



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

EVALUACIÓN DE LA RETENCIÓN DE AGUA EN
MUSGOS EN LOS PÁRAMOS UBICADOS EN LA RESERVA
ECOLÓGICA EL ÁNGEL, PROVINCIA DEL CARCHI

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORES:

MORILLO BRAVO ANDERSON BOLÍVAR
TREJO CUASQUER ROSA MARLENE

DIRECTOR:

ING. OÑA ROCHA TANIA ELIZABETH MSC.

DICIEMBRE, 2023



CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ibarra, 04 diciembre 2023

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DE LA RETENCIÓN DE AGUA EN MUSGOS EN LOS PÁRAMOS UBICADOS EN LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL, PROVINCIA DEL CARCHI", de autoría del señor/ita Morillo Bravo Anderson Bolívar y Trejo Cuasquer Rosa Marlene estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el/la autor/a o autores ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

MSc. Oña Rocha Tania Elizabeth
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

MSc. Velarde Cruz Delia Elizabeth
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|--|------------------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 0401461199 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Morillo Bravo Anderson Bolívar | | |
| DIRECCIÓN: | Avenida Luis Leoro Franco y Luis Humberto Gordillo | | |
| EMAIL: | abmorillob@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | N/A | TELÉFONO MÓVIL: | 0988270871 |

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 0401683701 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Trejo Cuasquer Rosa Marlene | | |
| DIRECCIÓN: | Avenida el Retorno y Mitimaes | | |
| EMAIL: | rmtrejoc@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | N/A | TELÉFONO MÓVIL: | 0986499094 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|------------------------------------|---|
| TÍTULO: | “Evaluación de la retención de agua en musgos en los páramos ubicados en la Reserva Ecológica El Ángel, provincia del Carchi” |
| AUTOR (ES): | Morillo Bravo Anderson Bolívar Trejo Cuasquer Rosa Marlene |
| FECHA: DD/MM/AAAA | 06/12/2023 |
| SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO | |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TITULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniería en Recursos Naturales Renovables |
| ASESOR /DIRECTOR: | Ing. Oña Rocha Tania Elizabeth MSc. |

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 6 días del mes de diciembre de 2023



.....
Morillo Bravo Anderson Bolívar
CI: 0401461199



.....
Trejo Cuasquer Rosa Marlene
CI: 0401683701

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios por habernos dado a unos buenos padres que han sido el pilar fundamental en nuestra vida académica, brindándonos todo su apoyo, consejos y comprensión en cada momento de dificultad que enfrentábamos. Su compañía ha sido importante para formar a estos nuevos profesionales y contribuir de manera positiva a la sociedad.

A nuestra querida directora Ing. Tania Oña MSc. quien nos acompañó y tuvo la paciencia en todo este proceso de titulación, compartiendo sus conocimientos y brindándonos motivación para culminar con éxito nuestro proyecto de investigación. De la misma manera a nuestra querida asesora Ing. Elizabeth Velarde MSc. quien nos ayudó a mejorar el presente trabajo, con su capacidad y conocimiento científico.

Al personal técnico de la Reserva Ecológica El Ángel, por la disponibilidad de tiempo y recursos los cuales han contribuido a la generación de nuevos conocimientos importantes para estudios futuros.

Finalmente, pero no menos importante a todo el apoyo logístico y amigos que nos acompañaron en todo este proceso de manera desinteresada, motivándonos a seguir adelante en esta etapa de nuestras vidas académicas.

¡Gracias infinitas ¡

Anderson y Rouse

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a ese ser omnipotente que me brindo a una gran familia, entre ellos a los mejores abues del mundo, mi abuelita Graciela y mi abuelito Oswaldo. Han sido mi ejemplo de vida, les doy las gracias por todo el cariño que me han brindado, por haberme acogido de nuevo en sus brazos, por sus historias y sus buenos consejos, han convertido de este “guagua” en todo un joven de bien.

A mi madre Rocio que influyó mucho para que culminase esta carrera, sin sus palabras de aliento (que siempre llevaré presente, tras mi primer tropiezo con la realidad) otro sería mi destino. Gracias por todos los sacrificios y el amor brindado para que yo tuviese lo mejor y pueda abrirme paso en este periplo llamado vida.

A mi padre Simon, por cuidarme y acompañarme con sus consejos precisos en momentos difíciles. También agradecerle sobremanera por haberme regalado uno de los mejores pases al desarrollo de la imaginación, mis primeros libros; sin ellos mi vida habría sido absorbida por la monotonía.

A mi hermano Kevin, que ha sido un valiente a la hora de enfrentarse a las adversidades de la vida, quien me ha dejado patidifuso en muchas ocasiones, llegando a plantearme la idea de que él hubiese sido un gran hermano mayor. Por supuesto, agradecerle fervientemente por haber cuidado de nuestros queridos viejitos.

A mis primos Paul, David, Jonathan, Fernanda, Dayana y mis tíos más cercanos, quien me han ayudado en muchas ocasiones, ya sea con sus conocimientos o sus ocurrencias. Quiero recordarles que mi vida no habría pintado igual sin su compañía.

Finalmente, a mi imaginación. Sí, a mí imaginación; que en ocasiones vuela, por eso estás líneas van para el Anderson más joven que encontró la forma de leer estas palabras. Permíteme contarte que llegamos a esta nueva etapa con mucho miedo, tras despedirnos con una lágrima en los ojos de nuestro hogar. La verdad fue muy difícil acostumbrarnos a los nuevos retos, pero eso hizo el recorrido más interesante, espero que lo disfrutes, tanto como puedas. Déjame decirte que lo conseguirás, verás a tus seres queridos vitoreándote por este logro y espero que por muchos más. También cuentas con tus amigos del colegio, ya no frecuentan tanto, pero recargan tu energía cuando coinciden. Además, conociste más amigos, personas de buen corazón; con ellos vivirás momentos únicos e inolvidables; te contaría más de ellos, pero ni con todas las hojas de este escrito sería suficiente para describirlos. Por eso, solo les agradeceré mencionándolos: Kathy, Rouse, Joss, Ivonne, Soledad, Moni, Sam, Marce, Pame, Mel, Nico, Ingrid, Pao, Cristian, Bryan, Adrián, Andrés, Omar.

*Con mucho cariño: **Ander, Trunks, Andi***

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico con mucho cariño y amor a mi DIOS, por ser mi guía y darme sabiduría en la toma de decisiones tanto en mi vida personal como profesional, por estar siempre a mi lado brindándome protección, paz y amor.

A mi querido padre JOSÉ TREJO que con su amor, paciencia y consejos me ha enseñado a ser una buena persona, por su apoyo incondicional que me ha brindado hasta el último de sus días, en donde el fruto de sus esfuerzos se ve reflejado en la culminación de mi carrera y por enseñarme a ser una persona fuerte ante cualquier circunstancia; gracias infinitas, mi súper papito. UN ABRAZO HASTA EL CIELO.

A mi querida madre FABIOLA CUASQUER por inculcar en mí los principales valores de moral y ética, así como virtudes del esfuerzo y compromiso en el transcurso de mi vida universitaria, por su apoyo y paciencia brindada en esta etapa tan importante.

A mis hermanas y hermanos, especialmente a mi hermano JHON TREJO por todo su apoyo, por fomentar en mí el deseo de superación y anhelo de triunfo, por ser un gran ejemplo de hijo, hermano y padre, por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

A mis sobrinos y sobrinas, especialmente a Camilita y Jhoncito, quienes con sus ocurrencias lograban sacarme una sonrisa en los momentos más difíciles de mi vida, por regalarme mucho amor y darme fuerzas para continuar con mis estudios.

Finalmente, a todos mis amigos quienes nos acompañaron en esta travesía, especialmente a Ander, Katy e Ivonne, quienes estuvieron apoyándome con la culminación de este gran proyecto.

Rouse

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte | 1 |
| 1.2. Problema de investigación y justificación..... | 2 |
| 1.3. Objetivos | 5 |
| 1.3.1. Objetivo general | 5 |
| 1.3.2. Objetivos específicos | 5 |
| 1.4. Preguntas directrices de la investigación | 5 |
| 1.5. Hipótesis..... | 5 |
| CAPÍTULO II | 6 |
| MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2. Diversidad de musgos en el Ecuador | 6 |
| 2.1. Tipos de páramo en Ecuador..... | 7 |
| 2.1.1. Páramo de Frailejones o Rosetal Caulescente y Herbazal del Páramo (Frailejones)..... | 8 |
| 2.1.2. Páramo de Pajonal o Páramo Herbáceo | 8 |
| 2.2. Importancia ecológica de los musgos | 9 |
| 2.3. Métodos de muestreo en musgos | 10 |
| 2.3.1. Muestreo por transectos (MT)..... | 11 |
| 2.3.2. Muestreo por parcelas (MP)..... | 11 |
| 2.4. Índices de diversidad..... | 12 |
| 2.4.1. Índice de Margalef | 12 |
| 2.4.2. Índice de Simpson | 13 |
| 2.4.3. Índice de Shannon-Wiener | 13 |
| 2.5. Estrategias de conservación de briofitas | 13 |
| 2.6. Marco Legal | 15 |
| 2.6.1. Constitución de la República del Ecuador | 15 |
| 2.6.2. Tratados y Convenios Internacionales | 17 |
| 2.6.3. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)..... | 18 |

| | |
|---|----|
| 2.6.4. Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA) | 19 |
| 2.6.5. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA) | 20 |
| CAPÍTULO III | 22 |
| MARCO METODOLÓGICO | 22 |
| 3.1. Descripción del área de estudio..... | 22 |
| 3.1.1. Ubicación geográfica de la REEA | 23 |
| 3.1.2. Descripción de los sitios de estudio | 24 |
| 3.2. Materiales y Equipos..... | 27 |
| 3.3. Métodos de estudio | 28 |
| 3.3.1. Caracterización de la diversidad de musgos presentes en la Reserva Ecológica El Ángel..... | 28 |
| 3.3.2. Determinación de los musgos con mayor capacidad de retención de agua en la Reserva Ecológica El Ángel..... | 34 |
| 3.3.3. Estrategias de conservación de las especies de musgos para el cuidado del recurso hídrico..... | 36 |
| CAPÍTULO IV | 40 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 40 |
| 4.1. Diversidad de musgos presentes en la Reserva Ecológica..... | 40 |
| 4.1.1. Especies registradas en el área de estudio..... | 41 |
| 4.1.2. Abundancia de especies | 42 |
| 4.1.3. Categorización de especies según la lista roja IUCN..... | 46 |
| 4.1.4. Índices de diversidad..... | 51 |
| 4.2. Retención de agua en musgos | 57 |
| 4.2.2. Prueba de Kruskal-Wallis | 60 |
| 4.2.3. Grupos más representativos | 61 |
| 4.2.4. Sphagnales presenta mayor capacidad de retención (musgos ectohídricos)..... | 63 |
| 4.2.5. Polytrichales presenta menor capacidad de retención (musgos endohídricos) . | 65 |
| 4.2.1. Especies representativas..... | 67 |
| 4.2.6. Retención de agua en musgos y especies representativas de la REEA..... | 69 |
| 4.3. Estrategias de conservación de los musgos..... | 70 |
| 4.3.1. Identificación de problemas | 70 |
| 4.3.2. Matriz de Vester | 72 |

| | |
|--|-----|
| 4.3.3. Matriz de Viabilidad | 76 |
| CAPÍTULO V | 86 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 86 |
| 5.1. Conclusiones | 86 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 87 |
| REFERENCIAS | 90 |
| ANEXOS | 102 |
| Anexo 1. Participación a capacitaciones: Muestreo de Briofitas 2022 y Bryophytes course: Part 1 and 2..... | 102 |
| Anexo 2. Aprobación de la autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica – MAAT-ARSFC-2022-2691 | 103 |
| Anexo 3. Esquema para recolección y almacenamiento de musgos | 104 |
| Anexo 4. Etiquetado de las fundas: identificación y contenido hídrico..... | 105 |
| Anexo 5. Procesamiento de datos: estadística descriptiva, normalidad de datos, prueba no paramétrica de Kruskall Wallis | 106 |
| Anexo 6. Recursos para la estrategia “Los pequeños gigantes del páramo” | 107 |
| Anexo 7. Recursos para la estrategia: “Un mini - mundo por explorar” – Diapositivas..... | 112 |
| Anexo 8. “Un mini – mundo por explorar”: Manual de musgos presente en la REEA y póster del concurso fotográfico..... | 122 |
| Anexo 9. “Un mini – mundo por explorar”: Infografías..... | 125 |
| Anexo 10. “Un mini – mundo por explorar”: Cartillas para el registro de especies. | 129 |
| Anexo 11. “Un mini – mundo por explorar”: Mapas para los recorridos | 136 |
| Anexo 12. “Un mini – mundo por explorar”: Materiales para fortalecer conocimientos... .. | 138 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Ubicación y datos meteorológicos del lugar de la investigación | 23 |
| Tabla 2. Materiales de campo, equipos de laboratorio y software utilizados en la investigación | 27 |
| Tabla 3. Lista roja de la IUCN | 33 |
| Tabla 4. Escala de significancia del Índice de Diversidad de Margalef, Simpson y Shannon-Wiener..... | 34 |
| Tabla 5. Ejemplo de Matriz de Vester..... | 37 |
| Tabla 6. Valores resultantes de los estimadores de diversidad CHAO 1 y ACE..... | 40 |
| Tabla 7. Composición de la Reserva Ecológica El Ángel..... | 42 |
| Tabla 8. Categorización de la IUCN | 46 |
| Tabla 9. Análisis de la Diversidad Alfa de musgos en la REEA | 52 |
| Tabla 10. Datos correspondientes al contenido hídrico de musgos | 57 |
| Tabla 11. Identificación de las amenazas presentes en la REEA..... | 71 |
| Tabla 12. Problemáticas relacionadas a las principales amenazas que enfrentan los musgos..... | 73 |
| Tabla 13. Matriz de Viabilidad | 76 |
| Tabla 14. Estrategia de conservación: Educación Ambiental | 78 |
| Tabla 15. Estrategias de conservación: Turismo Científico..... | 80 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. División de briofitas | 7 |
| Figura 2. Método de transecto..... | 11 |
| Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio | 24 |
| Figura 4. Mapa de ubicación de Lagunas El Voladero | 25 |
| Figura 5. Mapa de ubicación del Bosque de Polylepis | 26 |
| Figura 6. Mapa de ubicación de Quebrada La Buitrera | 27 |
| Figura 7. Salidas de campo a los sitios de muestreo | 28 |
| Figura 8. Muestreo de musgos en la Reserva Ecológica El Ángel | 29 |
| Figura 9. Colecta y almacenamiento de las muestras de musgos | 30 |
| Figura 10. Toma de fotografías en el estereoscopio e identificación de muestras..... | 32 |
| Figura 11. Pesaje de muestras en campo..... | 35 |
| Figura 12. Proceso para determinar la capacidad de retención de agua en musgos .. | 36 |
| Figura 13. Ejemplo de diagrama de dispersión..... | 38 |
| Figura 14. Ejemplo del árbol de problemas | 39 |
| Figura 15. Curva de acumulación de especies | 41 |
| Figura 16. Curva de rango abundancia de las especies de musgo en la REEA. | 45 |
| Figura 17. Especies según categorización de la Lista Roja de la IUCN | 47 |
| Figura 18. Especies con categorización No Evaluada del Sitio 1: Lagunas EL Voladero..... | 50 |
| Figura 19. Especies con categorización No Evaluada del Sitio 2: Bosque de Polylepis..... | 51 |
| Figura 20. Especies con categorización No Evaluada del Sitio 3: Quebrada La Buitrera..... | 51 |
| Figura 21. Diagrama de barras del Contenido hídrico de los musgos de la REEA ... | 60 |
| Figura 22. Diagrama de cajas y bigotes de la capacidad de retención de agua | 61 |
| Figura 23. Contenido hídrico de los musgos presentes en la REEA..... | 62 |
| Figura 24. Estructura de Sphagnum..... | 63 |
| Figura 25. Hábito de crecimiento de Sphagnales..... | 64 |

| | |
|---|----|
| Figura 26. Fisiología del orden Sphagnales | 65 |
| Figura 27. Hábito de crecimiento de Polytrichales | 66 |
| Figura 28. Fisiología del orden Polytrichales | 67 |
| Figura 29. Esquemmatización de la toma de muestras para evaluar la capacidad de retención de agua en especies de la REEA | 70 |
| Figura 30. Matriz de Vester | 74 |
| Figura 31. Árbol de problemas | 75 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DE LA RETENCIÓN DE AGUA EN MUSGOS EN LOS
PÁRAMOS UBICADOS EN LA RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL,
PROVINCIA DEL CARCHI**

Morillo Bravo Anderson Bolívar y Trejo Cuasquer Rosa Marlene

RESUMEN

Los musgos son plantas no vasculares muy importantes para los ecosistemas ya que contribuyen en la captura de carbono y la retención de agua, permitiendo conservar la humedad del ambiente evitando la erosión del suelo. Pero a pesar de su rol, estos organismos son poco estudiados y son propensos a desaparecer debido a la presión antropogénica. El presente estudio se centró en caracterizar la diversidad de musgos y evaluar la retención de agua de los mismo, en tres sitios de la Reserva Ecológica El Ángel: Lagunas de El Voladero, Bosque Polylepis y Quebrada la Buitrera. En estos sitios se registraron 23 especies de musgos comprendidas en 14 familias y 18 géneros, donde se apreció que la familia Bartramiaceae es la más abundante con 61 registros. Además, se determinó que Sphagnales es el orden con mayor capacidad de retención de agua con 2528%, esto se debe a sus estructuras morfológicas conocidas como capítulo y su hábito de crecimiento en forma de cojines densos, características que facilitan la conservación de humedad en los microhábitats. Finalmente, para impulsar el cuidado de los musgos se desarrollaron dos estrategias de conservación: “Los pequeños gigantes del páramo” y “Un mini - mundo por explorar”, que son una iniciativa para ayudar a mantener a estos organismos a través del tiempo, asegurando la estabilidad de los ecosistemas presentes en el área.

Palabras clave: Briofitas, Musgos, Biodiversidad, Contenido hídrico, Páramo.

ABSTRACT

Mosses are non-vascular plants that very important for ecosystems since they contribute to carbon sequestration and water retention, allowing the conservation of humidity in the environment and preventing soil erosion. But despite their role, these organisms are little studied and are prone to disappear due to anthropogenic pressure. The present study focused on characterizing the diversity of mosses and evaluating their water retention at three sites in the Reserva Ecológica El Ángel: Lagunas El Voladero, Bosque de Polylepis and Quebrada La Buitrera. At these sites, 23 species of mosses in 14 families and 18 genera were recorded, with Bartramiaceae family being the most abundant with 61 records. In addition, it was determined that Sphagnales is the order with the highest water retention capacity with 2528%, this is due to their morphological structures known as capitulum and its growth habit in the form of dense cushions, characteristics that facilitate moisture conservation in microhabitats. Finally, to promote the care of mosses, two conservation strategies were developed: “Los pequeños gigantes del paramo” and “Un mini - mundo por explorar”, which are an initiative to help maintain these organisms over time, ensuring the stability of the ecosystems present in the area.

Key words: Bryophytes, Mosses, Biodiversity, Water content, Páramo.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Revisión de antecedentes o estado del arte

Las briofitas son consideradas como una de las plantas terrestres más pequeñas del mundo y están comprendidas por musgos, hepáticas y antocerotes (Merced, 2022). Además, una de sus principales cualidades es la capacidad de absorber y almacenar tanto nutrientes como agua, lo que les permite estar distribuidas en diferentes hábitats e inclusive en ambientes extremos (Crooks, 2021). Estas especies vegetativas se las puede encontrar alrededor del planeta, tal es el caso de *Syntrichia caninervis* o musgo del desierto que cuenta con estructuras de conservación y transporte de agua muy desarrollado para la obtención de aguas subterránea, lo que le permite soportar condiciones climáticas drásticas (Pan et al., 2016).

Los musgos en su mayoría miden entre 0.5 y 1 cm de altura y se pueden encontrar en diferentes tipos de sustratos como: troncos, ramas de árboles, rocas o suelo. Sus hojas (filidios) se caracterizan por su distribución en tres o más, alrededor de su tallo (caulidio), que por lo general presentan una forma lanceolada con un nervio medio, que pueden ser dioicos o monoicos, ya que pueden presentar órganos masculinos y femeninos separados o encontrarse unidos en un mismo organismo (Campos et al., 2017).

Dadas las características morfológicas que presentan los musgos, pueden encontrarse distribuidos en ecosistemas como páramo, que se caracteriza por estar dominado por un conjunto de vegetación herbácea y arbustiva, además de un conglomerado de biodiversidad endémica, así como la provisión de servicios ecosistémicos y un alto nivel de humedad; lo que incide en la formación de lagos y turberas, que contribuyen a mantener las propiedades del suelo y conjuntamente con las plantas del entorno

favorecen a la acumulación de carbono, el cual es importante en la mitigación del cambio climático (Patiño et al., 2021).

Según Ospina (2016) menciona que la importancia del estudio de los musgos se debe a su considerable capacidad de retención de fluidos, tal es el caso de la especie *Thuidium peruvianum* que es considerado como una de las briofitas que mayor cantidad de recurso hídrico almacenan en su estructura, por lo tanto, los musgos desempeñan un papel ecosistémico importante en el medio, ya que sirven como agentes de filtración, tratamiento de aguas servidas y efluentes industriales; lo que las convierte en especies importantes para brindar solución a la problemática ligada a sequías, también contribuyen como organismos fundamentales para ser pioneros en la restauración ecológica y el cuidado de ecosistemas frágiles.

1.2. Problema de investigación y justificación

Los páramos son ecosistemas que cuentan con organismos importantes para la retención del agua, entre esto se encuentran los musgos que se encargan de almacenar el recurso hídrico, minerales y materia orgánica, que permite la formación de turberas, mejoramiento de humedad en el suelo o la captura del carbono (Villa et al., 2019). Sin embargo, a pesar de sus beneficios, existe escasos estudios en los trópicos, por lo que se desconoce cuál es el rol que las briofitas desempeñan en el entorno y cuál es su función ecológica con relación al ciclo hidrológico, siendo este último primordial para combatir la crisis climática, mediante la disminución de gases de efecto invernadero con la intervención de los musgos que se encuentran distribuidos en diversos humedales del mundo (Tveit et al., 2020).

En la actualidad los ecosistemas que están provistos de briofitas se ven amenazados por disturbios antropogénicos que están asociados a la destrucción o modificación de sus hábitats, como, por ejemplo: cambios en el uso del suelo, avance de la frontera

agrícola, modificación de la cobertura vegetal por incendios, extracción de agua del subsuelo, erosión, introducción de especies, y cambio climático, que trae consigo fenómenos meteorológicos extremos que transforman la cobertura vegetal, poniendo en peligro las diferentes especies de briofitas, afectando su desempeño hidrológico, calidad y cantidad del agua (J. Martínez, 2020)

Según González (2018), manifiesta que en Ecuador existe más información de flora briofítica que líquenes, teniendo un total de 1 720 especies, de las cuales 950 son musgos y 770 hepáticas. Aunque hay una amplia biodiversidad de especies, existe escasez de información etnobotánica dentro de áreas específicas, como la Reserva Ecológica El Ángel (REEA), donde se han registrado 37 especies de musgos; pero se desconoce el rol que estas especies desempeñan en el ecosistema, lo que repercute en un posible impacto ambiental negativo a futuro (Ministerio del Ambiente, 2008).

La investigación realizada en la Reserva Ecológica “El Ángel”, se enfoca en la determinación de la diversidad y la capacidad de retención de agua en los musgos, ya que son organismos importantes para el almacenamiento de agua, recurso que es abastecido en la provincia del Carchi, por esto la conservación y estudios posteriores son importantes para asegurar la provisión de agua a futuro (Ministerio del Ambiente, 2008). Además, mediante investigaciones enfocadas en conocer sobre la ecología de los musgos, por ejemplo, la captura de carbono o el almacenamiento de biomasa, se convierten en temas de suma importancia en la actualidad, ya que los niveles de CO₂ atmosférico han aumentado considerablemente desde el siglo XX, afectando así la dinámica del carbono vegetal, que repercuten en la alteración las precipitaciones o aumento de la temperatura (Serk et al., 2021).

Las briofitas son organismos importantes para ser conservados ya que a pesar de su considerable tamaño desempeñan funciones importantes en el medio ambiente, por ejemplo: ayudan en la producción de grandes cantidades de materia orgánica,

contribuyen en la conservación de la calidad del suelo, son el hábitat de pequeños seres vivos (algas, hongos, pequeños invertebrados y anfibios), y son organismo que ocupan un amplio nicho ecológico ya que se encuentran distribuidas por todos los ecosistemas, esto debido a sus características físicas, destacándose el hecho de ser especies poiquilohídricas (Klavina, 2018).

Los musgos se caracterizan por ser los absorbentes naturales más eficientes en la captura, retención y filtración de cantidades considerables de agua, ayudando así en la conservación del recurso hídrico y convirtiendo al ecosistema de páramo en uno de los reservorios de agua más importantes para los seres vivos (Porras y Morales, 2020). Sin embargo, aún existe el desconocimiento de la importancia que tienen estas especies en el almacenamiento este recurso, por eso es fundamental el estudio de las diferentes especies presentes dentro de la REEA, como también la socialización con la población cercana, sobre los beneficios que aportan los musgos y como se contribuye con su conservación (Campos, 2021).

Esta información ayudará a futuras investigaciones y a su vez, contribuirá al Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025, en el cuarto eje que se refiere a Transición Ecológica, de acuerdo con el objetivo 11, el cual establece: “Conservar, restaurar, proteger y hacer uso sostenible de los recursos naturales” (Naciones Unidas, 2023), el cual se refiere a la protección y conservación de ecosistemas, áreas protegidas, biodiversidad, patrimonio natural y recursos genéticos, así como también fomentar la restauración de los recursos naturales renovables en zonas degradadas a partir del uso sostenible del patrimonio natural, a través de políticas y programas de prevención de la contaminación ambiental (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad de retención de agua en musgos de los páramos de la Reserva Ecológica El Ángel

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la diversidad de los musgos presentes en la Reserva Ecológica El Ángel
- Determinar los musgos con mayor capacidad de retención de agua en la Reserva Ecológica El Ángel
- Proponer estrategias de conservación de los musgos y socialización de los resultados al personal técnico de la REEA

1.4. Preguntas directrices de la investigación

¿Cuál es la diversidad de musgos presentes en los páramos de la Reserva Ecológica El Ángel?

¿Qué musgo tiene la mayor capacidad de retención de agua en el páramo?

¿Cuáles son las estrategias de conservación que contribuyen al cuidado de los musgos?

1.5. Hipótesis

- Ho: Todos los órdenes de musgos presentan la misma capacidad de retención de agua
- Ha: Todos o al menos uno de los órdenes de musgos presentan diferente capacidad de retención de agua

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2. Diversidad de musgos en el Ecuador

Ecuador es uno de los países más megadiversos del mundo ya que alberga una gran variedad de especies, tanto de flora como de fauna, mismas que se encuentran concentradas en un área de tan solo 283 560 km². Dentro de la flora ecuatoriana se han reportado 18 198 especies de plantas vasculares o traqueófitas, un elevado número de epífitas no vasculares con un aproximado de 1 700 especies de briófitos, de los cuales 950 son especies de musgos, 900 especies de líquenes y alrededor de 2 000 especies de hongos (Benítez et al., 2021).

Los musgos son plantas terrestres de pequeñas dimensiones que alcanzan longitudes promedio de hasta 20 centímetros, usualmente presentan varias coloraciones (verdes, pardas y rojizas), se caracterizan por la ausencia de tejidos especializados de conducción como el xilema y el floema, por lo que el transporte de nutrientes o agua ocurren célula a célula por difusión o transporte activo (Martínez et al., 2019). Las briofitas se encuentran divididas en hepáticas congregadas en Marchantiophyta, antocerotes en Anthocerotophyta y los más conocidos por todos, los musgos en Bryophyta, estas plantas y sus estructuras representativas se las aprecian en la Figura 1 (Savoretti y Ponce, 2020).

Según Chimbolema et al., (2014) los musgos actúan como reguladoras hídricas que captan la humedad de las precipitaciones y del medio, para así conseguir mantener sus procesos metabólicos en periodos de sequía y brindar humedad imprescindible para plantas que viven en su entorno. Además, en la REEA se han registrado en el ecosistema de páramo de frailejones 37 especies de musgos, conformadas en 26 familias; 4 especies de hepáticas y 15 familias, junto a 1 especie de antocerotes y 1 familia (Toasa, 2013).

