



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

**“DISTRIBUCIÓN DE HELECHOS Y SU RELACIÓN CON LOS
FACTORES AMBIENTALES EN EL SENDERO “LAS PISCINAS”,
COMUNA DOS MANGAS, SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

AUTORA:

JENNIFER ELIZABETH NEIRA PILAY

TUTORA:

BLGA. DADSANIA RODRÍGUEZ MOREIRA, Mgt.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2026

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

**“DISTRIBUCIÓN DE HELECHOS Y SU RELACIÓN CON LOS
FACTORES AMBIENTALES EN EL SENDERO “LAS PISCINAS”,
COMUNA DOS MANGAS, SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

AUTORA:

JENNIFER ELIZABETH NEIRA PILAY

TUTORA:

BLGA. DADSANIA RODRÍGUEZ MOREIRA, Mgt.

LA LIBERTAD - ECUADOR


2026

UPSE

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, **“DISTRIBUCIÓN DE HELECHOS Y SU RELACIÓN CON LOS FACTORES AMBIENTALES EN EL SENDERO “LAS PISCINAS”, COMUNA DOS MANGAS, SANTA ELENA”**, elaborado por **NEIRA PILAY JENNIFER ELIZABETH**, 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 **“DISTRIBUCIÓN DE HELECHOS Y SU RELACIÓN CON LOS FACTORES AMBIENTALES EN EL SENDERO “LAS PISCINAS”, COMUNA DOS MANGAS, SANTA ELENA”**, elaborado por **NEIRA PILAY JENNIFER ELIZABETH**, 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 Biólogo, 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 mucha emoción y profunda gratitud, dedico mi trabajo de titulación a mis pilares fundamentales que me han acompañado durante este camino y proceso:

A mis padres, Ruben Neira y Nancy Pilay, por creer en mí y darme el estudio, lo que he logrado, también es gracias a ustedes, quienes siempre me brindaron su apoyo, comprensión, palabras de ánimos, confianza y amor fue mi mayor fortaleza.

Su sacrificio y esfuerzo por mí han sido la motivación que me impulso a llegar hasta este momento.

A mis hermanos, por compartir y acompañarme en momentos alegres y desafiantes de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Con la culminación de mi trabajo de titulación, expreso mis más profundos agradecimientos a aquellos que han estado haciendo de mi formación personal y académica.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena y docentes de la Facultad Ciencias del Mar por proporcionarme sus conocimientos y herramientas en este desarrollo de mis estudios.

A la comuna Dos Mangas con sus autoridades, por permitido y haberme brindado la oportunidad en su área de conservación para desarrollar mi investigación.

A mi tutora del trabajo de titulación, Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, Mgt, por su dedicación, consejos, paciencia, disciplina y orientación para la estructura de mi investigación.

Finalmente, a mi hermano Jhon Neira, por su apoyo y disposición al siempre acompañarme en mis monitoreos, su apoyo me ayudó para el desarrollo de este trabajo y a todos los que me ayudaron de alguna u otra manera.

Gracias a todos por ser parte de esta culminación y logro.

Jennifer Elizabeth Neira Pilay

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Neira Pilay Jennifer Elizabeth** 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.

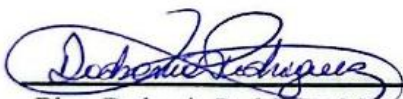
Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11/12/2025



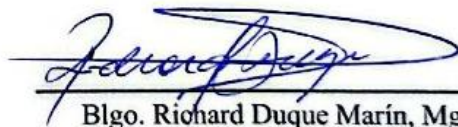
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
**DIRECTOR DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



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



Blga. Dadsania Rodríguez Morcira, 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

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **Jennifer Elizabeth Neira Pilay**, declaro bajo juramento la responsabilidad por los datos, ideas y resultados expuestos en este trabajo de integración curricular: **“DISTRIBUCIÓN DE HELECHOS Y SU RELACIÓN CON LOS FACTORES AMBIENTALES EN EL SENDERO “LAS PISCINAS”, COMUNA DOS MANGAS, SANTA ELENA”**, me comprometo exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Jennifer Neira.

Jennifer Elizabeth Neira Pilay

C.I. 0927967166

ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN	17
2. INTRODUCCIÓN	19
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
4. JUSTIFICACIÓN	24
5. OBJETIVOS	26
5.1. Objetivo General	26
5.2. Objetivos Específicos	26
6. HIPÓTESIS	27
7. MARCO TEÓRICO	28
7.1. Generalidades de los helechos.....	28
7.1.1. Pteridología	28
7.1.2. Los helechos	28
7.1.3. Características principales	29
7.1.4. Ciclo de vida.....	31
7.1.4.1. Fase esporofítica.....	32
7.1.4.2. Fase haploide	32
7.1.5. Sustrato de crecimiento	33
7.2. Factores ambientales	34
7.2.1. Humedad ambiental.....	34

7.2.2. Humedad del suelo	35
7.2.3. Temperatura.....	35
7.3. Clasificación taxonómica de helechos de la comuna Dos Mangas	36
7.3.1. Clase Polypodiopsida	36
7.3.2. Subclase Polypodiidae. Orden: Polypodiales	38
7.3.2.1. Familia Athyriaceae	39
7.3.2.2. Familia Lomariopsidaceae.....	39
7.3.2.3. Familia Polypodiaceae	40
7.3.2.4. Familia Pteridaceae	40
7.3.2.5. Familia Thelypteridaceae	40
7.3.2.6. Familia Nephrolepidaceae	41
7.3.2.7. Familia Dryopteridaceae	41
7.3.2.8. Familia Blenchaceae.....	41
7.4. Importancia ecológica	42
7.5. Importancia del estudio de helechos.....	42
8. MARCO METODOLÓGICO.....	44
8.1. Diseño de estudio	44
8.2. Ubicación geográfica del área de estudio	44
8.2.1. Sitios de monitoreo.....	46
8.3. Fase de campo	47

8.3.1. Diseño y método de muestreo	47
8.3.2. Muestreo sistemático	48
8.3.3. Recolección de muestras	48
8.4. Métodos de identificación taxonómicas y certificación de ejemplares	49
8.4.1. Plataformas digitales especializadas	49
8.4.2. Guías ilustradas, libros, revistas y claves de identificación	49
8.5. Uso de sensores y análisis de los factores a medir	51
8.5.1. Sensor de humedad del suelo (%)	51
8.5.2. Sensor para temperatura y humedad ambiental.....	51
8.6. Análisis de datos.....	52
8.6.1. Registro de datos	52
8.6.2. Datos ecológicos estructurales	52
8.6.3. Índice de diversidad, similitud y riqueza.....	53
8.6.3.1. Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H').....	53
8.6.3.2. Índice de Similitud de Jaccard.....	53
8.6.3.3. Índice de riqueza de Margalef (D mg)	54
8.6.4. Relación entre los factores ambientales y la diversidad de helechos	54
9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	56
9.1. Composición de familia de helechos en el sendero “Las Piscinas”- Dos Mangas	56

9.1.2. Análisis estructural de la comunidad de Helechos	57
9.1.2.1. Abundancia de especies.....	57
9.1.2.2. Diversidad y Riqueza de Helechos por estación	57
9.1.2.3. Similitud de helechos por estación	58
9.1.2.4. Preferencia de sustrato de crecimiento	59
9.2. Variaciones de factores ambientales en las zonas de estudio.....	61
9.3.- Relación de abundancia de helechos y los factores ambientales.	62
9.3.1. Abundancia de helechos y humedad del suelo	62
9.3.2. Abundancia de helechos y humedad ambiental.....	63
9.3.3. Abundancia de helechos y temperatura.....	64
10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
11. CONCLUSIONES.....	68
12. RECOMENDACIONES.....	69
13. BIBLIOGRAFÍA.....	70
14. ANEXOS	81

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Morfología del helecho.....	29
Figura 2. Estructura y ciclo de vida del helecho	31
Figura 3. Ubicación y estaciones geográfica del sendero “Las Piscinas”.....	45
Figura 5. Diseño de parcelas y recorrido en Z	47
Figura 6. Composición de familias de helechos en el área de estudio.....	56
Figura 7. Composición porcentual de las especies de helechos.....	57
Figura 8. Índices de diversidad de Helechos en las estaciones de estudio.....	58
Figura 9. Dendograma de similitud de la comunidad de Helechos en las estaciones de estudio	59
Figura 10. Número de especies de helechos por sustrato de crecimiento.....	60
Figura 11. Relación entre abundancia de helechos y humedad del suelo	62
Figura 12. Relación entre abundancia y humedad ambiental	63
Figura 13. Relación entre abundancia de helechos y temperatura	64

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de monitoreo	46
Tabla 2. Índices ecológicos que se utilizaran el en trabajo de investigación	55
Tabla 3. Tipos de sustrato de crecimiento de helechos por estación.....	61
Tabla 4. Análisis de varianza	62
Tabla 5. Abundancia de helechos y la humedad del suelo.....	63

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Registro total de helechos identificados en el sendero “Las Piscinas”, comuna Dos Mangas.....	81
Anexo 2. Abundancia relativa de las especies de helechos	81
Anexo 3. Conteo de helechos del sendero “Las Piscinas”	82
Anexo 4. Ficha de identificación de helechos en el sendero las piscinas	83
Anexo 5. Análisis de similitud por estaciones de monitoreo mediante el índice de Jaccard.....	90
Anexo 6. Cálculo estadístico ecológicos en la plataforma Past.....	90
Anexo 7. Análisis de varianza ANOVA	90
Anexo 8. Clasificación de helechos según el sustrato de crecimiento.....	92
Anexo 9. Abundancia de helechos y factores ambientales en las zonas de estudio.	92
Anexo 10. Fotografía en fase de campo y laboratorio	93
Anexo 11. Visita de la tutora de tesis, Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, a la comuna de Dos Mangas.	94
Anexo 12. Permiso de investigación para la recolección de especímenes biológicos, código MAATE-ARSFC-2025-0644	95
Anexo 13. Carta de certificación	100

GLOSARIO

Abaxial: Lado inferior, lado ventral o envés de la hoja

Adaxial: Lado superior o haz de la hoja

Areolas: Espacio poligonales y redondos, formándose en las venas de la hoja cuando tocan de espacio a espacio.

Bipinnado: Hoja que está compuesta y las pinnas divididas en pínulas

Bifurcada: Se divide en dos partes o en ramas

Cordada: Forma de corazón

Coriáceo: Textura y consistencia flexible y dura

Dimórficas: Tienen dos formas, en referencia a las frondas fértiles y estériles de algunos helechos.

Epífito: Crecimiento de una planta sobre otra planta, con apoyo físico

Esporófito: Planta de helecho que observamos

Estéril: Estructuras reproductivas como son los soros

Elongados: Forma alargada

Erecto: Posición vertical o recta

Escandentes: Plantas que se apoyan o trepan en estructuras para crear en altura

Fronda: Hoja de helechos, puede ser grande y se divide en segmentos pequeños.

Indusio: Membrana de estructura que cubre los soros de algunas especies de helechos.

Lámina: Extendida de la fronda y parte de una planta.

Monomórficas: Formas de helechos que tienen una única forma

Pinna: División primaria de la fronda compuesta

Pínnula: División secundaria de la fronda bipinnada

Pilosos: Cubierta de pelos

Reniformes: Forma similar de un riñón

Submarginales: Cerca del margen o al borde de una estructura, como la hoja

ABREVIATURAS

(H'): Índice de Shannon-Wiener

%: Porcentaje

E1-E4: Estación 1 a Estación 4

T: Helecho terrestre

E: Helecho epífita

R: Helecho rupícola

T-E: Helecho terrestre-epífita

T-R: Helecho terrestre-rupícola

MAATE: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

%: Humedad del suelo

°C: Temperatura

%: Humedad ambiental

1. RESUMEN

Los helechos al ser plantas vasculares que se reproducen por esporas, varían según el lugar vegetal en donde las encontremos, compartiendo la misma forma de vida y sustrato de crecimiento, su presencia varía por los factores ambientales, principalmente por la humedad del suelo. La investigación aborda del conocimiento de la diversidad de helechos, presenciando una alta heterogeneidad que afecta su presencia y abundancia, por el valor de los helechos como bioindicadores de conservación y por la información aplicada al manejo del bosque, integrando taxonomía, ecología y análisis ambiental. El lugar de estudio corresponde a 2000 m en el sendero las piscinas, de la comuna Dos Mangas, se instalaron 4 estaciones con 8 parcelas de 20 x 20 m, dos parcelas por estación, realizando un recorrido en forma de Z en cada parcela, georreferenciadas mediante GPS Garmin 64 C y procesadas en el programa QGIS 3.36. Se empleó las metodologías de observación directa, recolección de ejemplares y claves taxonómicas. Así mismo, utilizando sensores digitales se registraron temperatura, humedad del suelo, ambiental y sustrato de crecimiento, los datos fueron procesados a Microsoft Office Excel 2023. Se identificaron 14 especies del orden Polypodiales, distribuidas en 8 familias, contabilizando 2453 individuos. *Adiantum tetraphyllum* con 24,01% y *Christella dentata* con 17,37% presentaron mayor abundancia relativa. La preferencia de sustrato mostró un 43% de especies terrestres, 29% terrestre/rupícola, 14% epífitas. La E4 presentó la mayor diversidad $H' = 2.30$; $D_{mg} = 1.74$. ANOVA reveló diferencias entre estaciones para humedad del suelo $p = 0,0064$ y humedad ambiental $p = 0,0227$, pero no así para la temperatura $p = 0,5886$. La abundancia se relacionó positivamente con humedad del suelo $R^2 = 0,702$ y moderadamente con humedad ambiental $R^2 = 0,6263$, temperatura con menos relación $R^2 = 0,6348$. Por consiguiente, la diversidad de helechos está relacionada con los factores ambientales, destacando a aceptar la hipótesis alternativa.

Palabras claves: Helechos, bosque húmedo, diversidad y abundancia.

ABSTRACT

Ferns, being vascular plants that reproduce by spores, vary depending on the vegetation type where they are found. While sharing the same life cycle and growth substrate, their presence varies due to environmental factors, primarily soil moisture. This research addresses the diversity of ferns, revealing a high degree of heterogeneity that affects their presence and abundance. It also considers the value of ferns as conservation bioindicators and the information they provide for forest management, integrating taxonomy, ecology, and environmental analysis. The study area comprises 2000 m along the Las Piscinas trail in the Dos Mangas commune. Four stations were established, each containing eight 20 x 20 m plots two plots per station. A Z-shaped traverse was followed within each plot. The data were georeferenced using a Garmin 64C GPS and processed using QGIS 3.36. Methodologies employed included direct observation, specimen collection, and taxonomic keys. Similarly, using digital sensors, temperature, soil moisture, ambient humidity, and growing substrate were recorded. The data were processed using Microsoft Office Excel 2023. Fourteen species of the order Polypodiales, distributed among eight families, were identified, totaling 2453 individuals. *Adiantum tetraphyllum* 24.01% and *Christella dentata* 17.37% showed the highest relative abundance. Substrate preference showed 43% terrestrial species, 29% terrestrial/rupicolous, and 14% epiphytic. Station E4 exhibited the greatest diversity $H' = 2.30$; $D_{mg} = 1.74$. ANOVA revealed differences between stations for soil moisture $p = 0.0064$ and ambient humidity $p = 0.0227$, but not for temperature $p = 0.5886$. Abundance was positively related to soil moisture $R^2 = 0.702$ and moderately related to ambient humidity $R^2 = 0.6263$, with a weaker relationship to temperature $R^2 = 0.6348$. Therefore, fern diversity is related to environmental factors, supporting the alternative hypothesis.

Keywords: Ferns, rainforest, diversity and abundance.

2.- INTRODUCCIÓN

Los helechos son un grupo de plantas que han estado presentes en la tierra por más de cuatrocientos millones de años, considerándose como las plantas vasculares más antiguas. Durante miles de años han evolucionado hacia formas más completas, como el desarrollo de raíces, tallos y hojas con un sistema vascular (Torres, 2012).

Ecuador, es caracterizado por poseer diversidad de flora con 18 mil especies reconocidas, 1,420 correspondientes a pteridofitas o helechos, 18 gimnospermas y 16.308 angiospermas, representando mayor cantidad en bosque húmedos (Neill, 2012), las especies de helechos son un grupo de plantas que el 11,86% son conocidas para Ecuador, aunque se encuentran a nivel mundial, considerándose como el país con la mayor concentración de estas especies, encontrándose distribuidas en sitios húmedos y sombríos, o en regiones tropicales (Neill, 2012).

Actualmente, los helechos que observamos forman parte de la clase Polypodiopsida, subclase Polypodiidae, considerándose como los helechos más modernos. Un estudio realizado por (Martín, 2022), se estima que existen alrededor de 10.000 y 12.000 especies de helechos en todo el mundo, siendo reconocidas para Ecuador 18.600 especies de plantas vasculares (Garden, 2023) .

Cumple diversas funciones en su entorno natural y adaptación. El 80% que actualmente se conoce se diversificaron después de la expansión de las angiospermas, indicando una respuesta ecológica oportunista en la capacidad que tienen de vivir en ambientes húmedos y bajo sombra, su importancia ecológica

contribuye al equilibrio hídrico de los ecosistemas al absorber agua de la atmósfera (Mehltreter, 2010).

Forman parte de un grupo de plantas vasculares, con el nombre de pteridofitas por sus singulares características, no producen flores, frutos o semillas, porque su reproducción se lleva mediante esporas. Realizan funciones similares dentro de los ecosistemas en los que se encuentran, aunque su capacidad de adaptación les ha permitido desarrollarse en una variedad de hábitats donde haya cantidad de humedad, encontrándolos creciendo en el suelo del bosque, troncos, árboles, quebradas o al borde del río (Gomez-Diaz, 2015).

Los factores ambientales se desempeñan en los ecosistemas donde habitan diversidad de especies de plantas, influyendo directamente en la distribución, abundancia y adaptación de las especies. Entre estos factores se encuentran variables como la temperatura, humedad ambiental, humedad del suelo, determinando las condiciones que crean la vida en un hábitat. Conocer y comprender como interactúan los factores con la flora de helechos, también predecirá respuestas frente a cambios ambientales. Por lo tanto, estudios que integren estos aspectos son fundamentales para evaluar procesos como la distribución, abundancia, desarrollo, reproducción y localización en los ecosistemas húmedos (Murillo & Moreno, 2024)

Por aquello, en la provincia de Santa Elena se encuentra el bosque de la Comuna Dos Mangas de la cordillera Chongón Colonche a 7 kilómetros al noroeste de la parroquia, considerado como un lugar lleno de valor biológico y patrimonial. El

bosque es característico por poseer la presencia de dos senderos “Las Piscinas” y “Las Cascadas”, el mismo se debe a la presencia de ríos que se entrecruzan entre los senderos (Ministerio de turismo , 2019).

