respuesta al cambio de uso del suelo*. (Master's thesis, Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica).
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583–590.
- PPG I. (2016). A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, 54, 563-603. doi:DOI: <http://doi.org/10.1111/jse.12229>
- Pteridophyte Phylogeny Group. (2016). A community-derived for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, 54(6), 563-603.
- Reyes, C. (2022). *Descubriendo las potencialidades y amenazas de los helechos para su uso en el Ecuador*. Quito: Universidad Tecnológica Indoamérica.: Tesis de Licenciatura.
- Riaño, K., & Massaine, G. (2022). Floristic and functional diversity of ferns and lycophytes at three elevational zones in the eastern slopes of the northern Andes, Ecuador. *Acta Amazonica*, 52, 149-157.

- Romero, C. (2022). *Tema 6.- Clase Polypodiopsida 1: generalidades*. Obtenido de Asignatura.us.es: <https://asignatura.us.es/afloveg/Temas-Bot-II/Tema-6-Polypodiopsida-1.html>
- Roskov, Y., Abucay, L., Orrell, T., Nicolson, D., Kunze, T., Culham, A., Bailly, N., Kirk, P., Bourgoin, T., DeWalt, R., Decock, W., De Wever. (2015). Species 2000 & ITIS Catalogue of Life. Obtenido de <http://www.catalogueoflife.org/col>
- Sánchez, A. (2016). *La familia Pteridaceae (Pteridophyta) en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla, Morelos*.
- Stock, C. (2024). *Estructura y ciclo de vida del helecho*. Obtenido de <https://www.carlsonstockart.com/photo/fern-structure-life-cycle-illustration/>
- Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente. (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>.
- Tropicos. (2018). Obtenido de <https://www.tropicos.org/home>
- Veiga de Cabo, J., & Zimmermann Verdejo, M. (2008). Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño. *Medicina y seguridad del trabajo*, 54(210), 81-88.
- Verdejo, J. (2019). *Propagación por esporas de algunos helechos autóctonos presentes en los ríos y bosques húmedos de Gacilia*. Centro de formación y experimentación agroforestal de Guísamo.
- Weaver, W. (1949). Recent contributions to the mathematical theory of communication. 12. Obtenido de http://waste.informatik.hu-berlin.de/Lehre/ss11/SE_Kybernetik/reader/weaver.pdf

- Yatskievych, G. (2020). Lomariopsidáceas. *Enciclopedia Británica* . Obtenido de Encyclopædia Britannica:
<https://www.britannica.com/plant/Lomariopsidaceae>
- Yumisaca, J., Bohórquez, E., Mendoza, A., & Gonzabay, J. (2020). Cadena de valor del destino Dos Mangas como herramienta para el análisis de la sostenibilidad de la oferta turística. *Universidad y Sociedad*, 12(1), 88-96.
- Zuquim, G., Costa, F. R., Prado, J., & Tuomisto, J. (2012). *Guia de samambaias e licófitas da REBIO Uatumã-Amazônia Central| Guide to the ferns and lycophytes of REBIO Uatumã-Central Amazonia*. (E. INPA, Ed.) Obtenido de <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/4685>

13. ANEXOS

Anexo 1

Conteo poblacional de Helechos del sendero "Las Cascadas"