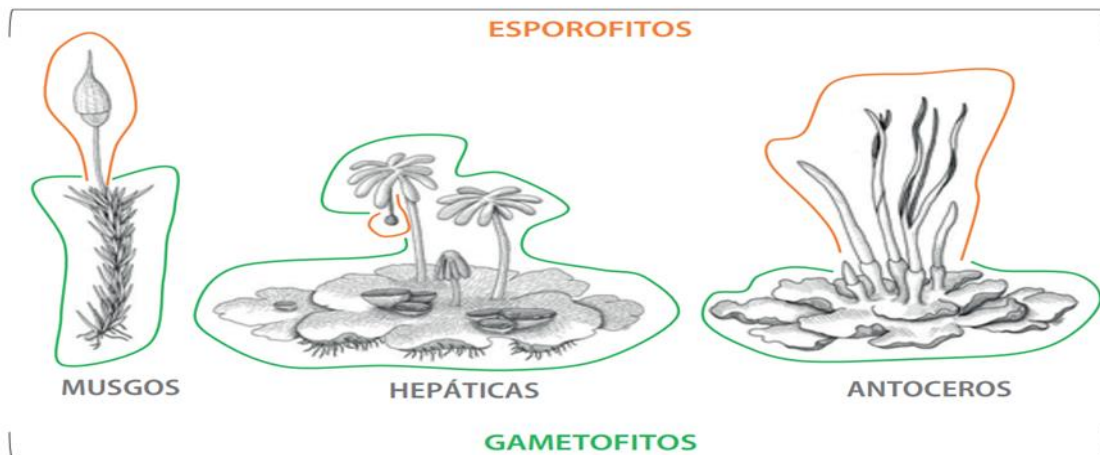


Figura 1. División de briofitas

Nota. Diferencias estructurales entre las tres líneas evolutivas de las briofitas. Adaptado de (Savoretti y Ponce, 2020)

2.1. Tipos de páramo en Ecuador

En Ecuador existen diferentes tipos de páramo clasificados por las formaciones vegetales del país, así se reconocen los siguientes: Páramo de Pajonal, Páramo de frailejones, Páramo Pantanoso, Páramo Herbáceo de almohadilla, Páramo Herbáceo de Pajona y almohadillas, Páramo Seco, Páramo sobre Arenales y Superpáramo (Mena y Medina, 2016). Los páramos son ecosistemas neotropicales de alta montaña que ocupan una superficie de 35 000 km², que se encuentran distribuidos desde Venezuela hasta el norte de Perú, su topografía es accidentada con valles profundos y llanuras casi planas, además tiene similitudes con las turberas ya que presentan porosidades que les permiten almacenar y regular el agua, siendo importante como reservorio del recurso hídrico y el secuestro de carbono, lo que permite regular el clima y evitar que el CO₂ regrese a la atmósfera (Chuncho y Chuncho, 2019).

Según mencionan Vargas y Velazco (2014) la mayor parte del territorio de la REEA se encuentra provista de la formación vegetal típica de Páramo de frailejones, acompañado de remanentes de Bosque siempreverde montano alto (ceja andina), Páramo de Pajonal o Páramo Herbáceo y el Páramo de almohadillas, mismos que se detallan a continuación:

2.1.1. *Páramo de Frailejones o Rosetal Caulescente y Herbazal del Páramo (Frailejones)*

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013), este ecosistema posee una vegetación entre 1 y 3 m de altura, con un paisaje a menudo dominado por caulirrosuletos de un solo tallo que puede llegar a medir hasta 10 m, con matorrales y gramíneas amacolladas intercaladas, este hábitat posee suelos de permeabilidad media con porosidad intergranular, esto facilita al flujo de agua a través del suelo lo que ocasiona el buen drenaje.

En las partes bajas de su distribución se encuentra dominado por *Calamagrostis intermedia* (J.Prestl) Steu y *Espeletia pycnophylla* Cuatrec, esta especie se encuentra en sitios muy húmedos y está asociada con la mayor humedad del suelo y la protección que ofrecen las zonas agrietadas; estas especies se localizan en la parte norte del país en la provincia del Carchi y se extiende por la cordillera oriental hasta el límite de la provincia de Imbabura en la localidad de Mariano Acosta; se ha registra una población separada (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013).

2.1.2. *Páramo de Pajonal o Páramo Herbáceo*

En la REEA existen extensiones cubiertas por páramo de pajonal, especialmente en las zonas más altas sobre los 3 900 metros, donde se reduce la presencia de frailejones, hasta desaparecer. En estas zonas son dominantes varias especies del género *Calamagrostis* y *Agrostis*, hasta presentarse agregaciones de herbáceas formadoras de tapetes, o agrupación de líquenes y musgos, como en el Cerro Pelado a 4150 m (Vargas y Velazco, 2014).

2.2. Importancia ecológica de los musgos

La importancia ecológica de los musgos radica en su capacidad como buenos indicadores de las condiciones ambientales, estas especies interceptan hasta el 50% del agua de lluvia, además, captan el agua de la neblina y tienen la capacidad de absorber desde cinco a siete veces el peso del agua, los musgos ayudan a proteger las nacientes de agua y generar humedad ambiental ya que son los primeros colonizadores de suelos desnudos, beneficiando a la estabilidad del suelo y contribuyendo a evitar su erosión (Cabaña y Cabral, 2014).

Según Motito y Rivera (2017) en el estudio de Diversidad biológica de Cuba, han identificado numerosas funciones de los musgos aplicados en la ecología, por ejemplo: fijación de nitrógeno, como bioindicadores de metales pesados y otros contaminantes en el aire, también favorecen en la acumulación de nutrientes lo que ayuda a enriquecer a los suelos, beneficiando a la acumulación de la materia orgánica en el mismo, además, permite el crecimiento de algas verdes azules que son capaces de fijar nitrógeno al suelo, así como también provee de hábitat y alimento para muchos organismos.

Ecológicamente los musgos son muy importantes ya que son fuentes de agua y de otros servicios de los ecosistemas para los seres vivos, benefician a la regulación del ciclo hídrico, esto debido a que son plantas poiquilohídricos, esto quiere decir que son capaces de absorber agua por las diferentes estructuras de su morfología, además pueden llegar a secarse y entrar en un estado de latencia, para posteriormente reanudar su actividad fisiológica cuando las condiciones lo ameriten; estos logran retener colectivamente alrededor de 15 000 kg de agua por hectárea, gracias a esto, los musgos contribuyen al aporte de agua en los ecosistemas al capturar considerables cantidades de agua lluvias (Pedraza, 2022).

Los musgos son plantas ectohídricas que se caracterizan por la ausencia de un sistema interno que conduzca la conducción de agua, por lo que dependen de estrategias fisiológicas que les permitan mantener los niveles de humedad de acuerdo con los niveles atmosféricos ambientales; a esto se suma la capacidad de presentar una alta tolerancia a la desecación y su capacidad de estar inactivas cuando se desecan (Glime, 2017). Pero a pesar de estas características, no están exentas del calentamiento climático, ya que son plantas sensibles a los cambios de temperatura y humedad, los mismos que impiden desempeñar sus funciones ecológicas, tal es caso de los ecosistemas forestales donde pueden retener una cantidad considerable de agua dentro de la comunidad, con valores comprendidos entre 200% y 3000% de su masa seca (Oishi, 2018).

Se han realizado estudios para evaluar la capacidad de retención de agua que cuentan los musgos, tal es el caso de la investigación efectuada por Merchán et al. (2011) en páramos de Colombia, donde estimaron la cantidad de agua que es retenida dentro de la morfología de los musgos en función de su masa, por lo que también consideraron el sustrato en que se encontraban y las condiciones climáticas de las muestras recolectadas; obteniendo como resultado que Sphagnaceae es la familia con mayor capacidad de retención de agua, en comparación con los demás musgos, además los autores recalcaron que el sustrato y las condiciones climáticas presentes son un factor relevante para llegar a sus conclusiones.

2.3. Métodos de muestreo en musgos

Según Delgadillo et al. (2022) los musgos son plantas con características diferentes a sus sucesoras las plantas vasculares, ya sea por su tamaño, disposición en el entorno, hábito de crecimiento o su asociación con otras especies; por lo que todas estas particularidades se toman en cuenta a la hora de su caracterización y la implementación de métodos específicos para realizar los muestreos de musgos. A continuación, se presentan algunos métodos a ser considerados en la presente investigación:

2.3.1. Muestreo por transectos (MT)

Este método fue utilizado para comparar la diversidad de musgos a lo largo de gradientes altitudinales en senderos de la Reserva Forestal Makiling en Filipinas, donde los autores utilizaron el método de transecto de cinturón para estudiar la brioflora presente en el área, tal como se aprecia en la figura 2, donde cada 100 metros de elevación se dispusieron los diferentes transectos; su efectividad de muestreo fue positiva debido a que se consiguieron identificar 43 y 48 especies de musgos para cada sendero, donde los resultados contribuyeron a comprender la sensibilidad de las briofitas a los cambios ambientales (Alcala, 2019).

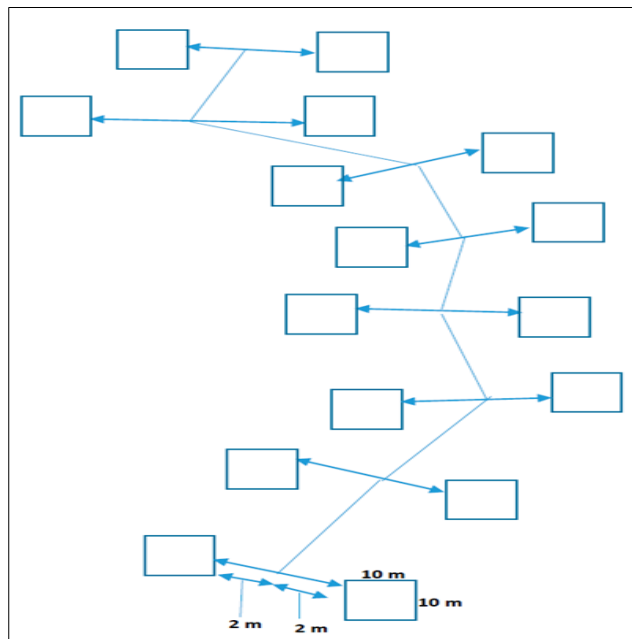


Figura 2. Método de transecto

Nota. Método adaptado para gradientes altitudinales en la Reserva Forestal Mt. Makiling. Fuente: (Alcala, 2019)

2.3.2. Muestreo por parcelas (MP)

Delgadillo et al. (2022) menciona que este es un método utilizado para conocer la ecología de los musgos, registrando datos de riqueza, abundancia o frecuencia de especies, mediante el establecimiento de parcelas de diferentes tamaños, formas o

disposición. Como es el caso de Benítez et al. (2019), los cuales evaluaron los efectos producidos por variables climáticas y geográficas en musgos terrícolas de tres cimas del páramo del Parque Nacional Podocarpus, donde se establecieron ocho parcelas esquineras en cada cima, registrando datos de presencia y cobertura de musgos (método de malla de 10 x 10 cm); el cual permitió a los autores comprender que las comunidades encontradas estuvieron correlacionadas con las precipitaciones y las pendientes, ya que a mayor cantidad de lluvia y menor porcentaje de pendientes, la distribución de musgos es mayor, lo cual refleja una mayor retención de humedad del suelo.

2.4. Índices de diversidad

Para aplicar los índices de diversidad se empieza por las curvas de acumulación de especies, ya que permiten medir el tamaño de la muestra a través de la riqueza, en donde se registra el incremento de especies nuevas presentes en un área determinada, obteniendo una asíntota, la cual se forma en el momento donde la cantidad de especies será muy baja, inclusive podría llegar a ser nula (Ministerio del Ambiente Perú, 2011). Además, Vasquez (2018) argumenta que los índices permiten describir la diversidad tomando en cuenta el número de especies presentes en un área determinada y que generalmente en los estudios de musgos son usados los siguientes índices:

2.4.1. Índice de Margalef

En el estudio de diversidad y conservación de musgos, realizado por Campo y Duval (2014) en un páramo de Argentina, se aplicó el índice de Margalef en donde se obtuvo un valor de 7.24, lo cual demostró que el ecosistema posee una alta riqueza, logrando registrar 37 especies de musgos. De acuerdo con S. Martínez et al. (2016), en donde menciona que los páramos en la mayoría de los casos presentan niveles de diversidad media-baja en musgos, la cual se puede determinar con cálculos de frecuencia, dominancia y abundancia de especies, a través del índice de diversidad de Margalef, el

cual ayuda a medir la biodiversidad de una comunidad determinada en relación con la distribución de los individuos.

2.4.2. Índice de Simpson

En el estudio de diversidad de hepáticas y musgos de Colombia realizado por Cataño et al. (2014), se calculó el índice de Simpson en cuatro turberas en orden descendente, indicando que los valores fueron 0.907, 0.900, 0.809 y 0.808, iniciando desde la cuarta turbera en orden descendente, lo que indicó que las cuatro turberas presentan alta diversidad, sin embargo la turbera cuatro presenta el valor más alto, siendo *Breutelia polygastica* la especie más abundante, concordando con Larraín y Vargas (2021), en su estudio de musgos, los cuales indica que el ecosistema de Turbera presenta una diversidad alta en musgos, según el índice de Simpson, obteniendo valores > 0.95 en los cuatro sitios, sin embargo, en este ecosistema la especie dominante es *Pseudocephalozia quadriloba*, la cual suma más del 50% de cobertura de la turbera.

2.4.3. Índice de Shannon-Wiener

El estudio de diversidad de musgos en México realizado por Gómez et al. (2014), donde calcularon los índices de Shannon, obteniendo un valor de 2.3, representando una diversidad relativamente alta por el número de especies encontradas. Mendoza (2013), juntamente con Gonzalez (2018), en sus estudios de diversidad y composición de musgos, aplicando el índice de Shannon, determinaron una diversidad alta en el ecosistema, argumentando que el índice de Shannon permite describir la diversidad de musgos de un área en específico.

2.5. Estrategias de conservación de briofitas

Según Martínez (2020) menciona que las medidas que se pueden implementar en la conservación de los musgos son varias y es responsabilidad de las instituciones y

gobiernos, desde las organizaciones mundiales hasta las entidades locales; entre las medidas más destacables están: elaboración de Listas Rojas, prohibición o regulación de recolección, conservación *ex situ*, usos racionales de suelos, adecuación de prácticas forestales, inclusión de los musgos en los procesos de evaluación de impacto ambiental, entre otras más, con el fin de evitar el riesgo de desaparición de especies. Además, Morillo (2016) manifiesta que en Ecuador la conservación de los musgos debe protegerse a nivel de paisaje y no solo en lugares protegidos legalmente, creando así redes funcionales, desarrollando estrategias para la conservación de los ecosistemas.

Para establecer estrategias de conservación se debe incorporar información socioeconómica y políticas de los recursos naturales a la comunidad con la finalidad de que las personas sean los actores principales en el aprovechamiento, restauración y uso sostenible de los ecosistemas (Solano y Ospina, 2017). En Ecuador, las briofitas son un grupo de plantas poco consideradas en los procesos de restauración ecológica, esto se debe a que existe escaso conocimiento de estas especies y de su alto valor ecosistémico, siendo un lugar prioritario para realizar estrategias de conservación de flora por ser un país megadiverso, sin embargo, existen otras actividades de producción que a simple vista son más importantes, pero no atribuyen un valor ambiental (Castillo, 2015).

Desde la posición de Tovar (2020), la matriz de Vester, diseñada por Frederic Vester, es una técnica de investigación para establecer estrategias con éxito, ya que facilita la identificación y determinación de las causas y consecuencias de problemas, también se emplea para identificar una situación negativa o problema central, el cual se propone solucionar. Por ello, García et al. (2012) en su estudio, utilizó la matriz de Vester con el fin de obtener estrategias que solucionen problemas, donde la estrategia seleccionada consistió en una propuesta para el diseño de un Parque Nacional Multinacional, con especies endémicas de bosque altoandino y páramo, como musgos y hepáticas, llevando a la conservación *in situ*, conservación de ecosistemas y hábitats, identificación y seguimiento de las especies a través de procesos recreativos y de investigación,

concluyendo que, la matriz de Vester es una herramienta importante en el desarrollo de estrategias para el sector ambiental.

2.6. Marco Legal

2.6.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador (2008) en su última reforma, en el año 2008, en el Título 1 de “Elementos Constitutivos del Estado”, Capítulo primero Principios Fundamentales, menciona lo siguiente:

Art. 3.- “Son deberes primordiales del Estado: 1) Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes; 2) Garantizar y defender la soberanía nacional; 3) Fortalecer la unidad nacional en la diversidad, (...); 7) Proteger el patrimonio natural y cultural del país” (p. 8).

En Título II de “Derechos” en el Capítulo primero Principios de aplicación de los derechos, en la Sección Segunda Ambiente sano, establece lo siguiente:

Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y equilibrado ecológicamente, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, “Sumak Kawsay”. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados” (p. 13).

Art. 15.- “El estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua (...)” (p. 14).

Por otro lado, en el Capítulo séptimo Derechos de la Naturaleza, manifiesta lo siguiente:

Art. 73.- “El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional” (p.33).

En el Título VII, del “Régimen del Buen Vivir”, Capítulo segundo Biodiversidad y Recursos Naturales, Sección Segunda Biodiversidad y sección Cuarta Recursos Naturales, indica respectivamente en los siguientes artículos:

Art. 400.- “El Estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional. Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país” (p.121).

Art. 408.- “Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar

territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico. Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución (...).” (p.122).

2.6.2. *Tratados y Convenios Internacionales*

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), en c en el que Ecuador forma parte, menciona lo siguiente:

Art. 8.- “Conservación in situ: a) Establecerá un sistema de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica; b) Cuando sea necesario, elaborará directrices para la selección, el establecimiento y la ordenación de áreas protegidas o áreas donde haya que tomar medidas especiales para conservar la diversidad biológica; c) Reglamentará o administrará los recursos biológicos importantes para la conservación de la diversidad biológica, ya sea dentro o fuera de las áreas protegidas, para garantizar su conservación y utilización sostenible; d) Promoverá la protección de ecosistemas y hábitats naturales y el mantenimiento de poblaciones viables de especies en entornos naturales; e) Promoverá un desarrollo ambientalmente adecuado y sostenible en zonas adyacentes a áreas protegidas, con miras a aumentar la protección de esas zonas; f) Rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y promoverá la recuperación de especies amenazadas, entre otras cosas mediante la elaboración y la aplicación de planes u otras estrategias de ordenación (...).” (p. 5).

El Convenio de RAMSAR tiene enfoque en la protección de áreas especiales como los humedales, los cuales son definidos como áreas de ciénega, pantano, turba o agua, sea

natural o artificial, permanente o temporal, incluyendo áreas de aguas marinas, por lo que Ecuador forma parte de este convenio denominado Humedales de Importancia Internacional. Por otro lado, existen países como Italia que considera que se debe incluir a los humedales que existen dentro y fuera de las áreas protegidas (Ramsar, 2014).

2.6.3. Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

Como señala el COOTAD (2015), en el Título I de los “Principios Generales” indica:

Art. 4.-“ Fines de los gobiernos autónomos descentralizados: a) El desarrollo equitativo y solidario mediante el fortalecimiento del proceso de autonomías y descentralización; (...); d) La recuperación y conservación de la naturaleza y el mantenimiento para un medio ambiente sostenible y sustentable, e) La protección y promoción de la diversidad cultural y el respeto a sus espacios de generación e intercambio; la recuperación, preservación y desarrollo de la memoria social y el patrimonio cultural; (...).” (p. 10).

Por otro lado, en el Capítulo III Del Ejercicio General de las Competencias menciona lo siguiente:

Art.136.- “De ejercicio de las competencias de gestión ambiental.-De acuerdo con lo dispuesto en la Constitución, el ejercicio de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza a través de la gestión concurrente y subsidiaria de las competencias de este sector, con sujeción a las

políticas, regulaciones técnicas y control de la autoridad ambiental nacional, de conformidad con lo dispuesto en la ley (...).” (p. 77).

2.6.4. Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA)

De acuerdo con el Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (2019) en su última modificación, realizada en el año 2019, en Título II, de la “Conservación In Situ”, Capítulo I Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Sección 1a Disposiciones Generales y Sección 3a Categorías de Manejo y Zonificación De Las Áreas Protegidas, indica respectivamente los siguientes artículos:

Art. 128.- “Evaluaciones técnicas.-La evaluación de cumplimiento de los objetivos de conservación de las áreas protegidas se realizará través de la aplicación de herramientas de gestión y monitoreo de valores de conservación del área protegida que la Autoridad Ambiental Nacional establezca: (a) Evaluación de la gestión del área protegida, (b) Evaluación de cumplimientos de los planes de manejo, (c) Evaluación de los valores de conservación de las áreas protegidas, y d) Otras que la Autoridad Ambiental Nacional establezca” (p. 28).

Art. 141.- “Áreas de protección hídrica. -La Autoridad Única del Agua establecerá y delimitará las áreas de protección hídrica. La Autoridad Ambiental Nacional las integrará al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, mediante declaratoria; y determinará la categoría de manejo y el subsistema que les corresponda” (p. 31).

Por otro lado, en el Título VI de “Servicios Ambientales”, Capítulo I Disposiciones Generales indica:

Art. 249.- “Tipos y características.- Los ecosistemas pueden proveer de varios servicios ambientales y sin perjuicios de otras definiciones y clasificaciones que la Autoridad Ambiental Nacional expida, se reconocen los siguientes tipos y características de servicios ambientales: a) Servicios de aprovisionamiento: provisión de todo tipo de bienes tangibles, tanto de recursos naturales renovable y no renovables tales como: agua, madera, alimentos, minerales, entre otros; b) Servicios de regulación: servicios derivados del funcionamiento de los procesos de los ecosistemas sin pasa por procesos de transformación antrópica y resultan vitales para la supervivencia del ser humano, tales como los procesos para mantener la calidad de aire, del agua, fertilidad del suelo, control de inundaciones, de plagas, captura y almacenamiento de dióxido de carbono, protección del ozono frente a los rayos ultravioleta, entre otros; (...); d) Servicios de soporte: los procesos eco sistémicos básicos que aseguran el funcionamiento adecuado y los flujos necesarios para la provisión de todos los demás servicios eco sistémicos, entre estos: fotosíntesis, ciclo de nutrientes, ciclo del agua, formación de suelos, entre otros” (p. 51).

2.6.5. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULSMA)

De acuerdo con el TULSMA (2017) en su última modificación realizada el 2017, en el Libro I De La Autoridad Ambiental, Título I De la Misión, Visión y Objetivos del Ministerio del Ambiente. Agua y Transición Ecológica (MAATE), menciona lo siguiente:

Art. 2.- “VISIÓN DEL MAATE. - Se establece como visión institucional la siguiente: Hacer del Ecuador un país que conserva y usa sustentablemente su diversidad, mantiene y mejora su calidad ambiental, promoviendo el desarrollo sustentable y la justicia social y

reconociendo al agua, suelo y aire como recursos naturales estratégicos” (p. 6).

Art. 3.- “ OBJETIVOS DEL MAATE: Los objetivos estratégicos institucionales son los siguientes: 1. Conservar y utilizar sustentablemente la biodiversidad, respetando la multiculturalidad y los conocimientos ancestrales; 2. Prevenir la contaminación, mantener y recuperar la calidad ambiental; 3. Mantener y mejorar la cantidad y calidad del agua, manejando sustentablemente las cuencas hidrográficas; 4. Reducir el riesgo ambiental y la vulnerabilidad de los ecosistemas y 5. Integrar sectorial, administrativa y territorialmente la gestión ambiental nacional y local” (p. 7).

En el Libro II Del Régimen Forestal, Título IV De los bosques y vegetación protectores, indica lo siguiente:

Art. 16.- “Son bosques y vegetación protectores aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, arbóreas, arbustivas o herbáceas, de dominio público o privado, que estén localizadas en áreas de topografía accidentada, en cabeceras de cuencas hidrográficas o en zonas que por sus condiciones climáticas, edáficas e hídricas no son aptas para la agricultura o la ganadería. Sus funciones son las de conservar el agua, el suelo, la flora y la fauna silvestre” (p. 66).

Art. 20.- “Las únicas actividades permitidas dentro de los bosques y vegetación protectores, previa autorización del Ministerio del Ambiente, serán las siguientes: a) La apertura de franjas cortafuegos, b) Control fitosanitario, c) Fomento de flora y fauna silvestre, d) Ejecución de obras públicas” (p. 17).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio

La Reserva Ecológica El Ángel fue establecida según el Acuerdo Ministerial 0415 y el Registro Oficial No. 21 el 8 de septiembre de 1992. Se encuentra ubicada en la provincia del Carchi, la cual protege un importante complejo de lagunas altoandinas, que junto a sus páramos abastecen de agua a toda la provincia. La REEA es reconocida a nivel nacional e internacional por sus importantes valores escénicos, hidrológicos, biológicos y sociales, además se caracteriza por la presencia dominante de páramo húmedo o pantanoso de frailejones, los cuales permiten la acumulación de agua, convirtiéndola en una fuente importante de abastecimiento de este recurso (Chimbolema et al., 2014).

La REEA fue designada como sitio Ramsar en 2012, con un área total de 17 003 ha, que están comprendidas dentro de la superficie total de la reserva, este sitio busca asegurar el uso adecuado y la conservación de los humedales que cuentan con una abundante riqueza de flora y fauna (Jácome, 2020). La REEA (Tabla 1) también es importante ya que brinda servicios ecosistémicos como la provisión de recursos hídricos de calidad y desempeña el papel de sumidero de carbono que contribuye a la regulación y mitigación del cambio climático. Adicionalmente, el área cuenta con una alta sensibilidad ecológica, donde se encuentran las Lagunas Verdes, localizadas en la parroquia Tufiño, perteneciente al cantón Tulcán; este lugar complementa el esquema de conservación de humedales del sector Noroccidental del Ecuador (Ministerio del Ambiente, 2015).

Tabla 1. Ubicación y datos meteorológicos del lugar de la investigación

| Ítem | Descripción |
|---------------------------|----------------------|
| Provincia | Carchi |
| Cantón | Espejo |
| Altitud | 3200 – 4200 msnm |
| Humedad Relativa Promedio | 85 % |
| Temperatura media | 5 – 6 °C |
| Pluviosidad | 2000 - 3000 mm |
| Sitio 1 | Lagunas El Voladero |
| Sitio 2 | Bosque de Polylepis |
| Sitio 3 | Quebrada La Buitrera |

Nota. La información fue obtenida del Plan de Manejo Reserva Ecológica El Ángel (Ministerio del Ambiente, 2015)

3.1.1. Ubicación geográfica de la REEA

La Reserva Ecológica El Ángel se encuentra ubicada en la provincia del Carchi, en la Sierra del Ecuador, tiene una superficie compartida entre las parroquias La Libertad y El Ángel pertenecientes al cantón Espejo, las parroquias Maldonado y Tufiño que conciernen al cantón Tulcán y la parroquia (Figura 3) y La Concepción que corresponde al cantón Mira (Montenegro, 2016). La REEA contiene una extensión de 16 541 hectáreas, incluyendo altitudes con un rango que va desde los 3200 a 4200 msnm con una precipitación de 2000 a 3000 mm al año, por lo que en este lugar llueve en cualquier época del año dando nacimiento a muchos ríos que depositan sus aguas en las cuencas de los ríos Mira y El Ángel, el agua proviene de sus páramos y humedales, se los considera como los páramos más húmedos del Ecuador, ya que es una importante fuente de abastecimiento para la población carchense (Grijalva, 2015).