Actualmente, la comuna y el bosque es seleccionada para diversos estudios ecológicos con el enfoque en la descripción de la diversidad de flora y fauna, aunque existe un limitado conocimiento científico, como es a nivel taxonómico, sobre la representación vegetativa del lugar, incluyendo a los helechos. Por lo anteriormente mencionado, como una iniciativa para realizar investigaciones se tomó en cuenta a los helechos, y las condiciones ambientales, para fomentar conocimientos más integrales de la biodiversidad vegetal del bosque de la comuna Dos Mangas.

Como iniciativa, la investigación tiene como objetivo determinar la distribución de helechos del sendero “Las Piscinas”, utilizando guías taxonómicas de identificación, comprendiendo su influencia con los factores ambientales en estas especies. La fase de investigación se desarrolló entre los meses de julio hasta octubre del 2025, para el levantamiento de información se instalaron parcelas, se utilizaron métodos científicos que incluyen el muestreo sistemático de la vegetación, el reconocimiento de las especies y el análisis de los datos recopilados, con la finalidad de entender la diversidad que existe en relación con los factores ambientales.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ecuador, es considerado por su alta biodiversidad vegetal, es posesionándolo como uno de los países megadiversos (Jácome, 2025). Entre los ecosistemas se encuentran los bosques, conformados por variedad de grupos vegetales. Dentro de estos grupos los helechos son destacados por su amplia distribución en distintos hábitats, siendo diversos en ambientes húmedos. En ciertas zonas la forma de distribución, abundancia y crecimiento se relaciona por los cambios que involucra a los factores ambientales como la humedad del suelo, humedad ambiental y la temperatura o sustrato de crecimiento, estas pueden afectar su presencia o ausencia en determinados hábitats (Pino, 2022).

Bajo esta perspectiva, en el bosque de la Comuna Dos Mangas de la provincia de Santa Elena, se encuentran dos senderos “Piscinas y Cascadas”, su nombre se debe a la presencia de ríos porque se entrecruzan los senderos. El sendero piscinas, muestra una notable riqueza vegetal, que incluye a los helechos, manifestando su amplia gama de formas y tamaños (Turisec, 2023). No obstante, en ciertas zonas o altitudes, estas especies son abundantes y en otras mínimas, lo que sugiere que los cambios podrían ser un factor determinante en su distribución (Murga-Orrillo & Jorge, 2022).

Por lo tanto, desarrollar investigaciones centradas sobre este grupo de plantas, comenzando con el reconocimiento de las especies de helechos y comprender como varía su distribución en relación con los factores ambientales, avala la existencia de cambios en la distribución de especies mejor adaptadas.

De lo anteriormente redactado, surge la pregunta de investigación: ¿Qué factores ambientales son determinantes para la abundancia de helechos en el bosque de la Comuna Dos Mangas, sendero “Las Piscinas”?

4. JUSTIFICACIÓN

La biodiversidad vegetal de estas plantas son importante en la diversidad biológica de los bosques, su presencia, distribución de los helechos indican que son indicadores clave de la salud y estado de conservación del ecosistema, brindando beneficios a la humanidad, refugio y sombra a diferentes animales, varios bosques son reconocidos por demostrar que la vegetación que se encuentra en los mismos es de gran importancia, contando con una variedad de especies, entre ellos se encuentran los helechos que son plantas primitivas que han sobrevivido a diversas consecuencias (Cuesta, 2020).

En el bosque de la Comuna Dos Mangas, se encuentra el sendero “Las Piscinas”, cuenta con un entorno natural de gran riqueza vegetal, presentando distribución de helechos a lo largo de su recorrido. Son de interés principal por su distribución a escala local (Hernández C. I., 2016). El reconocimiento y documentación de las especies de helechos es importante para fundamentar la toma de decisiones en el manejo y conservación de la biodiversidad en diferentes partes del Ecuador donde se encuentran estas plantas (Altamirano & Paola, 2020).

Por lo expuesto anteriormente, realizar investigaciones sobre el conocimiento y documentación de la diversidad de helechos, nos ayudó a comprender porque en ciertas zonas existe menor o mayor éxito de distribución de helechos en relación

con los factores ambientales (Antúnez, Serrano, & Adame, 2022). Transmitir este conocimiento a más grupos de investigadores, resalta información ecológica que vincule la identificación de las especies presentes en el sendero “Las piscinas”, en el bosque Comuna Dos Mangas y su relación con los factores ambientales. Al difundir los resultados del estudio mediante el levantamiento de información de helechos encontrados durante el recorrido junto con sus principales características y su relación con los factores ambientales, ayudó a comprender qué condiciones favorecen su presencia, abundancia y distribución.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Determinar la distribución de helechos del sendero “Las Piscinas”, mediante observación directa y claves taxonómicas, relacionando su influencia con los factores ambientales.

5.2. Objetivos Específicos

- Identificar las especies de helechos presentes en el sendero, por observación directa y claves taxonómicas.
- Analizar las variaciones de los factores ambientales en las zonas del sendero, mediante análisis estadístico.
- Relacionar la abundancia de helechos y los factores ambientales, determinando su presencia en cada zona de estudio.

6. HIPÓTESIS

H₁: La diversidad de helechos presentes en el sendero “Las Piscinas”, está relacionada con los factores ambientales.

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Generalidades de los helechos

7.1.1. Pteridología

El término “Pteridología” derivado del griego “pteris”, significa “helechos”, y “logos”, estudio. Es la rama dedicada al estudio y disciplina de las plantas vasculares que no producen flores ni semillas. Incluyen a los grupos distantes como los licofitos (licopodios, selaginelas e isoetos) y los helechos verdaderos. Abarcando el conocimiento en su biología, taxonomía, morfología, clasificación, evolución, fisiología y ecología para este tipo de plantas (Museo de Historia Natural , 2017).

7.1.2. Los helechos

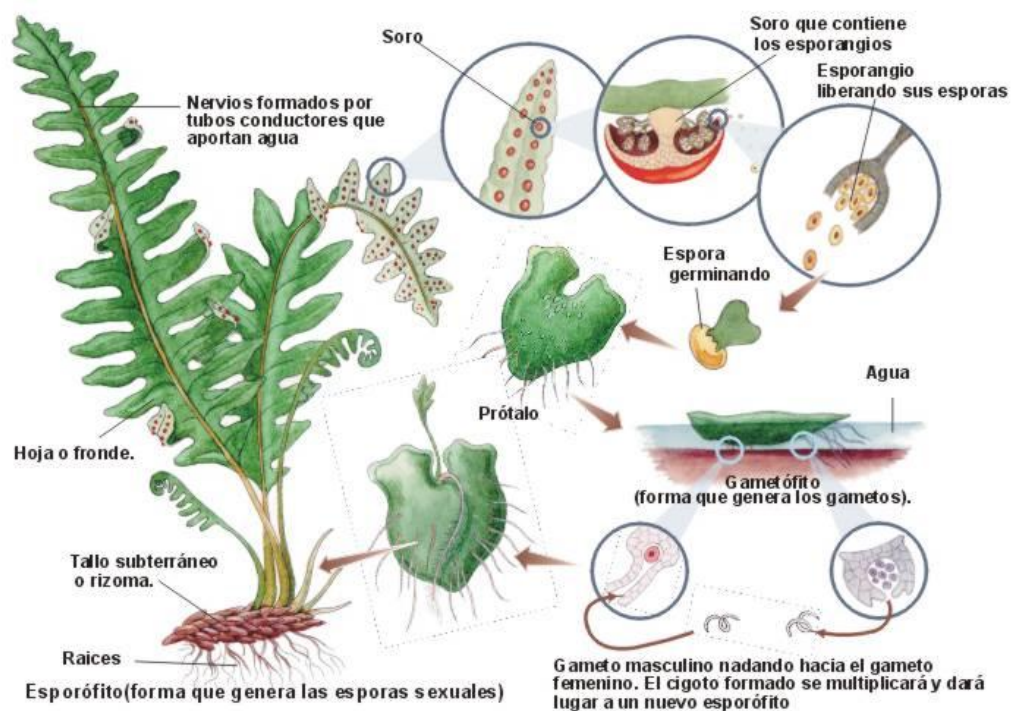
Forman parte de un grupo de plantas vasculares más antiguas que reciben el nombre pteridofitas, caracterizado porque en su ciclo de vida presentan alternancia de generaciones independientes y vida libre en lugares con abundante humedad y sombríos, la asexual o esporofítica porque produce esporas, y la sexual o gametofítica, produce gametos (Salazar, 2019).

Los registros indican que Ecuador es considerado como uno de los países con más diversidad de helechos, con un aproximado de 1300 especies (Jiménez, 2025), pero un registro reciente menciona que existen 1200 especies de helechos en todo el mundo, considerándose como el segundo grupo de plantas vasculares más diverso (Ferreira, 2024).

7.1.3. Características principales

Un helecho se compone por raíces, tallo (rizoma), hojas (frondas), venas y soros. (Figura 1). Mientras que una planta de helecho adulto, no presenta raíces verdaderas, porque la raíz principal originaria del embrión carece de la capacidad de incrementar su grosor, llevando que la planta desarrolle raíces fibrosas desde el tallo, base de los peciolos y en ocasiones en las hojas para satisfacer sus requerimientos (Verdejo, 2019).

Figura 1 *Morfología del helecho*



Fuente: (Verdejo, 2019).

Su tallo es incóspicu, se extiende sobre la superficie de la tierra (epigeos), llegando a ser rastrero, debajo del suelo (hipogeos) y en fangos. También pueden ser cortos, nudosos o globosos, y son denominados rizomas subterráneos, con crecimiento

horizontal y cubiertos de pelos o escamas. Los tallos de los helechos arborescentes, crecen erectos (Verdejo, 2019).

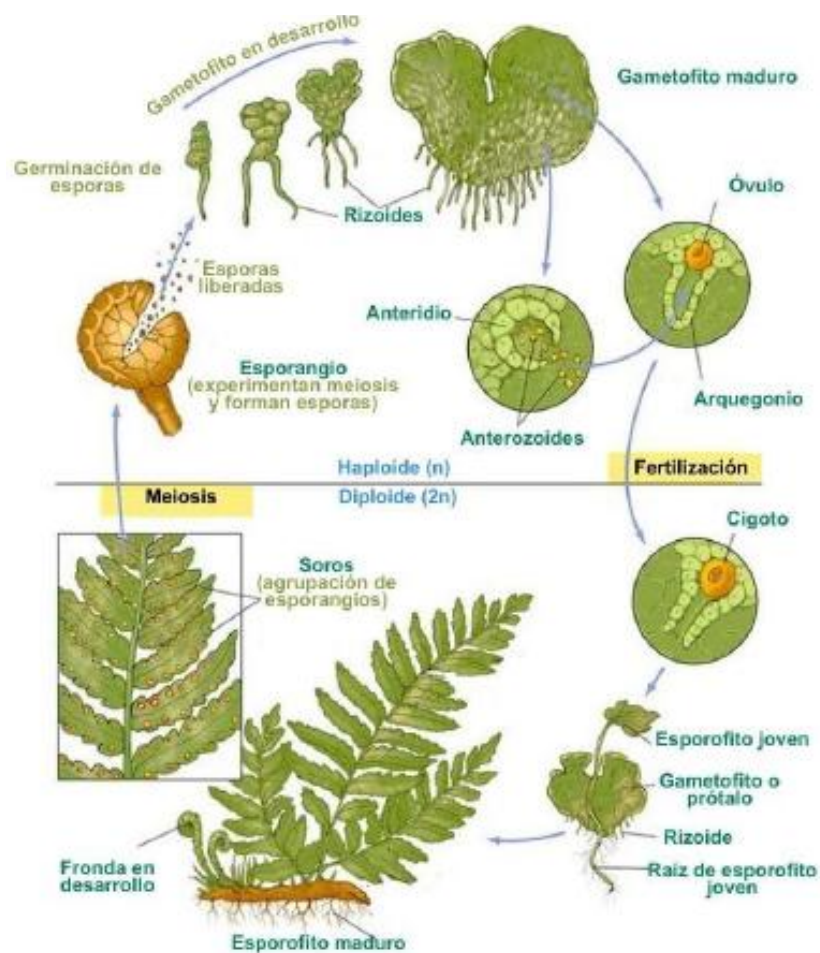
Sus frondas color verde, son parte conspicua de la planta, presentándose como una lámina entera, sostenida por un peciolo o lámina dividida que es formada por una hoja pinnada, pero el peciolo prolongado en la lámina es denominado raquis. Las frondas tienen la función de ser exclusivamente fotosintéticas (trofófilos), reproductivas (esporófilos), pero también llegan a cumplir ambas funciones, y es llamado troforporófilos. Se menciona que, en ciertos géneros, las hojas pueden tener fragmentos fértiles (esporóforos) y segmentos estériles, llegando a ser muy diferente o similar, la similitud llega a ser un carácter que ayude a identificar la especie (Verdejo, 2019).

La morfología de los helechos puede ser enteras, acerradas, recortadas, dentadas, pinnadas y laciniadas, su tamaño varía unos pocos milímetros hasta tres metros de largo. La primera división es denominada pinna y las subsiguientes divisiones se conocen como pínulas (cuando una hoja está dividida), si la hoja está dividida una vez, es clasificada como 1-pinnada; si su división es dos veces, es denominada 2-pinnada, consecutivamente (Vera, 2020).

7.1.4. Ciclo de vida

Su ciclo de vida consta de dos fases, digenético y heteromórfico, el esporofito está constituido por raíz, rizomas y frondas en la generación dominante, la más larga e independiente nutricionalmente. Las fases tienen un número cromosómico diferente, en una se forman los gametos, conocidos como fase gametofítica (n), considerándose haploide; mientras que la siguiente fase es denominada esporofítica ($2n$), siendo diploide, llevando a cabo la formación de esporas (Figura 2) (Verdejo, 2019).

Figura 2. Estructura y ciclo de vida del helecho



Fuente: (Stock, 2022)

7.1.4.1. Fase esporofítica

La fase esporofítica representa el ciclo diploide del helecho, caracterizado por una estructura cormofítica compuesta por raíces, rizoma y frondas. Esta etapa corresponde a la reproducción asexual mediante esporas. Una vez que el esporofito alcanza su madurez fisiológica, los esporangios órganos especializados en la producción de esporas se abren y liberan una gran cantidad de esporas al ambiente. Estas se dispersan principalmente por acción del viento o corrientes hídricas. Si una espora logra establecerse en un sustrato adecuado, en condiciones de humedad y temperatura favorables, germinará y dará origen al gametofito conocido como prótalo (Verdejo, 2019; Zuquim et al., 2012).

7.1.4.2. Fase haploide

El prótalo constituye la fase haploide del ciclo vital del helecho y es considerado el estadio más susceptible a factores ambientales. Este gametofito requiere ambientes húmedos y sombreados para su desarrollo óptimo. Generalmente se encuentra sobre la superficie del sustrato y rara vez es subterráneo. Su morfología es cordiforme y su tamaño es diminuto, usualmente inferior a un centímetro. A diferencia del esporofito, carece de órganos diferenciados como tallos, hojas o tejidos vasculares. Su estructura consiste en una lámina verde formada por células con cloroplastos, y se fija al sustrato mediante rizoides, estructuras filamentosas que también cumplen funciones de absorción de agua y minerales (Delgado & Plaza, 2010).

Durante su desarrollo, que puede durar desde unos días hasta varias semanas, el prótalo forma los gametangios: los anteridios (masculinos) y los arquegonios (femeninos), ubicados en la cara ventral del gametofito. Los anteridios, situados entre los rizoides, son estructuras ovals que contienen anterozoides, gametos masculinos flagelados. Por su parte, los arquegonios tienen forma de botella y albergan la oosfera, una célula femenina de gran tamaño y sin movilidad (Verdejo, 2019).

La fecundación ocurre cuando los anterozoides nadan en el agua hacia el cuello del arquegonio y logran alcanzar la oosfera, dando lugar a un cigoto diploide. Este cigoto se convierte en embrión, el cual permanece adherido al prótalo durante sus primeras etapas de desarrollo. Posteriormente, se forma la plántula, que representa el inicio del nuevo esporofito. La primera hoja emergente es simple y difiere morfológicamente de las frondas adultas. A medida que el esporofito crece, desarrolla hojas complejas y raíces propias, volviéndose independiente del gametofito, el cual finalmente se desintegra (Verdejo, 2019).

7.1.5. Sustrato de crecimiento

Los helechos exhiben una notable adaptación ecológica, a diversos tipos de sustratos. Se pueden clasificar según su hábitat en: Terrestres desarrollan todo su ciclo de vida en contacto directo con el suelo, epífitos que crecen sobre troncos o ramas de árboles sin establecer conexión con el suelo. Absorben agua de la lluvia o

de la condensación sin parasitar a la planta huésped, acuáticos: permanecen flotando en cuerpos de agua durante todas sus fases vitales, rupícolas o saxícolas: se desarrollan en fisuras o cavidades de rocas, donde los rizomas se adaptan a espacios formados por procesos erosivos (Verdejo, 2019).

7.2. Factores ambientales

El crecimiento, reproducción y distribución de helechos están condicionados por diversos factores ambientales. No solo ayuda a determinar la viabilidad de sus fases esporofítica y gametofítica, también influyen en la parte ecológica dentro de los ecosistemas. Entre ellos se detallan a continuación los siguientes.

7.2.1. Humedad ambiental

La humedad es esencial para el desarrollo de estas especies, especialmente durante la fase gametofítica. Esta etapa, representada por el prótalo, requiere condiciones de alta humedad para permitir la movilidad de los gametos masculinos (anterozoides) hacia los arquegonios, donde ocurre la fecundación, aunque la presencia baja de humedad puede llegar a provocar que las frondas se vuelvan marrones, llegando a secarse. Además, contribuye a la prevención de la desecación de tejidos no vasculares, como los del gametofito, que carecen de estructuras especializadas para el transporte de agua. En ambientes con baja humedad moderada, estas especies pueden experimentar estrés, limitando su capacidad de

reproducción, son estables en rangos muy altos del 70% (Carvajal-Hernández, 2024).