Especies	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	Total
<i>Adiantum tetraphyllum</i>	449	168	31	0	0	3	2	0	0	0	3	0	0	0	656
<i>Adiantum alarconianum</i>	9	0	0	0	0	0	0	18	0	20	3	6	24	5	85
<i>Adiantum macrophyllum</i>	0	0	7	0	0	3	4	0	7	0	5	9	0	0	35
<i>Adiantum sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	51	0	0	13	4	5	73
<i>Pityrogramma calomelanos</i>	1	0	0	19	0	67	15	0	0	4	0	0	0	0	106
<i>Pityrogramma trifoliata</i>	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
<i>Pteris propinqua</i>	0	18	0	0	11	3	0	0	1	9	54	4	11	3	114
<i>Pteris biaurita</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
<i>Hemionitis rufa</i>	10	0	0	0	0	0	0	0	4	8	36	0	0	20	78
<i>Christella dentata</i>	69	22	115	118	19	40	0	20	7	45	19	4	19	18	515
<i>Christella normalis</i>	0	0	6	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
<i>Goniopteris poiteana</i>	0	12	0	0	4	0	7	5	2	0	0	12	0	3	45
<i>Goniopteris tetragona</i>	0	47	12	11	91	7	2	16	36	0	0	0	0	0	222
<i>Macrothelypteris torresiana</i>	0	0	31	21	8	19	24	35	23	68	28	0	6	7	270
<i>Oreopteris limbosperma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5
<i>Pleopeltis bombycina</i>	18	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	25
<i>Campyloneurum phyllitidis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12	0	0	0	34	54
<i>Pechuma plumula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	29
<i>Polypodium sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
<i>Asplenium maxonii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	11
<i>Hymenasplenium laetum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
<i>Nephrolepis biserrata</i>	78	261	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	339
<i>Blechnum appendiculatum</i>	0	0	22	4	8	31	14	66	0	24	0	0	3	68	240
<i>Tectaria incisa</i>	0	0	0	15	2	0	0	1	0	0	0	43	7	0	68
<i>Cyclopeltis semicordata</i>	0	0	0	0	3	0	8	100	83	21	88	21	2	24	350
<i>Diplazium dilatatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	11
<i>Lastreopsis exulta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	0	0	0	37
Total															3422

Anexo 2

Cálculo estadístico de índices ecológicos en la plataforma Past

	Taxa_S	Individuos	Dominancia (D)	Simpson 1-D	Shannon (H)	Margalef	Equitabilidad (J)
E1	7	634	0,529	0,471	0,9854	0,9299	0,5064
E2	6	528	0,3557	0,6443	1,266	0,7976	0,7067
E3	7	224	0,313	0,687	1,493	1,109	0,7673
E4	8	223	0,3139	0,6861	1,578	1,295	0,7591
E5	8	146	0,4145	0,5855	1,334	1,405	0,6416
E6	8	173	0,2458	0,7542	1,618	1,358	0,7779
E7	9	83	0,1616	0,8384	1,985	1,81	0,9033
E8	8	261	0,2406	0,7594	1,648	1,258	0,7923
E9	10	222	0,2298	0,7702	1,733	1,666	0,7525
E10	10	222	0,1686	0,8314	2,015	1,666	0,8752
E11	10	278	0,1852	0,8148	1,889	1,599	0,8202
E12	10	127	0,1726	0,8274	2,026	1,858	0,88
E13	9	80	0,1753	0,8247	1,948	1,826	0,8865
E14	12	221	0,1613	0,8387	2,088	2,038	0,8403