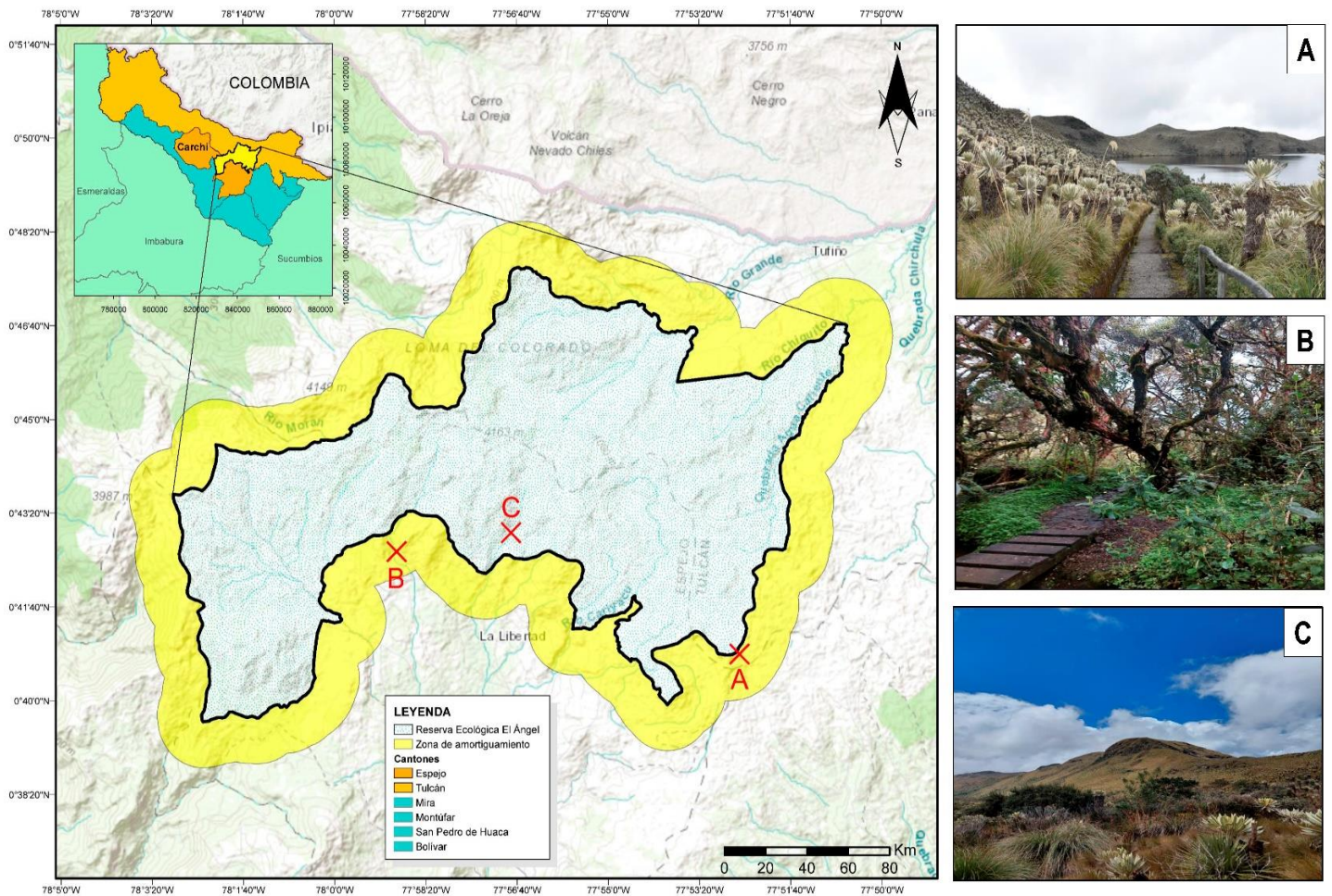


Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio

Nota. El mapa indica los tres sitios de recolección de los musgos. A: Sendero de la Laguna El Voladero, B: Bosque de Polylepis (está dentro de la zona de amortiguamiento dispuesta a 200 km de la REEA) y C: Quebrada La Buitrera.

3.1.2 Descripción de los sitios de estudio

3.1.2.1. Laguna El Voladero - Sitio 1

Dentro de la reserva se encuentran lagunas altoandinas permanentes, algunas de ellas están distribuidas de manera aislada, sin embargo, desempeñan un gran valor hidrológico ya que se encuentran formando complejos lagunares como Las Lagunas “El Voladero” (Figura 4), las cuales constituyen el paisaje de páramo. El área está compuesta por pequeñas

quebradas que alimentan las lagunas, que inicialmente era una sola, pero con el transcurso de los años han experimentado una división natural en tres lagunas, dejando espacios que tiene gran diversidad de flora, destacándose el frailejón, una especie endémica del lugar; en cuanto a la fauna se destacan los conejos, lobos, patos, entre otros (Valencia, 2014).

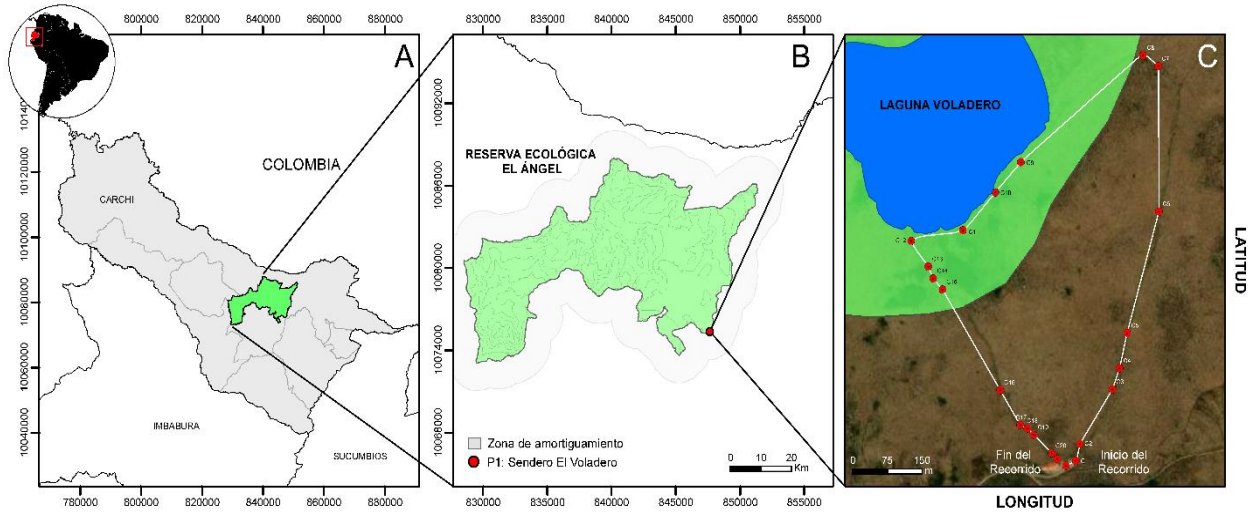


Figura 4. Mapa de ubicación de Lagunas El Voladero

Nota. El recorrido de la primera ruta está marcado por un sendero establecido con señalética y es frecuente la presencia de turistas

3.1.2.2. Bosque de Polylepis - Sitio 2

El Bosque de Polylepis es caracterizado como un bosque primario-milenario, el cual es conocido como único en su género debido a su exclusividad de especies, el lugar está en una zona importante de la REEA, conocida como zona de amortiguamiento, ya que existe una cascada que atraviesa todo el bosque formando riachuelos, además posee una flora variada, como arrayán, puma maqui, encinos, pandala, orquídeas entre otras (Figura 5). Sin embargo, predomina el género *Polylepis* cuya altura alcanza los 15 m, la cual le da origen al nombre del bosque, también cuenta con varias especies de fauna como: perdices, palomas, conejos, lobos de páramo, entre otros (Eches, 2020).

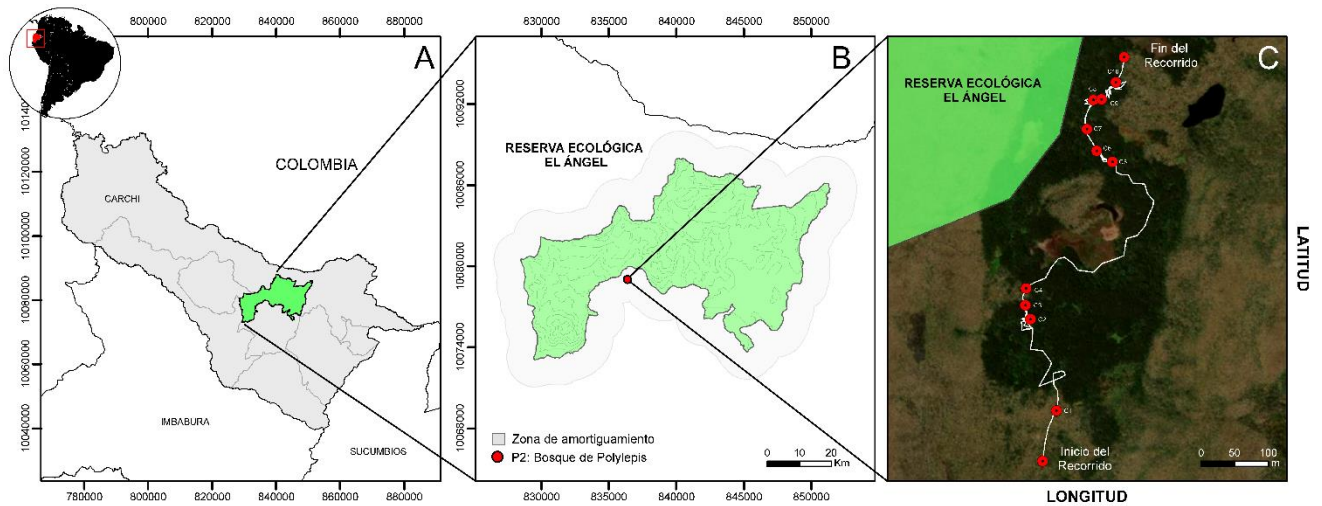


Figura 5. Mapa de ubicación del Bosque de Polylepis

Nota. El recorrido de la segunda ruta tiene señalética por parte del centro turístico, pero fuera de esta área se encuentra desprovista de rutas marcadas.

3.1.2.3. Quebrada la Buitrera - Sitio 3

La Quebrada de la Buitrera es un área que se encuentra en el nudo de Boliche (Figura 6), el cual corresponde al cantón Espejo y está provisto de varias elevaciones de origen volcánico, se encuentra a una altitud de 3400 msnm (Valencia, 2014). Esta área se caracteriza por presentar cuatro tipos de vegetación, el Páramo de Frailejones, Bosquetes Remanentes de Quebrada o también conocido como Bosque Siempreverde Montano Bajo, Bosque de Polylepis y los Humedales (Garzón, 2004). En lo que respecta a la fauna del sitio se ha registrado la presencia de especies emblemáticas como es el caso del cóndor Andino (*Vultur gryphus*) (Molina y Lasso, 2013).

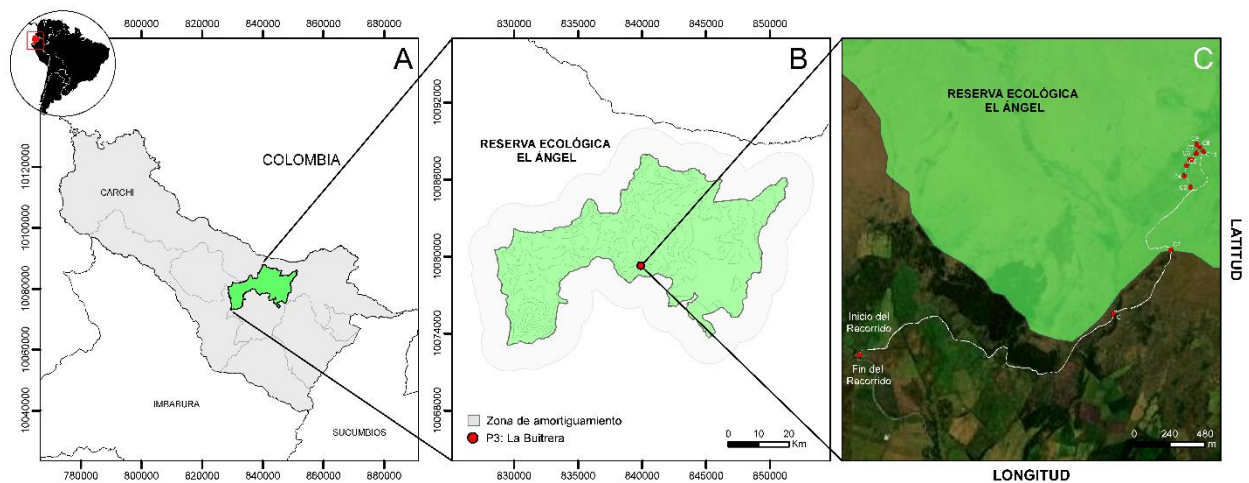


Figura 6. Mapa de ubicación de Quebrada La Buitrera

Nota. La tercera ruta no cuenta con un sendero definido, por lo que la presencia antrópica no es frecuente.

3.2. Materiales y Equipos

Para la ejecución de los objetivos se implementaron los siguientes materiales de campo y equipos de laboratorio (Tabla 2), necesarios para desarrollar la investigación, como se presenta a continuación:

Tabla 2. Materiales de campo, equipos de laboratorio y software utilizados en la investigación

| | Campo | Laboratorio |
|------------|--|--|
| Materiales | <ul style="list-style-type: none"> • Mochila de campo • Botas • Poncho de agua • Guías de campo • Esferos • Marcadores • Bolsa ziploc • Estilete • Cuadrante 0.60 x 0.60 cm (Tubos PVC y abrazaderas) | <ul style="list-style-type: none"> • Mufla • Microscopio-estereoscopio • Guías y libros digitales de flora-musgos. • Páginas web para identificación de especies de flora-musgos |
| Equipos | <ul style="list-style-type: none"> • Espátula • Pesa digital • GPS • Celulares • Cámara | <ul style="list-style-type: none"> • Software libre ArcGis 10.8 • Software Past 4.03 • Software EstimateS V.9.1.0 • Software RStudio 2023 |

3.3. Métodos de estudio

3.3.1. Caracterización de la diversidad de musgos presentes en la Reserva Ecológica El Ángel

Para evaluar la diversidad de musgos se determinó el área de muestreo donde se recolectaron los musgos, pero previo se consideró una salida de campo para el reconocimiento del área de estudio, luego se realizaron las siguientes salidas a los tres sitios de muestreo (Figura 7), donde se tomaron en cuenta las coordenadas geográficas, mediante un Garmin GPS, que permitió registrar el recorrido, junto a los parámetros de georreferenciación generales como coordenadas UTM, latitud y altitud.



Figura 7. Salidas de campo a los sitios de muestreo

Nota. A) Lagunas del Voladero, B) Bosque Polylepis y C) Quebrada la Buitrera

3.3.1.1. Muestreo de musgos

El muestreo de musgos se realizó mediante la adaptación de metodologías descritas por Delgadillo et al. (2022), las cuales están centradas en conocer la diversidad de musgos, debido a que presentan características diferentes en comparación con plantas de mayor tamaño, también se tuvo la participación en seminarios como: “Muestreo de Briofitas 2022” y “Bryophytes course, 2023”, para fortalecer conocimientos, además de obtener la aprobación para la extracción de especímenes de diversidad biológica (Anexo 1 y 2).

En el primer sitio (Lagunas del Voladero) se realizó una salida de reconocimiento para posteriormente realizar la caracterización, los otros sitios correspondientes al Bosque de Polylepis (ubicado dentro de la zona de amortiguamiento) y la Quebrada La Buitrera se efectuaron con ayuda de guardaparques de la REEA. Para el registro de datos de abundancia de especies se establecieron parcelas cuadradas en cada sitio de muestreo, con la ayuda del método de malla de 0.60 x 0.60 cm, adaptado de Benítez et al. (2019), las cuales fueron etiquetadas, este proceso se la aprecia en la Figura 8, posteriormente fueron fotografiadas para la determinación de la biodiversidad de musgos.

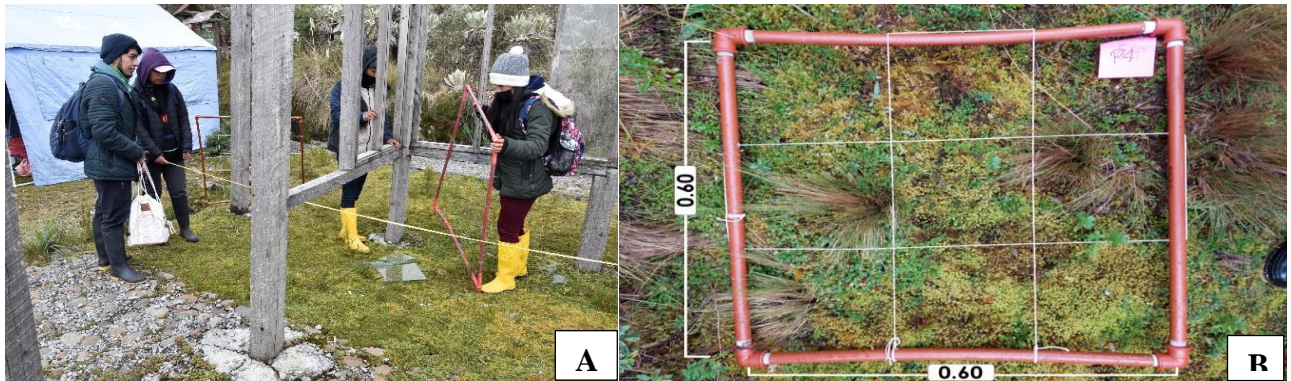


Figura 8. Muestreo de musgos en la Reserva Ecológica El Ángel

Nota. A) Muestreo de musgos, B) Malla elaborada a partir de tubo PVC (0.60 x 0.60)

3.3.1.2. Recolección y almacenamiento de las muestras

Para la recolección de especímenes se tomó en cuenta algunas consideraciones enfocadas en especies no vasculares (Anexo 3), tal como lo menciona el trabajo de British Columbia Ministry of Forest (1996). Para el presente estudio se recolectaron dos muestras de cada posible musgo, el primero fue destinado a la identificación de las muestras y el segundo para el traslado y determinación de la capacidad de retención de agua de los especímenes. Para la identificación se realizó la recolección y registro fotográfico de las muestras con la cámara Nikon D7500 (lente 18-140 mm), además se observaron los musgos en el estereoscopio LEICA M165C, con el fin de visualizar sus estructuras más representativas. En cuanto al contenido hídrico, se colectó una muestra

de 5 x 5 cm (Figura 9), para así tener el mismo volumen en todas las especies y proceder a obtener el peso fresco de la muestra, mismas que fueron empaquetadas y etiquetadas en fundas con cierre hermético (Anexo 4), dichos musgos fueron trasladados al laboratorio LABINAM, perteneciente a la Universidad Técnica del Norte, el cual permitió evaluar la capacidad de retención de agua de los musgos colectados.



Figura 9. Colecta y almacenamiento de las muestras de musgos

3.3.1.3. Identificación de especies: revisión de base de datos

En la fase de la identificación de los especímenes recolectados se procedió a tomar fotos en el estereoscopio con el fin de obtener la identificación correcta (Figura 10), esto se hizo gracias al sustento de plataformas virtuales, guías de campo y el asesoramiento de expertos en el reconocimiento de briofitas, a continuación, se detallan las bases de datos utilizadas:

Tropicos® Connecting the World to Botanical Data Since 1982

Base de datos digital que recopila información de 5.03 millones de especímenes y un aproximado de 1.07 millones de imágenes de la flora presente en el mundo, esta plataforma presenta 54 300 publicaciones, disponibles de forma gratuita para la comunidad científica; además, dispone de proyectos en los que recopilan información relevante para el presente estudio como lo son: Bryophytes (WFO) y Moss World Flora. La información presente en esta página web la convierte en una herramienta

imprescindible para conocer especies presentes en un área determinada, mediante filtros que ayudan a georreferenciar musgos en áreas específicas (Tropicos, 2023).

Guías de Campo de Field Museum

Field Museum (2022), es una página en línea en la cual se encuentra una gran variedad de imágenes e información científica a través de guías de campo, lo que facilita la investigación y ayuda a las personas a involucrarse con la diversidad de todo el planeta y también de una zona determinada, en la cual se puede colocar las categorías, que incluye la localización y el año de publicación, así como también región, país y provincia.

Catálogo de Plantas y Líquenes de Colombia

Es una página en línea que pertenece a la Universidad Nacional de Colombia, la cual tiene una extensa información de plantas y líquenes de Colombia, contribuye al conocimiento de las plantas mediante la cooperación con otras universidades e instituciones del estado, además, promociona y fomenta el acceso a la educación superior de calidad, facilitando la investigación a través de la descarga de los documentos existentes en esta página (Universidad Nacional de Colombia, 2018).

Global Biodiversity Information Facility - GBIF

Es una página web internacional, la cual alberga una gran variedad de tipos de flora y fauna, es financiada por gobiernos del mundo y destinada a proporcionar acceso a la información actual sobre biodiversidad, donde se han logrado registrar las especies, mediante el uso de estándares de datos, que cubren temas que van desde los impactos del cambio climático hasta las prioridades para la conservación de las especies, promoviendo la investigación científica (GBIF, 2023).

Naturalist Ecuador

Es una plataforma que contribuye a reconocer la biodiversidad presente en el Ecuador, mediante el registro de observaciones en su base de datos tanto de flora como fauna, lo cual permite compartir con la comunidad de naturalistas y mediante la colaboración de expertos se consigue generar información sobre las especies, tal es el caso de las briofitas en Ecuador en el apartado de “Musgos y Parientes (Filo Bryophyta)” (INABIO, 2022).



Figura 10. Toma de fotografías en el estereoscopio e identificación de las muestras

3.3.1.4. Clasificación y categorización de las especies

La información obtenida de cada individuo registrado en los tres sitios (Lagunas del Voladero, Bosque Polylepis y Buitrera) de la Reserva Ecológica El Ángel fue colocada en una base de datos en el programa Excel 2023, para luego ser clasificados taxonómicamente de la siguiente manera: orden, familia, género y especie, además se describió el origen de las especies con ayuda de las plataformas utilizadas anteriormente en su identificación y por último se registró el estado de conservación de acuerdo con la Lista Roja de International Union of Conservation of Nature (IUCN, 2023), la cual contiene nueve categorizaciones según su nivel de amenaza, como se observa en la Tabla 3:

Tabla 3. Lista roja de la IUCN

| Abreviatura | Categorización |
|--------------------|---------------------------|
| NE | No evaluada |
| DD | Datos insuficientes |
| LC | Preocupación menor |
| NT | Casi amenazada |
| VU | Vulnerable |
| EN | En peligro |
| CR | Peligro crítico |
| EW | Extinta en estado salvaje |
| EX | Extinta |

Nota. Adaptado de IUCN (2023)

3.3.1.5. Diversidad de los Musgos

Para determinar la diversidad de musgos se realizó un censo poblacional en los tres sitios de muestreo de la Reserva, aplicando los índices de diversidad alfa y beta. Para conocer la Diversidad Alfa, se considera un gradiente altitudinal comprendido entre los 3200 y 4200 msnm, donde se encuentran distribuidos los musgos. La riqueza específica en el que se toma en consideración el Índice de Margalef, para el caso de la valorización de la estructura de la comunidad se consideró los índices de Simpson y Shanon-Wiener, que conjuntamente permitieron evaluar la diversidad de musgos a través de la abundancia y homogeneidad de los individuos (Guerra et al., 2020), los cuales fueron aplicados en cada sitio: Laguna del Voladero, Bosque Polylepis y Buitrera. Para evaluar los índices de diversidad antes mencionados se aplicaron las escalas de significancia que posee cada uno de estos índices, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4. Escala de significancia del Índice de Diversidad de Margalef, Simpson y Shannon-Wiener

| Índice de Diversidad de Margalef | | Índice de Diversidad de Simpson | | Índice de Diversidad de Shannon-Wiener | |
|---|--------------------|--|--------------------|---|--------------------|
| Rangos | Significado | Rangos | Significado | Rangos | Significado |
| >5 | Riqueza alta | 0.00 – 0.35 | Dominancia baja | <2 | Diversidad baja |
| 2 - 5 | Riqueza media | 0.36 – 0.75 | Dominancia media | 2 - 3.5 | Diversidad media |
| <2 | Riqueza baja | 0.75 – 1.00 | Dominancia alta | 3.5 - 5.3 | Diversidad alta |

Nota. Tomado de (Guerrero et al., 2020)

Nota. Tomado de (Alvarez, 2017)

Nota. Tomado de (Medrano et al., 2017)

3.3.2. Determinación de los musgos con mayor capacidad de retención de agua en la Reserva Ecológica El Ángel

Las muestras que fueron colectadas en campo se colocaron, pesaron (Figura 11) y almacenaron en bolsas ziploc para mantener su estructura intacta y ser trasladadas al Laboratorio de Investigaciones Ambientales (LABINAM) perteneciente a la Universidad Técnica del Norte. La metodología implementada se basó en el trabajo de Merchán et al. (2011) para musgos, estos fueron colectados en diferentes tipos de sustratos, como: corteza y suelo; las muestras se limpiaron para eliminar el exceso de impurezas, también se procedió a pesar a los especímenes en campo, obteniendo así el peso fresco de absorción de agua externa (PF) en gramos.



Figura 11. Pesaje de muestras en campo

Nota. A) Pesaje, B) Etiquetado de muestras y C) Registro de coordenadas

3.3.2.1. Capacidad de retención de Agua

Para determinar este valor, Oishi (2018) recomienda considerar el peso saturado, mismo que se obtuvo en el laboratorio, tras manipular las muestras y sumergirlas en un recipiente con agua con el fin de representar el estado de las briofitas en estado de turgencia (simulando que las precipitaciones han influido en su saturación), luego se retiraron las muestras del recipiente a una bandeja y reposaron durante 10 min para eliminar el exceso de agua externa, después de este proceso se realizó nuevamente el pesado, para obtener el peso saturado (PSA) en gramos; posteriormente, las muestras se secaron en la mufla a 75 °C durante 48 h, y fueron pesadas nuevamente, para obtener el valor de peso seco (PSE) en gramos; el proceso se muestra en la Figura 12. Finalmente, para conocer cuál es la capacidad de retención de agua se basó en la fórmula recomendada por Coelho et al. (2023), misma que fue se aprecia a continuación:

$$CRA = \frac{PSA}{PSE} * 100\% \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

CRA: Capacidad de retención de agua

PSA: Peso saturado o en turgencia

PSE: Peso seco después de secar los musgos en la mufla.

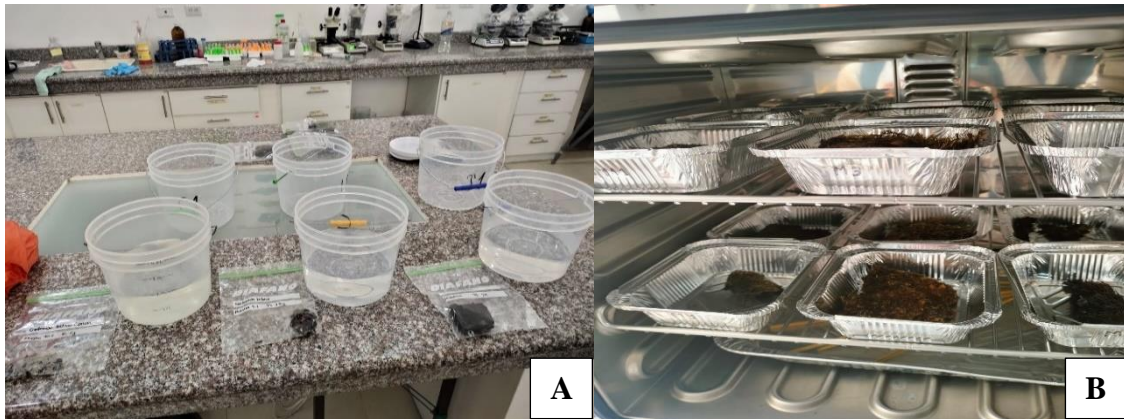


Figura 12. Proceso para determinar la capacidad de retención de agua en musgos

Nota. A) Peso saturado – PSA, B) Peso seco – PSE

3.3.2.2. Análisis de información

El análisis de la información se lo realizó mediante el software RStudio (Versión 2023.06) el cual fue utilizado para conocer sobre la estadística descriptiva de los datos correspondientes al contenido hídrico (retención de agua en musgos), también se verificó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilks, la cual es utilizada cuando se presentan menos de 40 datos. Esto permitió determinar que los datos no siguen una distribución normal por lo que se consideró la prueba de Kruskal-Wallis, con el fin de conocer cuál de los órdenes es el más representativo en cuanto al objetivo de la investigación efectuada en la Reserva Ecológica El Ángel.