7.2.2. Humedad del suelo

La humedad es un factor determinante en el crecimiento y desarrollo de los helechos, particularmente en aquellos de hábito terrestre. El contenido de agua en el suelo influye directamente en la absorción de nutrientes y en la actividad metabólica de las raíces y rizomas. Los helechos presentan rizoides o raíces adventicias que requieren un sustrato húmedo para facilitar la captación de agua y minerales esenciales, con un porcentaje de agua de 8-10% (Ramírez, 2020).

En suelos con baja retención hídrica o sometidos a sequías prolongadas, el crecimiento de los helechos se ve comprometido, afectando tanto la expansión foliar como la producción de esporas. Por el contrario, suelos con buena capacidad de retención de humedad favorecen la germinación de esporas y el establecimiento de nuevos individuos.

7.2.3. Temperatura

La temperatura ambiental regula múltiples procesos fisiológicos en los helechos, incluyendo la fotosíntesis, la respiración y la germinación de esporas. Gran parte de la mayoría de especies de helechos presenta una limitada tolerancia térmica, convirtiéndose sensible en estas variaciones. Un incremento de apenas un grado Celsius puede generar desequilibrios en su crecimiento y desarrollo, llegando a

provocar la inhibición del crecimiento hasta mortalidad en poblaciones naturales (Almeida D. R., 2024).

Las temperaturas óptimas para el desarrollo de helechos se consideran en rangos moderados de 23°C a 26°C, donde se mantiene un equilibrio entre la actividad enzimática y la disponibilidad de agua. En ambientes tropicales y subtropicales, donde existen condiciones cálidas y húmedas, estas especies encuentran un nicho ideal para su proliferación (Cano, 2024).

7.3. Clasificación taxonómica de helechos de la comuna Dos Mangas

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

7.3.1. Clase Polypodiopsida

Según Romero (2022), los helechos pertenecientes a la clase Polypodiopsida, también conocidos como helechos leptosporangiados, constituyen el grupo más extenso y exitoso dentro de las plantas vasculares sin semilla. Este clado agrupa aproximadamente 11,000 especies vivientes distribuidas en todos los continentes, lo que refleja su notable capacidad de adaptación ecológica y evolutiva.

Para poder caracterizar este grupo es que cerca de un tercio de sus especies son epífitas, es decir, crecen sobre otras plantas sin parasitarlas, aprovechando la humedad ambiental y la luz filtrada en los doseles forestales. Esta estrategia les permite colonizar hábitats verticales y competir eficientemente en ecosistemas tropicales y subtropicales (González L. A., 2019).

Desde una perspectiva evolutiva, los helechos leptosporangiados incluyen linajes que surgieron en el Carbonífero temprano, así como grupos más modernos que se diversificaron durante el Cretácico, coincidiendo con la expansión de las plantas con flores. Esta diversidad temporal evidencia una evolución gradual y compleja, influenciada por cambios climáticos y ecológicos (Edgar Javier Rincón Barón, 2020)

En cuanto a su morfología, la mayoría de las especies de Polypodiopsida presentan frondas compuestas denominadas megafilas, estructuras foliares de gran tamaño y complejidad que se asemejan más a las hojas de las espermatofitas (plantas con semillas) que a las microfilas de los licofitos (subclase Lycopodiopsida). Esta similitud morfológica sugiere una convergencia funcional en la captura de luz y el intercambio gaseoso, aunque con orígenes evolutivos distintos (LANDEROS-LÓPEZ & CARVAJAL, 2024).

7.3.2. Subclase Polypodiidae. Orden: Polypodiales

El orden Polypodiales representa el grupo más extenso y evolucionado dentro de los helechos modernos, abarca más del 80% de las especies vivientes de helechos. Este grupo taxonómico se encuentra ampliamente distribuida en zonas tropicales, subtropicales y templadas, lo que evidencia su notable capacidad en adaptación ecológica y éxito evolutivo (Carranza, 2025).

Las especies que conforman el orden presentan una diversidad amplia de hábitos de crecimiento. Destacando a los helechos terrestres, incluyen formas epífitas, rupícolas e incluso algunas acuáticas, mostrando su versatilidad ecológica. Morfológicamente, los individuos de Polypodiales poseen rizomas horizontales, pueden ser subterráneos o con visibilidad mínima sobre la superficie del suelo. Estos rizomas permiten la propagación vegetativa y anclaje al sustrato (Carranza, 2025).

Una característica distintiva de este orden es la presencia de esporangios agrupados en soros, generalmente protegidos por una estructura denominada indusio, cuya forma varía entre las distintas familias. Los esporangios de Polypodiales son únicos por presentar un anillo vertical que se interrumpe en el punto de inserción del pedicelo. Durante la maduración, la deshidratación del esporangio provoca la contracción del anillo, lo que genera la apertura del esporangio y la liberación de las esporas (Gallardo, Arana, & Naulin, 2024).

Actualmente, el orden Polypodiales está compuesto por 24 familias, entre las que se incluyen:

Aspleniaceae, Athyriaceae, Blechnaceae, Cystopteridaceae, Davalliaceae, Dennstaedtiaceae, Desmophlebiaceae, Diplaziopsidaceae, Dryopteridaceae, Hemidictyaceae, Hypodematiaceae, Lindsaeaceae, Lomariopsidaceae, Lonchitidaceae, Nephrolepidaceae, Oleandraceae, Onocleaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae, Rhachidosoridaceae, Saccolomataceae, Tectariaceae, Thelypteridaceae y Woodsiaceae.

7.3.2.1. Familia Athyriaceae

Compuesta por helechos terrestres o rupícolas, con rizomas erguidos o rastreros recubiertos por escamas. Las frondas son monomórficas, aunque ocasionalmente pueden ser dimórficas. Los pecíolos pueden presentar escamas, pelos o ser glabros. Las láminas varían desde simples hasta 3-pinnadas-pinnatifidas. La venación es libre o anastomosada, sin venillas incluidas. Los soros son lineares o en forma de J, ubicados a lo largo de las venas, con indusio membranoso o cartáceo (Hernández P. , 2024).

7.3.2.2. Familia Lomariopsidaceae

Agrupada heleschos epífitos o rupícolas, con rizomas rastreros. Las frondas suelen ser dimórficas, con láminas simples o pinnadas, donde las fértiles son más largas y

estrechas que las estériles. Los soros son redondeados, dispuestos en hileras sobre la cara inferior de la lámina, y carecen de indusio (Harald, 2024).

7.3.2.3. Familia Polypodiaceae

Principalmente epífitos, aunque también pueden ser rupícolas o terrestres, con rizomas horizontales, escamosos o glabros. Las frondas pueden ser monomórficas o dimórficas, con láminas simples, pinnatífidas o 1-pinnadas. La venación puede ser libre o anastomosada, y los soros son redondeados o alargados, ubicados en la cara inferior de la lámina, sin indusio (Velázquez, 2024).

7.3.2.4. Familia Pteridaceae

Incluye helechos terrestres, epífitos, rupícolas y acuáticos, con rizomas erectos o rastreros, escamosos o vellosos. Las frondas pueden ser monomórficas o dimórficas, con láminas simples a 6-pinnadas. La venación es libre bifurcada o anastomosada, sin venillas incluidas. Los soros se disponen a lo largo de las venas y están protegidos por un falso indusio, formado por el margen revuelto de la lámina (Montes, 2024).

7.3.2.5. Familia Thelypteridaceae

Agrupar helechos terrestres, epífitos o rupícolas, con rizomas rastreros o erectos, generalmente escamosos. Las frondas son monomórficas, con láminas simples o hasta 4-pinnadas. La venación puede ser libre o anastomosada, y los soros

son circulares o alargados, ubicados sobre las venas, con indusio reniforme o ausente (AcademiaLab, 2024).

7.3.2.6. Familia Nephrolepidaceae

Incluye helechos terrestres, rupícolas o epífitas, rizoma recto o corto y rastrero, alargado. Frondas fasciculadas o distantes, dimórficas o monomórficas, escamosos o pecíolos pilosos, con láminas elíptico/lanceoladas o simplemente láminas lanceoladas. Con 1-pinnadas o pinnas numerosas, contienen venación simple y también furcadas, sus soros mediales a submarginales (Arreola & García, 2023).

7.3.2.7. Familia Dryopteridaceae

Se los encuentra en sustrato terrestres, rupícolas y epífitas, adaptándose a ambientes muy húmedos, con rizomas rastreros, rectos o ascendentes, con escamas en la parte superior, con láminas de las hojas uniformes (monomórficas), con venas ramificadas o bifurcadas, cuenta con soros redondos, indusio redondo a arriñonado. Sus esporangios son cortos a largos, esporas en forma de riñón (AcademiaLab, 2025).

7.3.2.8. Familia Blenchaceae

La mayoría son terrestres y muy pocas rupícolas, los soros suelen estar de forma alargada y se encuentran a lo largo de ambos lados de las costas de las hojas, con pinnas alargadas y estrechas, con márgenes enteros (González J. , 2023).

7.4. Importancia ecológica

Según Carvajal (2020), los helechos desempeñan funciones ecológicas clave en los ecosistemas. Actúan como cobertura vegetal que protege el suelo frente a la erosión hídrica y eólica. Además, contribuyen al mantenimiento de la humedad edáfica, al equilibrio hídrico y al reciclaje de nutrientes, gracias a su capacidad de retener agua y materia orgánica. Son especies pioneras que colonizan áreas perturbadas, enriqueciendo el suelo con biomasa durante su descomposición.

Su capacidad de realizar fotosíntesis en condiciones de baja luminosidad y su tolerancia a suelos pobres en nutrientes los hace altamente adaptables. No obstante, presentan una sensibilidad marcada a las variaciones térmicas; incluso un leve incremento de temperatura puede provocar una disminución drástica en sus poblaciones, lo que los convierte en bioindicadores eficaces frente al cambio climático (Carvajal, 2020).

7.5. Importancia del estudio de helechos

En comunidades donde habitan zonas con presencia de helechos, es importante fomentar la educación ambiental sobre la conservación de estas especies. Sobre el conocimiento de su biología, funciones ecológicas y beneficios, las personas pueden involucrarse activamente en su protección. Así mismo, permite generar conciencia sobre el valor de los helechos como componentes clave de los

ecosistemas, para facilitar la adopción de prácticas sostenibles que eviten su deterioro (Jaramillo, 2020).

Desde una perspectiva de conservación, el estudio de los helechos es importante para identificar zonas de alta biodiversidad, para incluir especies vulnerables en listas de protección. Entre las principales amenazas se encuentra la pérdida de hábitat, sobreexplotación y los efectos del cambio climático, factores que han reducido significativamente sus poblaciones en diversas regiones. Estudiar su ecología y distribución geográfica permite diseñar estrategias de conservación más eficaces y adaptadas a cada zona (Jaramillo, 2020).

Además, el análisis taxonómico y sistemático de los helechos contribuye a la identificación de especies endémicas y en riesgo, y permite establecer relaciones evolutivas entre distintos grupos, lo que enriquece el conocimiento científico y apoya la toma de decisiones en conservación (Israel & Velarde, 2024).

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1. Diseño de estudio

El presente trabajo de investigación fue de tipo observacional y descriptivo no experimental, solo se observó en su estado natural. Se describió la información registrada en campo, mediante recolección de datos para conocer la diversidad de helechos en relación con los factores ambientales en el sendero “Las Piscinas - Comuna Dos Mangas” (Cabo & Verdejo, 2008).

Se utilizaron investigaciones tanto cualitativo como cuantitativo. En relación al enfoque cualitativo, se emplearon técnicas para la facilidad de la identificación de los helechos y su adaptación a distintos factores. Mientras que el enfoque cuantitativo se enfocó en cifras numéricas como la cantidad de helechos y datos sobre factores que se midieron, como la humedad del suelo, ambiental, temperatura y el tipo de sustrato de crecimiento.

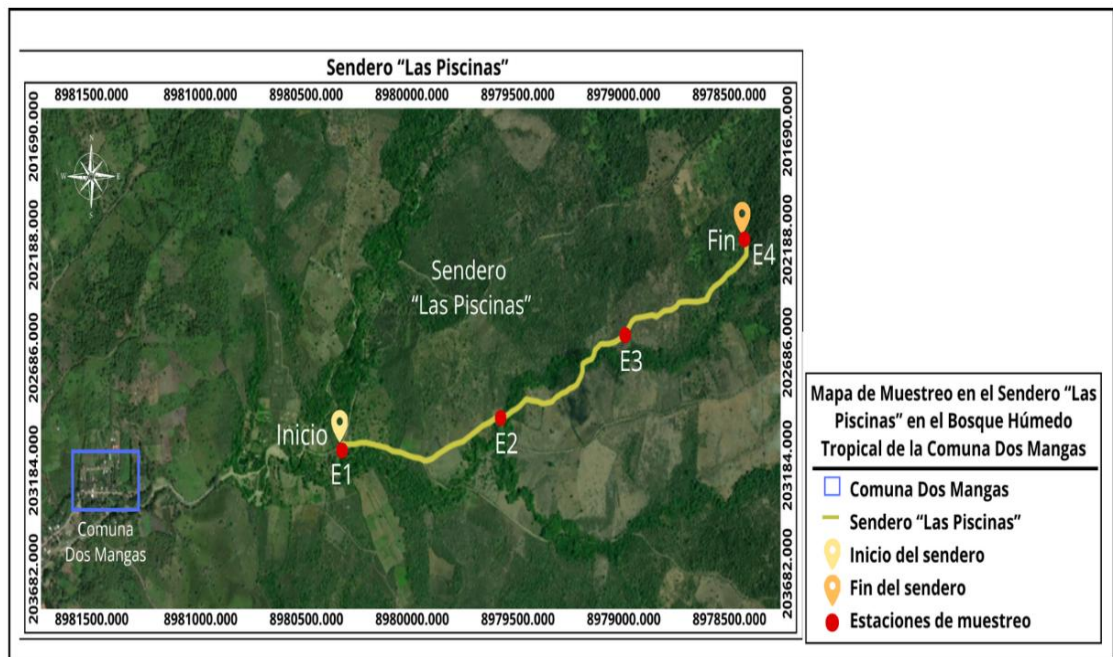
8.2. Ubicación geográfica del área de estudio

El respectivo estudio se realizó dentro del bosque húmedo tropical de la comuna Dos Mangas, ubicada al interior de la zona costera, al norte de la provincia de Santa Elena del bosque tropical de la cordillera Chongón Colonche y a 7 kilómetros al noroeste de la parroquia (Ministerio de Turismo, 2019) con las coordenadas geográficas: 1°48'04"S y 80°39'37"O. Es considerado con el nombre “Dos Mangas”, porque por este sector cruzan dos riachuelos conocidos como (Grande y

Colín), actualmente conocidos como río la cascada y río las piscinas y su población lo llamaba “mangas”. La comuna dos mangas cuenta con 2.840 hectáreas, con un clima cálido húmedo que forman parte del bosque húmedo tropical, se han creado senderos turísticos y ecológicos, encontrándose bajo protección (Turismo en Ecuador, 2023). En relación con el senderismo y cabalgada, estas son consideradas como las principales actividades de aventura, durante el recorrido de la caminata se podrá observar la flora y fauna que existe.

Los monitoreos se realizaron en el sendero “Las Piscinas”, en un área de 2000 metros, donde se observa piscinas o pozas, (Figura 3).

Figura 3. Ubicación y estaciones geográfica del sendero “Las Piscinas”



Fuente: QGIS (2025); modificado por Neira (2025).

8.2.1. Sitios de monitoreo

Para el respectivo monitoreo en el sendero “Las piscinas”, se establecieron cuatro estaciones que fueron monitoreadas; integrado por la zona: 1, 2, 3 y 4 (Figura 3), para aquello se tomó la ubicación espacial con un GPS marca Garmin 64 C, así mismo, la información se procesó en el programa QGIS versión 3.36 (Tabla 1).

Consecutivamente, en cada estación se registró la presencia de helechos y el registro de temperatura, humedad de suelo, ambiental y sustrato de crecimiento, para poder diferenciar cada parcela se marcó con spray para madera, permitiendo la facilidad en cada monitoreo. Así mismo, las parcelas no se colocaron a una distancia uniforme, pero si donde se encontró mayor acceso y posibilidad de establecerlas para que sea de manera práctica y segura, según lo que indica (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

Tabla 1. *Coordenadas de las estaciones de monitoreo*

Coordenadas UTM de estaciones		
N° de estaciones	X	Y
E1	-202926.4	-8980859.3
E2	-202937.0	-8980357.7
E3	-202609.0	-8979623.3
E4	-202204.7	-8978967.2

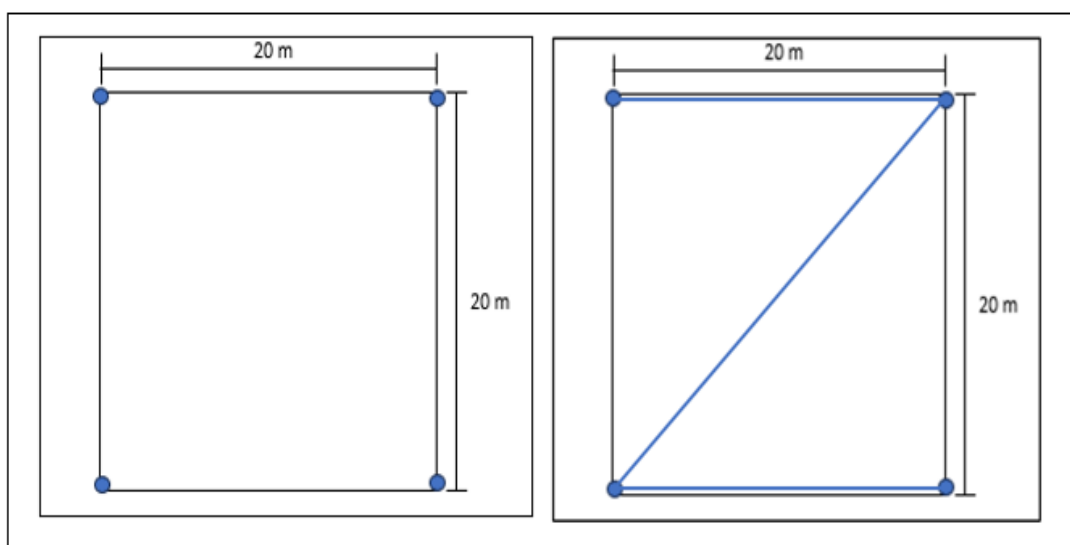
8.3. Fase de campo

8.3.1. Diseño y método de muestreo

La recopilación de datos se llevó a cabo desde julio a octubre del 2025 con una duración de tres meses. Se realizó recorridos en horarios matutinos a vespertinos, ejecutando dos muestreos al mes, siguiendo la metodología establecida por (Eduardo Alanís & fuente, 2020).