Anexo 3

Análisis de similitud por estaciones de monitoreo mediante el índice de Jaccard

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
E1	1	0,300	0,167	0,154	0,071	0,250	0,231	0,154	0,133	0,308	0,308	0,133	0,143	0,188
E2	0,300	1	0,300	0,167	0,400	0,400	0,250	0,273	0,333	0,143	0,231	0,231	0,154	0,200
E3	0,167	0,300	1	0,500	0,364	0,667	0,455	0,364	0,308	0,214	0,308	0,133	0,231	0,188
E4	0,154	0,167	0,500	1	0,455	0,455	0,308	0,455	0,200	0,286	0,125	0,125	0,308	0,176
E5	0,071	0,400	0,364	0,455	1	0,455	0,417	0,778	0,500	0,385	0,286	0,385	0,545	0,429
E6	0,250	0,400	0,667	0,455	0,455	1	0,545	0,333	0,385	0,385	0,385	0,200	0,308	0,250
E7	0,231	0,250	0,455	0,308	0,417	0,545	1	0,417	0,357	0,267	0,267	0,188	0,200	0,235
E8	0,154	0,273	0,364	0,455	0,778	0,333	0,417	1	0,385	0,385	0,286	0,385	0,545	0,429
E9	0,133	0,333	0,308	0,200	0,500	0,385	0,357	0,385	1	0,429	0,429	0,429	0,357	0,571
E10	0,308	0,143	0,214	0,286	0,385	0,385	0,267	0,385	0,429	1	0,429	0,250	0,462	0,571
E11	0,308	0,231	0,308	0,125	0,286	0,385	0,267	0,286	0,429	0,429	1	0,333	0,357	0,375
E12	0,133	0,231	0,133	0,125	0,385	0,200	0,188	0,385	0,429	0,250	0,333	1	0,462	0,375
E13	0,143	0,154	0,231	0,308	0,545	0,308	0,200	0,545	0,357	0,462	0,357	0,462	1	0,500
E14	0,188	0,200	0,188	0,176	0,429	0,250	0,235	0,429	0,571	0,571	0,375	0,375	0,500	1

Anexo 4

Clasificación de helechos del sitio de estudio según el sustrato de crecimiento

Familias	Especies	Sustrato de crecimiento		
		Terrestre	Rupícola	Epífita
Pteridaceae	<i>Adiantum tetraphyllum</i>	T		
	<i>Adiantum alarconium</i>	T	R	
	<i>Adiantum macrophyllum</i>	T	R	
	<i>Adiantum</i> sp.		R	
	<i>Pityrogramma calomelanos</i>	T	R	
	<i>Pityrogramma trifoliata</i>	T		
	<i>Pteris propinqua</i>	T	R	
	<i>Pteris biaurita</i>		R	
	<i>Hemionitis rufa</i>	T	R	
Thelypteridaceae	<i>Christella dentata</i>	T	R	
	<i>Christella normalis</i>	T	R	
	<i>Goniopteris poiteana</i>	T	R	
	<i>Goniopteris tetragona</i>	T	R	
	<i>Macrothelypteris torresiana</i>	T	R	
	<i>Oreopteris limbosperma</i>	T		
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis bombycina</i>			E
	<i>Campyloneurum phyllitidis</i>		R	
	<i>Pecluma plumula</i>		R	
	<i>Polypodium</i> sp.		R	
Aspleniaceae	<i>Asplenium maxonii</i>	T	R	
	<i>Hymenasplenium laetum</i>	T		
Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis biserrata</i>	T		E
Blechnaceae	<i>Blechnum appendiculatum</i>	T	R	
Tectariaceae	<i>Tectaria incisa</i>	T	R	
Lomariopsidaceae	<i>Cyclopeltis semicordata</i>	T	R	
Athyriaceae	<i>Diplazium dilatatum</i>	T		
Dryopteridaceae	<i>Lastreopsis exculta</i>	T		

Anexo 5

Fotografías en fase de campo y laboratorio



a. Medición de parcela; **b-c.** Instalación de parcelas con estacas; **d-e.** Observación *in situ* de estructuras de los helechos; **f.** Recolección de datos (abundancia); **g-i.** Observación en estereomicroscopio de las láminas de helechos, en el laboratorio Ciencias del Mar de la UPSE.

Anexo 6

Visita de la tutora de tesis, Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, a la comuna de Dos Mangas.



Anexo 7

Permiso de investigación para la recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica, código MAATE-ARSFC-2023-0115



AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 115

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2023-0115

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2023-11-09	2024-05-09

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Plantae

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C./Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
0913042008	RODRIGUEZ MOREIRA DADSANIA SORAYA	Ecuatoriana	1006-02-54409	Docente-Investigadora	Polypodiopsida
2450397829	RODRIGUEZ MALAVE NICOLE NOEMI	Ecuatoriana	No aplica	Estudiante-Investigadora	Polypodiopsida
2450407131	MONTENEGRO REYES ERICK DANIEL	Ecuatoriana	No aplica	Estudiante-Investigador	Polypodiopsida