3.3.3. Estrategias de conservación de las especies de musgos para el cuidado del recurso hídrico

La propuesta de estrategias se enfocó en la conservación de los musgos de la Reserva Ecológica El Ángel tomando en cuenta los problemas existentes en la zona de estudio, los cuales fueron recopilados a través de las salidas de campo y aplicando la matriz de Vester, misma que permite identificar y relacionar las consecuencias y causas de la

situación que presenta el área de investigación, para luego a través de la matriz de Viabilidad, obtener alternativas que ayuden a mitigar las principales amenazas de la Reserva Ecológica El Ángel, a continuación se detalla el procedimiento de cada matriz:

Matriz de Vester

A través de revisión bibliográfica y salidas de campo se logró identificar los problemas de los musgos, estableciendo la matriz de Vester; Leiva y Álvarez (2021) indican que esta matriz es una tabla de doble entrada, en donde, una vez identificado los problemas, se procede a formar la matriz, ubicando los problemas detectados, tanto en el eje X como en el eje Y, relacionando el de influencia que tiene un problema frente al otro, de esta manera la matriz le asigna un valor de acuerdo a la afectación que causa sobre las demás situaciones (Pesántez y Suárez, 2020); siendo 0 (sin relación), 1 (Baja influencia), 2 (media influencia), 3 (alta influencia), como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 5. Ejemplo de Matriz de Vester

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Total activos |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---------------|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | |
| Total pasivos | | | | | | | | | |

Posteriormente se calculó los totales por filas y columnas, realizando una clasificación de acuerdo con el grado de influencia/causa y dependencia/efecto de cada problema, obteniendo un diagrama de dispersión en el cual se clasificaron los problemas en: críticos, pasivos, indiferentes y activos (Riaño, 2017). De acuerdo con Pinzón (2012) los problemas críticos son causados por otros problemas, que, al mismo tiempo afectan a los demás; los problemas pasivos representan los problemas que son consecuencias de otros; los problemas indiferentes no causan ni son causados por los demás problemas, y los problemas activos no son causados por las demás situaciones, pero, que, si influyen en los demás, por lo que se los considera la causa principal de los problemas (Valbuena, 2019); como se aprecia en la Figura 13.

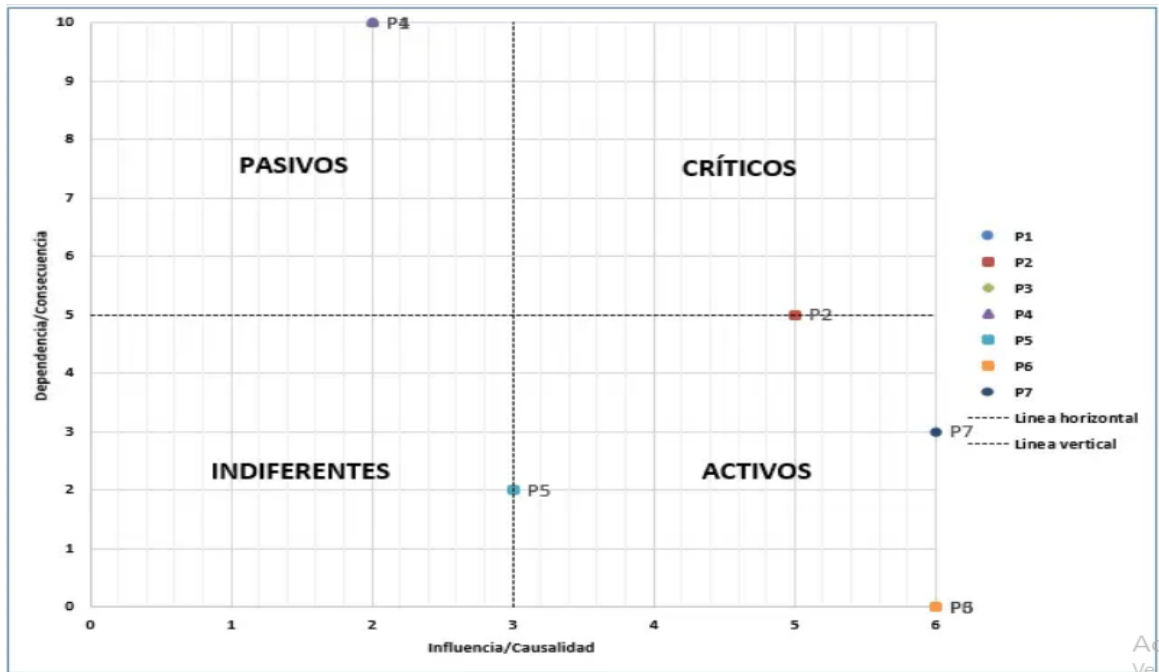


Figura 13. Ejemplo de diagrama de dispersión

Nota. Ubicación de cuadrantes problemáticos, Tomado de: (Pinzón, 2012)

Finalmente, se realizó el árbol de problemas el cual permitió la identificación de los principales problemas con sus respectivas causas y efectos, permitiendo de esta manera definir objetivos prácticos, así como también establecer estrategias para cumplirlos, ubicando el problema crítico en la parte central, mientras que en la parte superior se

colocan las consecuencias y en la parte inferior las causas (Valbuena, 2019), como se puede observar en la Figura 14.

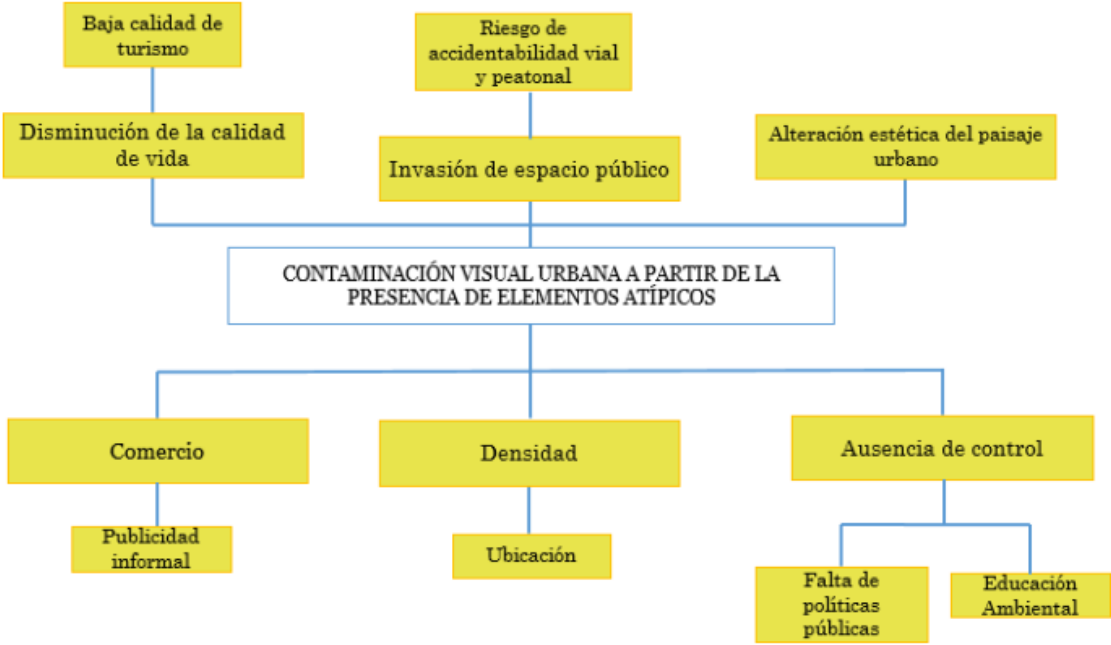


Figura 14. Ejemplo del árbol de problemas

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diversidad de musgos presentes en la Reserva Ecológica

Mediante los datos de abundancia registrados en los sitios de muestreo, se consiguió conocer la riqueza de especies de musgos, por medio de la elaboración de curvas de acumulación de especies, junto a estimadores no paramétricos, los cuales permitieron estimar el número de casos no muestreados, mediante la extrapolación de lo que se conoce frente a lo que aún no se conoce (Magurran, 2004). En este caso se aplicaron los estimadores Chao 1 y ACE, obtenidos mediante el software EstimateS v.9.1.0, los cuales reflejaron porcentajes de confiabilidad favorables para el estudio, tal como se aprecian en la Tabla 6, donde se obtuvieron valores > 85%, indicando que el muestreo fue óptimo, según lo expuesto por Lombo y Suarez (2018) en su estudio de distribución de briofitos, los cuales afirman que la representatividad de muestreo es correcta con valores porcentuales similares al presente estudio.

Tabla 6. Valores resultantes de los estimadores de diversidad CHAO 1 y ACE

| | Sitios de muestreos | | |
|----------------------|---------------------|------------------|----------|
| | Laguna El Voladero | Bosque Polylepis | Buitrera |
| Confiabilidad CHAO 1 | 91% | 89% | 87% |
| Confiabilidad ACE | 90% | 87% | 85% |

Las curvas de acumulación de especies calculadas para cada sitio se consideran como una medida de esfuerzo de muestreo, donde los valores porcentuales altos denotan que los muestreos son representativos y el esfuerzo de muestreo es similar, permitiendo hacer comparaciones entre los diferentes sitios, tal como lo realizan en el estudio de Cataño et al. (2014). En las curvas de acumulación presentes en la Figura 15, se aprecia que la gráfica del Voladero alcanza una asíntota en la especie número 23, en la que se ha llegado a un máximo donde se han registrado todas las especies, en el Bosque de

Polylepis también se aprecia el mismo patrón, donde la curva se estabiliza en la novena especie. En el último sitio, correspondiente a la Buitrera, no se forma una asíntota clara, pero mediante los estimadores se aprecia un incipiente patrón que tiende a estabilizar la curva en la quinta especie, tal como lo consideran en el estudio de Delgadillo et al. (2015).

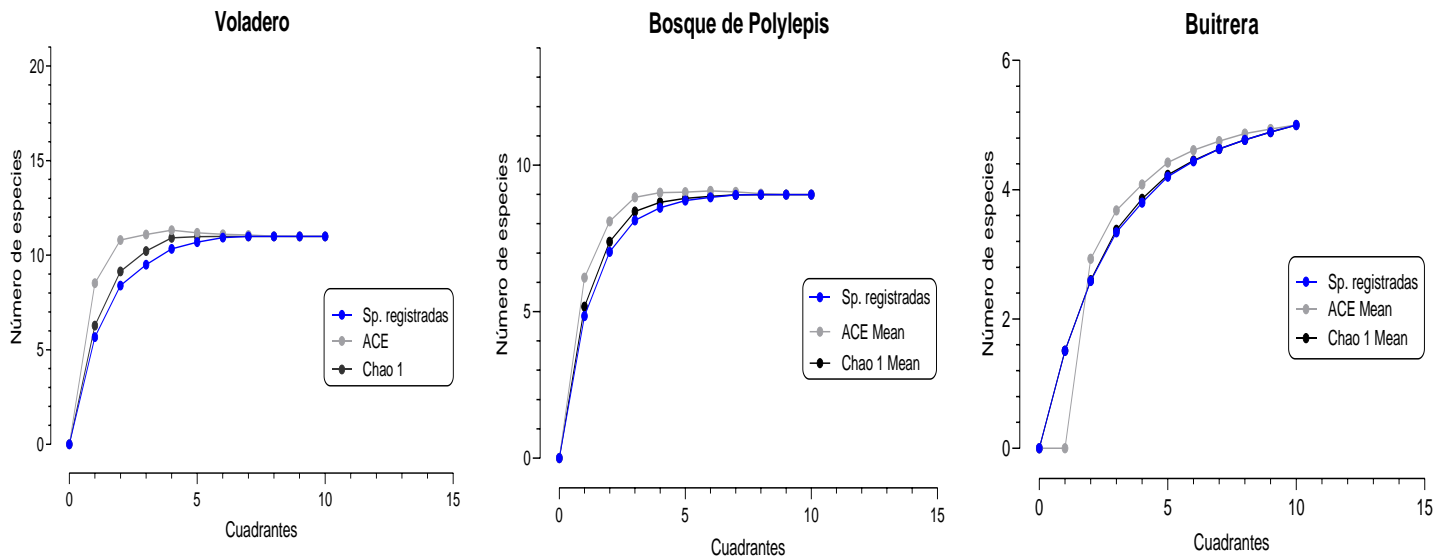


Figura 15. Curva de acumulación de especies

4.1.1. Especies registradas en el área de estudio

En la Reserva Ecológica El Ángel se registró un total de 23 especies de musgos, comprendidas en 8 órdenes, 14 familias y 18 géneros, tal como se aprecia en la (Tabla 7). En el sitio 1 correspondiente a la Laguna El Voladero se evidenció un total de 7 órdenes, 7 familias, 8 géneros y 11 especies, seguido del Bosque de Polylepis con 7 órdenes, 10 familias, 10 géneros y 8 especies; finalmente en el sitio 3 que corresponde a Quebrada La Buitrera se encontraron un total de 5 órdenes, 5 familias, 5 géneros y 5 especies. Además, se pudo identificar hasta el nivel de especie un 91.3% del total de los musgos registrados en el presente estudio.

Tabla 7. Composición de la Reserva Ecológica El Ángel

| N° | Orden | Familia | Especies | S1 | S2 | S3 |
|----|----------------|-----------------|--|----|----|----|
| 1 | | Bartramiaceae | <i>Breutelia subtomentosa</i> (Hampe) A. Jaeger, 1875 | ✓ | | |
| 2 | | Bartramiaceae | <i>Breutelia tomentosa</i> (Sw. ex Brid.) A. Jaeger, 1875 | | | ✓ |
| 3 | | Mniaceae | <i>Plagiomnium rhynchophorum</i> (Harv.) T.J.Kop., 1971 | | ✓ | |
| 4 | Bryales | Bryaceae | <i>Rhodobryum grandifolium</i> (Taylor) Schimp., 1898 | | ✓ | |
| 5 | | Bartramiaceae | <i>Breutelia inclinata</i> (Hampe & Loretz) A. Jaeger, 1875 | | ✓ | |
| 6 | | Bartramiaceae | <i>Breutelia integrifolia</i> (Taylor) A. Jaeger, 1875 | ✓ | | |
| 7 | | Bartramiaceae | <i>Leiomela bartramioides</i> (Hook.) Paris, 1904 | ✓ | | |
| 8 | | Dicranaceae | <i>Campylopus nivalis</i> (Brid.) Brid., 1826 | ✓ | | |
| 9 | | Dicranaceae | <i>Campylopus anderssonii</i> (Müll.Hall.) A. Jaeger, 1872 | ✓ | ✓ | |
| 10 | Dicranales | Dicranaceae | <i>Dicranella subulata</i> (Hedw.) Schimp., 1856 | | | ✓ |
| 11 | | Dicranaceae | <i>Campylopus richardii</i> Brid., 1818 | ✓ | | |
| 12 | | Hyalocomiaceae | <i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Bridel.) Mitt., 1869 | ✓ | ✓ | |
| 13 | Hypnales | Hypnaceae | <i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw., 1801 | | ✓ | |
| 14 | | Entodontaceae | <i>Entodon cladorrhizans</i> (Hedw.) Müll. Hal., 1845 | | ✓ | |
| 15 | | Pterobryaceae | <i>Pterobryon densum</i> Hornsch., 1840 | | | ✓ |
| 16 | Leucodontales | Meteoriaceae | <i>Meteoridium remotifolium</i> (Müll. Hal.) Manuel, 1977 | ✓ | | |
| 17 | Orthotrichales | Orthotrichaceae | <i>Macromitrium</i> sp. | | ✓ | |
| 18 | | Polytrichaceae | <i>Pogonatum</i> sp. | | ✓ | |
| 19 | Polytrichales | Polytrichaceae | <i>Polytrichum juniperinum</i> Hedw., 1801 | ✓ | | ✓ |
| 20 | | Pottiaceae | <i>Pseudocrossidium replicatum</i> (Taylor) R.H. Zan., 1979 | ✓ | | |
| 21 | Pottiales | Calymperaceae | <i>Syrhropodon lycopodioides</i> (Sw.ex Brid.) Müll.H., 1849 | | ✓ | |
| 22 | | Sphagnaceae | <i>Sphagnum magellanicum</i> Bridel, 1798 | ✓ | | |
| 23 | Sphagnales | Sphagnaceae | <i>Sphagnum sancto-josephense</i> H.A.Crum & Crosby, 1974 | | | ✓ |

Nota. Las abreviaturas siguientes corresponden a los senderos muestreados: S1 (Laguna El Voladero), S2 (Bosque de Polylepsis) y S3 (Buitrera). Los nombres de las especies fueron corroborados por El Sistema Global de Información sobre Biodiversidad – (GBIF, 2023).

4.1.2. Abundancia de especies

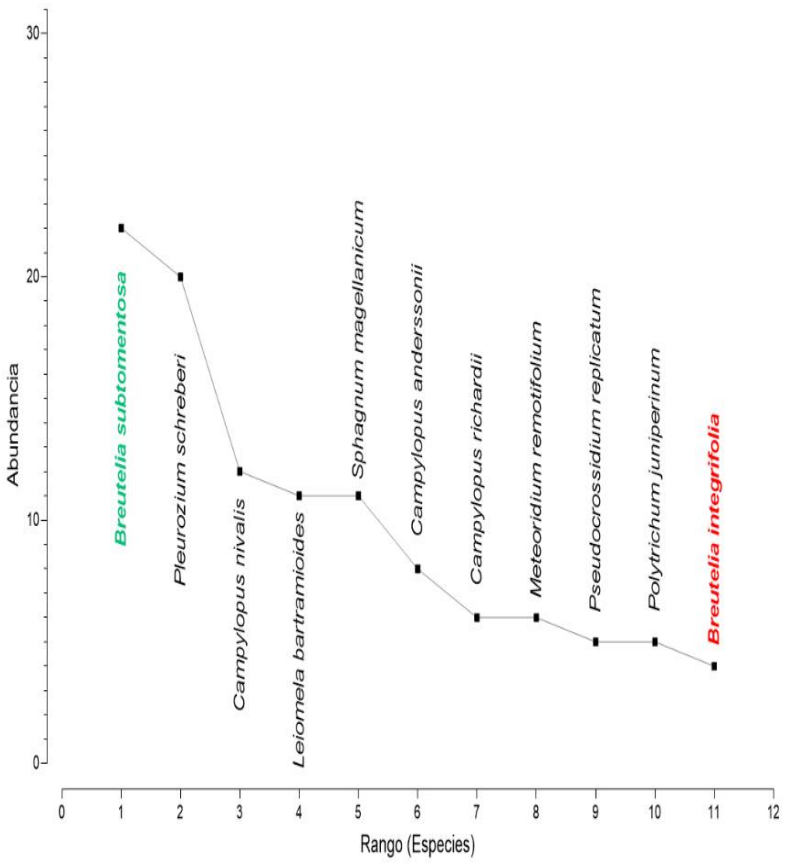
Las curvas rango-abundancia presentes en la Figura 16, muestran la dominancia de las especies en cada uno de los sitios de muestreo, en el primero correspondiente a la Laguna de Voladero (Literal A) se puede apreciar que la curva es más larga que los demás sitios lo que indica mayor riqueza, tomando en consideración la abundancia de las especies, además, en este sitio *Breutelia subtomentosa* es la especie más dominante y *Breutelia integrifolia* es la menos dominante; en el sitio dos correspondiente al Bosque de Polylepsis (Literal B), se puede apreciar como la curva no presenta

pendientes tan abruptas, lo que indica una mayor equitatividad en las especies, aquí la especie *Pleurozium schreberi* es la más dominante y *Campylopus andesonii* es la menos dominante. En el tercer sitio, Quebrada La Buitrera (Literal C), la especie más dominante es *Breutelia tomentosa* y la menos dominancia presenta es *Polytrichum juniperium*.

En el estudio de Pedraza (2022) se aplicó la curva de rango abundancia para conocer cuál de los musgos epífitos registrados en los cuatro transectos es el más dominante, demostrando cual especie es la que más predomina en el área de estudio, ya que presenta una cobertura más notable que las demás especies encontradas en el bosque andino del municipio de Rondón (Colombia). Además, Mancina y Flores (2017) mencionan que este tipo de análisis es recomendable para evaluar la diversidad alfa, ya que permite visualizar las especies más abundantes que se muestran en el inicio de la curva y las más raras al final, por lo que en el presente estudio se evidenció que *Pleurozium schreberi* con un total de 45 registros (S1 y S2) y *Breutelia integrifolia* con 4 registros (S1), son las especies con mayor y menor dominancia, respectivamente.

Por lo mencionado, se infiere que *P. schreberi* es la especie más dominante en el área muestreada del presente estudio, pero si se considera la abundancia por familias o géneros, tenemos que Bartramiaceae (61 registros) y Breutelia (50 registros), son las agrupaciones más representativas de los tres sitios de recolección con el mayor número de registros, seguido de las familias Hylocomiaceae (45 registros) y el género Pleurozium (45). Esta particularidad se explica debido a que los musgos pertenecientes a los taxones mencionadas, se encuentran ampliamente distribuidos en los páramos de Ecuador, apreciación que coincide con el estudio de Burneo y Benitez (2020), que consideraron a la especie *B. tomentosa* (perteneciente a la familia Bartramiaceae y género Breutelia), como una de las seis especies más representativas para determinar la distribución potencial y áreas primordiales para la conservación de briofitas, esto debido a que es una especie que está ampliamente distribuida en el país, principalmente

en la zona central de la cordillera de los Andes, con un área de 137 549 hectáreas, las cuales abarcan un total de 15 provincias de Ecuador y están dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP).



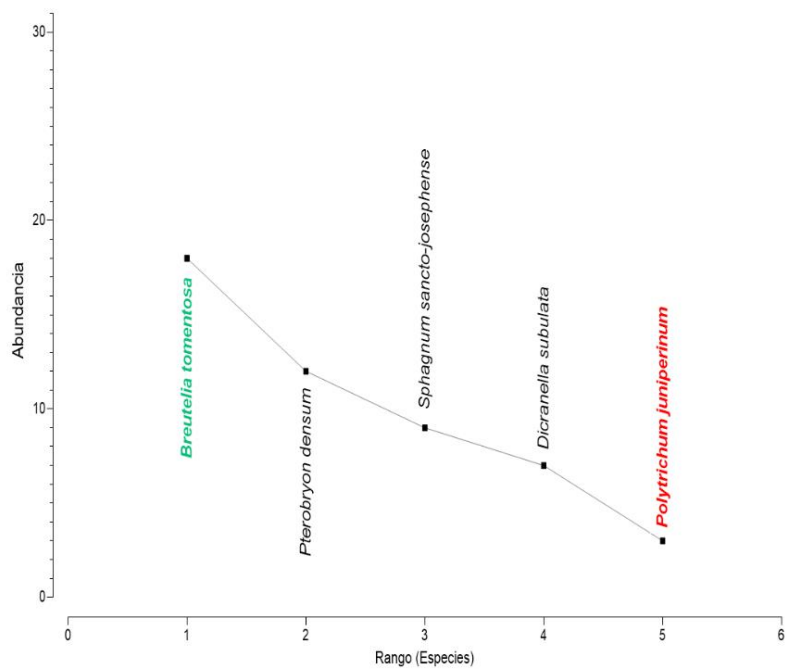
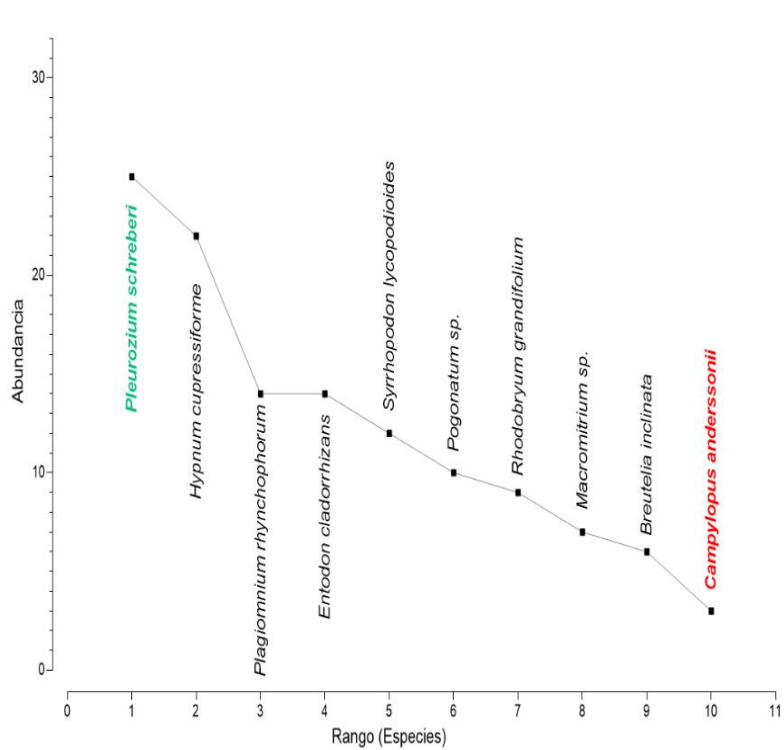


Figura 16. Curva de rango abundancia de las especies de musgo en la REEA.

Nota. A) Laguna del Voladero con presencia de sendero, B) Bosque Polylepsis con presencia de sendero y C) Buitrera con ausencia de sendero

4.1.3. Categorización de especies según la lista roja IUCN

Respecto a las 23 especies de musgos encontradas en los tres sitios de la Reserva Ecológica El Ángel, se realizó un listado de la categorización de especies según IUCN (2023), (Tabla 8). La cual presentó: diecinueve especies como No evaluada (NE), dos en Preocupación menor (LC), una especie En peligro (EN) y una con Datos insuficientes (DD), es necesario recalcar que dos categorizaciones tuvieron mayor registro, las cuales son NE y LC.

Tabla 8. Categorización de la IUCN

| Lagunas El Voladero (Sitio 1) | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| N° | Familia | Especie | Categorización IUCN | Simbología |
| 1 | Bartramiaceae | <i>Breutelia subtomentosa</i> | No evaluada | NE |
| 2 | Bartramiaceae | <i>Breutelia inclinata</i> | No evaluada | NE |
| 3 | Bartramiaceae | <i>Leiomella bartramioides</i> | No evaluada | NE |
| 4 | Dicranaceae | <i>Campylopus nivalis</i> | No evaluada | NE |
| 5 | Dicranaceae | <i>Campylopus andersonii</i> | No evaluada | NE |
| 6 | Dicranaceae | <i>Campylopus richardii</i> | No evaluada | NE |
| 7 | Hylocomiaceae | <i>Pleurozium schreberi</i> | Preocupación menor | LC |
| 8 | Meteoriaceae | <i>Meteoridium remotifolium</i> | No evaluada | NE |
| 9 | Polytrichaceae | <i>Polytrichum juniperinum</i> | No evaluada | NE |
| 10 | Pottiaceae | <i>Pseudocrossidium replicatum</i> | En peligro | EN |
| 11 | Sphagnaceae | <i>Sphagnum magellanicum</i> | No evaluada | NE |
| Bosque de Polylepis (Sitio 2) | | | | |
| 1 | Mniaceae | <i>Plagiomnium rhynchophorum</i> | No evaluada | NE |
| 2 | Bryaceae | <i>Rhodobryum grandifolium</i> | No evaluada | NE |
| 3 | Bartramiaceae | <i>Breutelia inclinata</i> | No evaluada | NE |
| 4 | Hypnaceae | <i>Hypnum cupressiforme</i> | No evaluada | NE |
| 5 | Entodontaceae | <i>Entodon cladorrhizans</i> | Datos insuficientes | DD |
| 6 | Orthotrichaceae | <i>Macromitrium sp.</i> | No evaluada | NE |
| 7 | Polytrichaceae | <i>Pogonatum sp.</i> | No evaluada | NE |
| 8 | Calymperaceae | <i>Syrrhopodon lycopodioides</i> | No evaluada | NE |
| Quebrada La Buitrera (Sitio 3) | | | | |
| 1 | Bartramiaceae | <i>Breutelia tomentosa</i> | No evaluada | NE |
| 2 | Dicranaceae | <i>Dicranella subulata</i> | Preocupación menor | LC |
| 3 | Pterobryaceae | <i>Pterobryon densum</i> | No evaluada | NE |
| 4 | Sphagnaceae | <i>Sphagnum sancto-josephense</i> | No evaluada | NE |

Las especies *Pleurozium schreberi* y *Dicranella subulata* se encuentran en la categorización de Preocupación menor (LC), en donde, la primera especie pertenece a la familia Hylocomiaceae, se localiza en las Lagunas del Voladero y la segunda especie, pertenece a la familia Dicranaceae y se localiza en la Buitrera, por otro lado, la especie *Pseudocrossidium replicatum* se encuentra en la categorización En Peligro (EN), esta especie pertenece a la familia Pottiaceae y se localiza en el Sitio 1 y finalmente la especie *Entodon cladorrhizans* se encuentra en la categorización de Datos insuficientes (DD), esta especie pertenece a la familia Entodontaceae y se encuentra localizada en el Bosque Polylepis, como se muestra en la Figura 17.