En cada nivel de elevación, se estableció 2 parcelas por estación, con un total de 8 y cada una con medidas de 20 x 20 metros. Durante el respectivo recorrido en las parcelas, se hizo un recorrido en forma de “Z”, (Palacio, 2021). (Figura 5), esto permitió tener mejores resultados en la presencia de especies vegetales. Para la construcción de las parcelas, se llevó a cabo mediante piolas, esto nos ayudó a garantizar la precisión y consistencia. Durante 3 meses se registró un total de 48 muestreos.

Figura 4. Diseño de parcelas y recorrido en Z



8.3.2. Muestreo sistemático

En las 8 parcelas de 20 x 20 m de las cuatro estaciones, se registró y contabilizó únicamente los helechos cuya altura superaba los 40 centímetros (Valencia, 2004) (Hernández R. , 2014).

En cada muestreo, se registró los siguientes datos:

- Estado (abundancia en parcelas)
- Etapa fenológica (definida por la presencia y ausencia de soros)
- Sustrato, se registrará su forma de crecimiento de cada especie en relación al sustrato, clasificándolas de acuerdo con Grayum y Churchill (1987) en tres categorías: Terrestres (T), epífitas (E) y rupícolas (R).
- Registro de humedad ambiental, humedad del suelo y temperatura.
- Fotografía de cada especie que serán capturadas con una cámara profesional modelo CANON m50markll.

8.3.3. Recolección de muestras

Se realizó la recolección de ejemplares, siguiendo los lineamientos de prácticas botánicas establecidas y reforzadas por (Moran, 2004), se procedió a 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 colocó en fundas ziploc

herméticamente selladas, junto con un papel absorbente con el propósito de aislar la humedad.

8.4. Métodos de identificación taxonómicas y certificación de ejemplares

Para la identificación y determinación de los helechos que se encontraron, se utilizaron los siguientes datos:

8.4.1. Plataformas digitales especializadas

iNaturalist

Es una plataforma digital gestionada por el Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO), por lo cual Ecuador se integró oficialmente a finales del año 2018, y su propósito principal es promover el registro, documentación y divulgación de la biodiversidad nacional, esto mediante observaciones realizadas por investigadores, naturalistas y ciudadanos. Esta línea de base de datos, me proporcionó una amplia colección de datos e imágenes sobre especies tanto de flora y fauna, complementados con referencias bibliográficas (iNaturalist Ecuador, 2017).

8.4.2. Guías ilustradas, libros, revistas y claves de identificación

A continuación, se enlista los títulos de los documentos que facilitaron la determinación e identificación de las especies de helechos.

Libros:

- Helechos amenazados de Andalucía (Vazquez & Arregui, 2010)

- Helechos comunes en la Amazonía baja ecuatoriana (Navarrete, Helechos comunes de la Amazonía baja ecuatoriana, 2001).

Revistas:

- Helechos de estación experimental La Favorita (Oña, Saransing, & Velarde, 2023)

Guías:

- Guía de helechos y licófitas de la Amazonía central (Navarrete, Muriel, & Moscoso, Licofitas y Helechos de la Amazonía central , 2011).
- Guía de helechos y licófitas de la Reserva Ecológica Guapiacu (en portugués: Guía de Samambaias e licófitas de Reserva Ecológica de Guapiacu) (Mendes, Santos, & Santos, 2023).
- Helechos comunes de la RBCC (Moulatlet, Ponce, Montenegro, & Capparelli, 2022).

Una vez que se completó la toma de muestras utilizando una cámara profesional CANON m50markll para la toma fotográfica de los ejemplares, se hizo un informe completo con la información recopilada y fotografías para la certificación por parte de un profesional especializado en este grupo de helechos.

8.5. Uso de sensores y análisis de los factores a medir

Para el análisis de los datos con respecto a los factores ambientales, se utilizaron sensores digitales, los mismos que ayudaron a tomar las muestras de manera más práctica y accesible.

Las variables ambientales que se midieron son las siguientes:

- Humedad del suelo (%)
- Temperatura (°C)
- Humedad ambiental (%)

8.5.1. Sensor de humedad del suelo (%)

Se utilizó un sensor digital para la toma de humedad del suelo (%) analógico 3 en 1 genérico, permitiendo la disponibilidad de agua en el sustrato, consta de una sonda metálica que se introduce directamente en el suelo y una pantalla digital que muestra los resultados. La sonda fue introducida en el suelo hasta una profundidad de 10 cm, manteniendo el dispositivo en el lugar por 30 a 60 segundos, para luego registrarlo en la ficha (Ditzler C. A, 2017).

8.5.2. Sensor para temperatura y humedad ambiental

Se utilizó un termohigrómetro digital modelo HTC-2 con sonda externa, su diseño portátil y pantalla LCD me permitió una visualización fácil de los datos mínimos y máximos. Se colocó entre 20 cm del suelo, esperando al menos 10-15 minutos

después de colocar la sonda para que el dispositivo establezca las lecturas y los datos serán registrados en una ficha (John Monteith, 2013).

Fórmula para el análisis de Anova

$$F = \frac{MSB}{MSW}$$

Donde:

MSB: Media cuadrática entre grupos

MSW: Media cuadrática dentro de los grupos

8.6. Análisis de datos

8.6.1. Registro de datos

Los datos recolectados durante el periodo de muestreo y anotados en las fichas de campo que se establecieron, fueron introducidos en el programa Microsoft Office Excel 2023 con el fin de ejecutar el análisis estadístico, empleando gráficos o diagramas descriptivos.

8.6.2. Datos ecológicos estructurales

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

Abundancia relativa (Ab%): En un estudio de diversidad de helechos se 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

8.6.3. Índice de diversidad, similitud y riqueza

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

Se determinó la diversidad alfa (α) de helechos de las 4 estaciones a través de este índice, el 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 el bosque.

8.6.3.2. Índice de Similitud de Jaccard

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

8.6.3.3. Índice de riqueza de Margalef (D mg)

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. Integra la cantidad de especies (S) e individuos (N) (Flores, 2019).

8.6.4. Relación entre los factores ambientales y la diversidad de helechos

Para este análisis de datos, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre los factores ambientales y la diversidad de helechos. Este análisis ayuda a determinar la fuerza entre variables cuantitativas.

Coefficiente de correlación Pearson

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Donde:

X: valor de la variable ambiental

Y: valor del índice de diversidad de helechos

N: número de parcelas

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

Tabla 2. Índices ecológicos que se utilizaran el en trabajo de investigación

Tipo de Índice	Fórmula	Condición
Índice de Shannon-Weaver (H')	$H' = -\sum (P_i) \cdot (\ln \cdot P_i)$	0 – 1,35 diversidad baja 1,36 – 3,5 diversidad media > 3,6 diversidad alta
	$P_i = \frac{n_i}{N}$ <ul style="list-style-type: none"> • Σ = sumatoria • \ln = logaritmo natural • n_i = número de individuos de la especie i • N = número total de individuos de la muestra 	
Índice de Jaccard	$J = a / a + b - c$	0 = similitud mínima 1 = similitud máxima
	<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 	
Índice de Margalef (D mg)	$D_{mg} = \frac{(s - 1)}{\ln(N)}$	Valores menores a 2.00 = baja riqueza Valores cercanos a 5.00 = riqueza alta

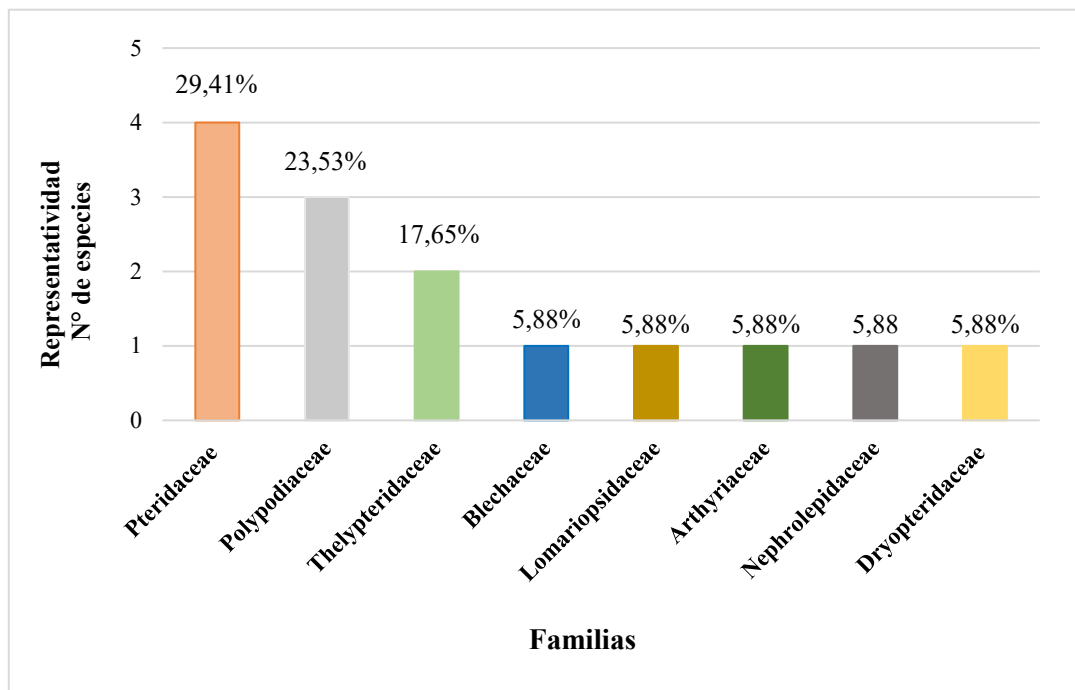
9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

9.1. Composición de familia de helechos en el sendero “Las Piscinas”- Dos Mangas

El estudio se realizó durante 3 meses utilizando la metodología de parcelas en el sendero “Las Piscinas” del bosque húmedo tropical de la comuna Dos Mangas, se contabilizaron un total de 2453 helechos del orden Polypodiales, distribuidas en 8 familias: Thelypteridaceae, Pteridaceae, Lomariopsidaceae, Polypodiaceae, Arthyriaceae, Nephrolepidaceae, Dryopteridaceae y Blechaceae.

Las familias más representativas fueron Pteridaceae constituidas por 29,41%, Polypodiaceae con 23,53%, Thelypteridaceae 17,65% y las familias restantes conformadas por 1 especie con 5,88%.

Figura 5. Composición de familias de helechos en el área de estudio

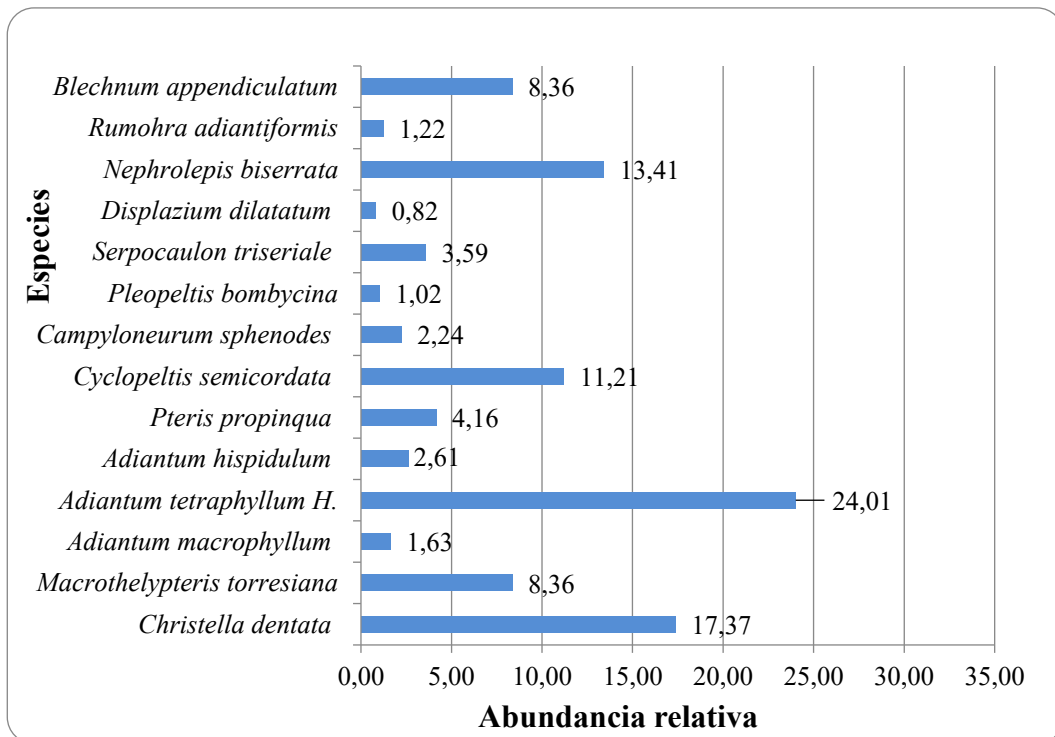


9.1.2. Análisis estructural de la comunidad de Helechos

9.1.2.1. Abundancia de especies

La abundancia de las especies de helechos durante los meses de monitoreo, fueron los siguientes: *Adiantum tetraphyllum* 24,01%, *Christella dentata* 17,37%, *Nephrolepis biserrata* 13,41%, *Cyclopeltis semicordata* 11,21%, *Blechnum appendiculatum* y *Macrothelypteris torresiana* 8,36%, representantes de las familias Pteridaceae, Polypodiaceae y Thelypteridaceae (Figura 7).

Figura 6. Composición porcentual de las especies de helechos

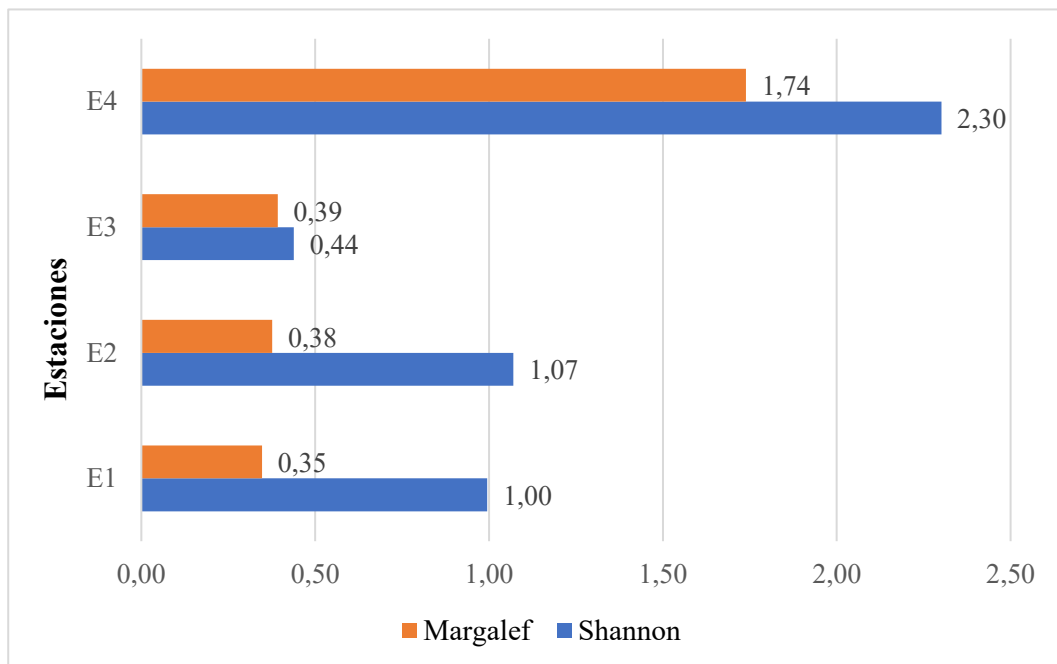


9.1.2.2. Diversidad y Riqueza de Helechos por estación

La diversidad de helechos evaluado mediante el índice de Shannon del sendero “Las Piscinas” presentó una diversidad en la estructura de las comunidades de helechos en las estaciones evaluadas. La estación E4 presentó el valor más alto en ambos índices Margalef = 1,74; Shannon = 2,30, mostrando una elevada riqueza de

especies de helechos. Seguido de las estaciones E1, E2 mostraron valores bajos o similares entre 0,35 y 0,38; y cercano de $H' = 1,00$ indicando diversidad y riqueza baja, por condiciones ambientales menos favorables para las especies. Mientras que la E3 exhibe un valor bajo de $H' = 0,44$, aunque tiene riqueza comparable a E2. Los resultados indican que la diversidad y riqueza de helechos aumenta en la E4, indicando que hay mayor disponibilidad de humedad y condiciones ambientales más estables (Figura 8).

Figura 7. Índices de diversidad de Helechos en las estaciones de estudio

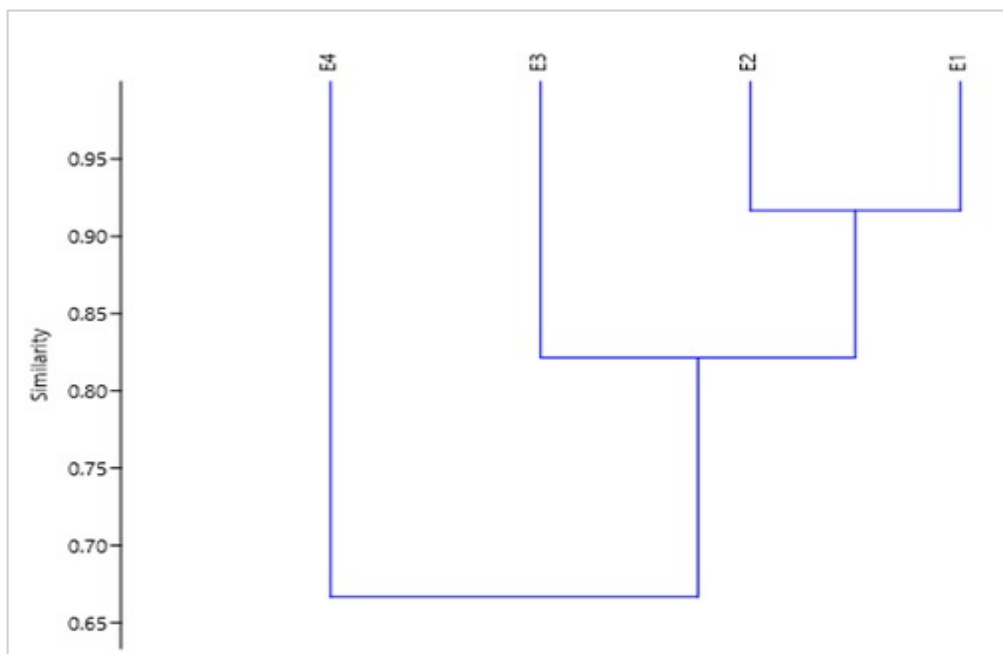


9.1.2.3. Similitud de helechos por estación

El análisis de similitud entre las 4 estaciones, en base con el coeficiente de Jaccard, demuestra que las estaciones E1 y E2 presentó una similitud alta de = 0.90, porque comparten especies como: *Christella dentata*, *Nephrolepis biserrata* y *Cyclopeltis semicordata*, significando que estas estaciones tuvieron composición de especies

muy parecidas. Mientras que E3 es un poco menor que E1 y E2, pero con variaciones de abundancia, como menos *Christella dentata*, y más *Cyclopettis semicordata*. Finalmente, E4 muestra un nivel más bajo de = 0,68 de las especies que se mencionó anteriormente, pero presentando mayor proporción en *Adiantum tetraphyllum* y *Blechnum appendiculatum*, siendo menos dominantes en las otras estaciones, por variaciones de factores como la humedad y altitud (Figura 9).