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA:

Nombre del Proyecto: COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE HELECHOS EN RELACIÓN AL TIPO

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía

Código postal: 170525 / Quito-Ecuador

Teléfono: +593-2 398 7600

www.ambiente.gob.ec



1 / 5

República del Ecuador

DE SUSTRATO DE CRECIMIENTO EN EL SENDERO LAS CASCADAS-COMUNA DOS MANGAS

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCION CON EL PROPOSITO DE:

Evaluar la diversidad de helechos en relación al tipo de sustrato de crecimiento presente en el sendero utilizando guías de identificación estandarizadas, detallando la abundancia en la zona de estudio.
Observación en microscopio y estereomicroscopio de soros y otras estructuras de los helechos
Analizar las especies de helechos registrados de acuerdo al tipo de sustrato de crecimiento, mediante el conteo y observación in situ de cada parcela.
Identificar los taxones de helechos que se encuentran en la zona de estudio, a través de guías de identificación y observación directa de sus características cualitativas de reconocimiento.

8.- ÁREA GEOGRÁFICA QUE CUBRE LA RECOLECCIÓN DE LAS ESPECIES O ESPECÍMENES:

PROVINCIAS	SNAP	BOSQUE PROTECTOR
SANTA ELENA	NA	CORDILLERA CHONGON COLONCHE

9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	TIPO MUESTRA	N° MUESTRA	N° LOTE
Polypodiopsida	Polypodiales	NA	NA	NA	Flora	3	
Polypodiopsida	Polypodiales	Tectariaceae	Tectaria	NA	Flora	1	
Polypodiopsida	Polypodiales	Blechnaceae	Blechnum	NA	Flora	1	
Polypodiopsida	Polypodiales	Thelypteridaceae	Thelypteris	NA	Flora	1	
Polypodiopsida	Polypodiales	Saccolomataceae	NA	NA	Flora	1	
Polypodiopsida	Polypodiales	Nephrolepidaceae	NA	NA	Flora	1	
Polypodiopsida	Polypodiales	Pteridaceae	Adiantum	Adiantum pulverulentum	Flora	1	
Polypodiopsida	Polypodiales	Pteridaceae	Adiantum	Adiantum macrophyllum	Flora	1	
Polypodiopsida	Polypodiales	Pteridaceae	Adiantum	Adiantum aethiopicum	Flora	1	

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código postal: 170525 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2 398 7600
www.ambiente.gob.ec

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	Para el monitoreo se establecerán 12 estaciones que estarán ubicadas en el sendero "Las Cascadas". La recopilación de datos se ejecutará durante de seis meses. Se realizará un recorrido por semana en horario matutinos y vespertinos. Para analizar ecológicamente el área se aplicará la metodología determinada por Hernández et al (2005): se establecerán y delimitarán 12 parcelas (no permanentes) de 20 x 20 m ubicadas una en cada estación. Cada parcela será dividida en cuatro subparcelas de 10 x 10 m para un total de 40 subparcelas. A las parcelas se les asignará un número del 1 al 10 y las subparcelas se identificarán con las letras a, b, e y d. En las parcelas se registrarán y contabilizarán únicamente los helechos mayores de 40 cm de altura. Los helechos menores de 40 cm de altura se registraron y contabilizaron en una de las cuatro subparcelas (10 x 10 m), seleccionadas al azar de cada parcela. La colecta de helechos será manual retirando un ejemplar de cada especie. De acuerdo con Péndas et al (2015), se debe recolectar la planta completa, incluyendo los rizomas y la base de las frondes. En caso de ser muy grande la planta o de tamaño mediano, se corta una parte del rizoma incluyendo raíces y frondes con soros.
FASE DE PRESERVACIÓN:	El espécimen recolectado se colocarán en fundas ziploc herméticamente selladas, junto con un papel absorbente con el propósito de aislar la humedad, posteriormente la observación de estructuras se realizará en el Laboratorio de Biología de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Santa Elena.