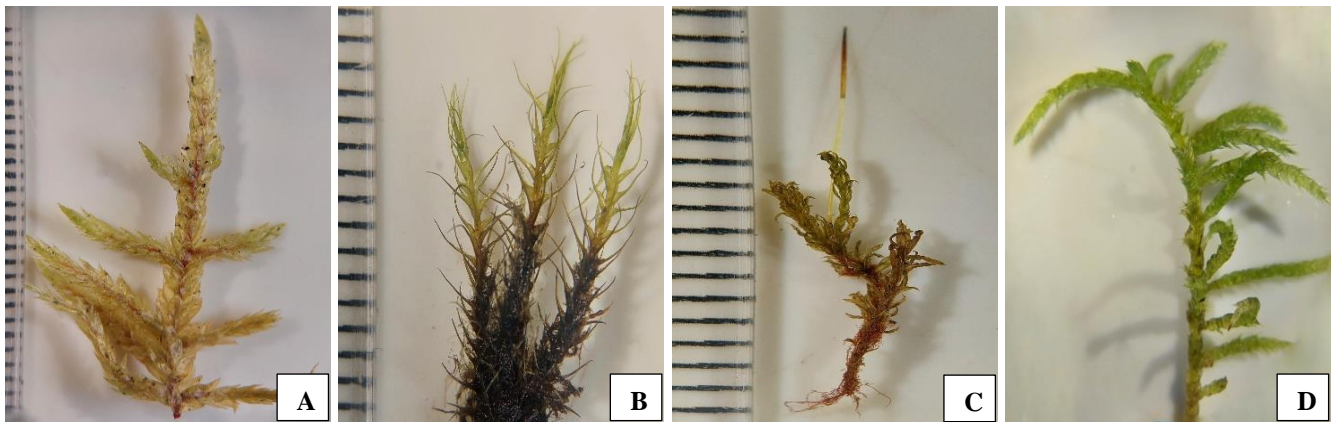


Figura 17. Especies según categorización de la Lista Roja de la IUCN

Nota. *Pleurozium schreberi* (A), *Dicranella subulata* (B), *Pseudocrossidium replicatum* (C) y *Entodon cladorrhizans* (D)

4.1.3.1. Especies en la categoría En peligro (EN)

Según S. Yáñez et al. (2013), en Ecuador se ha registrado a la especie *Pseudocrossidium replicatum* musgo que crece sobre suelo o roca, incluyendo lava y concreto, está asociada con la vegetación seca y a sitios expuestos, por lo que es muy común encontrarla en bordes de caminos o senderos, se encuentra presente desde los bosques alto andinos y páramos, en un rango altitudinal de 1500 – 4500 msnm, distribuida en las Provincias Carchi y Pichincha (Toapanta, 2009). Esta especie se encuentra en pequeños parques de pocos centímetros cuadrados mezclada con otras

especies (Ortega, 2019), razones por las cuales esta especie se encuentra En Peligro (EN), ya que su hábitat se encuentra amenazado por actividades antropogénicas, apertura de caminos, uso del suelo y tradiciones donde se usan como adornos y alfombras afectando a su diversidad (Cano et al., 2022). Concordando con Suárez (2012), el cual menciona que las principales amenazas en la Reserva Ecológica El Ángel, son los incendios, actividades agrícolas y ganaderas, tala y extracción de madera, temperaturas extremas, entre otras, causando la desaparición de esta especie.

4.1.3.2. Especies en la categoría Preocupación Menor (LC)

En la investigación realizada en Ecuador continental, elaborada por Ordóñez (2015) menciona que las especies *Pleurozium schreberi* y *Dicranella subulata* se encuentran presentes desde los bosques alto andinos hasta los páramos, en un rango altitudinal de 2900 - 4200 msnm, crecen sobre humus y suelos algo secos y abiertos, sin embargo, también se asocian a lugares con bordes de pantanos, se distribuye potencialmente en 10 provincias del país, incluyendo a la provincia del Carchi. De acuerdo con Rovere y Calabrese (2011) y Montenegro (2011) las principales amenazas que enfrentan estas especies son la degradación de hábitat, la sobreexplotación, la introducción de especies exóticas, el cambio climático, incendios y el sobre pastoreo que afecta notoriamente a su desarrollo, razones por las cuales estas especies se encuentran en estado de preocupación menor.

4.1.3.3. Especies en la categoría Datos insuficientes (DD)

Para Castillo (2015) *Entodon cladorrhizans* es una especie que se encuentra en bosques con suelo sombreado y en pantanos cerca de arroyos, así como también en suelos expuestos, en particular, este musgo prospera en áreas naturales de alta calidad como áreas perturbadas, distribuida en varias provincias de Ecuador (Benítez et al., 2019); sin embargo la carencia de estudios genera un desconocimiento sobre la importancia

de esta especie, que a pesar de encontrarse en varios lugares no se han realizado estudios actualizados que proporcionen información sobre este tipo de musgo (Sáez y Ruiz, 2019). Por lo que Ignatov y Ignatova (2018) recomienda realizar investigaciones que ayuden con la identificación de musgos, con el fin de conocer la situación en la que se encuentran, proponiendo planes de control específico de ciertas medidas de control y protección, además de requerir la participación de autoridades ambientales y de gestión que facilite obtención de datos.

4.1.3.4. Especies en la categoría No Evaluadas (NE)

Por otro lado, las especies No Evaluadas (NE), es decir especies que no han sido sometidas a un proceso de evaluación, esto se da ya que existe escasa información sobre el taxón y no ha sido clasificada en base a los criterios de la Lista Roja (IUCN, 2023). Además, los taxones que se encuentran en esta categoría no están estimados en riesgo de extinción, por lo que no debe tratarse como si estos taxones no podrían estar amenazados (Unión Mundial Para La Naturaleza, 2012). Las especies que se encuentran en esta categoría se presentan a continuación en las Figura 18, 19 y 20, mismas que fueron agrupadas de acuerdo con el sitio en que fueron colectadas.

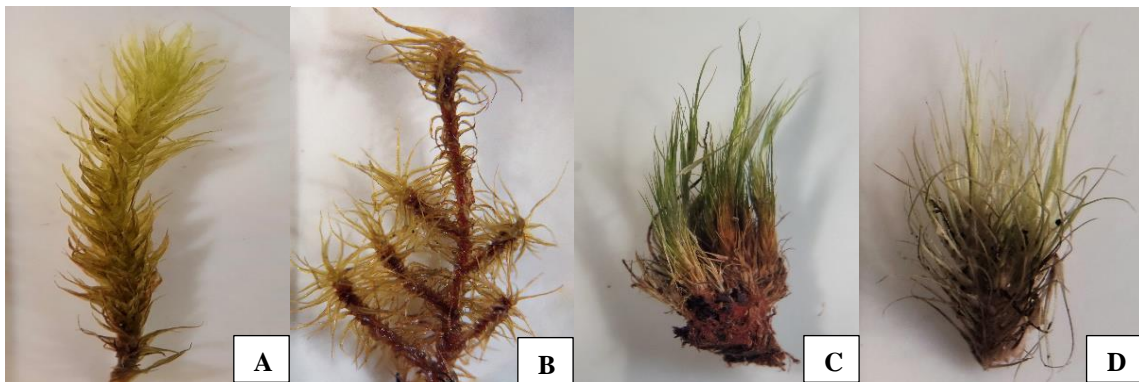




Figura 18. Especies con categorización No Evaluada del Sitio 1: Lagunas EL Voladero

Nota. A) *Breutelia subtomentosa*, B) *Breutelia integriflora*, C) *Leiomella bartramioides*, D) *Campylopus nivalis*, E) *Campylopus andersonii*, F) *Campylopus richardi*, G) *Meteoridium remotifolium*, H) *Polytrichum juniperum*, I) *Sphagnum magellanicum*



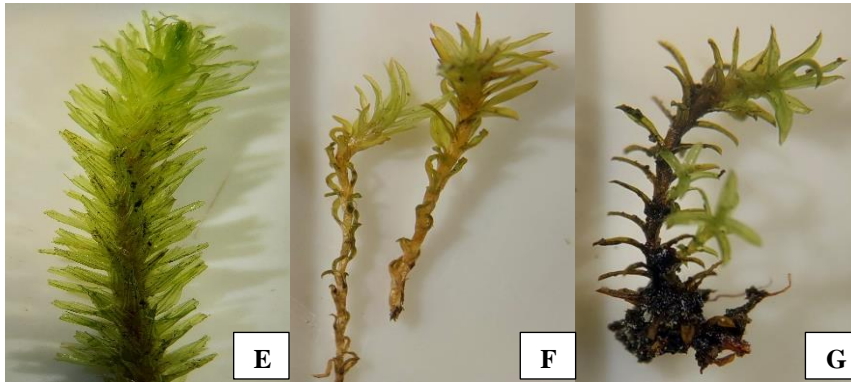


Figura 19. Especies con categorización No Evaluada del Sitio 2: Bosque de Polylepis

Nota. A) *Plagiomnium rhynchophorum*, B) *Rodobryum grandifolium*, C) *Breutelia inclinata*, D) *Hypnum cupressiforme*, E) *Macromitrium sp.*, F) *Pogonatum sp.*, G) *Syrrhopodon lycopodioides*

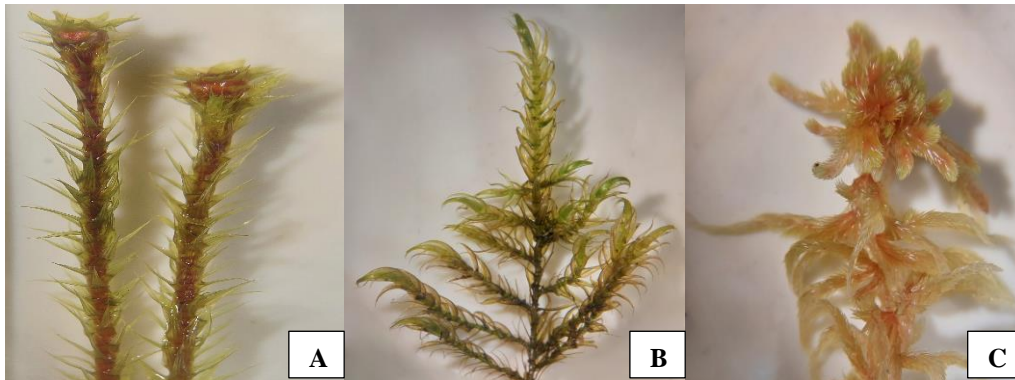


Figura 20. Especies con categorización No Evaluada del Sitio 3: Quebrada La Buitrera

Nota. A) *Breutelia tomentosa*, B) *Pterobryon densum*, C) *Sphagnum sancto-josephense*

4.1.4. Índices de diversidad

Para analizar la diversidad en los tres sitios correspondientes a la Reserva Ecológica “El Ángel” se determinaron los valores de los índices de diversidad alfa, como son los índices: Shanon-Winner (H), Simpson (D) y Margalef (D’Mg), proporcionadas por el programa PAST, como se observa en la en la Tabla 9.

Tabla 9. Análisis de la Diversidad Alfa de musgos en la REEA

| | S1 | S2 | S3 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
| H' | 2.24 | 2.04 | 1.45 |
| D | 0.88 | 0.85 | 0.75 |
| D'Mg | 2.13 | 1.71 | 1.03 |

Nota. S1. Lagunas El Voladero; S2. Bosque Polylepis; S3. Buitrera; Índice de Shanon-Winner (H), Índice de Simpson (D); Índice de Margalef (D'Mg).

4.1.4.1. Índice de Shannon-Wiener

Como se puede observar en la Tabla 9, el índice de Shannon-Wiener arrojó valores de $H= 2.24$ en S1 (Laguna del Voladero), con un total de 11 especies; para S2 (Bosque Polylepis) se obtuvo un valor de $H= 2.04$, con 9 especies de musgos, obteniendo así una diversidad media para estos sitios. Por lo tanto, el S3 (Buitrera), reflejó un valor de $H= 1.45$, con 5 especies presentes, lo que indica una diversidad baja, con tendencia a alcanzar una diversidad media, demostrando así que es el lugar con menor número de especies comparado con el sitio 1 y 2. Esto se debe a que la Buitrera cuenta con un bosque prístino que se caracteriza por una vegetación densa y alta, poca presencia de luz, suelo cubierto de hojarasca, en donde el diámetro de los árboles están relacionados directamente en el desarrollo de los briofitos, ya que ocupan mayor superficie en el área, razón por la cual se ha documentado una disminución de musgos.

En concordancia con el estudio de briofitos de Guerra et al. (2020) en donde se obtuvieron $H= 1.40$ (no alterado) con 9 especies y $H=1.70$ (alterado) representando una mayor diversidad con 13 especies, observando una disminución de musgos en bosques no alterados debido a la alteración de cambios en el microclima (humedad, luz y temperatura), estructura del bosque, además del diámetro de los árboles y el pH, señalando un mayor número de especies en los otros dos sitios (alterados) ya que variables micro climáticas no fueron influyentes en los musgos, debido a que están adaptadas a condiciones climáticas de mayor luz y temperatura.

Así mismo, en el estudio realizado por Holz y Gradstein (2005) sobre diversidad de musgos en Costa Rica, obtuvieron valores de $H= 1.43$ (bosque no alterado) y $H= 1.75$ (bosque alterado), determinando mayor diversidad en el bosque alterado, debido a las condiciones micro climáticas que favorecen el crecimiento de briofitos de sol, ya que se adaptan a ambientes de mayor luz y temperatura; por otro lado, se registró menor diversidad en el bosque no alterado por causa de cambios en el microclima y al diámetro de los árboles, debido a que estos cubren mayor superficie del suelo influyendo directamente al desarrollo de los musgos de sombra, por ello la conservación de los musgos en bosques no alterados es importante ya que garantizan altos rendimientos de humedad contribuyendo al recurso hídrico, así mismo, estas especies en los bosques alterados benefician en el recubrimiento del suelo evitando la erosión, por lo que son consideradas como especies indicadoras de condiciones ambientales.

Por otro lado, Gómez et al. (2014) en el estudio de diversidad de musgos epífitos evidenció un valor de $H= 2.3$ mencionando que presenta diversidad relativamente alta, a pesar de no llegar a la máxima esperada $H= 3.4$, indicando que los sitios con mayor diversidad se destacan por estar ubicados a mayor altitud de las demás áreas de muestreo y en donde la vegetación presenta remanentes de bosque natural, en donde existe poca o nula actividad antrópica, demostrando la importancia de este índice de briofitos considerados como organismos indicadores de calidad ambiental, ya que se encuentran disminuidos en zonas con problemas de contaminación.

Así mismo, Siza (2017) en el estudio de zonación altitudinal de musgos, indica que los análisis estadísticos de Shannon muestran que la diversidad tiende a incrementar con la altitud, por el contrario Aguirre et al. (2015), en su estudio de diversidad de briofitos en páramos del Ecuador, obtuvo un valor de Shannon que varía entre $0.91 - 0.287$, indicando una alta diversidad dentro del sitio, pero que va disminuyendo conforme aumenta su altitud, llegando a la conclusión de que no existen suficientes estudios para

poder afirmar que la altitud y la diversidad sea directamente proporcional debido a que cada ecosistema presenta diferentes características, sin embargo, estos estudios concuerdan en la importancia de la conservación de estas especies por el valor ecológico que presentan en los ecosistemas.

4.1.4.2. Índice de Simpson

Según el índice de Simpson, en el sitio 1: Lagunas del Voladero presento un valor de 0.88; en el sitio 2: Bosque Polylepis con un valor de 0.85 y en el sitio 3: Buitrera con un valor de 0.75, indicando que la dominancia dentro de estos tres sitios es alta, siendo el sitio 1 el lugar con el valor más alto, en donde se encuentra un total de 8 familias, 8 géneros y 11 especies, siendo *Breutelia* el género con mayor predominancia, con un total de 27 individuos y *Meteoridium* el género menos predominante con 3 individuos, seguido del sitio 2, con 9 familias, 9 géneros y 9 especies, en donde *Pleurozium* es el género con mayor predominancia con 25 individuos y *Chorisodontium* es menos predominante con 4 individuos, por último el sitio 3 presenta mayor predominancia en el género *Breutelia* con 18 individuos y menos predominancia en el género *Polytrichadelphus* con 4 individuos, demostrando que los datos obtenidos de acuerdo al índice no se alejan entre sí. De acuerdo con M. Martínez (2020), en el estudio de distribución de musgos realizado en Colombia, menciona que de acuerdo a los valores obtenidos en el índice de Simpson $D = 0.95$ se obtuvieron datos que estadísticamente no se alejan mucho unos entre otros, determinando que son igualmente diversas entre sí.

Concluyendo que el género más dominante de la reserva es *Breutelia* con un total de 51 individuos, debido a que según Parra et al. (1999), son especies presentes en sitios húmedos que no han sido perturbados, sin embargo, son musgos que se adaptan a condiciones de total exposición en suelos casi desnudos, se encuentran en los páramos de Ecuador a alturas de 2000 y 4000 m.s.n.m., siendo la planta dominante en estos lugares en condiciones expuestas y semi expuestas a la luz solar y al viento,

concordando con M. Yáñez et al. (2020), en donde menciona que el género más dominante es *Breutelia* por tener características de condiciones de mucha humedad y que se encuentra en la REEA. Por otro lado, el género menos dominante es *Pseudocrossidium* debido a que se encuentran en sustratos más altos que van desde 3600 a 4200 m.s.n.m., según el estudio de musgos en Colombia realizado por (Mejía y Castro, 2018), en donde el índice de Simpson muestra una dominancia alta en sitios más bajos que van desde 1200 a 1600 m.s.n.m., en ambientes abiertos y antropológicamente intervenidos, concordando con M. Jiménez et al. (1986) y J. Jiménez et al. (2009), en donde se menciona que se observa dominancia del género *Pseudocrossidium* en suelos descubiertos, secos, nitrificados, arenosos, arcillosos, así como también en áreas incendiadas, encontrados raramente en senderos.

En el estudio de diversidad de musgos en Boyacá, realizado Pedraza (2022), manifiesta que el número de especies encontradas aumento conforme el gradiente de intervención, es decir, de la zona más conservada a la menos conservada; según el índice de Simpson, con un valor de $D= 0.9$, demuestra que el grado de intervención no está afectando negativamente a la comunidad de musgos. Asimismo, Lombo y Suarez (2018) en su estudio de distribución de briofitos, realizado en la Reserva Buenavista, según el valor de Simpson ($D= 0.93$) en la zona 1 con mayor dominancia, siendo *Syrrhopodon africanus* con mayor predominancia, mientras que en la zona 5 con menor diversidad ($D= 0.89$) la especie *Leucobryum martianum* menos predominante, considerando al lugar con dominancia media, recalcando la importancia de este índice, ya que los briofitos son de gran importancia a nivel biológico por presentar una variedad de servicios ecosistémicos, coincidiendo con Yohana y Ramírez (2009), en donde menciona que los musgos actúan como indicadores de contaminación atmosférica, además de absorber agua y nutrientes convirtiéndolos en importantes reguladores de la disponibilidad hídrica, sin embargo a pesar de su importancia ecológica, son escasos los estudios de briofitos debido a la falta de muestreo.

4.1.4.3. Índice de Margalef

En cuanto a los resultados del índice de Margalef, el cual tiene la finalidad de conocer la riqueza específica existente en cada uno de los sitios de la Reserva Ecológica “El Ángel”, partiendo de la información obtenida en la Tabla 9, se realizó el análisis, en donde las Lagunas del Voladero presenta un valor de 2.13 por lo que se considera un ecosistema con riqueza específica media, siguiendo con el sitio 2: Bosque Polylepis obteniendo un valor de 1.71 y el sitio 3: Buitrera con un valor de 1.03 considerándose así como ecosistemas con un índice bajo de riqueza, es decir que la REEA muestra un índice de riqueza media baja de musgos de acuerdo a los valores obtenidos según el índice, ya que según Delgadillo et al. (2014), en el estudio de Diversidad de musgos del páramo de Anaime, en dos predios, indica que para el índice de Margalef valores >5 se relaciona con sitios de alta riqueza, entre 2-5 media y <2 baja riqueza, presentando así los valores más altos en el matorral ($D'Mg=5.60$) y los más bajos en el frailejón-pajonal ($D'Mg=1.74$), concluyendo que el matorral es el ambiente más diverso, sin embargo se encontraron 25 nuevos registros, lo cual indica que hacen falta más estudios para enriquecer los inventarios de la flora de musgos.

Otro estudio de diversidad de briofitos en Colombia, realizado por S. Martínez et al. (2016), presentó en el sitio 2 un valor de riqueza mayor ($D'Mg= 0.72$), en comparación con los sitios 1 y 3 en donde la riqueza fue menor ($D'Mg= 0.62$ y $D'Mg= 0.50$), respectivamente, concluyendo que la riqueza se debe a la resistencia de briofitos con adaptaciones morfológicas y fisiológicas, frente a condiciones generadas por fragmentación y transformación del área, debido a las acciones antrópicas, concordando con García y Mercado (2017) en su estudio de diversidad de briofitos, en el sitio 1 presentó mayor riqueza, encontrando 38 especies y con menor riqueza en el sitio 5 con 25 especies, concluyendo que los sitios que presentan mayor riqueza es probablemente por las condiciones geomorfológicas y ambientales. Así mismo, Gil y Morales (2014) en su estudio de briofitos en Colombia, menciona que se encuentra mayor riqueza en sitios que presentan menos afectaciones humanas, mostrando

condiciones favorables para su crecimiento, sin embargo, existen factores antrópicos que afectan a la riqueza, tales como: la deforestación, ganadería y agricultura, ocasionando reducción de sombra, disminución de humedad, entre otras.

4.2. Retención de agua en musgos

Se recolectaron un total de 26 registros de musgos en los tres sitios de muestreo, los cuales corresponden a 8 órdenes: Bryales, Dicranales, Hypnales, Orthotrichales, Pottiales, Polytrichales, Leucodontales y Sphagnales, mismos que fueron pesados en gramos, obteniendo valores de: peso fresco (PFRE), peso seco (PSEC) y peso saturado (PSAT), para luego calcular el porcentaje de contenido hídrico (CH) de cada uno de los musgos presentes en la Reserva Ecológica El Ángel, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

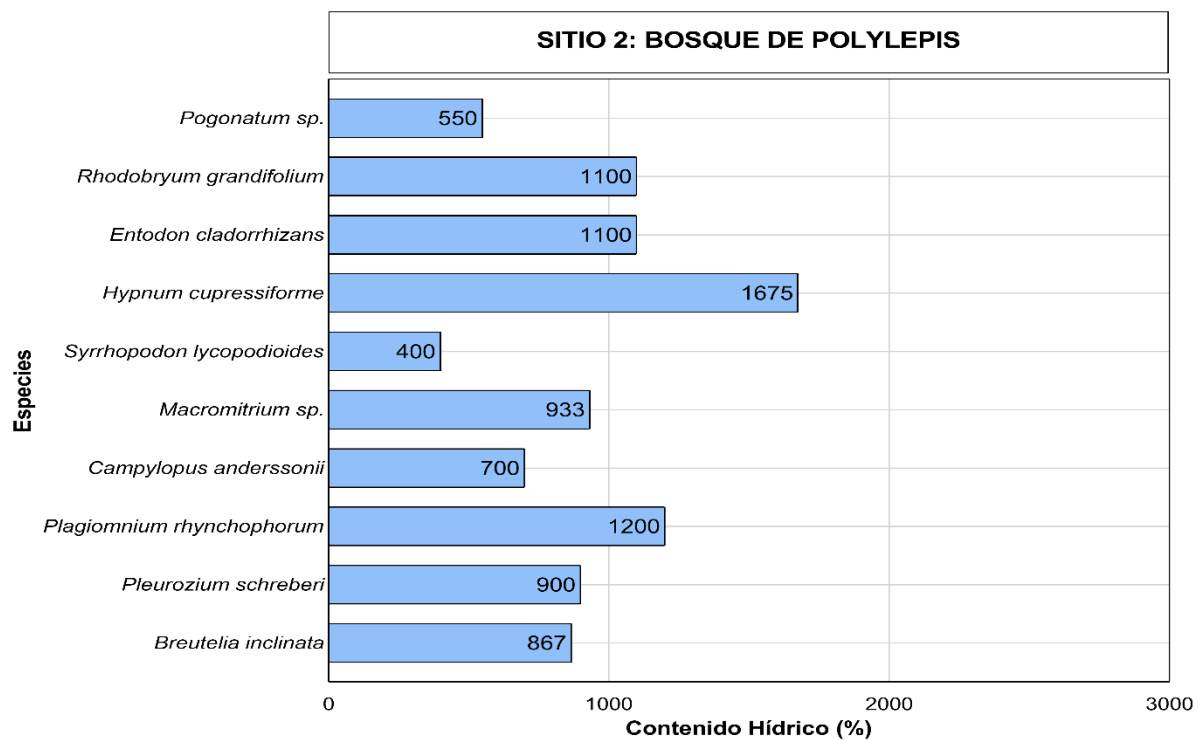
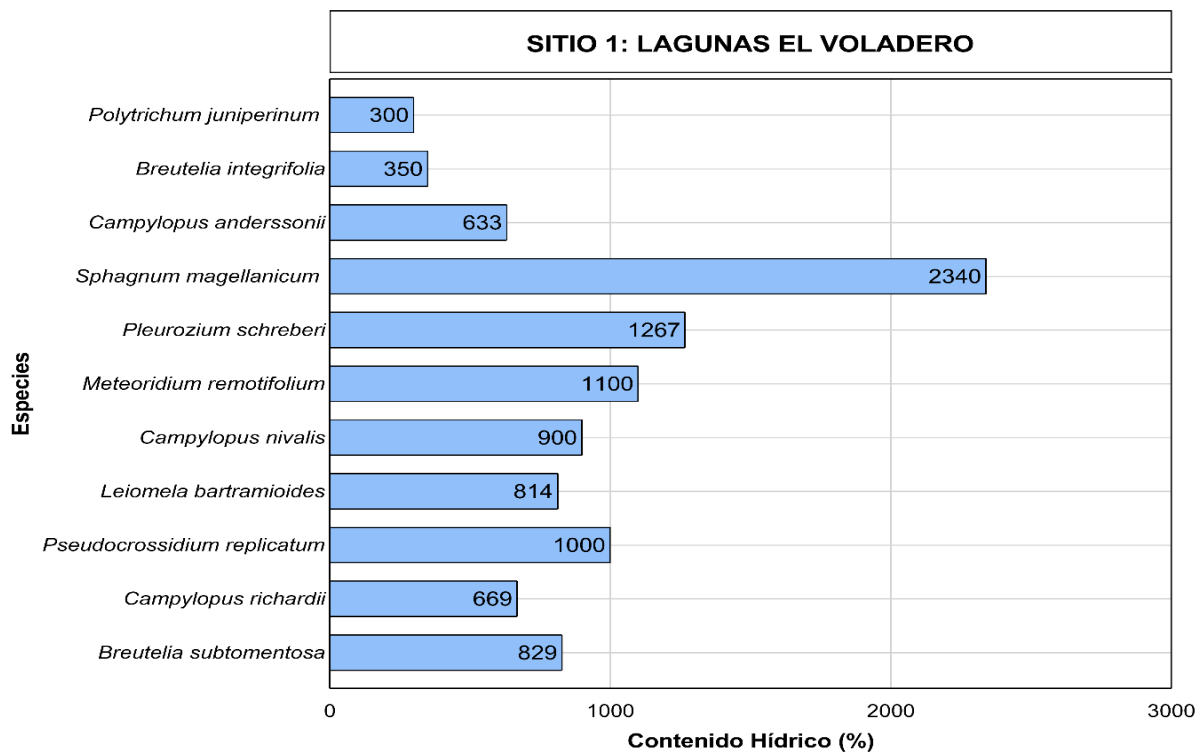
Tabla 10. Datos correspondientes al contenido hídrico de musgos

| Orden | Familia | Especie | PSEC (g) | PSAT (g) | CH (%) |
|------------|---------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-----------|
| Bryales | Bartramiaceae | <i>Breutelia subtomentosa</i> (S1) | 7 | 58 | 828 |
| | Bartramiaceae | <i>Leiomela bartramioides</i> (S1) | 7 | 57 | 814 |
| | Bartramiaceae | <i>Breutelia integrifolia</i> (S1) | 8 | 28 | 350 |
| | Bartramiaceae | <i>Breutelia inclinata</i> (S2) | 3 | 26 | 866 |
| | Bryaceae | <i>Rhodobryum grandifolium</i> (S2) | 5 | 55 | 1100 |
| | Bartramiaceae | <i>Breutelia tomentosa</i> (S3) | 8 | 93 | 1162 |
| | Mniaceae | <i>Plagiomnium rhynchophorum</i> (S2) | 2 | 24 | 1200 |
| Dicranales | Dicranaceae | <i>Campylopus pilifer</i> (S1) | 10 | 90 | 900 |
| | Dicranaceae | <i>Campylopus richardi</i> (S1) | 13 | 87 | 669 |
| | Dicranaceae | <i>Campylopus anderssonii</i> (S1) | 6 | 38 | 633 |
| | Dicranaceae | <i>Campylopus andersonii</i> (S2) | 7 | 49 | 700 |
| | Dicranaceae | <i>Dicranella subulata</i> (S3) | 14 | 118 | 842 |
| Hypnales | Hylocomiaceae | <i>Pleurozium schreberi</i> (S2) | 4 | 36 | 900 |
| | Hypnaceae | <i>Hypnum cupressiforme</i> (S2) | 4 | 67 | 1675 |
| | Entodontaceae | <i>Entodon cladorrhizans</i> (S2) | 4 | 44 | 1100 |

| | | | | | |
|----------------|-----------------|---|----|-----|------|
| | Hylocomiaceae | <i>Pleurozium schreberi</i> (S1) | 3 | 38 | 1266 |
| | Polytrichaceae | <i>Pogonatum sp.</i> (S2) | 8 | 44 | 550 |
| Polytrichales | Polytrichaceae | <i>Polytrichum juniperinum</i> (S3) | 9 | 19 | 211 |
| | Polytrichaceae | <i>Polytrichum juniperinum</i> (S1) | 11 | 33 | 300 |
| Pottiales | Calymperaceae | <i>Syrrhopodon lycopodioides</i> (S2) | 5 | 20 | 400 |
| | Pottiaceae | <i>Pseudocrossidium replicatum</i> (S1) | 2 | 20 | 1000 |
| Sphagnales | Sphagnaceae | <i>Sphagnum sancto-josephense</i> (S3) | 6 | 163 | 2716 |
| | Sphagnaceae | <i>Sphagnum magellanicum</i> (S1) | 5 | 117 | 2340 |
| Orthotrichales | Orthotrichaceae | <i>Macromitrium sp.</i> (S2) | 3 | 28 | 933 |
| Leucodontales | Pterobryaceae | <i>Pterobryon densum</i> (S3) | 1 | 39 | 3900 |
| | Meteoriaceae | <i>Meteoridium remotifolium</i> (S1) | 2 | 22 | 1100 |

Nota. Los valores de peso seco (PSEC) y peso saturado (PSAT) fueron medidos en gramos y los valores del contenido hídrico (CH) están expresados porcentualmente, además cada registro muestra el sitio de colecta: (S1) Lagunas El Voladero, (S2) Bosque de Polylepsis y (S3) Quebrada La Buitrera.