Figura 8. Dendograma de similitud de la comunidad de Helechos en las estaciones de estudio



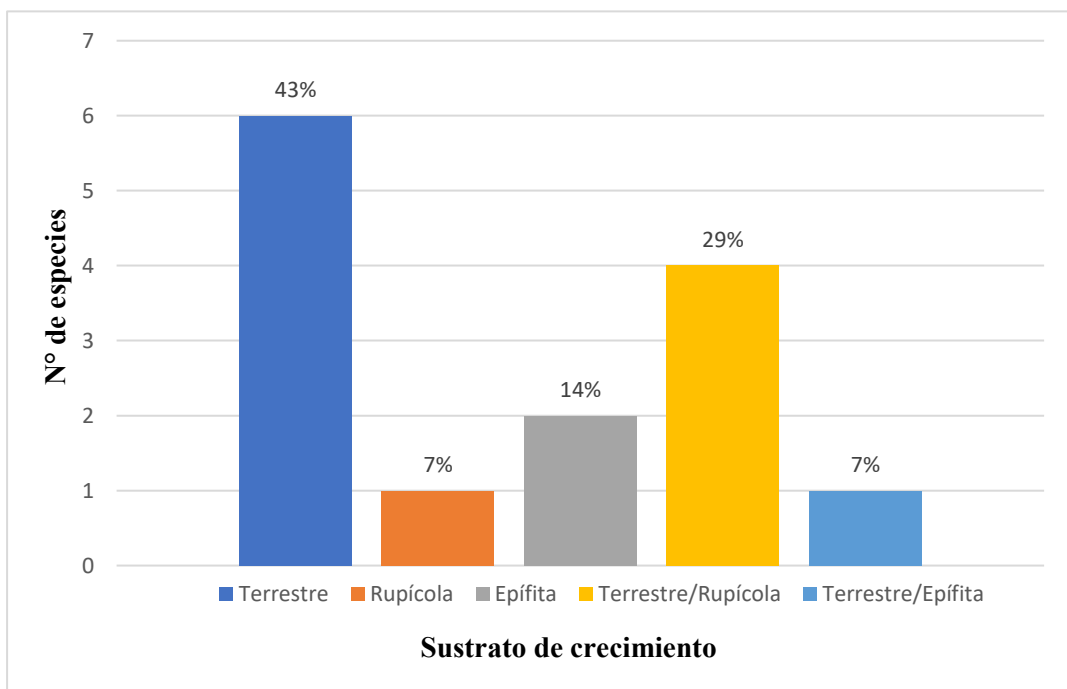
9.1.2.4. Preferencia de sustrato de crecimiento

La observación *in situ* para determinar la preferencia de sustrato de crecimiento de las especies de helechos a lo largo del sendero “Las piscinas”, muestra que existe una notable diversidad de nichos ecológicos disponibles para estos. El grupo más significativo representó en el sustrato de crecimiento terrestre, seguido de terrestre/rupícola y epífita. De acuerdo con la clasificación de las 14 especies

registradas, se muestra que el grupo más significativo está compuesto por 6 especies, representando un 43% en adaptabilidad al crecer en sustrato terrestre, distribuidas en las familias Pteridaceae, Polypodiaceae y Thelypteridaceae.

Además, seguido del 29% que crecen en sustrato terrestre y rupícola pertenecientes a las familias Pteridaceae, Lomariopsidaceae, Polypodiaceae y Arthyriaceae. También el 14% representó exclusivamente a sustrato epífita. Finalmente, el 7% en sustrato de crecimiento rupícola como *Christella dentata* de la familia Thelypteridaceae y terrestre/epífita como *Rumohra adiantiformis* de la familia Dryopteridaceae (Figura 10), (Anexo 4).

Figura 9. Número de especies de helechos por sustrato de crecimiento



Adicionalmente, con los recopilados se realizó un análisis detallado por estación (Tabla 3): El sustrato terrestre domina en todas las estaciones E1-E4, indicando que

la mayoría de las especies se encuentran en sustrato terrestre, porque el suelo ofrece mayor disponibilidad de humedad y estabilidad de nutrientes, que son condiciones para el desarrollo de los helechos. Mientras que los sustratos rupícolas, las rocas suelen retener menos agua, y las epífita indican que hay presencia de árboles y otras plantas que permiten el crecimiento de los helechos en este tipo de sustrato. Además, los sustratos Terrestre/Rupícola y Terrestre/Epífita, son con menor frecuencia. Por lo tanto, la estación E3 muestra la mayor variedad y cantidad de registros en base al tipo de sustrato de crecimiento de cada especie de helecho en cada estación.

Tabla 3. *Tipos de sustrato de crecimiento de helechos por estación*

Sustrato de crecimiento	E1	E2	E3	E4	Total de especies
Terrestre	2	1	2	1	6
Rupícola	0	1	0	0	1
Epífita	1	0	0	1	2
Terrestre/Rupícola	0	1	2	1	4
Terrestre/Epífita	0	0	1	0	1

9.2. Variaciones de factores ambientales en las zonas de estudio.

El análisis de varianza ANOVA aplicado a las tres variables ambientales, reveló que la humedad del suelo tiene un valor de $p= 0.0064$, la humedad ambiental $p= 0.0227$ mostrando diferencias significativas entre las estaciones de estudios, lo que implica el rechazo de la hipótesis nula y aceptando la alternativa. Por el contrario, la temperatura presentó valores $p= 0.5886$, indicando que no existen diferencias significativas entre las estaciones, aceptando la hipótesis alternativa (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza

Variable	F	p- valor
Temperatura	2,81646582	0.5886
Humedad del suelo	2,81646582	0.0064
Humedad ambiental	2,81646582	0.0227

9.3.- Relación de abundancia de helechos y los factores ambientales.

9.3.1. Abundancia de helechos y humedad del suelo

La relación entre la abundancia y humedad del suelo muestra que existió una relación positiva, por la pendiente ascendente de la línea de regresión. Los rangos de 7-10% de humedad, indican un incremento en el aumento de la humedad del suelo con la abundancia de helechos, teniendo un valor de $R^2 = 0.702$ significando con un 70.2% de la variabilidad en la abundancia y humedad del suelo. Por lo tanto, la humedad del suelo es un factor importante en la abundancia de los helechos (Figura 11).

Figura 10. Relación entre abundancia de helechos y humedad del suelo

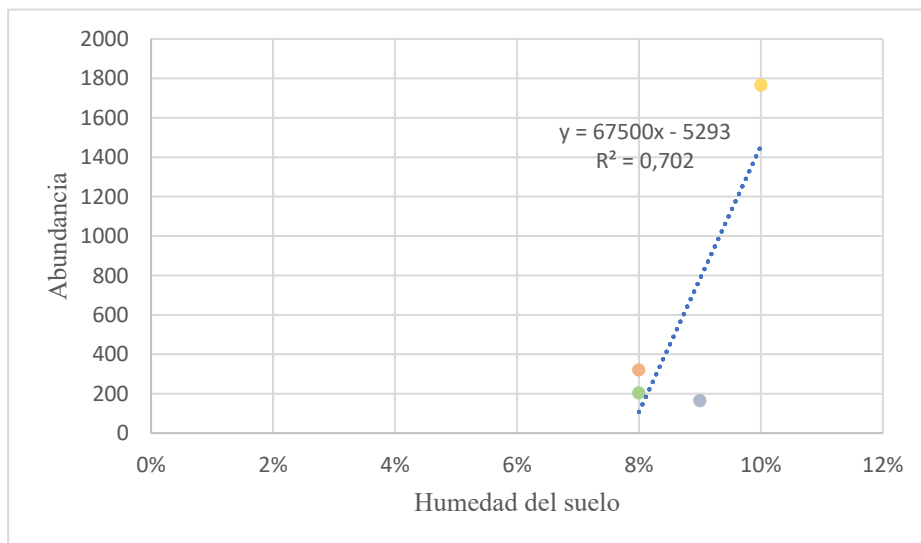


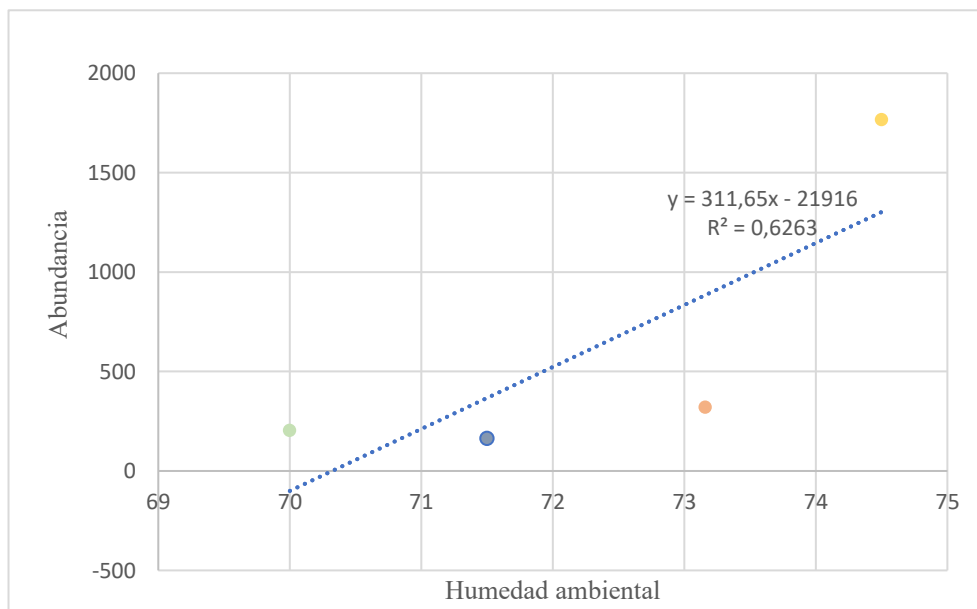
Tabla 5. Abundancia de helechos y la humedad del suelo

Estación	Humedad del suelo (%)	Abundancia
E1	8%	320
E2	8%	203
E3	9%	164
E4	10%	1766

9.3.2. Abundancia de helechos y humedad ambiental

La relación entre la abundancia de helechos y humedad ambiental, evidencia una tendencia positiva o relación moderada. A medida que aumenta la humedad, también se incrementa la abundancia de helechos, indicando que este factor influye en la presencia de estas especies. El valor de $R^2 = 0.6263$ revela que el 62.6% de la variabilidad en la abundancia se explica por la humedad ambiental, evidenciando una relación moderada entre ambas variables (Figura 12).

Figura 11. Relación entre abundancia y humedad ambiental

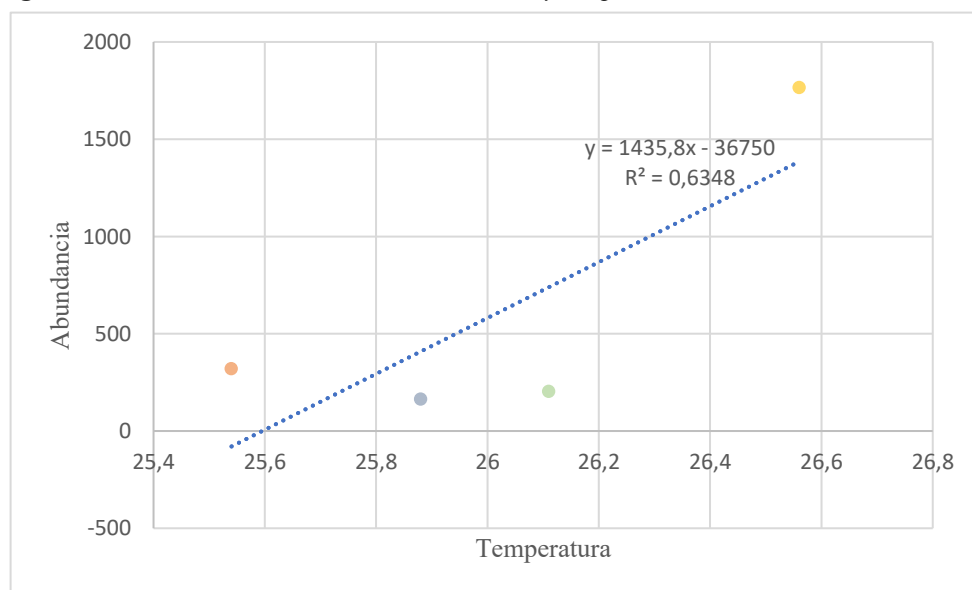


Estación	Humedad ambiental	Abundancia
E1	73,16	320
E2	70	203
E3	71,5	164
E4	74,5	1766

9.3.3. Abundancia de helechos y temperatura

El análisis indica una muestra positiva entre la abundancia y la temperatura. El coeficiente de $R^2 = 0.6348$ demuestra que aproximadamente el 63.5% de la abundancia se ajusta por la temperatura, reflejando una moderada relación. La pendiente 1435.8 refleja que por cada incremento de 1° en la temperatura, la abundancia aumenta en un aproximado de 1436 unidades en promedio (Figura 13).

Figura 12. Relación entre abundancia de helechos y temperatura



Estación	Temperatura (C°)	Abundancia
E1	25,54	320
E2	26,11	203
E3	25,88	164
E4	26,56	1766

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Rodríguez (2024), ha resaltado que la composición en el sendero las cascadas, presentó 3422 helechos distribuidos en 10 familias, componen la misma cobertura de crecimiento, el mismo bosque, pero la distribución y abundancia se debe porque en el sendero las piscinas existen intervención antrópica asociada a uso agropecuario realizada por los comuneros, reduciendo la densidad de helechos.

En contraste, diversos estudios desarrollados por investigadores ecuatorianos como Peña (2020), (Riaño & Massaine, 2022) y Albán (2020), indican que la diversidad de helechos en los bosques húmedos de las diferentes regiones ecuatorianas, particularmente en la Sierra y Amazonia, se caracteriza por la presencia de familias de Pteridaceae y Polypodiaceae similares a las registradas en el bosque de la comuna Dos Mangas, en el sendero Las Piscinas. En el presente trabajo de investigación, se registraron 2453 helechos distribuidos en 8 familias, reforzado de los autores previamente citados. Las familias con mayor predominio fueron Pteridaceae y Polypodiaceae, destacadas por presentar los porcentajes más elevados en riqueza de géneros y especies, siendo las mismas familias que registraron los autores.

La especie más abundante fue *Adiantum tetraphyllum* con una población de 589 individuos, seguida de *Christella dentata* con 426, ambas presentes en las cuatro estaciones de monitoreo. Estos resultados confirman su abundancia relativa, concordando con lo mencionado por (León, 2024), quien señala que estas especies

tienen a proliferar en función de las condiciones ambientales, como la disponibilidad de humedad del suelo.

Como representación en mayor diversidad de helechos, se emplearon los índices de Shannon-Weaver, Margalef, resaltando a la E4 con mayor valor de especies, presentando los valores más alto en Margalef = 1,74; Shannon = 2,30, reflejando una elevada riqueza de especies de helechos. A excepción de la E1 y E2 que mostraron valores bajos o similares entre sí, indicando diversidad reducida asociada a condiciones ambientales menos favorables. (Almedida, 2024) menciona que estos patrones se relacionan directamente con la mayor disponibilidad de humedad del suelo en E4, favoreciendo el desarrollo y mantenimiento de una comunidad de helechos más diversa.

De acuerdo al sustrato de crecimiento de preferencia, el grupo con mayor representatividad fue el sustrato de crecimiento terrestre, mientras que en menor cantidad se presentaron en rupícola y epífita. Estos resultados coinciden con lo reportado por (Kromer, 2018), quien también registro un predominio de especies terrestres frente a las rupícolas y epífitas. La baja presencia de helechos rupícola está asociada a la limitada capacidad de retención o poca agua que tienen las rocas, restringiendo la disponibilidad de agua para el establecimiento. En caso de las especies en sustrato epífita, su presencia depende de la disponibilidad de árboles u hospederos que les brinde soporte y microhábitats adecuados para su crecimiento.

La relación entre la diversidad de helechos y diversos factores ambientales como la humedad del suelo, ambiental y temperatura, respalda lo planteado por (Ruíz,

2024), afirmando que la capacidad adaptativa a los cambios climáticos o factores ambientales influyen en la composición de helechos. Así mismo, (Almedida, 2024) indica que la presencia de helechos tiende a incrementarse en áreas de mayor altitud, coincidiendo con los resultados, dado que la E4 presentó condiciones favorables para su desarrollo, principalmente por la cantidad de humedad que tiene el suelo, la característica es fundamental, considerando que la mayoría de los helechos poseen estructuras para la absorción y almacenamiento de agua, necesarias para su crecimiento y reproducción. Además, en zonas de menor altitud o mayor temperatura, la presencia de helechos disminuye, como lo indica (Cano, 2024). Por lo tanto, la diversidad y abundancia de helechos tiene relación con los factores ambientales, principalmente con la humedad del suelo, mientras mayor abundancia haya de humedad, mayor cantidad de helechos se podrá presenciar.

11. CONCLUSIONES

Se identificó la presencia de helechos en el sendero “Las piscinas”, en las 4 estaciones monitoreadas, mediante observación directa y claves taxonómicas, registrándose 2453 ejemplares pertenecientes al orden Polypodiales, distribuidos en 8 familias, y 14 especies, con mayor representatividad siendo Pteridaceae y Polypodiaceae, con mayor distribución en abundancia para la estación 4, porque dichas familias presentan adaptaciones morfológicas que les permiten aprovechar mejor la humedad y la sombra del bosque, condiciones características del área de estudio.