11. METODOLOGIA APLICADA EN LABORATORIO

MÉTODOS EMPLEADOS EN EL LABORATORIO:	Se observará en microscopio y estereomicroscopio los soros y otras estructuras de los helechos.
---	---

12.- SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA RECOLECCION.

Grupo Biológico a Recolectar	Descripción	Tipo de Equipamiento
Polydopiopsida	CÁMARA FOTOGRÁFICA, EQUIPO DE DISECCIÓN, PINZAS, ESTACAS, PIOLA, FUNDAS ZIPLOC, PAPEL ABSORBENTE.	Material en Campo

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Polydopiopsida	Herbario Pontificia Universidad Católica
----------------	--

14.- RESULTADOS ESPERADOS

Se espera obtener el registro de las diferentes especies de helechos que habitan sendero la cascada ubicado en el bosque de la comuna Dos Mangas. Además, con la metodología de observación in situ se espera encontrar helechos en distintos sustratos de crecimiento y que el sustrato preferido sea el terrestre, seguido por el epífito y rupícola.

15.- CONTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO PARA LA TOMA DE DECISIONES A LA ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2011-2020.

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código postal: 170525 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2-398 7600
www.ambiente.gob.ec

METAS	DESCRIPCIÓN
Resultado04.19El Ecuador, bajo la coordinación del Instituto de Investigaciones de la Biodiversidad, impulsa la investigación científica aplicada y la gestión del conocimiento sobre el patrimonio natural y desarrolla procesos tecnológicos innovadores que sustentan el cambio de la matriz productiva	Fortalecer la base de datos referentes a la diversidad del helechos en el bosque de la comuna Dos Mangas-Provincia de Santa Elena

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

1. Solicitud de: **RODRIGUEZ MALAVE NICOLE NOEMI**
2. Institución Nacional Científica : **UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**
3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2024/04/24**
4. Valoración técnica del proyecto: **TELLO RAMOS FANNY ELIZABETH**
5. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS.**
6. Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS**, sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.
7. Los especímenes o muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de **BIOPROSPECCIÓN, NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO.**
8. Los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADOR/ES.

9. Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad biológica del ministerio del ambiente y agua, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.

Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Dirección: Calle Madrid 1159 y Andalucía
Código postal: 170525 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2 398 7600
www.ambiente.gob.ec

recolectado.

- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

10. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio del Ambiente y Agua, con el que se recolecto el material biológico.

11. Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.

12. Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.

13. Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.

14. Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a **RODRIGUEZ MALAVE NICOLE NOEMI**.

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
VEINTIMILLA YANEZ DAVID ALEJANDRO
2023-11-27

Anexo 8

Certificación de las especies de Helechos registrados en el sitio de estudio

Carta de Certificación

De:

Bióloga

Dadsania Rodríguez Moreira, MSc.

Docente Plantas Vasculares

Para:

Nicole Noemí Rodríguez Malavé

Estudiante de Titulación

Universidad Península de Santa Elena

Acorde a las imágenes fotográficas revisadas el 10 de junio del 2024, la estudiante Nicole Noemí Rodríguez Malavé con número de Cédula de Identidad 2450397829, las mismas que corresponden a los muestreos realizados para la investigación denominada: titulada "COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE HELECHOS CON SU TIPO DE SUSTRATO DE CRECIMIENTO EN EL SENDERO LAS CASCADAS, COMUNA DOS MANGAS",, durante noviembre del 2023 a abril del 2024, a lo que confirmo que, las especies de flora relacionadas con el grupo de los Helechos identificadas por la estudiante.

Me permito certificar que las especies de helechos de cuyos registros fotográficos son las indicadas, según corresponde a mis conocimientos profesionales y en mi especialidad en este componente biológico.


Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, MSc

Docente de Plantas Vasculares

Facultad de Ciencias del Mar

Universidad Estatal Península de Santa Elena