Para el análisis de la retención de agua en los musgos presentes en los tres sitios de muestreo, se consideró la normalidad de los datos para la variable Contenido Hídrico (CH), donde se aprecia que los datos no siguen una distribución normal (Anexo 5), esto es respaldado mediante la prueba de Shapiro-Wilk (valor $p= 0.0058 < 0.05$), por lo que se consideró aplicar pruebas no paramétricas para la comparación entre los órdenes de musgos recolectados. En la figura 21 se aprecian los valores porcentuales del contenido hídrico de cada registro de musgos, donde se observa que los pesos varían entre el 211% en Polytrichales hasta 2717% en Sphagnales, con una diferencia de 7 veces en cuanto a la capacidad de retención de agua, los demás órdenes se encuentran dentro de estos valores.



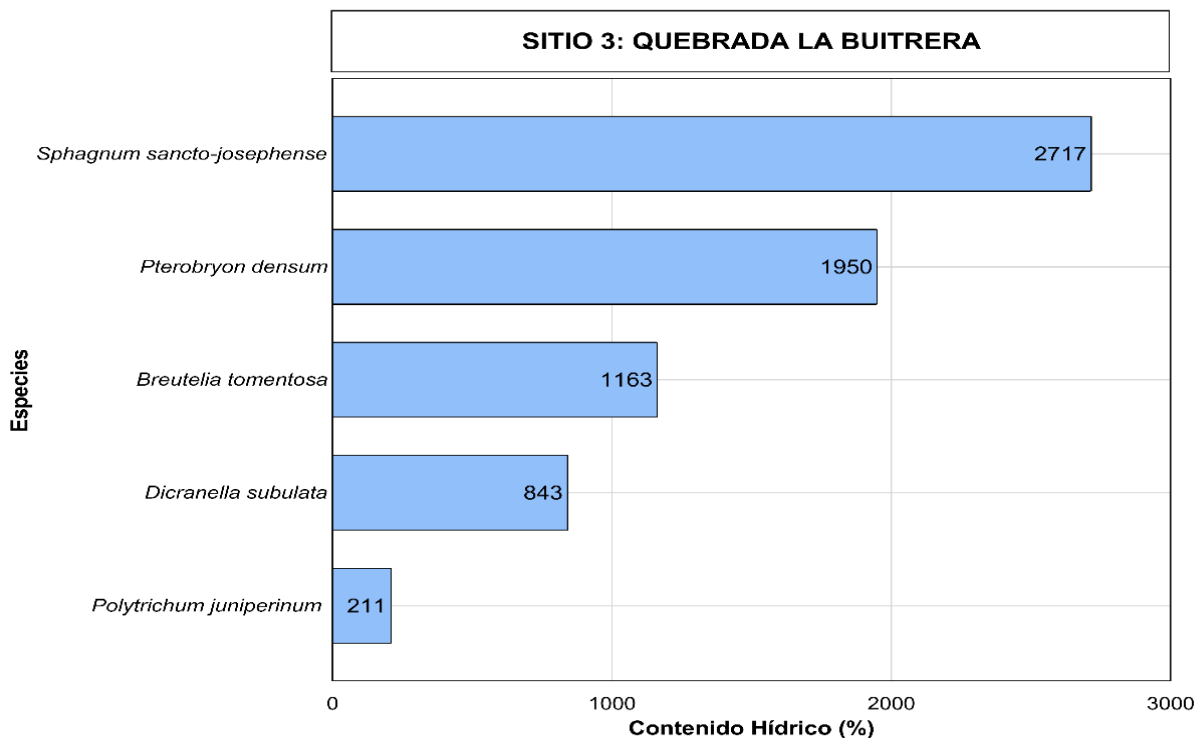


Figura 21. Diagrama de barras del Contenido hídrico de los musgos de la REEA

Nota. Los valores en las barras corresponden al porcentaje del contenido hídrico de cada uno de los musgos registrados

4.2.2. Prueba de Kruskal-Wallis

Para conocer si cada una de las especies de musgos recolectados presentan diferencia significativa en cuanto al Contenido Hídrico, se consideró aplicar la prueba de Kruskal-Wallis, debido a que los datos no siguen una distribución normal y existe homogeneidad en las varianzas, esto se comprobó mediante la prueba de Levene (Valor $p= 0.1821 > 0.05$). La prueba no paramétrica manifiesta que existe diferencia significativa entre los porcentajes de contenido hídrico de los musgos pertenecientes a los 8 órdenes (valor $p= 0.016 < 0.05$). Además, se consideró la elaboración de un diagrama de cajas (Figura 22) para visualizar como los registros de los musgos agrupados en órdenes varían con respecto a los valores de sus medias, tras ser aplicada la metodología de Coelho et al. (2023).

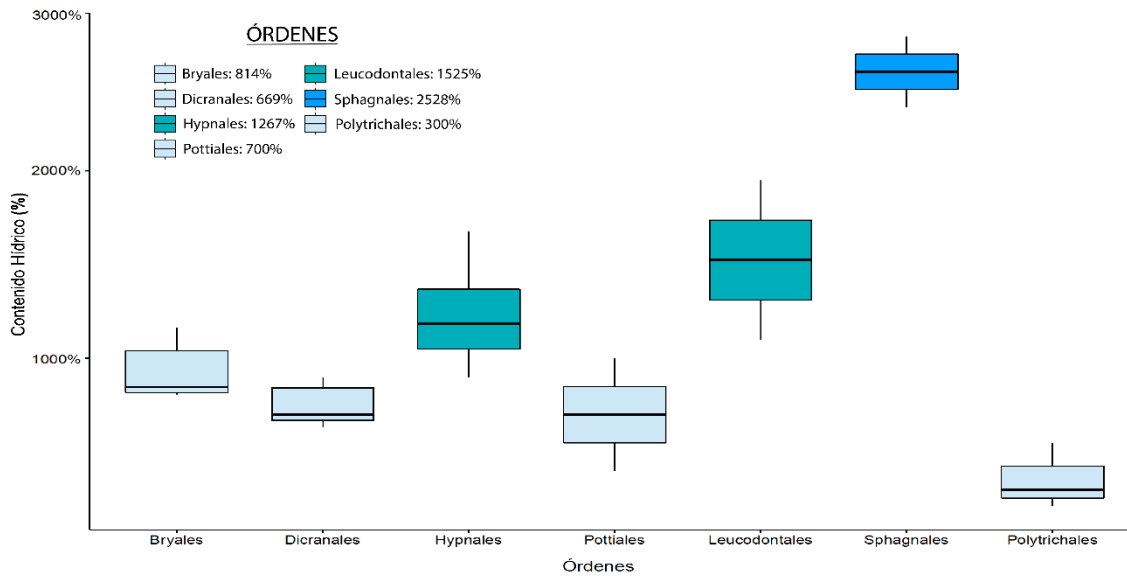


Figura 22. Diagrama de cajas y bigotes de la capacidad de retención de agua

Nota. Los valores de las medias correspondientes a cada uno de los órdenes se aprecian junto a cada orden

4.2.3. Grupos más representativos

Al existir diferencias significativas entre los registros porcentuales del contenido hídrico de los musgos recolectados, se puede apreciar que los órdenes varían considerablemente, destacándose el orden Sphagnales que con tan solo dos registros presentan un elevado porcentaje de contenido hídrico en comparación con Bryales, el cual llega a esos valores debido a que tuvo más registros, tal como se aprecia en la Figura 23. Esta apreciación concuerda con uno de los primeros estudios realizados en el vecino país de Colombia, correspondiente a Merchán et al. (2011), en el que también se destaca al orden Sphagnales como el grupo que mayor capacidad de retención presenta, convirtiéndolos en los estudios base para comprender más sobre la influencia de plantas no vasculares con el ciclo hídrico de los ecosistemas de páramo.

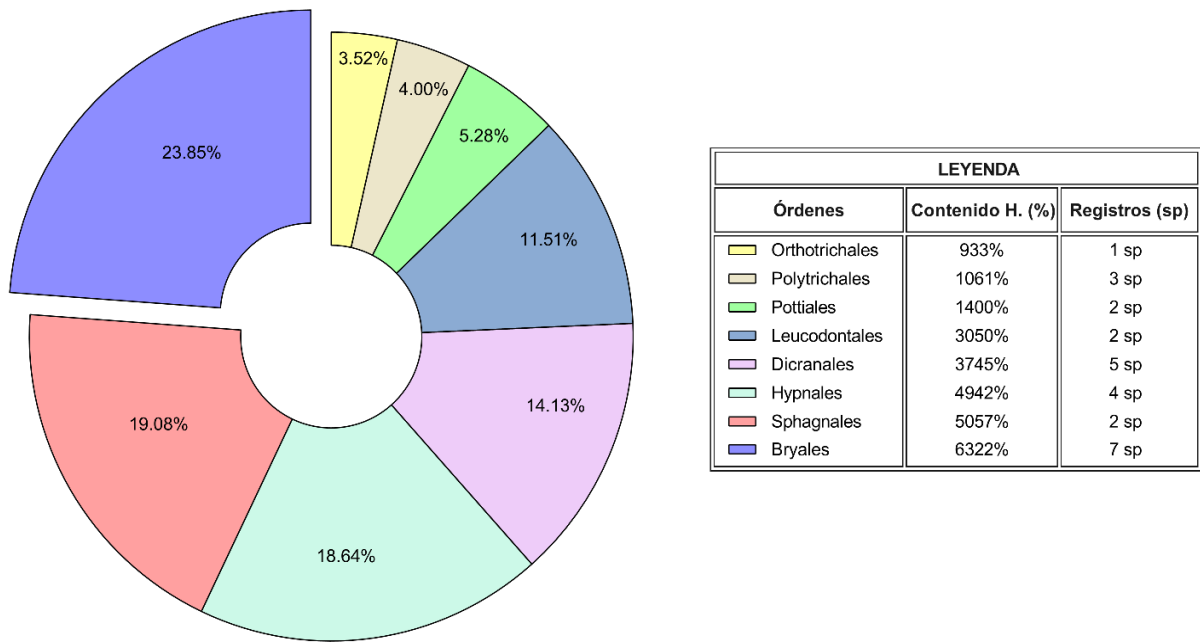


Figura 23. Contenido hídrico de los musgos presentes en la REEA

Nota. Se representa la suma de los porcentajes de cada registro, con su correspondiente orden.

Según Gong et al. (2020) manifiesta que el orden Sphagnales cuenta con características internas como externas que los diferencian de otros órdenes, entre las que se destaca una estructura morfológica conocida como capítulo (Figura 24), la cual está fuertemente ligada a los procesos hidrológicos y fotosintéticos. Weston et al. (2018) concuerdan con la apreciación sobre el capítulo y añade que la capacidad de retención y movilización del agua están influenciados por adaptaciones morfológicas, como: tipo de ramificación, tamaño de las hojas o la disponibilidad de células hialinas y ramas, las cuales también contribuyen positivamente al secuestro del carbono.

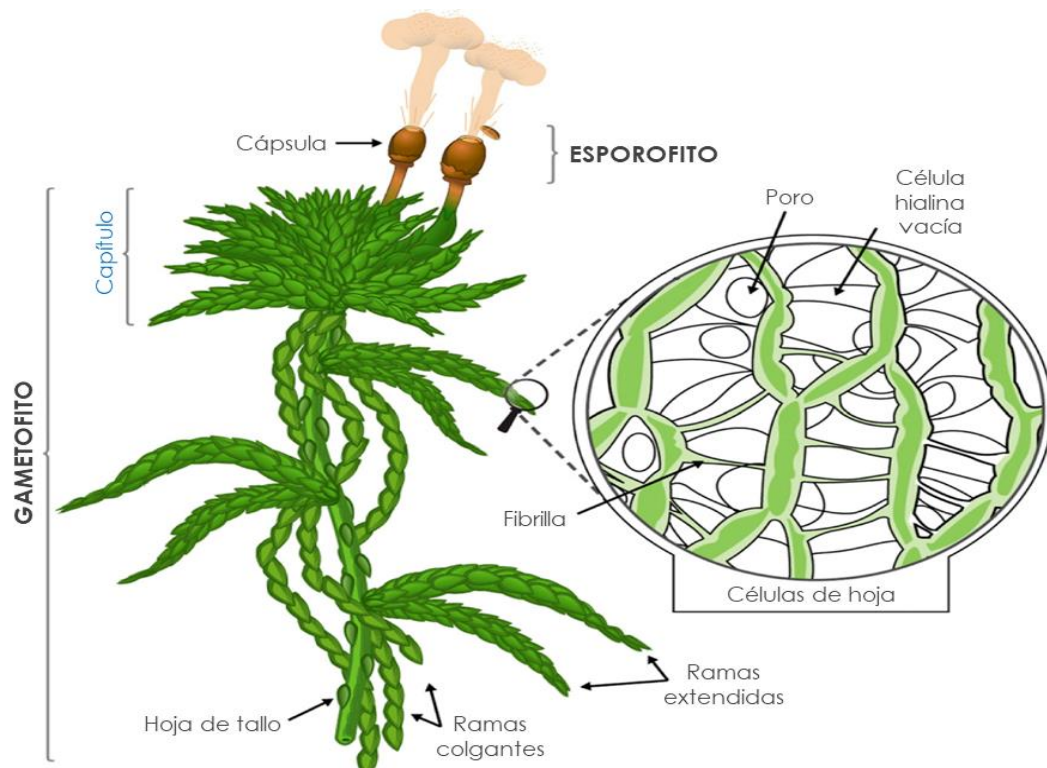


Figura 24. Estructura de Sphagnum

Nota. El capítulo se aprecia con una tipografía azul. Adaptado de (Weston et al., 2018)

4.2.4. *Sphagnales* presenta mayor capacidad de retención (musgos ectohídricos)

Los musgos son conocidos como plantas poiquilohídricas, las cuales se caracterizan por presentar una arquitectura biológica compleja y dentro de estas también se encuentran los musgos ectohídricos, los cuales capturan agua y nutrientes mediante sus estructuras externas y consiguen una rápida hidratación, tal es el caso del orden Sphagnales, que en este estudio presentó una mayor capacidad de retención de agua en comparación con los demás órdenes (Delgadillo et al., 2022). Según Coelho et al. (2023) manifiesta que este comportamiento está ligado a sus estructuras externas, ya que presenta un alto número de ramificaciones en cada uno de sus brotes, además sus ramas son colgantes y se extienden a lo largo del tallo, pero su principal característica es que su hábito de crecimiento se manifiesta en cojines densos (Figura 25), lo que incrementa la capacidad de retención de agua y disminuye la posibilidad de la

evaporación. Además, Calzadilla y Churchill (2014) mencionan que el orden Sphagnales presenta caracteres especiales en lo que respecta a su estructura interna, ya que cuentan con células hialinas, las cuales están provistas de poros y papilas distribuidas en las superficies de hojas, tallos y setas, lo que permite disponer de un mayor porcentaje de agua en su interior (Figura 26).



Figura 25. Hábito de crecimiento de Sphagnales

Nota. Este orden se caracteriza por presentar forma de cojines, los cuales permiten que la humedad del microhábitat se conserve

A esto se suma el hecho de que Sphagnales, desempeña un papel ecológico importante en el entorno en el que vive, ya que acidifica el suelo, secuestra carbono y nutrientes, pero principalmente se caracteriza por brindar humedad en el microhábitat, mediante sus complejas estructuras internas y externas, las cuales le permiten desempeñar funciones biológicas como la fotosíntesis para sobrevivir (Bengtsson et al., 2020). Y para cubrir estas necesidades, Wang y Bader (2018) manifiestan que las briofitas pertenecientes a los musgos de turba (*Sphagnum*) necesitan de un alto porcentaje de agua en comparación con otros musgos, para así alcanzar el contenido hídrico idóneo que le permite desarrollar sus funciones biológicas y asegurar su subsistencia. De igual forma Oishi (2018) concuerda con Wang y Bader, ya que apreció que una mejor capacidad de retención de agua está asociada a estructuras de musgos compactas o comunitarias, ya que consiguen retener agua externa adicional debido a los espacios

entre los brotes individuales, lo que denotaría con la presencia de mayor humedad para suplir sus necesidades hídricas.

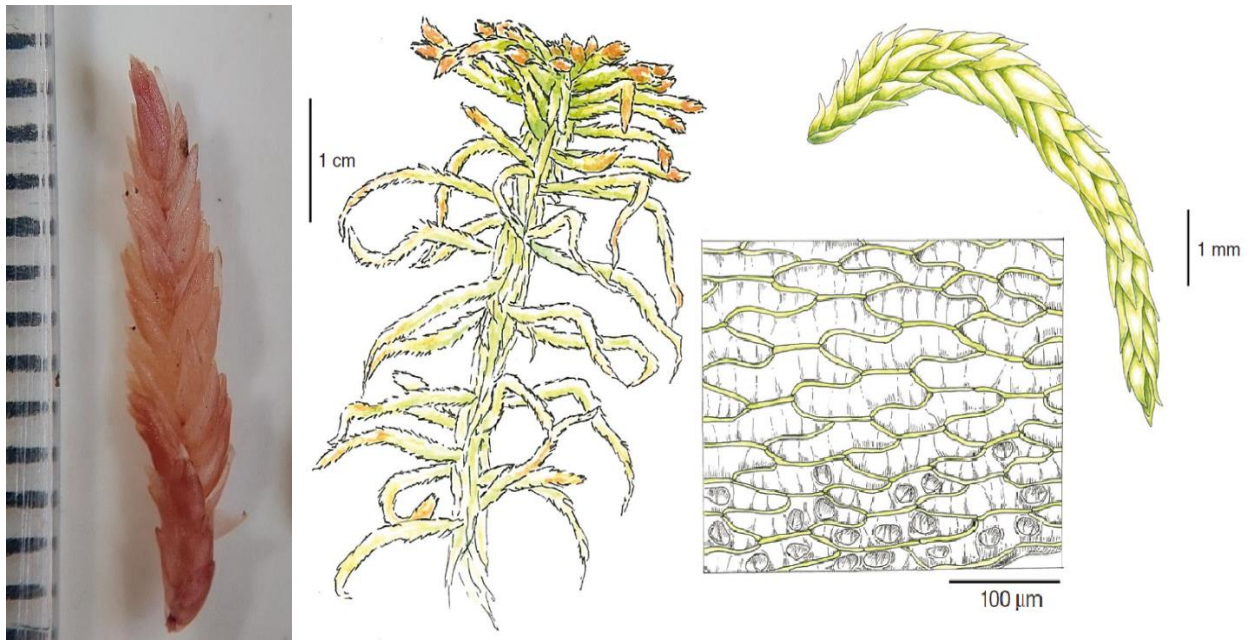


Figura 26. Fisiología del orden Sphagnales

Nota. Estructura interna y externa del presente orden. Adaptado de (Bengtsson et al., 2020)

4.2.5. *Polytrichales* presenta menor capacidad de retención (musgos endohídricos)

Según Proctor (2012), la baja capacidad de retención de agua para el orden Polytrichales está ligado a su estructura interna, ya que estos musgos cuentan con un sistema de conducción similar a las traqueófitas o también conocidas como plantas vasculares. Morales et al. (2022) expresan que estos musgos se caracterizan por poseer una alta capacidad de tolerar la desecación, lo cual les permite subsistir en ambientes xerofíticos como lo son: paredes rocosas, acantilados o lugares donde no se cuentan con un flujo continuo de agua (Figura 27), soportando de mejor forma la presencia de ciclos de desecación, en comparación con especies méxicas, las cuales están adaptadas a ambientes con mayor cantidad de humedad.



Figura 27. Hábito de crecimiento de Polytrichales

Nota. Se caracteriza por presentar una disposición menos conglomerada entre cada musgo

Brodribb et al. (2020) manifiesta que comúnmente se relaciona al sistema vascular interno con las traqueófitas y concuerda con Proctor, ya que en su estudio comprobó que existe un caso particular perteneciente a las plantas no vasculares, un musgo el cual se distribuye alrededor del planeta, mismo que pertenece a la familia Polytrichaceae (orden Polytrichales), el cual se caracteriza por contar con células conductoras de agua desarrolladas conocidas como hidroides y un sistema de conducción lignificado, que demuestra la similitud con las plantas vasculares para mover agua, tal como se aprecia en la Figura 28. Sumado a esto, un estudio reciente realizado por Coelho et al. (2023) reafirma lo mencionado por los anteriores autores en lo que respecta a las cualidades de las especies endohídricas y argumenta que la baja capacidad de absorción de Polytrichales está ligada a factores externos, como es la presencia de una cubierta de cera que se encuentra dispuesta en las hojas, lo que provocaría que el agua se repela y no consiga una buena retención de agua como otros musgos.

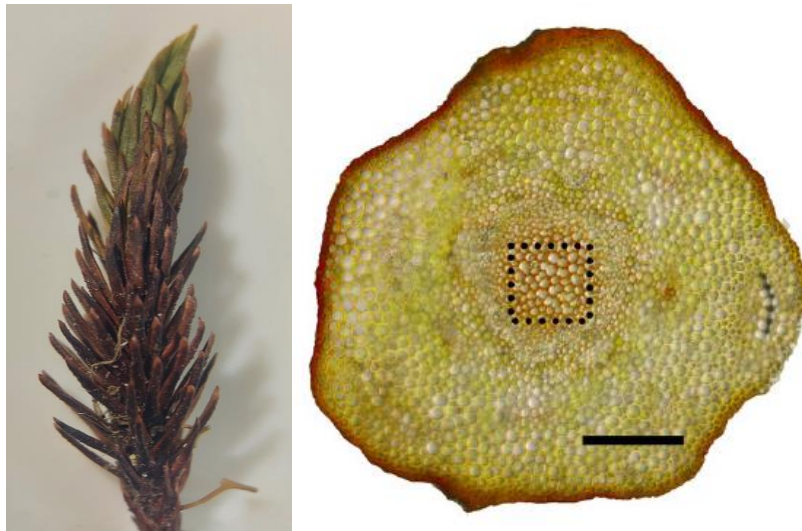


Figura 28. Fisiología del orden Polytrichales

Nota. Estructura interna y externa del orden Polytrichales. Adaptado de (Brodrribb et al., 2020)

4.2.1. Especies representativas

De acuerdo con los valores porcentuales del contenido hídrico de los musgos recolectados y pesados, según la metodología sugerida por Coelho et al., (2023), se destaca que, en el Sitio 1: Lagunas El Voladero se recolectaron 11 registros, de los cuales *Sphagnum magellanicum* es el musgo que mayor capacidad de retención de agua presenta y en su opuesto es *Polytrichum juniperinum*; en el Sitio 2: Bosque de Polylepis se recolectaron 10 registros diferentes de musgos, donde *Hypnum cupressiforme* fue la especie con mayor capacidad de retención y *Syrrophodon lycopodioides*, presentó el valor porcentual más bajo. Finalmente, en el Sitio 3: Quebrada La Buitrera se registraron 5 especies diferentes de las cuales *Sphagnum sancto-josephense* y *Polytrichum juniperinum*, fueron los musgos más representativos, presentando los valores máximos y mínimos para este lugar.

En los sitios de muestreo de la REEA se pudo apreciar que *Sphagnum magellanicum* y *Sphagnum sancto-josephense* son las especies que mayor capacidad de retención de agua presentan (pertenecen al orden Sphagnales), pero a pesar de contar con la cualidad de albergar grandes cantidades de agua en su interior, estos musgos no se encontraron

en todos los sitios de colecta, esto principalmente se debe al hábitat en el que viven, según lo manifiestan Churchill et al., (2020) en su libro, en el que también destacan que los musgos de este orden se los encuentra en gradientes de humedad altos, como pueden ser orillas de sistemas lacustres o pantanos, aunque también es común encontrarlos en elevaciones medias a altas, como lo son regiones montanas o páramos, características en conjunto que comparten tanto los sitios 1 y 3 del presente estudio.

Otro factor tomado en cuenta para la presencia de estas dos especies es el rango altitudinal en el que se encuentran, según lo expresan Suarez et al., (2022), además mencionan que estos se los ha registrado en las provincias de Carchi, Pichincha, Tungurahua y Azuay, en alturas comprendidas entre los 3000 a 4000 msnm, tal como es el caso de las especies colectadas en la REEA (*Sphagnum magellanicum* a 3751 msnm y *Sphagnum sancto-josephense* a 3696 msnm). Concordando con los estudios de Corrales (2018) y Weston et al. (2018) en el que mencionan que el género *Sphagnum* es el más propicio para sobrevivir a grandes altitudes, pero también son capaces de soportar condiciones de humedad continua, baja disponibilidad de nutrientes y una basta resistencia a la descomposición, lo cual les permite crear espacios hostiles para plantas vasculares, características propias de un ecosistema conocido como turba.