El análisis estadístico ANOVA evidenció significativas diferencias en factores como humedad del suelo con $p= 0.0064$, ambiental $p= 0.0227$ y temperatura $p= 0.5886$. Estas variaciones indican que las condiciones micro climáticas influyen en la distribución y abundancia de las especies de helechos.

Se estableció una correlación positiva entre la humedad del suelo $R^2 = 0.702$ y abundancia de las especies, mientras que la temperatura $R^2 = 0.6348$ mostró una relación inversa, indicando que las especies presentan preferencia por ambientes sombreados y con alta disponibilidad de humedad, coincidiendo con su ecología en bosques húmedos.

La investigación muestra que la diversidad y abundancia de helechos, está condicionada por la humedad del suelo, mediante la hipótesis planteada, se indica que estos factores favorecen la diversidad de estas especies con los factores ambientales, aceptando la hipótesis alternativa.

12. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios con otros factores como altitud, pH del suelo, cobertura vegetal, disponibilidad de nutrientes, que ayudaran a establecer con precisión que factores influyen en la presencia de las especies.
- Implementar más metodologías de monitoreos ambientales que ayuden a evaluar variaciones estacionales que influyan en la abundancia y distribución de helechos.
- Realizar monitoreos en épocas lluviosas, para evaluar los cambios en diferentes estaciones del año y considerar la diversidad de las especies.

13. BIBLIOGRAFÍA

- (31 de mayo de 2023). Obtenido de Turismo en Ecuador:
<https://www.turisec.com/dos-mangas-un-tesoro-de-santa-elena-para-la-practica-del-turismo-natural/>
- AcademiaLab*. (17 de 02 de 2025). Obtenido de Dryopteridaceae:
<https://www.aquaportail.com/especies/taxonomia/familia/90/dryopteridaceae>
- AcademiaLab*. (2024). Obtenido de Thelypteridaceae: <https://academia-lab.com/enciclopedia/thelypteridaceae/>
- Alberto E, R. (Diciembre de 1998). *vascular plant systematics* . Obtenido de https://www.academia.edu/4146454/RADFORD_et_al_Vascular_Plant_Systematics_Chapter_6_Phytography_1
- Almedida, D. R. (2024). Nichos térmicos de helechos terrestres en un gradiente altitudinal .
- Almeida, D. R. (2024). *Nichos térmicos de helechos terrestres en un gradiente altitudinal andino, provincia de Napo, Ecuador* . Quito.
- Almeida, D. T. (2024). Nichos térmicos de helechos terrestres en un gradiente altitudinal . *Universidad Andina Simón Bolívar* , 89.
- Altamirano, P., & Paola, T. (25 de 11 de 2020). Obtenido de 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.:
<https://repositorio.uti.edu.ec/items/76d4b9d6-6c00-4857-9e4b-d3d5c8d24e15/full>

Antúnez, P., Serrano, P. M., & Adame, G. G. (30 de junio de 2022). Obtenido de Efecto de la altitud, pendiente y exposición geográfica en la distribución de helechos arborescentes: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512022000100111

Arreola, L. X., & García, B. Y. (febrero de 2023). Obtenido de familia nephrolepidaceae: https://www.researchgate.net/publication/368681981_familia_nephrolepidaceae

cabo, J. V., & Verdejo, E. d. (2008). *Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño*. Madrid: Scielo.

Cano, S. R. (2024). *El desafío de los helechos en un planeta cada vez más cálido*. Virtuam.

Carranza, F. (17 de 02 de 2025). *Polypodiales*. Obtenido de Aquaportail.

Carvajal-Hernández, L.-L. &. (8 de agosto de 2024). Obtenido de Un viaje a través de los helechos: <https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/3146/1/2024-08-08-JLanderos-et-al-Un-viaje-a-traves-de-loshelechos.pdf>

Codron, J. C. (2021). Los Factores Ambientales que determinan la distribución de los organismos. *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/lo>

s-factores-ambientales-que-determinan-la-distribucion-de-los
organismos/250104252

Cuesta, F. (2020). Obtenido de Vulnerabilidad de comunidades de plantas altoandinas al cambio climático en base a cambios a sus nichos térmicos: <https://indicadores-andinos.condesan.org/biodiversidad-y-ecosistemas/>

Ditzler C. A, S. k. (marzo de 2017). *Servicio de Conservación de Recursos Naturales*. Obtenido de Manual de levantamientos de suelos : <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-survey-manual>

Edgar Javier Rincón Barón, B. E. (2020). Ontogenia de los esporangios y esporogénesis del helecho *Phymatosorus scolopendria* (Polypodiaceae). *Scielo*, 656.

Eduardo Alanís, A. M., & fuente, J. M. (2020). Obtenido de Muestreo ecológico de la vegetación: https://www.academia.edu/117694925/Muestreo_ecol%C3%B3gico_de_la_vegetaci%C3%B3n

Ferreira, A. (23 de 04 de 2024). *BiosSpace*. Obtenido de <https://www.biospace.es/helechos/>

Flores, A. (2019). índice de Margalef.

Gallardo, J. G., Arana, M., & Naulin, G. R. (2024). Catálogo de las Licofitas (Lycopodiopsida) y Helechos (Polypodiopsida) nativos de Chile. *Scielo*.

- Garden, M. B. (04 de 11 de 2023). *PUCE*. Obtenido de Novedades florísticas para el Ecuador, expediciones del Herbario: <https://repositorio.puce.edu.ec/items/95edf825-ac1d-401f-b3e1-e34817c4b139/full>
- Gomez-Diaz, J. A. (2015). Estudio de los efectos ambientales sobre la morfofisiología de algunos helechos en diferentes ambientes. *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/258312705_Estudio_de_los_efectos_ambientales_sobre_la_morfofisiologia_de_algunos_helechos_en_diferentes_ambientes
- González, J. (15 de agosto de 2023). <https://es.scribd.com/presentation/665164732/Familia-Blechnaceae>. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/665164732/Familia-Blechnaceae>: <https://es.scribd.com/presentation/665164732/Familia-Blechnaceae>
- González, L. Á. (2018). Efecto de la perturbación sobre la diversidad de helechos riparios de la cuenca alta de La Antigua. *Academia.edu*.
- González, L. A. (2019). *Los helechos epífitas: Adaptaciones en Polypodiaceae*.
- Harald, J. (2024). *Lomariopsidaceae*. Obtenido de academia Lab: <https://academia-lab.com/enciclopedia/lomariopsidaceae/>
- Hernández, C. I. (febrero de 2016). Obtenido de diversidad, distribución y adaptaciones ecológicas de helechos y licófitos a lo largo de gradientes de altitud e influencia antrópica en las faldas del cofre de perote, veracruz: <https://www.uv.mx/det/files/2013/11/CarvajalHernandezCesarIsidro-Febrero2016.pdf>

Hernández, M. (2025). *Apleniáceas*. Obtenido de AcademiaLab: <https://academia-lab.com/enciclopedia/aspleniaceas/>

Hernández, P. (28 de febrero de 2024). *familia athyriaceae*. Obtenido de Inecol: <https://libros.inecol.mx/index.php/FB/catalog/book/2020.217>

Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de https://www.academia.edu/32697156/Hern%C3%A1ndez_R_2014_Metodologia_de_la_Investigacion

iNaturalist Ecuador. (2017).

Israel, H., & Velarde, R. D. (2024). Estado de conservación de helechos y licofitas en los andes occidentales del Ecuador.

Jácome, J. (06 de 04 de 2025). *Cultura y desarrollo ILAM*. Obtenido de Por qué Ecuador es uno de los países más biodiversos del mundo: <https://ilam.org/por-que-ecuador-es-uno-de-los-paises-mas-biodiversos-del-mundo/>

Jaramillo, B. P. (2020). Helechos: Propagación y conservación. *Revista Ciencia - UNAM*.

Jiménez, N. (11 de junio de 2025). ¿Cuántos tipos de helechos existen en Ecuador? Obtenido de <https://www.teleamazonas.com/actualidad/reportajes-24horas/tipos-helechos-existen-ecuador-96914/>

Jodán Oswaldo, C. H. (2022). Successional forests stages influence the composition and diversity of vascular epiphytes communities from Andean Montane Forests . *Elsevier*.

John Monteith, M. U. (2013). Principles of environmental physics. *Elsevier*.
Obtenido de https://www.google.com.ec/books/edition/Principles_of_Environmental_Physics/gUuWzozbQ1wC?hl=es&gbpv=1&dq=inauthor:%22John+Monteith%22&printsec=frontcover

Kluge, M. K. (2022). "Mountain Ferns: What Determines Their Elevational Ranges and How Will They Respond to Climate Change?". *American Fern Journal*.

Kromer, T. (2018). *Helechos epífitos: elementos clave en la riqueza y ecología del bosque*.

Landeros-López, j. g., & Carvajal, c. i. (2024). Un viaje a través de los helechos: su adaptación y éxito. *Conahcyt Cicy*, 1.

León, H. I. (2024). *Estado de conservación de helechos y licochas en los andes occidentales del Ecuador* .

Lomariopsidaceae. (febrero de 2020). Obtenido de AcademiaLab: <https://academia-lab.com/enciclopedia/lomariopsidaceae/>

Magnus, C. A. (s.f.). *Commons*. Obtenido de Ciclo de vida de los helechos y afines (Pteridophyta): [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ciclo_de_vida_de_los_helechos_y_afines_\(Pteridophyta_-](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ciclo_de_vida_de_los_helechos_y_afines_(Pteridophyta_-)

_esporofito_ra%C3%ADz_tallo_hojas,_esporangio_espora_gametofito.svg).

Martín, D. D. (16 de diciembre de 2022). *DataNatura*. Obtenido de ¿Cuántas especies de helechos hay en el mundo?: <https://datanatura.blogspot.com/2023/04/cuantas-especies-de-helechos-hay-en-el.html>

Mehlreter, K. (2010). Helechos (Pteridophyta). 1-12.

Mendes, M., Santos, A. d., & Santos, M. g. (2023). • Guía de helechos y licófitas de la Reserva Ecológica Guapiacu (en portugués: Guía de Samambaias e licófitas de Reserva Ecológica de Guapiacu).

Ministerio de turismo . (2019). *Dos Mangas, un paraíso escondido del Ecuador*.

Ministerio de Turismo . (2019). Obtenido de Dos Mangas, un paraíso escondido del Ecuador: <https://www.turismo.gob.ec/dos-mangas-un-paraiso-escondido-del-ecuador/>

Montes, E. V. (28 de febrero de 2024). *Inecol*. Obtenido de familia pteridaceae: <https://libros.inecol.mx/index.php/FB/catalog/book/2019.210>

Moran, R. C. (2004). Obtenido de Una historia natural de los helechos: <https://archive.org/details/naturalhistoryof0000mora>

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal . *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFORS)* .

Moulatlet, G., Ponce, J., Montenegro, C., & Capparelli, M. (2022). Guía: Helechos comunes de la RBCC .

Mueller, D. (agosto de 1992). Obtenido de Objetivos y métodos de la ecología de la vegetación:https://www.researchgate.net/publication/259466952_Aims_and_Methods_of_Vegetation_Ecology

Murga-Orrillo, H., & Jorge, M. F. (28 de Marzo de 2022). Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales. *Scielo*. Obtenido de Gradiente altitudinal y su influencia en las características edafoclimáticas de los bosques tropicales: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712021000300301

Murillo, J., & Moreno, L. T. (2024). Obtenido de Diversidad y distribución de los helechos y licófitos de un bosque subandino del norte de los Andes: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722024000300006

Museo de Historia Natural . (2017). Obtenido de https://museohn.unmsm.edu.pe/brio%26ptr.html?utm_source=chatgpt.com

Navarrete, H. (2001). Helechos comunes de la Amazonía baja ecuatoriana. *ResearchGate*.

Navarrete, H., Muriel, P., & Moscoso, A. (2011). Licofitas y Helechos de la Amazonía central .

- Neill, D. A. (2012). ¿Cuántas especies nativas de plantas vasculares hay en Ecuador? *Revista Científica de la Universidad Estatal Amazónica*.
- Oña, T., Saransing, H., & Velarde, E. (2023). Helechos de la estación experimental La Favorita. *ISSUU- UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE*.
- Palacio, G. (2021). *Muestreo de suelos y preparación de muestras* . Obtenido de <https://transparencia.gomezpalacio.gob.mx/wpcontent/uploads/2021/02/TRIPTICO-MUSTREO-DE-SUELOS-2-1.pdf>
- Patil, J. (2016). Los helechos y su presencia o ausencia en determinadas áreas.
- Pérez, B., & Reyes, I. (30 de abril de 1993). Helechos: propagación y conservación. *Ciencias*, 11. Obtenido de Helechos: propagación y conservación : https://cursa.ihmc.us/rid=1378732531792_1683791930_53023/Los%20Helechos.pdf
- Pino, J. W. (2022). Rasgos funcionales de las hojas de los helechos como respuesta a variables ambientales. *Ikiam Universidad Regional Amazónico*, 10-29.
- Ramírez, R. A. (2020). *Efecto del uso de suelo en las comunidades ribereñas de helechos de la cuenca del Río la Antigua, Veracruz*. Obtenido de Efecto del uso de suelo en las comunidades ribereñas de helechos de la cuenca del Río la Antigua, Veracruz: <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/9646bf85-ee94-435b-816e-0a9fa5e423f4/content>

- Riaño, & Massaine, G. (2022). Diversidad florística y funcional de helechos y licófitos en tres zonas de elevación en la ladera oriental del noreste de los Andes, Ecuador. *bvs*, 149-157.
- Ruíz, C. (2024). El desafío de los helechos en un planeta cada vez más cálido.
- Salazar, N. R. (23 de febrero de 2019). *Helechos: clasificación, características, ciclo de vida y evolución*. Obtenido de Animales Biología: <https://naturaleza.animalesbiologia.com/plantas/helechos-clasificacion-caracteristicas>
- Torres, D. M. (24 de agosto de 2012). Un viaje a través de los helechos: su adaptación y éxito . *cicy*, 1-7. Obtenido de Un viaje a través de los helechos: su adaptación y éxito : https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Desde_Herbario/2024/2024-08-08-JLanderos-et-al-Un-viaje-a-traves-de-los-helechos.pdf
- Turisecc. (31 de mayo de 2023). *Turisecc - Tursimos en Ecuador* . Obtenido de Dos Mangas, un tesoro de Santa Elena para la práctica del turismo natural; hay senderos, cascadas y piscinas: <https://www.turisecc.com/dos-mangas-un-tesoro-de-santa-elena-para-la-practica-del-turismo-natural/>
- Valencia, J. (2004). *Proyecto de Evaluación Ecológica Rápida de la Vegetación en Bosques Tropicales*. Obtenido de <http://www.bionica.info/Biblioteca/ZolotoffMedina2005.pdf>
- Vazquez, A. J., & Arregui, L. P. (2010). Helechos amenazados de Andalucía: Avances en conservación. *Junta de Andalucía*.

Velázquez, O. (2024). Polypodiaceae . *Unne*. Obtenido de [https://exa.unne.edu.ar/biologia/diversidadv/documentos/Clase%20Filicata e/HELECHOS%20ISOSPORADOS/Polypodiaceae.pdf](https://exa.unne.edu.ar/biologia/diversidadv/documentos/Clase%20Filicata%20e/HELECHOS%20ISOSPORADOS/Polypodiaceae.pdf)

Vera, W. D. (20 de abril de 2020). *Scribd*. Obtenido de Guia de Helechos y Gimnospermas : https://es.scribd.com/document/457365020/Guia-Helechos-y-Gimno-pdf?utm_source=chatgpt.com

Verdejo. (2019). *Identificación y similitud de helechos* .

14. ANEXOS

Anexo 1. Registro total de helechos identificados en el sendero "Las Piscinas", comuna Dos Mangas.

Orden	Familias	Géneros	Especies	Nº de helechos	
Polypodiales	Thelypteridaceae	<i>Christella</i>	<i>Christella dentata</i>	426	
		<i>Macrothelypteris</i>	<i>Macrothelypteris torresiana</i>	205	
	Pteridaceae	<i>Adiantum</i>		<i>Adiantum macrophyllum</i>	40
				<i>Adiantum tetraphyllum</i>	589
			<i>Adiantum hispidulum</i>	64	
		<i>Pteris</i>	<i>Pteris propinqua</i>	102	
	Lomariopsidaceae	<i>Cyclopeltis</i>	<i>Cyclopeltis semicordata</i>	275	
	Polypodiaceae	<i>Campyloneurum</i>	<i>Campyloneurum sphenodes</i>	55	
		<i>Pleopeltis</i>	<i>Pleopeltis bombycina</i>	25	
		<i>Serpocaulon</i>	<i>Serpocaulon triseriale</i>	88	
	Arthyriaceae	<i>Displazium</i>	<i>Displazium dilatatum</i>	20	
	Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis</i>	<i>Nephrolepis biserrata</i>	329	
	Dryopteridaceae	<i>Rumohra</i>	<i>Rumohra adiantiformis</i>	30	
Blechnaceae	<i>Blechnum</i>	<i>Blechnum appendiculatum</i>	205		
Totales	8	12	14	2453	


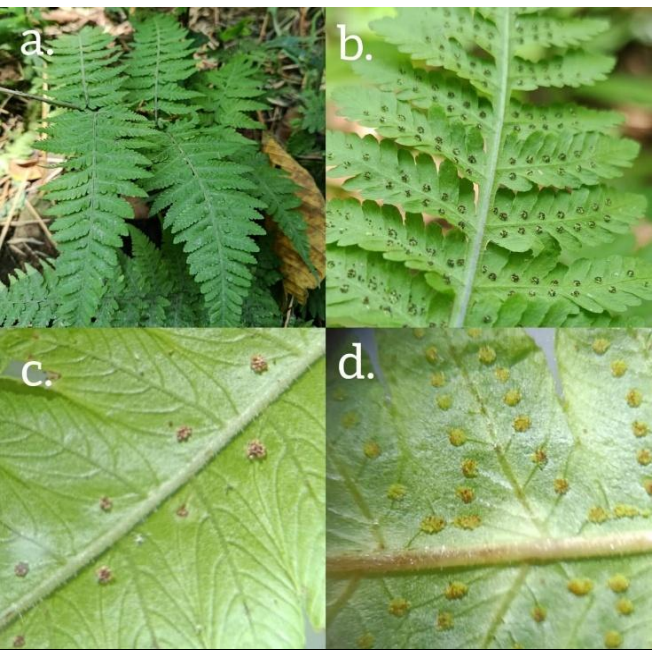
Anexo 2. Abundancia relativa de las especies de helechos

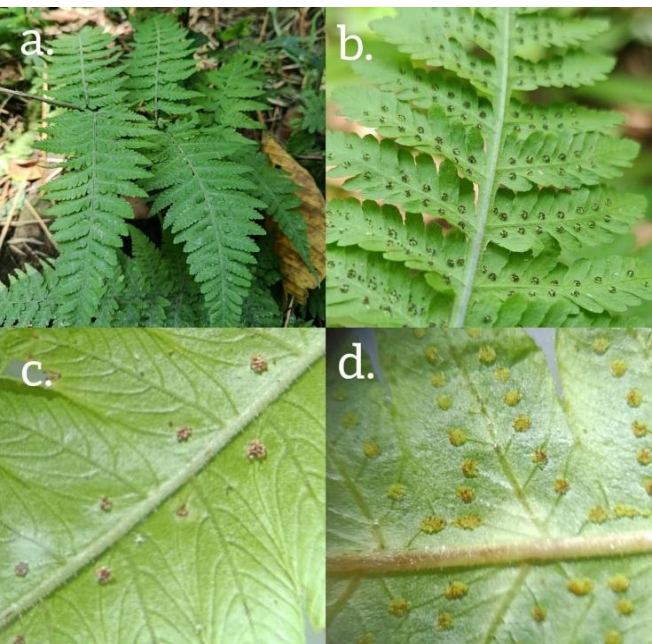
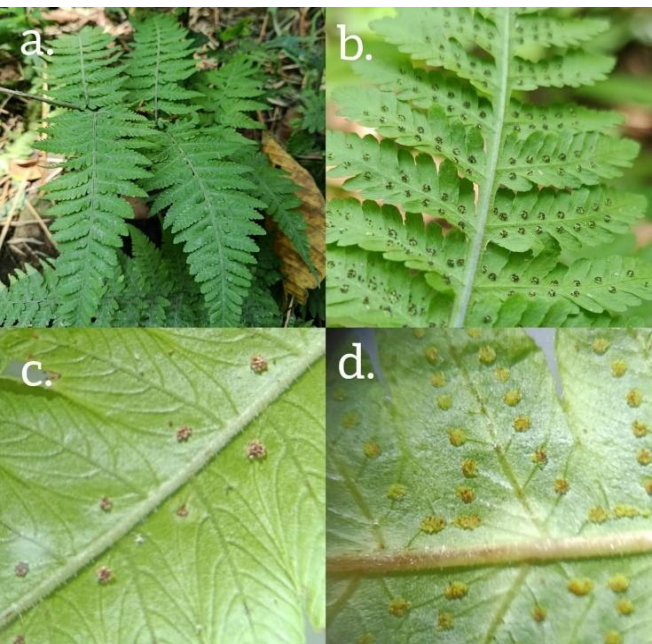
Especies	Número de Individuos	Abundancia Relativa (%)
<i>Christella dentata</i>	426	17,37
<i>Macrothelypteris torresiana</i>	205	8,36
<i>Adiantum macrophyllum</i>	40	1,63
<i>Adiantum tetraphyllum H.</i>	589	24,01
<i>Adiantum hispidulum</i>	64	2,61
<i>Pteris propinqua</i>	102	4,16
<i>Cyclopeltis semicordata</i>	275	11,21
<i>Campyloneurum sphenodes</i>	55	2,24
<i>Pleopeltis bombycina</i>	25	1,02
<i>Serpocaulon triseriale</i>	88	3,59
<i>Displazium dilatatum</i>	20	0,82
<i>Nephrolepis biserrata</i>	329	13,41
<i>Rumohra adiantiformis</i>	30	1,22
<i>Blechnum appendiculatum</i>	205	8,36
Total	2453	

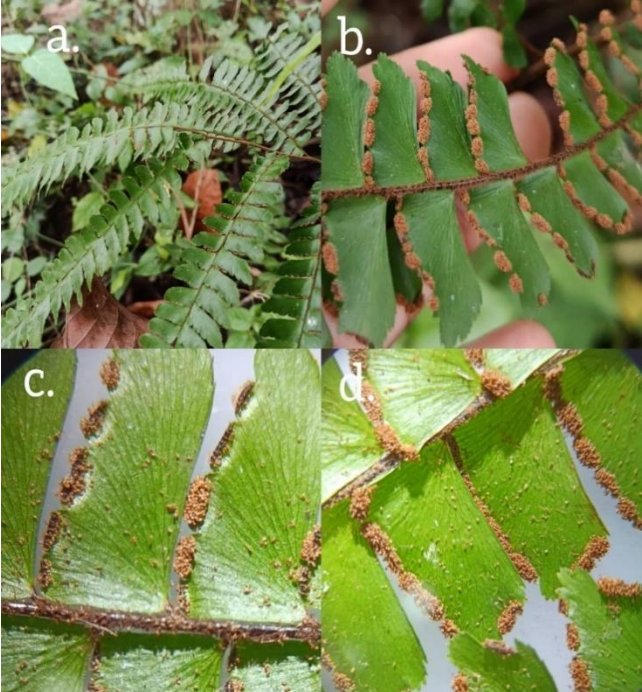
Anexo 3. Conteo de helechos del sendero "Las Piscinas"


Especies	E1	E2	E3	E4	Total
<i>Christella dentata</i>	171	55	10	190	426
<i>Macrothelypteris torresiana</i>	54	91	9	51	205
<i>Adiantum macrophyllum</i>	2	4	15	19	40
<i>Adiantum tetraphyllum</i>	95	57	145	292	589
<i>Adiantum hispidulum</i>	20	9	10	25	64
<i>Pteris propinqua</i>	28	25	26	23	102
<i>Cyclopeltis semicordata</i>	49	118	45	63	275
<i>Campyloneurum sphenodes</i>	25	12	18	0	55
<i>Pleopeltis bombycina</i>	0	0	6	19	25
<i>Serpocaulon triseriale</i>	15	10	28	35	88
<i>Displazium dilatatum</i>	5	8	7	0	20
<i>Nephrolepis biserrata</i>	227	27	75	0	329
<i>Rumohra adiantiformis</i>	0	0	19	11	30
<i>Blechnum appendiculatum</i>	0	25	95	85	205
Total					2453

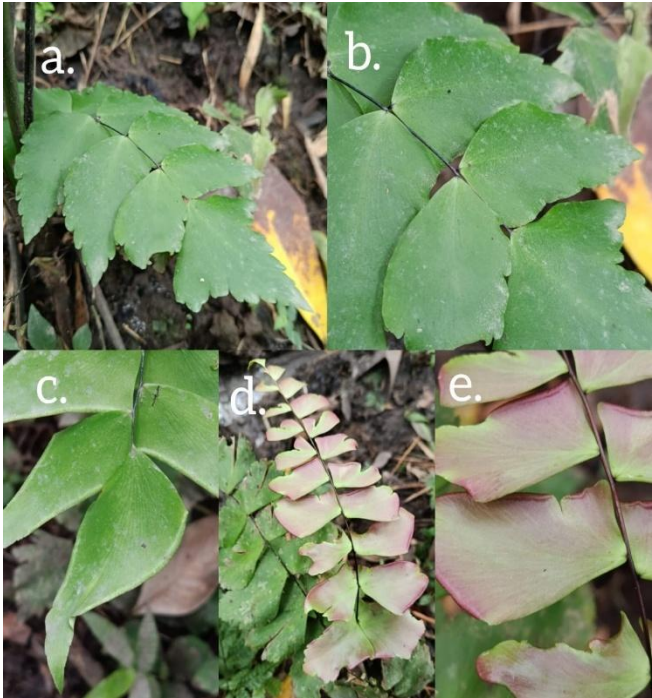
Anexo 4. Ficha de identificación de helechos en el sendero las piscinas

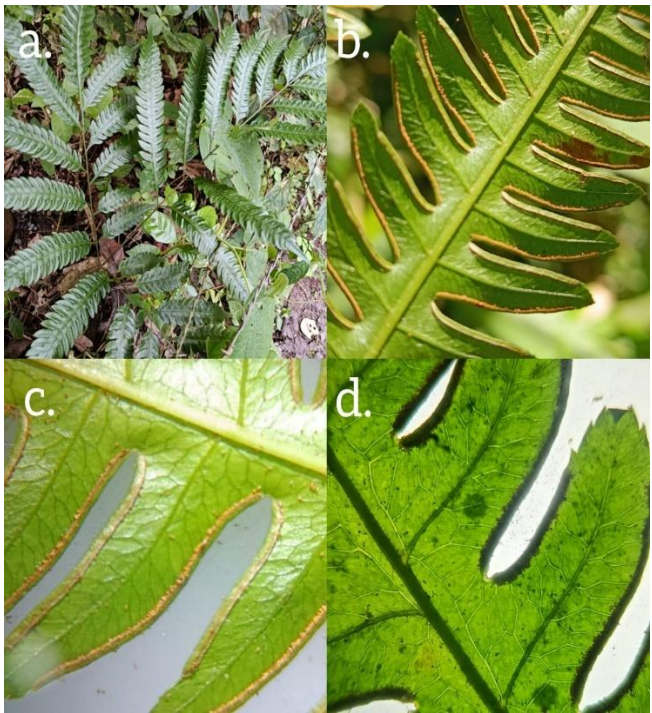
<i>Christella dentata</i> (Forssk.) Browney & Jermy	
	Taxonomía
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Thelypteridaceae Género: <i>Christella</i> Especie: <i>C. dentata</i></p>
	Descripción
	<p>Fotografía en campo: a. Helecho de <i>Christella dentata</i> en sustrato rupícola, b-c. láminas verdes y pinnadas. Fotografía en estereomicroscopio: d. vista microscópica con disposición de soros circulares con presencia de indusios.</p>

<i>Macrothelypteris torresiana</i>	
	Taxonomía
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Thelypteridaceae Género: <i>Macrothelypteris</i> Especie: <i>M. torresiana</i></p>
	Descripción
	<p>Fotografía en campo: a-b Helecho de <i>Macrothelypteris torresiana</i> en sustrato terrestre. Fotografía en estereomicroscopio: d. Soros circulares con indusios.</p>

<i>Adiantum tetraphyllum</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd.	
	<p>Taxonomía</p> <p>Orden: Polypodiales Familia: Pteridaceae Género: <i>Adiantum</i> Especie: <i>A. tetraphyllum</i></p>
	<p>Descripción</p> <p>Fotografía en campo: a-b. Helecho de <i>Adiantum tetraphyllum</i> en sustrato terrestre, láminas 2-pinnadas.</p> <p>Fotografía en estereomicroscopio: c-d. Soros marginales con indusios acopados en forma de copa y venación dicotómica abierta.</p>

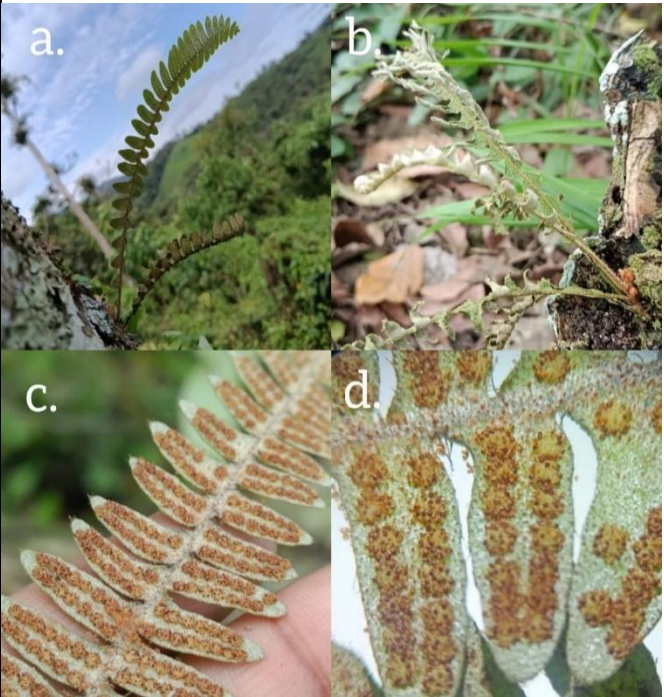
<i>Adiantum hispidulum</i>	
	<p>Taxonomía</p> <p>Orden: Polypodiales Familia: Pteridaceae Género: <i>Adiantum</i> Especie: <i>A. hispidulum</i></p>
	<p>Descripción</p> <p>Fotografía en campo: a-b. Helecho de <i>Adiantum hispidulum</i> en sustrato de crecimiento terrestre, c. láminas en forma de abanico con venas en forma dicotómica.</p> <p>Fotografía en estereomicroscopio: d. Soros marginales sin ser definidos.</p>

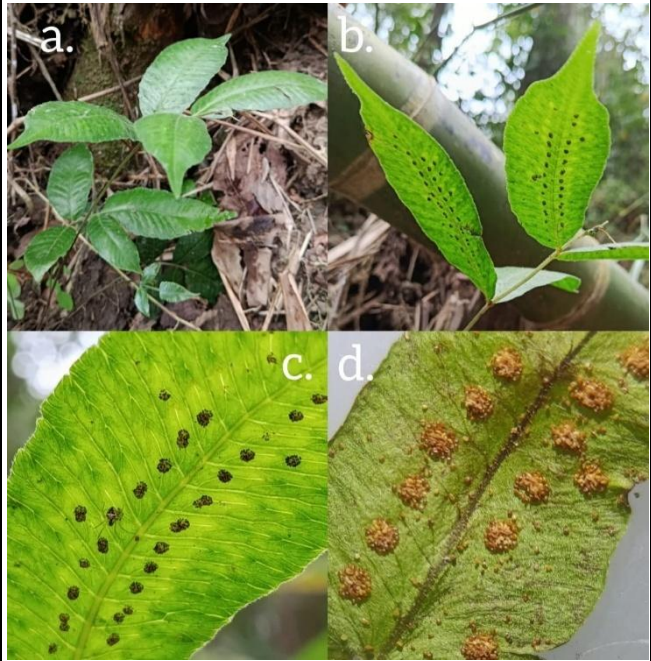
<i>Adiantum macrophyllum</i> Sw.	
	<p>Taxonomía</p> <p>Orden: Polypodiales Familia: Pteridaceae Género: <i>Adiantum</i> Especie: <i>A. macrophyllum</i></p>
	<p>Descripción</p> <p>Fotografía en campo: a-b. Helecho de <i>Adiantum macrophyllum</i> en sustrato de crecimiento terrestre y rupícola, c. con pinnas opuestas, d-e. fronde color rosa-salmón.</p>

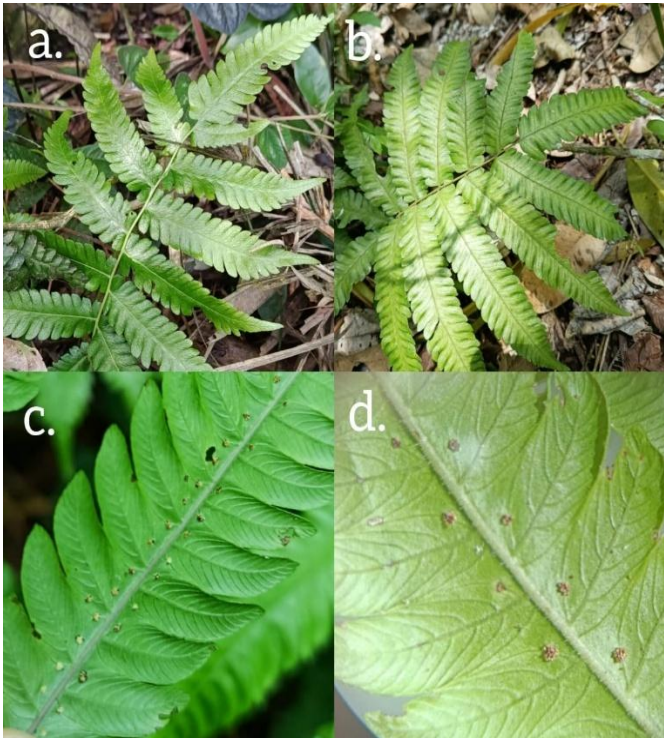

<i>Pteris propinqua</i> J. Agardh	
	<p>Taxonomía</p> <p>Orden: Polypodiales Familia: Pteridaceae Género: <i>Pteris</i> Especie: <i>P. propinqua</i></p>
	<p>Descripción</p> <p>Fotografía en campo: a-b. Helecho de <i>pteris propinqua</i> en sustrato terrestre con vista frontal. Fotografía en estereomicroscopio: c-d. Seno soros en líneas marginales en el helecho, con venación principal de las pínulas.</p>

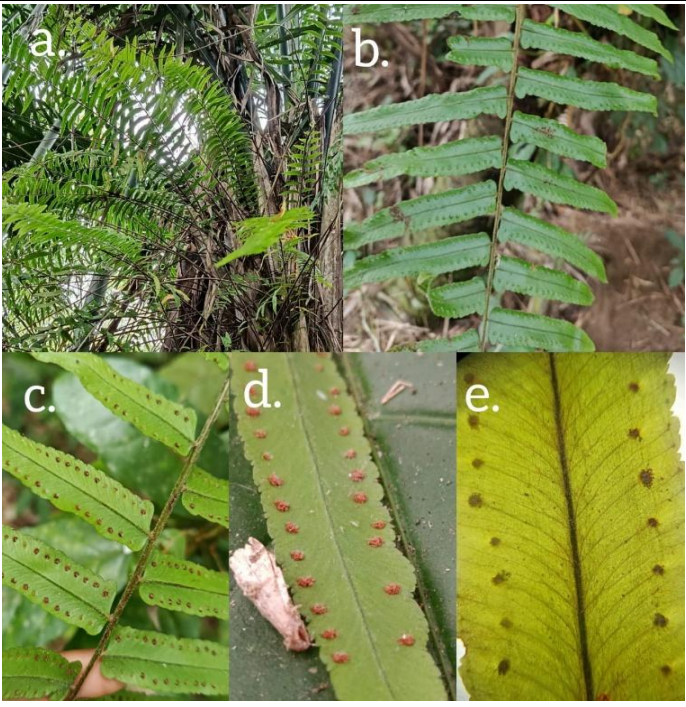
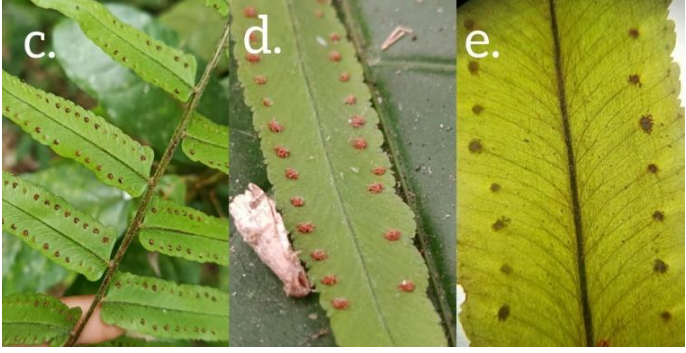
<i>Cyclopettis semicordata</i> (Sw.) J. Sm	
	Taxonomía
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Lomariopsidaceae Género: <i>Cyclopettis</i> Especie: <i>C. semicordata</i></p>
	Descripción
	<p>Fotografía en campo: a. Helecho de <i>Cyclopettis semicordata</i> en sustrato terrestre y rupícola, b. Pinnas alternas alargadas, c. Soros redondos d. Prefoliación circinada. Fotografía en estereomicroscopio: e. soros con indusios redondos en dos series entre la costa y el margen.</p>