Campbell (2019) menciona que la presencia de *Sphagnum* está influenciada por la disponibilidad de agua y su mecanismo explosivo de salida de esporas que le permite una dispersión más efectiva y una mayor diversidad genética en parches de turberas. De igual forma Lapshina et al. (2023) y Henríquez (2021) hacen alusión a la escasa presencia de nutrientes minerales, temperaturas bajas o su estadio en sustratos ácidos como factores relevantes para la subsistencia de *Sphagnum*. Además, Gradstein y León (2020) observaron que es más común encontrar hepáticas que musgos cubriendo suelos de bosques o troncos de árboles del género *Polylepis*, tal fue el caso del segundo sitio de colecta, en el que se observó que dentro del bosque no se apreciaron ninguna especie del género *Sphagnum*, pero en los otros sitios desprovistos de árboles si se los registró.

4.2.6. Retención de agua en musgos y especies representativas de la REEA

La Reserva Ecológica El Ángel está constituida por páramo de pajonal, donde se aprecia la dominancia de plantas herbáceas del género *Calamagrostis*, tales como *C. intermedia* y *C. effusa*; además, se encuentran frailejones o rosetas gigantes (*Espeletia pycnophylla subsp. angelensis*) características de la provincia del Carchi; almohadillas (*Plantago rigida*) entre otras (Romoleroux et al., 2023). Por ende, se comparó los valores de las medias del estudio de Peña (2017) en cuanto a la capacidad de retención de agua del frailejón, que presenta similitud con las metodologías para su cálculo, tal como se esquematiza en la figura 29; denotando diferencias a favor de los musgos (*Sphagnaceae*: 140 ml y *Polytrichaceae*: 32 ml) frente a las hojas de los frailejones (*Asteraceae*: 1.94 ml).

Según Rodríguez et al. (2017) menciona que los frailejones poseen características físicas diferenciales, ya que su estructura está dominada por necromasa en la que se aprecian estructuras muertas, siendo la biomasa una proporción menor para la subsistencia, además sus hojas tienen pubescencias adaptadas a bajas temperaturas que les permiten captar y distribuir agua en el suelo, también se disponen en forma de roseta que ayuda a mejorar la eficiencia en la fotosíntesis. Tobón y Morales (2007) mencionan que la presencia de pubescencia en las hojas contribuye a capturar agua de la niebla, pero esta no se adentra en la estructura interna ya que la pubescencia hace que el agua resbale y se disipe a lo largo de hoja, hasta caer por goteo al suelo y distribuirse por escorrentía.

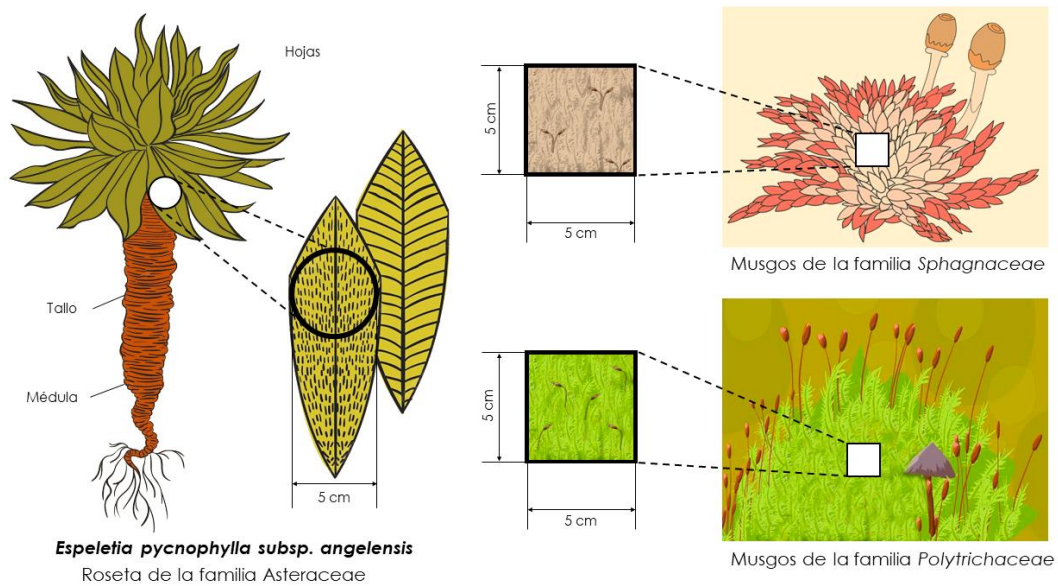


Figura 29. Esquematización de la toma de muestras para evaluar la capacidad de retención de agua en especies de la REEA

Nota. Para determinar la capacidad de retención de agua la metodología es similar a la aplicada en el presente estudio, la diferencia radica en la toma de muestras para su pesaje, ya que para los frailejones del género *Espeletia*, el autor consideró tomar la muestra de forma circular (diámetro: 5 cm), en cambio para el caso de los musgos se optó por coleccionar muestras en forma cuadrada de 5x5 cm

4.3. Estrategias de conservación de los musgos

Para proponer las estrategias de conservación que promuevan el cuidado de los musgos presentes en el área de estudio, se tomó en consideración a los actores sociales directos e indirectos que contribuyen en la conservación de la Reserva Ecológica El Ángel, para ello se toman en cuenta las principales amenazas que los musgos están propensos a enfrentar.

4.3.1. Identificación de problemas

Los problemas que inciden negativamente en la conservación de los musgos presentes en la REEA se identificaron mediante revisión bibliográfica en la cual se mencionan las principales amenazas que enfrentan los musgos en la actualidad y a futuro, además

se consideraron apartados clave mediante la observación directa en el campo para relacionar los problemas que enfrentan los musgos en el área de estudio, tal como se aprecia en la Tabla 11. Hodgetts et al. (2019) menciona que las amenazas de los musgos son complejas debido a que en ocasiones son difíciles de categorizar, no obstante consideraron los problemas más significativos que pueden enfrentar los musgos en la actualidad, entre estos se encuentran: modificación del sistema natural, cambio climático y clima severo, agricultura y acuicultura, contaminación, presencia antropogénica, desarrollo residencial y comercial, enfermedades por plagas invasoras, uso extensivo como recursos biológicos, eventos geológicos, entre otros.

En otro estudio realizado por J. Martínez (2020) menciona que las amenazas que enfrentan los musgos son causadas principalmente por la presión antropogénica que causan la destrucción de hábitats, cambios en el uso del suelo, extracción de agua, deforestación, erosión, incendios, introducción de especies exóticas, recolección ilegal para épocas tradicionales como Navidad o la Procesión de Corpus de Béjar (Salamanca), entre otras. Y según He et al. (2016) mencionan que los musgos enfrentan problemas que están relacionados al enfoque se les da a las investigaciones en la actualidad, entre estos se encuentran: estudios botánicos actuales sesgados hacia plantas vasculares, pérdidas significativas en la diversidad de briofitas, cambio climático, alteración en la estructura y función del ecosistema.

Tabla 11. Identificación de las amenazas presentes en la REEA

| Fuentes de investigación | Amenazas que enfrentan los musgos | |
|--|--|---|
| | A nivel general (En todo el mundo) | Dentro de la Reserva Ecológica El Ángel |
| A miniature world in decline (Hodgetts et al., 2019) | Modificación del sistema natural | Modificación del sistema natural |
| | Cambio climático y clima severo | Cambio climático y clima severo |
| | Avance de la frontera agrícola (agricultura y acuicultura) | Avance de la frontera agrícola |
| | Contaminación (pesticidas, plaguicidas) | |

| | | |
|--|---|---|
| | Presencia de actividades antropogénicas (ganadería y deforestación) | Presencia de actividades antropogénicas (ganadería y deforestación) |
| | Desarrollo residencial y comercial | |
| | Enfermedades por plagas invasoras | |
| | Uso extensivo como recursos biológicos | |
| | Eventos geológicos | |
| | Amenazas por actividades humanas | |
| | Destrucción de hábitats | Destrucción de hábitats |
| | Cambios en el uso de suelo | Cambios en el uso del suelo |
| | Extracción de agua | |
| Musgos Liliputenses jugando sus cartas (J. Martínez, 2020) | Deforestación | |
| | Erosión del suelo | |
| | Presencia de incendios | Presencia de incendios |
| | Introducción de especies exóticas | Introducción de especies exóticas |
| | Recolección ilegal para fechas tradicionales | |
| | Incremento de actividades turísticas | Falta de planificación en actividades turísticas (Incremento de actividades turísticas) |
| | Estudios botánicos actuales sesgados hacia plantas vasculares | Estudios botánicos sesgados hacia plantas vasculares |
| Will bryophytes survive in a warming world (He et al., 2016) | Pérdida en la diversidad de musgos | Pérdida en la diversidad de musgos |
| | Alteración en la estructura y función del ecosistema | Alteración en la estructura y función del ecosistema |
| | | |

4.3.2. Matriz de Vester

A continuación, se puede apreciar la Matriz de Vester (Tabla 12) y su correspondiente representación gráfica del plano cartesiano (Figura 30) con las interacciones correspondientes de los once problemas considerados como amenazas que enfrentan los musgos.

Tabla 12. Problemáticas relacionadas a las principales amenazas que enfrentan los musgos

| Código | Variable | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | Influencia/Activas (X) |
|--------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|------------------------|
| P1 | ● Modificación del sistema natural (Alteración en la estructura y función del ecosistema) | - | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 13 |
| P2 | ▲ Cambio climático y clima severo | 3 | - | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 26 |
| P3 | ▲ Avance de la frontera agrícola | 3 | 3 | - | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 25 |
| P4 | ▲ Presencia de actividades antropogénicas (ganadería y deforestación) | 3 | 3 | 3 | - | 3 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 23 |
| P5 | ● Destrucción de hábitat de los musgos | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 2 | 1 | 2 | 0 | 1 | 3 | 13 |
| P6 | ▲ Cambios en el uso del suelo | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | - | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 21 |
| P7 | ▲ Presencia de incendios | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | - | 2 | 0 | 2 | 3 | 22 |
| P8 | ■ Introducción de especies exóticas | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 3 | 16 |
| P9 | ✘ Falta de planificación en actividades turísticas (Incremento de actividades turísticas) | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | 10 |
| P10 | ■ Estudios botánicos sesgados hacia plantas vasculares | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 2 | - | 3 | 19 |
| P11 | ● Pérdidas en la diversidad de musgos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | - | 9 |
| Dependencia/Pasivas (Y) | | 25 | 18 | 16 | 17 | 25 | 19 | 17 | 12 | 9 | 12 | 27 | - |

En la figura 30 se aprecia la Matriz de Vester representada en un plano cartesiano, donde se puede observar las interacciones de las amenazas que están relacionadas con el bienestar de los musgos, teniendo así un total de cinco problemas dentro del cuadrante de críticos, siendo P2: Cambio climático y clima severo el problema más severo al cual se enfrentan, seguido de P3: Avance de la frontera agrícola, P4: Presencia de actividades antropogénicas (ganadería y deforestación), P7: Presencia de incendios y finalmente P6: Cambios en el uso de suelo.

Según Hofstede et al. (2023) el impacto causado a la vegetación de los páramos está vinculado al cambio climático, ya que se presentan aspectos adversos que convierten a la flora de estos espacios más vulnerables, debido a que enfrentan condiciones adversas como es el aumento de la temperatura a nivel global, los cambios en la radiación o la variación de las precipitaciones. Además, Hao y Chu (2021) manifiestan que en los próximos años se espera que la región de los trópicos se vuelva más cálida, causando que los musgos terrestres sean propensos a la desaparición, esto lo apreciaron mediante su estudio en el cual observaron que el incremento de la temperatura causa la disminución en el crecimiento de los musgos y también su tasa de supervivencia se vio afectada, lo que resultaría con efectos negativos en cascada en todo el ecosistema; por esto los autores recomiendan que los esfuerzos de conservación se incluya a la microflora.

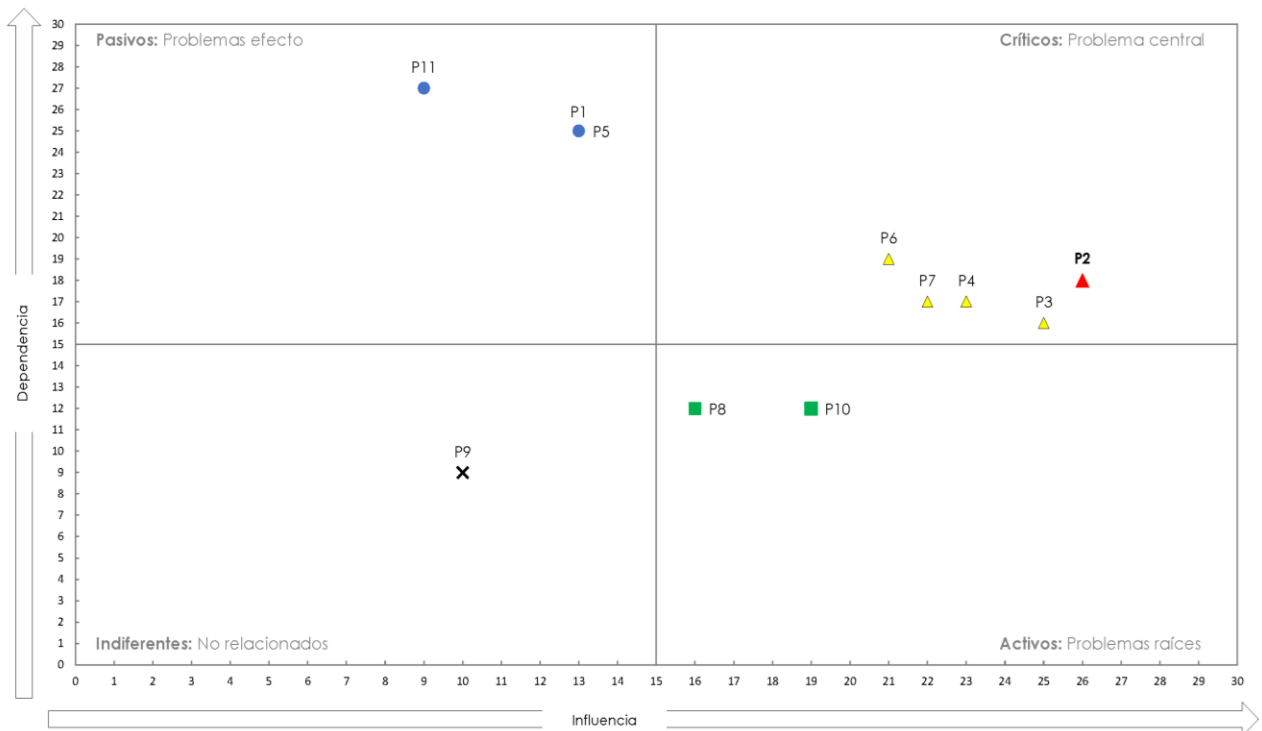


Figura 30. Matriz de Vester

El árbol de problemas de la figura 31, representa las causas y los efectos que provocan la vulnerabilidad de los musgos, entre los que se encuentran principalmente dos causas,

P10: estudios botánicos sesgados hacia plantas vasculares y P8: la introducción de especies exóticas. Los efectos causales de estos problemas están distribuidos en las ramas del árbol, teniendo un total de tres problemas correspondientes a P5: destrucción del hábitat de los musgos, P1: modificación del sistema natural y P11: pérdida en la diversidad de musgos. Otro problema que no está vinculado directamente con la problemática central, es el P9: incremento de actividades turísticas, también conocido como problema indiferente.

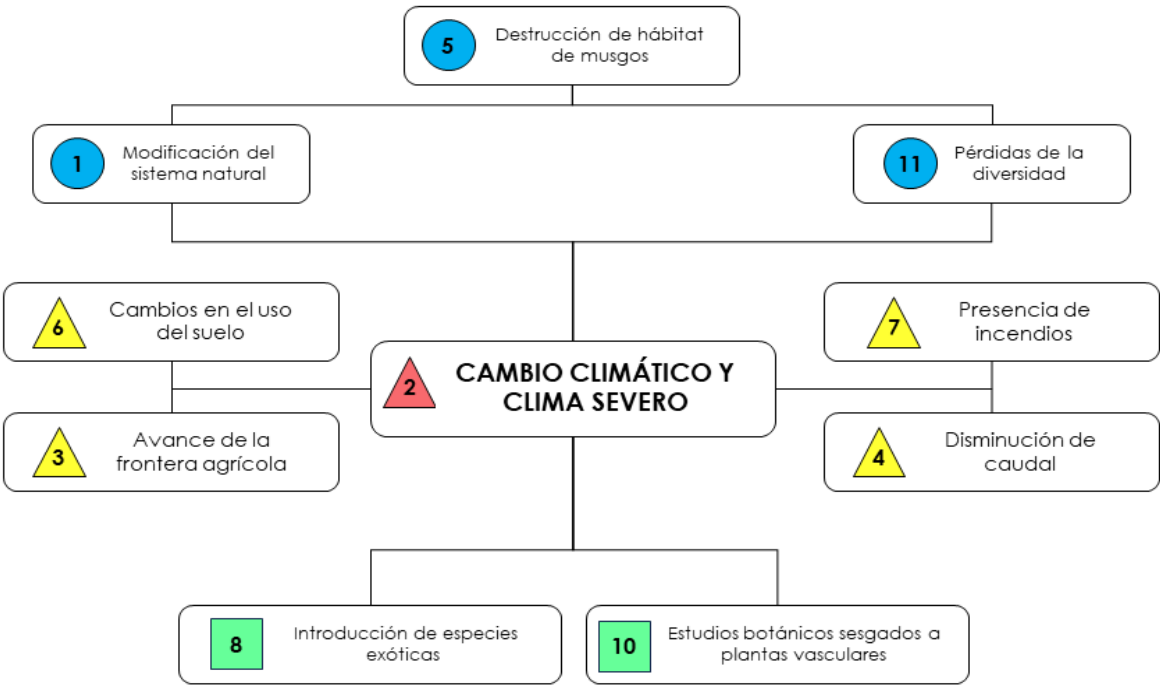

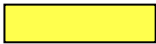



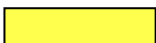
















Figura 31. Árbol de problemas

4.3.3. Matriz de Viabilidad

Para mitigar las principales amenazas que enfrentan los musgos en la REEA se consideró el uso de la Matriz de Viabilidad (Tabla 13), la cual ayuda a reconocer cual estrategia de conservación es la más adecuada.

Tabla 13. Matriz de Viabilidad

| N° | ALTERNATIVAS | VIABILIDAD | | | TOTAL |
|----|--|--|--|--|--|
| | | Técnica | Económica | Social | |
| 1 | Educación ambiental a los guardaparques e instituciones educativas |  |  |  |  |
| 2 | Prácticas agroforestales a los moradores de la parroquia la Libertad |  |  |  |  |
| 3 | Restauración en áreas afectadas por deforestación e incendios |  |  |  |  |
| 4 | Turismo científico |  |  |  |  |
| 5 | Conservación de especies mediante bancos de germoplasma |  |  |  |  |

Nota. Los colores representan la viabilidad de las alternativas:



La alternativa es viable



La alternativa es viable a mediano plazo o requiere actividades previas



La alternativa no es viable o no está al alcance de la comunidad en el corto y mediano plazo.

4.3.3.1. Diseño del programa de educación ambiental con enfoque en la conservación de los musgos

A partir de la realización de la matriz de viabilidad se logró obtener dos estrategias orientadas en la conservación de los musgos.

***Estrategia 1:** Desarrollar un programa de educación ambiental dirigido a los guardaparques e instituciones educativas de la localidad.*

Ubicación: Reserva Ecológica El Ángel, parroquia La libertad

Justificación: La educación ambiental no debe ser solo teórico práctico, sino también, enfocarse en llegar a las personas y causar un impacto sobre la información que queremos plasmar, es por eso que se pretende aumentar el nivel de concientización en las personas, así como también dar a conocer sobre los recursos naturales y posibles problemáticas que pueden llegar a tener la REEA y que perjudican directamente al lugar, por lo cual, al realizar la educación ambiental se brindaran herramientas para la toma de decisiones con medidas responsables, beneficiando al ecosistema (Elías et al., 2022). Por lo que se pretende desarrollar un módulo de educación ambiental para la conservación de los musgos en el área de estudio, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 14. Estrategia de conservación: Educación Ambiental

| | | |
|-------------------------------|--|--|
| Estrategia 1 | Educación ambiental para la conservación de musgos “Los pequeños gigantes del páramo” | |
| Objetivo | Familiarizar a las comunidades e instituciones de la parroquia La Libertad, sobre la importancia de la conservación de los musgos, amenazas, impactos y beneficios de estas especies en el ecosistema y al ser humano. | |
| Alcance | Generar conocimiento a los pobladores e instituciones educativas locales sobre las funciones ecológicas de los musgos en el páramo y sus amenazas, fomentando buenas prácticas ambientales, así como también proyectos escolares sobre el cuidado de los musgos. | |
| Medios de verificación | Registros de asistencia, registros fotográficos, material didáctico | |
| Actividades | Taller de capacitación a los presidentes de la comunidad sobre el concepto, beneficios para el ecosistema y el ser humano. Las amenazas y preservación de los musgos mediante videos e imágenes de concientización del uso de las especies | Responsables Personal técnico de la REEA |
| | Campañas de concientización sobre el uso de los musgos en la época navideña, mediante charlas y videos sobre el cuidado de estas especies a los pobladores e instituciones de la parroquia La Libertad | MAATE |
| | Taller participativo con docentes y estudiantes para la creación de un folleto informativo y proyectos escolares de educación ambiental en base al conocimiento obtenido a partir de las capacitaciones. | GAD Municipal Espejo |
| | Taller de introducción sobre los musgos en los páramos dirigidos a niños de 10 años en adelante, a través de un juego de memoria: “Plantas increíbles”, en donde el docente indicara a cada estudiante imágenes de diferentes especies de musgos en la parte inferior, las cuales deberá observar detenidamente, luego se procederá a taparlas y cuando el docente indique la imagen superior, el estudiante debe recordar en qué lugar se encontraba ese musgo. | Personal técnico de la REEA |
| | Salidas de campo con los guardaparques de la REEA, en donde se realizará un recorrido por el sendero de la laguna El Voladero, para la observación directa de las especies de musgos existentes en el sitio | Personal técnico de la REEA |
| | Creación de clubes ecológicos con el fin de diagnosticar el estado actual de las especies, así mimos | GAD Parroquial de La |


| | | |
|---------------------------|--|-------------------------------|
| | realizar seguimiento y control mensual del hábitat de los musgos. | Libertad y Juntas de Agua |
| | Taller de manualidades con materiales reciclados en donde los estudiantes puedan elaborar pesebres navideños, usando alternativas que eviten el uso de los musgos, materiales como: arena, piedras, aserrín, papel pintado, cartón, tela, sacos de yute, pelo de choclo. | GAD Parroquial de La Libertad |
| | Desarrollo del concurso de cuentos por estudiantes de séptimo grado sobre la temática: “Cuidemos a la piel de los páramos”, para prevenir la desaparición de estas especies. | GAD Municipal Espejo |
| | Taller participativo: “Los pequeños gigantes de los páramos”, en donde los estudiantes conozcan el rol que cumplen en el páramo, los beneficios para los seres vivos y los problemas ambientales que afectan a su desarrollo. | Personal técnico de la REEA |
| Tiempo de duración | | 2 años |

Estrategia 2. Turismo científico o turismo con lupa

Ubicación: Lagunas El Voladero y Quebrada La Buitrera

Justificación: El turismo científico es considerado como un complemento del turismo convencional, donde a su vez se crea sinergia entre la ciencia y el turismo, permitiendo así el desarrollo de la población local y el entorno en el que se efectúa (Silva et al., 2019). Mediante la siguiente estrategia (Tabla 15) se busca familiarizar a los turistas e interesados en el cuidado del medio ambiente en temas centrados en conocer sobre la microflora de la Reserva Ecológica El Ángel y generar conciencia ecológica en cuanto a la conservación de musgos los cuales desempeñan un rol importante en el entorno en el que se desarrollan.

Tabla 15. Estrategias de conservación: Turismo Científico

| | | |
|------------------------------|--|--|
| Nombres de estrategia | “Un mini mundo por explorar I” |  |
| Objetivo | Instruir sobre la ecología de la microflora presente en la Reserva Ecológica El Ángel | |
| Alcance | Generar conocimientos sobre los musgos presentes dentro del área protegida, mediante materiales lúdicos con énfasis en la conservación por parte de los turistas | |
| Costo | Estudiantes: 10 dólares, Público en general: 15 dólares | |
| Cupos | 12 – 16 asistentes | |
| Recomendaciones | Llevar ropa cómoda para caminar, botas, poncho de agua, protector solar y refrigerio. | |

| Actividades | Recursos | Medios de verificación | Responsables | Costo referencial | Tiempo por actividad |
|--|--|--|---|--|----------------------|
| Conferencia inicial de los conocimientos más relevantes de los musgos | <ul style="list-style-type: none"> - Diapositivas ilustrativas sobre la ecología de los musgos (Anexo 7) - Manual digital de especies registradas en la REEA – Código QR y Póster para concurso (Anexo 8) | <ul style="list-style-type: none"> - Registro de asistencia | <ul style="list-style-type: none"> - Personal técnico de la REEA - Guías de campo | - | 30 minutos |
| Instrucción y provisión de materiales para la observación <i>in situ</i> | <ul style="list-style-type: none"> - Infografías sobre la visualización de musgos en el campo (Anexo 9) - Suministro de materiales: - Lupas (12 unid.) - Papel milimetrado plastificado (15 unidades) - Aplicación móvil: Gaia GPS - Bolsas plásticas con cierre. Solo en el caso de registrar posibles nuevas especies. | <ul style="list-style-type: none"> - Número de infografías compartidas - Registro de materiales entregados | <ul style="list-style-type: none"> - Personal técnico de la REEA - Guías de campo | <p>Infografías</p> <p>-</p> <p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> - 30 dólares - 5 dólares - 2 dólares <p>Refrigerio</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10 dólares | 10 minutos |
| Explicación de pautas para el concurso de fotografías | <ul style="list-style-type: none"> - Hidratación y frutas - Cámaras fotográficas o dispositivos móviles - Cartillas con el registro de especies /Check list (Anexo | <ul style="list-style-type: none"> - Listado de concursantes | <ul style="list-style-type: none"> - Personal técnico de la REEA - Guías de campo | - | 10 minutos |

| | | | | | |
|--|--|--|---|------------|------------|
| 10) | | | | | |
| Movilización de participantes | - Transporte - Combustible | - Registro de asistentes | - Personal técnico de la REEA - Guías de campo | 40 dólares | 40 minutos |
| Recorrido por las rutas de observación previamente delimitadas | - Cartografía de las rutas (Anexo 11) | - Número de archivos compartidos | - Personal técnico de la REEA - Guías de campo | - | 2:00 horas |
| Recuento de musgos y posibles nuevas especies | - Cartillas con el registro de especies / Check list (Anexo 10) | - Registro de especies | - Personal técnico de la REEA - Guías de campo | - | 30 minutos |
| Premiación del concurso de fotografía | - Tomatodos, buff, termos o rompecabezas con la especie llamativa (años posteriores se podrá incluir la fotografía ganadora) | - Registro fotográfico de entrega de premios | - Personal técnico de la REEA - Guías de campo | 30 dólares | 10 minutos |
| Fortalecimiento de conocimientos | - Realidad aumentada: Merge Paper Cube, crucigramas, sopas de letras (Anexo 12) | - Registro de participación | - Personal técnico de la REEA - Guías de campo | - | 10 minutos |
| Costo del proyecto | 107 dólares | | | | |
| Tiempo de duración total | 4:00 horas, sin tomar en cuenta la movilización desde los diferentes destinos de la Zona 1. | | | | |
| Periodicidad | Anual, pero se puede incluir cuando exista abundancia de turistas, como festividades o días especiales (Día del Agua, Día de las Áreas Protegidas, Día del Medio Ambiente, Día de los Guardaparques, entre otras). | | | | |

Nota. La mayoría de recursos se procurará compartirlos mediante Códigos QR o algún sistema de mensajería digital para evitar el uso desmesurado de materiales.