<i>Serpocaulon triseriale</i>	
	Taxonomía
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Polypodiaceae Género: <i>Serpocaulon</i> Especie: <i>S. triseriale</i></p>
	Descripción
	<p>Fotografía en campo: a-b. Helecho de <i>Serpocaulon triseriale</i> en sustrato terrestre y rupícola, con vista trasera (envés) de la hoja c-d. con soros redondos en forma de copa sin indusios en toda la fronda del helecho.</p>

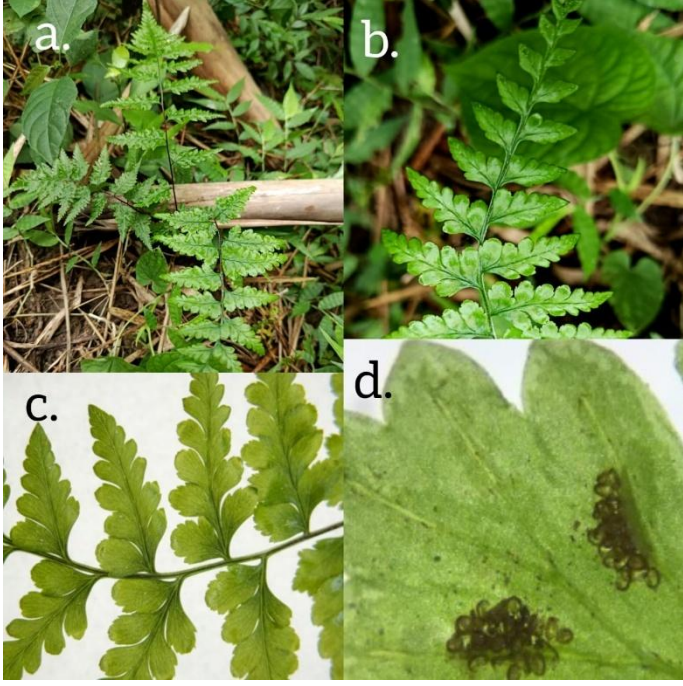
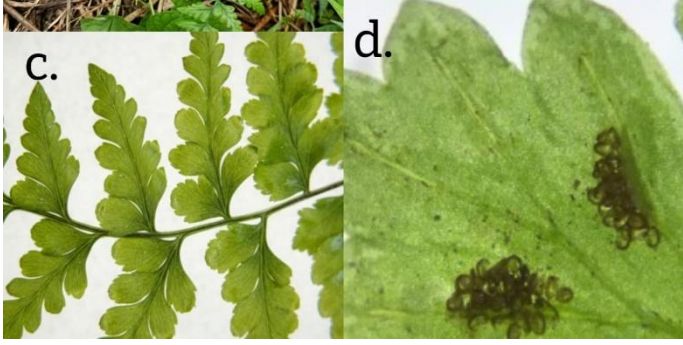
<i>Pleopeltis bombycina</i>	
	Taxonomía
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Polypodiaceae Género: <i>Pleopeltis</i> Especie: <i>P. bombycina</i></p>
	Descripción
	<p>Fotografía en campo: a-b. Helecho de <i>Pleopeltis bombycina</i> en sustrato epifito con láminas pinnadas. Fotografía en estereomicroscopio: c-d. con soros circulares con indusios de color anaranjados, dispuestos en dos columnas, una en cada lado de la vena de la pinna central.</p>

<i>Campyloneurum sphenodes</i>	
	Taxonomía
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Polypodiaceae Género: <i>Campyloneurum</i> Especie: <i>C. sphenodes</i></p>
	Descripción
	<p>Fotografía en campo: a-b. Helecho de <i>Campyloneurum sphenodes</i> en sustrato terrestre, c. Fotografía en estereomicroscopio: d. soros circulares con indusios.</p>



<i>Displazium dilatatum</i>	
	Taxonomía
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Arthyriaceae Género: <i>Displazium</i> Especie: <i>D. dilatatum</i></p>
	Descripción
	<p>Fotografía en campo: a-b. Helecho de <i>Displazium dilatatum</i> en sustrato terrestre, c. vista abaxial con presencia de soros a lo largo de las venas, cerca de los márgenes de los segmentos. Fotografía en estereomicroscopio: d. con soros circulares con indusios.</p>

<i>Nephrolepis biserrata</i>	
	Taxonomía
	<p>Orden: Polypodiales Familia: Nephrolepidaceae Género: <i>Nephrolepis</i> Especie: <i>N. biserrata</i></p>
	Descripción
	<p>Fotografía en campo: a. Helecho de <i>Nephrolepis biserrata</i> en sustrato epífita, b-c. vista adaxial y abaxial de láminas con pinnas alternas, Fotografía en estereomicroscopio: d-e. soros con indusios circulares.</p>

Rumohra adiantiformis

		Taxonomía
		<p>Orden: Polypodiales Familia: Dryopteridaceae Género: <i>Rumohra</i> Especie: <i>R. adiantiformis</i></p>
		Descripción
		<p>Fotografía en campo: a. Helechos agrupados de <i>Rumohra adiantiformis</i> en sustrato terrestre y epifito, b. vista abaxial de lámina (2 pinnada). Fotografía en estereomicroscopio: c-d. Soros con indusios elongados en las venas.</p>

Blechnum appendiculatum

		Taxonomía
		<p>Orden: Polypodiales Familia: Blechaceae Género: <i>Blechnum</i> Especie: <i>B. appendiculatum</i></p>
		Descripción
		<p>Fotografía en campo: a-b. Helecho de <i>Nephrolepis appendiculatum</i> en sustrato terrestre y rupícola c. Prefoliación circinada, d-e. Vista abaxial con disposición de soros alargados a las venas, con venación abierta bifurcada.</p>

Anexo 5. Análisis de similitud por estaciones de monitoreo mediante el índice de Jaccard

	E1	E2	E3	E4
E1	1	0,91666667	0,78571429	0,57142857
E2	0,91666667	1	0,85714286	0,64285714
E3	0,78571429	0,85714286	1	0,78571429
E4	0,57142857	0,64285714	0,78571429	1

Anexo 6. Cálculo estadístico ecológicos en la plataforma Past

Estación	N	S	Shannon	Margalef
E1	634	7	0,9854	0,92993715
E2	528	6	1,266	0,79756312
E3	224	7	1,493	1,20871996
E4	223	8	1,578	1,29457696

Anexo 7. Análisis de varianza ANOVA

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Estación 1	12	306,1	25,5083333	3,34977879
Estación 2	12	315,22	26,2683333	7,2044697
Estación 3	12	296,3	24,6916667	40,2417788
Estación 4	12	318,56	26,5466667	0,63209697

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	24,9811583	3	8,32705278	0,64766529	0,58861644	2,81646582
Dentro de los grupos	565,709367	44	12,8570311			
Total	590,690525	47				

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Estación 1	12	84,2	7,01666667	1,6469697
Estación 2	12	80,4	6,7	1,97454545
Estación 3	12	88	7,33333333	1,6169697
Estación 4	12	101,4	8,45	0,72090909

ANÁLISIS DE
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	20,8966667	3	6,96555556	4,67534493	0,00639695	2,81646582
Dentro de los grupos	65,5533333	44	1,48984848			
Total	86,45	47				

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Estación 1	12	877	73,0833333	13,1742424
Estación 2	12	838	69,8333333	19,7878788
Estación 3	12	850	70,8333333	29,2424242
Estación 4	12	898	74,8333333	6,87878788

ANÁLISIS DE
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	182,0625	3	60,6875	3,51387214	0,02275823	2,81646582
Dentro de los grupos	759,916667	44	17,2708333			
Total	941,979167	47				

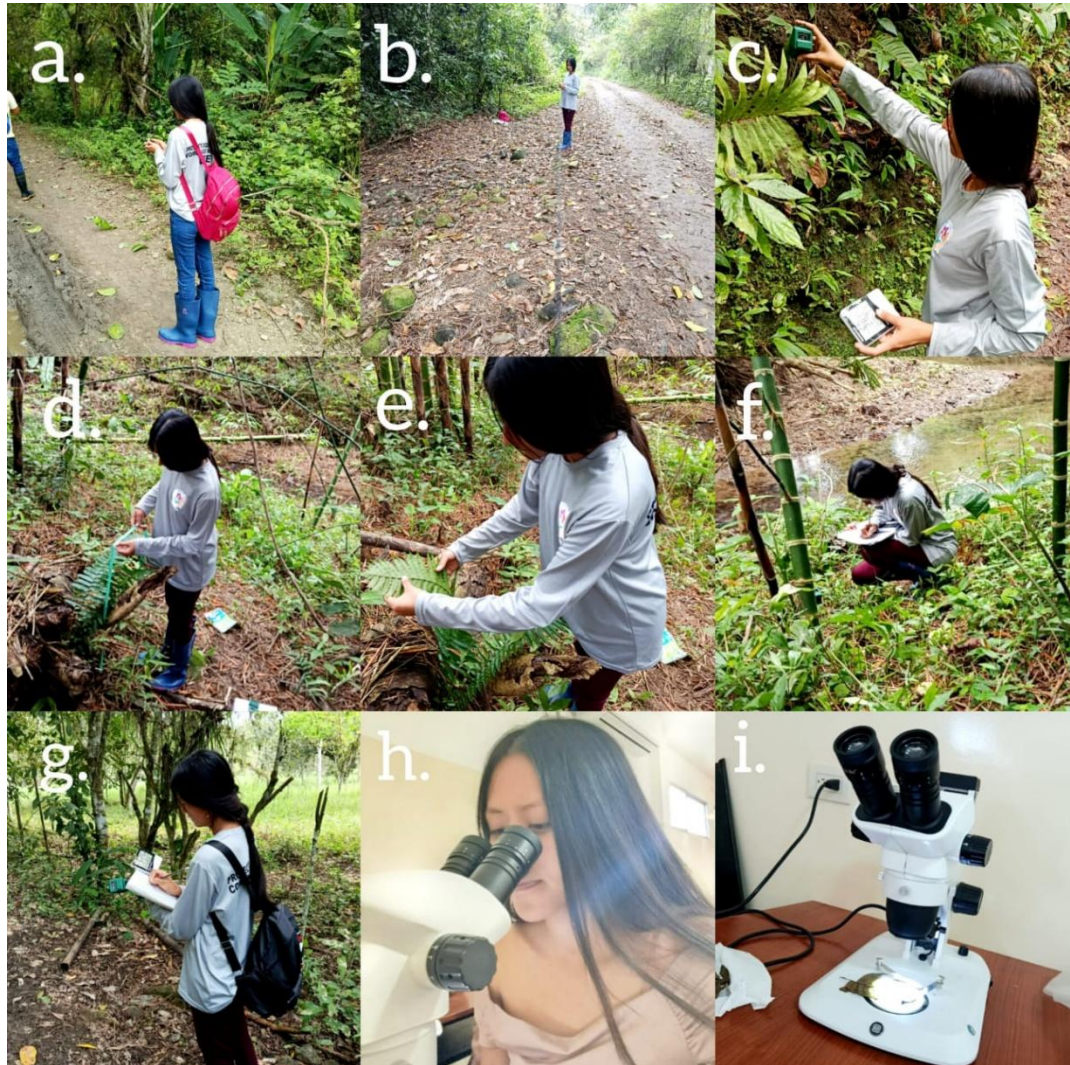
Anexo 8. Clasificación de helechos según el sustrato de crecimiento

Familias	Especies	Sustrato de crecimiento		
		Terrestre	Rupícola	Epífita
Thelypteridaceae	<i>Christella dentata</i>		R	
	<i>Macrothelypteris torresiana</i>	T		
Pteridaceae	<i>Adiantum macrophyllum</i>	T	R	
	<i>Adiantum tetraphyllum H.</i>	T		
	<i>Adiantum hispidulum</i>	T		
	<i>Pteris propinqua</i>	T		
Lomariopsidaceae	<i>Cyclopeltis semicordata</i>	T	R	
Polypodiaceae	<i>Campyloneurum sphenodes</i>	T		
	<i>Pleopeltis bombycina</i>			E
	<i>Serpocaulon triseriale</i>	T	R	
Arthyriaceae	<i>Displazium dilatatum</i>	T	R	
Nephrolepidaceae	<i>Nephrolepis biserrata</i>			E
Dryopteridaceae	<i>Rumohra adiantiformis</i>			E
Blechnaceae	<i>Blechnum appendiculatum</i>	T		

Anexo 9. Abundancia de helechos y factores ambientales en las zonas de estudio.

Estación	Humedad del suelo (%)	Humedad ambiental	Temperatura (C°)	Abundancia
E1	8	73,16	25,54	320
E2	8	70	26,11	203
E3	9	71,5	25,88	164
E4	10	74,5	26,56	1766

Anexo 10. Fotografía en fase de campo y laboratorio



a. Toma de coordenadas con GPS; b. Instalación de parcelas con piolas y estacas; c. Toma de parámetros ambientales (humedad del suelo, humedad ambiental y temperatura); d-e. Observación *in situ* de las estructuras de los helechos; f-g. Recolección de datos (abundancia); h-i. Observación en estereomicroscopio en el laboratorio Ciencias del Mar de la UPSE.

Anexo 11. Visita de la tutora de tesis, Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, a la comuna de Dos Mangas.



Anexo 12. Permiso de investigación para la recolección de especímenes biológicos, código MAATE-ARSFC-2025-0644



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 644

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

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

2.- CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2025-0644

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2025-08-18	2026-02-18

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
0927967166	NEIRA PILAY JENNIFER ELIZABETH	Ecuatoriana	No aplica	Estudiante - Investigadora	Polypodiopsida

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

Nombre del Proyecto: Distribución de helechos y su relación con los factores ambientales en el

sendero Las Piscinas comuna Dos Mangas Santa Elena.

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

Determinar la distribución de helechos del sendero "Las Piscinas", mediante observación directa y claves taxonómicas, analizando su influencia con los factores ambientales.
Relacionar la abundancia de helechos y los factores ambientales, determinando su presencia en cada zona de estudio.
Analizar las variaciones de los factores ambientales en las zonas del sendero, mediante análisis estadístico.
Identificar las especies de helechos presentes en el sendero, por observación directa y claves taxonómicas.

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	Nº MUESTRA	Nº LOTE
Polypodiopsida	Polypodiales				Flora	2	

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	Para el monitoreo se establecerán 4 estaciones que estarán ubicadas en el sendero "Las Piscinas". 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 2 parcelas por estación (no permanentes) de 20 x 20 m. A las parcelas se les asignará un número del 1 al 4. En las parcelas se registrarán y contabilizarán únicamente los helechos mayores de 40 cm de altura, 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:	Los especímenes recolectados se colocarán en fundas ziploc herméticamente selladas, junto con un papel absorbente con el propósito de aislar la humedad, posteriormente se realizará la observación de estructuras 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
Polypodiopsida	CÁMARA FOTOGRÁFICA, EQUIPO DE DISECCIÓN, PINZAS, PIOLA, FUNDAS ZIPLOC, PAPEL ABSORBENTE.	Material en Campo

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Polypodiopsida	Herbario Pontificia Universidad Católica
----------------	--

14.- RESULTADOS ESPERADOS

Se espera obtener el registro de las diferentes especies de helechos que habitan sendero Piscinas, ubicado en el bosque de la comuna Dos Mangas. También caracterizar variaciones ambientales significativas a lo largo del sendero, reflejadas en los valores registrados de humedad del suelo, humedad ambiental y temperatura ambiental.

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

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 de helechos en el bosque de la comuna Dos Mangas-Provincia de Santa Elena.

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

- Solicitud de: **NEIRA PILAY JENNIFER ELIZABETH**
- Institución Nacional Científica : **UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**
- Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2026/02/03**
- Valoración técnica del proyecto: **ROMO ARROBA PATRICIA MISHELL**
- 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 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.



REPÚBLICA
DEL ECUADOR

Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a **NEIRA PILAY JENNIFER ELIZABETH**.

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
ALAVA CASTILLO JOEL FERNANDO
2025-07-23



FECHA: FIRMADO DIGITALmente
**JOEL FERNANDO ALAVA
CASTILLO**
DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Dirección: Calle Madrid 108 y Andalucía
Código postal: 170150 / Quito-Ecuador
Teléfono: +593-2-330 7800
www.ambiente.gub.ec

5 / 5



Anexo 13. Carta de certificación



Facultad de
Ciencias del Mar
Biología Marina

Carta de Certificación

De:

Bióloga

Dadsania Rodríguez Moreira, MSc.

Docente Plantas Vasculares

Para:

Jennifer Elizabeth Neira Pilay

Estudiante de Titulación

Universidad Península de Santa Elena

Acorde a las imágenes fotográficas revisadas el 30 de octubre del 2025, la estudiante **Jennifer Elizabeth Neira Pilay** con numero de cedula de Identidad 0927967166, las mismas que corresponden a las muestras realizadas para la investigación denominada: **"DISTRIBUCIÓN DE HELECHOS Y SU RELACIÓN CON LOS FACTORES AMBIENTALES EN EL SENDERO "LAS PISCINAS", COMUNA DOS MANGAS, SANTA ELENA"**, durante agosto hasta octubre del 2025, confirmo que las especies de flora relacionadas con el grupo de los Helechos identificados por la estudiante.

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



**DADSANIA SORAYA
RODRIGUEZ MOREIRA**

Blga. Dadsania Rodríguez Moreira, MSc

Docente Plantas Vasculares

Facultad de Ciencias del Mar

Universidad Península de Santa Elena

"UPSE crece sin límites"

Dirección: Campus matriz, La Libertad - prov. Santa Elena - Ecuador
Código Postal: 240204 - Teléfono: (04) 2-781732
www.upse.edu.ec