Desarrollo de la segunda estrategia

La presente estrategia busca generar conocimiento sobre la importancia ecológica de los musgos presentes en la Reserva Ecológica El Ángel y así enfrentar a la problemática actual que enfrentan estos organismos, según lo mencionan Hodgetts et al. (2019), J. Martínez (2020) y He et al. (2016) en sus estudios. Para esto Giuello (2023) considera al Turismo Científico como una herramienta imprescindible en temas de conservación y aprendizaje a partir de investigaciones realizadas en un área determinada; es por lo que se consideró la estrategia denominada “Un mini mundo por explorar”, el cual cuenta con diferentes recursos y actividades que ayudaran a conocer el rol de estos organismos, lo cuales se detallan a continuación:

Conferencia inicial sobre los musgos de la REEA. Se realizó material didáctico el cual aborda temas sobre: turismo científico, biología de las briofitas, estructura morfológica de los musgos, el rol que desempeña, información sobre el área de observación, problemática que afectan a estos organismos, consideraciones para el muestreo de musgos, métodos de colecta y almacenamiento. En este apartado también se toma en cuenta la guía de campo con los musgos registrados dentro del área de estudio del presente estudio (Anexo 7 y 8).

Instrucción y provisión de materiales para la observación de musgos. Se optó por elaborar infografías digitales para tener una idea general sobre los organismos a observar, tales como división de las briofitas, estructura morfológica de los musgos, ciclo de vida, el rol de cumplen en el entorno en el que se desarrollan y consideraciones para realizar el reconocimiento e identificación. Además, se proveerá herramientas para la observación de los musgos que ayudaran a la observación directa de estructuras de musgos; también se dispondrá de hojas milimetradas (emplasticadas) para denotar el tamaño de las especies. Las fundas con cierre hermético serán exclusivas para posibles nuevas especies, mismas que estarán etiquetadas (Anexo 9).

Pautas para el concurso de fotografía. Se detallan y aclaran dudas sobre los lineamientos del concurso, el cual está dividido de acuerdo con el tipo de captura fotográfica del musgo, como: comunidad del musgo, registro del musgo con todas sus estructuras diferenciadas y número de buenos registros fotografiados. Para evitar desventajas en cuanto al dispositivo de captura, se considera separar por categorías, tanto para cámaras profesionales con lentes macro y dispositivos móviles. Además, cada participante contará con los correspondientes registros de las especies a ser colectadas (Anexo 10)

Movilización y recorrido por las rutas de observación. Se elaboraron mapas de las rutas en las que se encontrarán los musgos, para así asegurar la observación de especies más notorias como lo son musgos de los géneros: *Sphagnum*, *Breutelia*, *Campylopus*, entre otros. La cartografía se destaca por presentar coordenadas geográficas y una descripción general de los musgos del género que mayor capacidad de retención de agua presentaron en el presente estudio (Anexo 11). Además, de observar a estos pequeños organismos, también se podrán visualizar la flora y fauna característica de la REEA, como son *Espeletia pycnophylla* (frailejón), *Prismantis ocreatus* (cutín del Carchi), *Centrolene buckleyi* (rana de cristal altoandina), *Myioborus melanocephalus* (candelita de anteojos), entre otros.

Recuento de musgos y premiación del concurso fotográfico. Se tomará en cuenta los registros realizados por cada grupo de observación, el cual previamente fue compartido (cartilla de registro de especies); esta cuenta con fotografías de referencia, realizadas en el laboratorio y capturadas por briólogos especializados. Además, se incluye la taxonomía de cada una de las especies a fotografiar (Anexo 12)

Fortalecimiento de conocimientos. Para este punto se consideró la implementación de recursos que fomenten la retroalimentación de los conocimientos adquiridos durante la salida de campo y las charlas impartidas, como son: crucigramas, sopas de letras y

la incorporación de realidad aumentada, mediante la aplicación ObjectViewer (disponible para dispositivos Android y IOS), en la que se puede observar la modelación de gráficos 3D, de las principales estructuras de los musgos y terminología usada durante la salida de campo, permitiendo así la interacción con los turistas y así aclarar posibles dudas (Anexo 13).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Tras efectuarse el muestreo de musgos en las Lagunas El Voladero, Bosque de Polylepis y Quebrada La Buitrera se identificó 14 familias, 18 géneros y 23 especies de musgos, mismos que fueron categorizados de acuerdo con la Lista Roja de la IUCN, teniendo así 19 especies en la categoría No Evaluada (NE), dos en Preocupación Menor (LC), una En Peligro (EN), y una con Datos Insuficientes (DD). Además, mediante los índices aplicados, se apreció que existe diversidad media en las Lagunas El Voladero y Bosque de Polylepis, y diversidad baja en la Quebrada La Buitrera, según el índice de Shannon; la variación de diversidad se atribuye al grado de alteración, las condiciones microclimáticas o altitudinales. Por otro lado, según el índice de Simpson los tres sitios presentan dominancia alta, destacándose los géneros *Breutelia* y *Meteoridium*, como los más y menos dominantes, respectivamente. Y el índice de Margalef indica que estos sitios tienen una riqueza media baja de musgos.
- Este trabajo constituye como uno de los primeros esfuerzos por conocer más sobre la relación que existe entre las plantas no vasculares y el ciclo hídrico de los páramos presentes en Ecuador, donde se destaca el orden Sphagnales ya que presenta una mayor capacidad de retención de agua, con una diferencia de 7 veces comparada con el orden Polytrichales, que fue el que menor porcentaje presentó. Esta diferencia se explica por las estructuras interna y externa que presenta cada uno; Sphagnales cuenta con células hialinas en las superficies foliares que permite mejorar su capacidad de retención de agua, su hábito de crecimiento también le ayuda, ya que crecen en formaciones de cojines y disminuyen la evapotranspiración del agua. Por otra parte, el orden Polytrichales presenta una baja capacidad de retención debido a que su sistema de conducción es similar a

las traqueófitas, lo cual hace que el flujo de agua sea continuo y pueda desempeñar sus funciones biológicas.

- Mediante la aplicación de la Matriz de Vester se consiguió apreciar que la principal problemática que enfrentan los musgos en la Reserva Ecológica El Ángel es el Cambio Climático, trayendo como consecuencias la pérdida de la diversidad de musgos y con este la modificación del sistema natural, debido al enfoque que se tiene en la actualidad, ya que los estudios botánicos están sesgados hacia las plantas vasculares. Es por esta razón que se han propuesto dos alternativas para precautelar la sostenibilidad de los musgos mediante la educación ambiental con la iniciativa “Los pequeños gigantes del páramo” y el turismo científico, denominado “Un mini mundo por explorar”, mismos que cuentan con diferentes recursos que permitirán crear un vínculo con las personas que estén relacionadas a la REEA.

5.2. Recomendaciones

- Se sugiere realizar muestreos centrados en conocer exclusivamente la diversidad briofítica de la Reserva Ecológica El Ángel, para ello se recomienda apoyarse en la siguiente bibliografía: Manual de Briofitas – Tercera Edición (2022) el cual contempla temas relacionados a métodos de muestreo, microhábitats, ecología, entre otros tópicos relacionados, aunque hay que recordar que la distancia no es un factor determinante para apreciar más diversidad de estos organismos, por eso es factible enfocar los esfuerzos de muestreo en áreas concretas; el segundo documento se titula Guide to the Bryophytes of Tropical America (2001), que ayuda a identificar hasta nivel de género en cuanto musgos, hepáticas y antóceros. Por último, un recurso indispensable es la publicación ilustrada conocida como Familias y Géneros de los Musgos Tropicales (2020), que aporta con la descripción de los principales grupos de musgos y sus características

diferenciales, que serán una herramienta importante para mejorar el registro fotográfico (la cámara implementada deberá contar con un sensor macro).

- El presente estudio es un incipiente esfuerzo por conocer la ecología de la brioflora presente en la Reserva Ecológica El Ángel y da paso a realizar estudios direccionados en descubrir más sobre estos pequeños organismos, tomando en cuenta a los musgos más representativos como base, ya sea el género *Sphagnum* que se caracterizó por ser el grupo con mayor capacidad de retención o el caso del género *Breutelia* que fue la agrupación que más predominó en los sitios muestreados. Se los debe tener en cuenta para futuros estudios relacionados en conocer si existen variación entre las especies de estos géneros o diferencias significativas con la flora nativa, acompañado de metodologías estandarizadas (como la aplicada por Cohelo y el presente estudio) que ayuden a evitar sesgos y así conseguir una mejor apreciación en cuanto al aporte hídrico de briofitas y traqueófitas para la provisión de agua en los alrededores de la REEA.
- Tras haberse realizado esta investigación quedan interrogantes por contestar, las cuales ayudaran al cuidado de los páramos y a generar información útil para la conservación de los recursos naturales del área de estudio, entre los que se destacan: conocer cuál es la distribución de las turberas (espacios que no han sido descritos en profundidad) para cuantificar la efectividad que tienen estos sumideros de CO₂ y con ello contrarrestar los efectos del cambio climático. Otra apreciación destacable es indagar más sobre la ausencia de las cápsulas en la mayoría de los musgos, que son un factor importante para la identificación de estos, Por último, para investigaciones futuras sería factible crear sinergia con más carreras que involucren el estudio de la fitomedicina, que en la actualidad ya se llevan a cabo en otros sitios.
- Para el reconocimiento de los problemas que se presentan en el área de estudio es importante tomar en cuenta las observaciones que brindan las personas que

frecuentan el área, como es el caso del personal técnico de la reserva o personas que habiten el espacio a conservar, ya que se puede obtener con mayor precisión las eventualidades que pongan en riesgo a los diferentes componentes del medio ambiente.

REFERENCIAS

- Aguirre, N., Ojeda, T., & Equiguren, P. (2015). Diversidad de briófitos de los Páramos de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus. En *Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador* (Número April 2016).
<https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5009.1921>
- Alcala, A. (2019). Diversity of mosses in mt. Makiling forest reserve, Philippines. *Biodiversitas*, 20(6), 1729-1734. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200632>
- Alvarez, E. (2017). Informe del estado actual del componente biótico al proyecto de Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental del Puerto de Aguas Profundas de Posorja. *Cardno*, 6-192.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442020000200492
- Bengtsson, F., Granath, G., Cronberg, N., & Rydin, H. (2020). Mechanisms behind species-specific water economy responses to water level drawdown in peat mosses. *Annals of Botany*, 126(2), 219-230.
<https://doi.org/10.1093/aob/mcaa033>
- Benítez, Á., Cruz, D., & Aguirre, Z. (2021). Bosques Latitud Cero vol, 11(1). *Bosques Latitud Cero*, 11(1), 71-82.
https://drive.google.com/file/d/1uZGoruLJKoJp2_S3X5lirmczaOb3WZJf/view
- Benítez, Á., Gradstein, R., Cevallos, P., Medina, J., & Aguirre, N. (2019). Comunidades de briófitos terrestres relacionados con factores climáticos y topográficos en un páramo del sur de Ecuador. *Caldasia*, 41(2), 370-379.
<https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n2.67869>
- British Columbia Ministry of Forest. (1996). Techniques and Procedures For Collecting, Preserving, Processing, And Storing Botanical Specimens. *Province of British Columbia, Ministry of Forests Research Program*, 22-25.
<https://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/docs/wp/wp18.pdf>
- Brodribb, T., Delzon, S., McAdam, S., & Holbrook, N. (2020). Advanced vascular function discovered in a widespread moss. *Nature Plants*, 6(3), 273-279.
<https://doi.org/10.1038/s41477-020-0602-x>
- Burneo, M., & Benitez, Á. (2020). Distribución potencial y áreas prioritarias para la conservación de briófitos en Ecuador. *Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento científico*, 10(1), 1-13.
- Cabaña, F., & Cabral, E. (2014). Guía de estudios de Briofitas. *Facena*, 52.
http://exa.unne.edu.ar/carreras/docs/estudio_BRIOFITOS.pdf
- Calzadilla, E., & Churchill, S. (2014). Glosario ilustrado para musgos neotropicales. En *Missouri Botanical Garden* (Vol. 1).

- [https://www.tropicos.org/docs/Andeanmoss/Glosario_complete_libro\[1\].pdf](https://www.tropicos.org/docs/Andeanmoss/Glosario_complete_libro[1].pdf)
- Campbell, C. (2019). *Sphagnum limits. Physiology, morphology and climate*.
- Campo, A., & Duval, V. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 34(2), 25-42.
https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n2.47071
- Campos, L., Uribe, J., & Aguirre, J. (2017). *Santa Maria, Líquenes, Hepáticas y Musgos*.
http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Colecciones/Guias_ICN/3/Briofitos_SM_ebook_2017.pdf
- Cano, M., Jiménez, J., Gallego, T., & Guerra, J. (2022). A molecular approach to the phylogeny of the moss genus *Pseudocrossidium* (Pottiaceae, Bryopsida) and its taxonomic implications. *Journal of Systematics and Evolution*, 60(4), 914-931.
<https://doi.org/10.1111/jse.12801>
- Castillo, J. (2015). Variación de comunidades de briofitas a lo largo de un gradiente altitudinal en el norte de la Cordillera Oriental Ecuatoriana. *Disertación previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Biológicas*, 55.
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8727>
- Cataño, E., Uribe, J., & Campos, L. (2014). *Diversidad de hepáticas y musgos en turberas del nevado Tolima, Colombia*. 36(2), 217-229.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15446/caldasia/v36n2.47479>
- Chimbolema, S., Suárez-Duque, D., Peñafiel, M., Acurio, C., & Paredes, T. (2014). *Guía de plantas de la Reserva Ecológica El Ángel. January*, 177.
https://www.researchgate.net/publication/316939035_Guia_de_plantas_de_la_Reserva_Ecologica_El_Angel/link/5919e3080f7e9b1db6528879/download
- Chuncho, C., & Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 72-76.
- Churchill, S., Aldana, C., Opisso, J., & Morales, T. (2020). Familias y géneros de los musgos de los Andes tropicales. En *Missouri Botanical Garden*.
- Coelho, M., Gabriel, R., & Ah-Peng, C. (2023). Characterizing and Quantifying Water Content in 14 Species of Bryophytes Present in Azorean Native Vegetation. *Diversity*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/d15020295>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución de la República del Ecuador. *Toegepaste Taalwetenschap in Artikelen*, 40, 169-175.
<https://doi.org/10.1075/ttwia.40.16bee>
- COOTAD. (2015). Código Orgánico De Organización Territorial, COOTAD. *Registro Oficial*, 55. <https://www.defensa.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2016/01/dic15_CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-COOTAD.pdf

- Corrales, L. (2018). *Caracterización biofísica y determinación del intercambio de gases de efecto invernadero en las turberas de Talamanca, Costa Rica*. 5-20. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8975/Caracterizacion_biofisica.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Crooks, V. (2021). *Briofitas. Pequeñas plantas en un gran mundo cambiante*. Smithsonian Tropical Research Institute. <https://stri.si.edu/es/noticia/briofitas>
- Delgadillo, C., Escolástico, D., & Hernández, E. (2022). *Manual de Briofitas (Tercera Edición)*. http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/3a-edicion_Manual-Briofitas.pdf
- Delgadillo, C., Villaseñor, J. L., Cárdenas, Á., & Ortiz, E. (2014). Diversity and distribution of mosses in the state of Hidalgo, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 84-97. <https://doi.org/10.7550/rmb.35761>
- Delgadillo, C., Villaseñor, J., Ortiz, E., & Peña, A. (2015). Diversidad de musgos en el estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences*, 93(4), 899-906. <https://doi.org/10.17129/botsci.206>
- Eches, S. (2020). *Evaluación de potencial turístico de la Reserva Ecológica El Ángel*. 20-36. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24301>
- Elías, E., Bautista, V., & Alarcón, M. (2022). *The importance of environmental education and its global implication from the theoretical context*. 176-188.
- Field Museum. (2022). *Guías de campo*. <https://fieldguides.fieldmuseum.org/es>
- García, Sandra, Montoya, I., & Montoya, R. (2012). Propuesta de un Diseño Agroecológico para un Parque Natural Multifuncional (Finca Agualinda, Vereda Olarte en Usme, Bogotá D.C. - Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6407-6417.
- García, Stevens, & Mercado, J. (2017). Diversidad de briófitos en fragmentos de bosque seco tropical, Montes de María, Sucre, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 824-831. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.035>
- GBIF. (2023). *Sistema Global de Información sobre Biodiversidad*. <https://www.gbif.org/es/what-is-gbif>
- Gil, J., & Morales, M. (2014). Vertical stratification of epiphytic bryophytes found on *Quercus humboldtii* (Fagaceae) from Boyacá, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 719-727. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i2.8482>
- Giuello, O. (2023). *Turismo científico: Un acercamiento a su caracterización, definición y práctica en Argentina, de 2010 a 2022*. <http://rephip.unr.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2133/25218/TIF>. Osvaldo

Giuello.pdf?sequence=3&isAllowed=y

- Glime, J. (2017). Water Relations: Plant Strategies. Subchapter 7-3. *Bryophyte Ecology*, 1(April), 1-46.
<http://digitalcommons.mtu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1037&context=bryo-ecol-subchapters>
- Gómez, C., Pérez, P., García, U., Martínez, Y., Ortega, Z., & Chávez, A. (2014). Diversidad de musgos epífitos de la zona metropolitana del valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.), 108-124.
<https://doi.org/10.7550/rmb.35456>
- Gong, J., Roulet, N., Frohking, S., Peltola, H., Laine, A., Kokkonen, N., & Tuittila, E. (2020). Modelling the habitat preference of two key Sphagnum species in a poor fen as controlled by capitulum water content. *Biogeosciences*, 17(22), 5693-5719. <https://doi.org/10.5194/bg-17-5693-2020>
- Gonzalez, V. (2018). *Diversidad y composición de briófitas en cultivos del palto con distinto manejo agronómico y el bosque esclerófilo aledaño en Chile central*. http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-6500/UCC6906_01.pdf
- González, X. (2018). *Comunidades criptogámicas en páramos de Ecuador*. 5-10. <http://gip.uniovi.es/docume/TClaudia.pdf>
- Gradstein, R., & León, S. (2020). Liverwort diversity in Polylepis pauta forests of Ecuador under different climatic conditions. *Neotropical Biodiversity*, 6(1), 138-146. <https://doi.org/10.1080/23766808.2020.1809273>
- Grijalva, T. (2015). *Educación Ambiental para contribuir a la conservación de la Reserva Ecológica “El Ángel” caso: escuelas rurales de las parroquias El Ángel y la libertad, provincia del Carchi*. 146.
- Guerra, G., Arrocha, C., Rodríguez, G., Déleg, J., & Benítez, Á. (2020). Briófitas en los troncos de árboles como indicadores de la alteración en bosques montanos de Panamá. *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 492-502.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v68i2.38965>
- Guerrero, J., Tasambay, A., Cofre, F., Jácome, C., Valverde, C., & Jiménez, Y. (2020). Evaluación y restauración ecológica “Lisan Wasi” comunidad San Pedro, parroquia Tarqui, Cantón Pastaza. *Ciencia y Tecnología*, 13(1), 17-25.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.344>
- Hao, J., & Chu, L. (2021). Responses of terrestrial bryophytes to simulated climate change in a secondary evergreen broad-leaved forest in southern China. *Journal of Forestry Research*, 33(5), 1481-1492. <https://doi.org/10.1007/s11676-021-01443-4>
- He, X., He, K., & Hyvönen, J. (2016). Will bryophytes survive in a warming world? *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 19, 49-60.

<https://doi.org/10.1016/j.ppees.2016.02.005>

- Henríquez, P. (2021). *Mapeo de turberas naturales y antropogénicas en la comuna de Chonchi de la Región de los Lagos, mediante técnica de percepción remota y Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. 3-22.
- Hodgetts, N., Cálix, M., Englefield, E., Fettes, N., García, M., Patin, L., Bergamini, A., Bisang, I., Baisheva, E., Campisi, P., & Cogoni, A. (2019). A miniature world in decline. En *European Red List of Mosses, Liverworts and Hornworts*. <https://doi.org/https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.2.en>
- Hofstede, R., Llambí, L., Peralvo, M., Beltrán, K., Calispa, M., & Mosquera, G. (2023). Capítulo 12: El cambio climático en el páramo del Ecuador. En *Los páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro* (pp. 324-353). <https://doi.org/10.18272/usfqpress.71>
- Holz, I., & Gradstein, R. (2005). Cryptogamic epiphytes in primary and recovering upper montane oak forests of Costa Rica - Species richness, community composition and ecology. *Plant Ecology*, 178(1), 89-109. <https://doi.org/10.1007/s11258-004-2496-5>
- Ignatov, M., & Ignatova, E. (2018). On the identity of *Entodon rufescens* Laz. *Arctoa*, 27(1), 87-90. <https://doi.org/10.15298/arctoa.27.08>
- IUCN. (2023). *The IUCN Red List of Threatened Species*. <https://www.iucnredlist.org/>
- Jácome, S. (2020). *Estimación de biomasa de la especie Polylepis SP en la Reserva Ecológica El Ángel, mediante imágenes satelitales Sentinel para su conservación*. 2(1), 21-37. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25963/1/T-ESPE-044787.pdf>
- Jiménez, J., Cano, M., Guerra, J., Churchill, S., & Suárez, G. (2009). *Pseudocrossidium linearifolium* (Pottiaceae) comb. et stat. nov. *Bryologist*, 112(1), 188-193. <https://doi.org/10.1639/0007-2745-112.1.188>
- Jiménez, M., Ros, R., & Guerra. (1986). Flora y vegetación briofítica del sector noroccidental de la Sierra del Calar del Mundo (SW de Albacete, España). *Acta Botanica Malacitana*, 11(1986), 113-146. <https://doi.org/10.24310/actabotanicaabmabm.v11i.9464>
- Klavina, L. (2018). *Composition of mosses, their metabolites and environmental stress impacts*. https://dspace.lu.lv/dspace/bitstream/handle/7/38353/298-62985-Klavina_Laura_lk08188.pdf?sequence=1
- Lapshina, E., Maksimov, A., & Lamkowski, P. (2023). Notes on distribution and habitat preferences of *Sphagnum inexpectatum* and *S. mirum* in Western Siberia. *Botanica Pacifica*, 12(1), 89-100. <https://doi.org/10.17581/bp.2023.12114>

- Larraín, J., & Vargas, R. (2021). Briófitos y líquenes en las turberas de Sphagnum de la Región de Aysén, Chile. *Funciones y servicios ecosistémicos de las turberas de Sphagnum en la región de Aysén*, 161-191.
https://www.researchgate.net/publication/353450263_BRIOFITOS_Y_LIQUENES_EN_LAS_TURBERAS_DE_SPHAGNUM_DE_LA_REGION_DE_AYSEN_CHILE
- Leiva, Y., & Álvarez, R. (2021). *Analysis and proposal for improvement in the logistics system of a water treatment equipment trading company*. 2021-July, 1-10. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.80>
- Lombo, Y., & Suarez, K. (2018). *Distribución Vertical De Briófitos En Un Bosque Húmedo Tropical De La Reserva Forestal Buenavista, Villavicencio-Meta Facultad De Ciencias Basicas E Ingenieria Departamento De Biología Y Química Programa De Biología , Colombia 2018*. 30-47.
[https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/1467/Distribución Vertical de Briófitos en un Bosque Húmedo Tropical de la Reserva Forestal....pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/1467/Distribución%20Vertical%20de%20Bri%C3%B3fitos%20en%20un%20Bosque%20H%C3%BAmedo%20Tropical%20de%20la%20Reserva%20Forestal....pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Magurran, A. (2004). Measuring biological diversity. En *Current Biology* (Vol. 31, Número 19). <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.049>
- Mancina, C., & Flores, D. (2017). *Diversidad Biológica de Cuba. Métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas*.
- Martínez, J. (2020). Musgos: liliputienses jugando sus cartas. En *Universidad de La Rioja*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/776538.pdf>
- Martínez, M. (2020). *Distribución de musgos (Bryophyta) en un gradiente altitudinal en el complejo de páramos Guantiva - La Rusia (Boyacá y Santander, Colombia)*. 2-3.
- Martínez, M., Díaz, C., & Morales, M. (2019). Mosses from the Guantiva - La Rusia paramo complex in the departments of boyacá and santander, Colombia. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 23(1), 15-30.
<https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.1>
- Martínez, S., Banqueth, H., Vitola, F., Gómez, J., & Puentes, M. (2016). Diversidad de briófitos en los montes de maría, colosó (Sucre, Colombia). *Colombia Forestal*, 19(1), 41-52.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2016.1.a03>
- Medrano, M., Hernández, F., Corral, S., & Nájera, J. (2017). Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40), 57-68. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i40.36>
- Mejía, J., & Castro, C. (2018). Zonación altitudinal de musgos al oeste de la Sierra Nevada del Cocuy (Boyacá, Colombia). *Energies*, 6(1), 1-8.

- Mena, P., & Medina, G. (2016). *La Biodiversidad de los páramos en el Ecuador*. 1-26.
- Mendoza, Z. (2013). Guía de Metodos para medir la Biodiversidad. *Universidad Nacional de Loja*. <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Merced, A. (2022). *Guía para las Briofitas de Puerto Rico. 1*, 1-46. <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/64977>
- Merchán, J., Álvarez, J., & Merchán, M. (2011). *Retención de agua en musgos de páramo de los municipios de Siachoque, Toca y Pesca (Boyacá)*. 5(2), 295-302.
- Ministerio del Ambiente. (2008). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica El Ángel*. Quito. 20.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Plan de Manejo Reserva Ecológica El Ángel. *Latindex, 1*, 174.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). *Sistema de clasificación de los ecosistemas de Ecuador Continental*. 131-151. <http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/NIVELNACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>
- Ministerio del Ambiente Perú. (2011). Guía de Evaluación de la Flora Silvestre. *Programa Inventarios de Biodiversidad; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 1*, 1-47. https://www.minam.gob.pe/direccion/wp-content/uploads/sites/6/2013/09/guia_evaluacion_flora.pdf
- Molina, E., & Lasso, S. (2013). *Estudio de los hábitos del Cóndor Andino (Vultur gryphus) en el Ecuador, basado en la sistematización de registros históricos*. 6, 40-58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4688321>
- Montenegro. (2016). Situación del turismo en la Reserva Ecológica El Ángel y el fortalecimiento comunitario en la Libertad, Cantón Espejo - Carchi. *Sathiri, 11*, 96. <https://doi.org/10.32645/13906925.13>
- Montenegro, L. (2011). *Caracterización de algunos aspectos fisiológicos y bioquímicos del musgo pleurozium schreberi relacionados con su capacidad de tolerancia a la deshidratación*. 17-35. <http://www.bdigital.unal.edu.co/7623/>
- Morales, J., Mark, K., Souza, J., & Niinemets, Ü. (2022). Desiccation-rehydration measurements in bryophytes: current status and future insights. *Journal of Experimental Botany*, 73(13), 4338-4361. <https://doi.org/10.1093/jxb/erac172>
- Morillo, I. (2016). *Propuesta de una red de áreas naturales protegidas para el Ecuador continental*. 166. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/36209/1/T36933.pdf>
- Motito, A., & Rivera, Y. (2017). Briofitas. *Diversidad biológica de Cuba: métodos de*

inventario, monitoreo y colecciones biológicas (C., 118-133.

Naciones Unidas. (2023). *Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe.*

<https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-opportunidades-2021-2025-de-ecuador>

Oishi, Y. (2018). Evaluation of the water-storage capacity of bryophytes along an altitudinal gradient from temperate forests to the alpine zone. *Forests*, 9(7).
<https://doi.org/10.3390/f9070433>

Ordóñez, M. (2015). *Patrones de distribución potencial e identificación de áreas prioritarias para la conservación de briófitos en Ecuador.* 105.

Ortega, D. (2019). *Guía didáctica de los briófitos del campus Salache, Universidad Técnica de Cotopaxi.*

Ospina, D. (2016). *La sequía en Colombia, y los musgos como posible solución en productos de diseño.* 1-11.
[https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3309/Artículo.La sequía en Colombia y los musgos como posible solución en productos de diseño.pdf?sequence=2](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3309/Artículo.La%20sequia%20en%20Colombia%20y%20los%20musgos%20como%20posible%20soluci%C3%B3n%20en%20productos%20de%20dise%C3%B1o.pdf?sequence=2)

Pan, Z., Pitt, W. G., Zhang, Y., Wu, N., Tao, Y., & Truscott, T. (2016). The upside-down water collection system of *Syntrichia caninervis*. *Nature Plants*, 2(7), 1-5.
<https://doi.org/10.1038/NPLANTS.2016.76>

Patiño, S., Hernández, Y., Plata, C., Domínguez, I., Daza, M., Oviedo, R., Buytaert, W., & Ochoa, B. (2021). Influence of land use on hydro-physical soil properties of Andean páramos and its effect on streamflow buffering. *Catena*, 202(February). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105227>

Pedraza, C. (2022). *Diversidad de musgos epífitos en un bosque andino en el municipio de Rondón - Boyacá.* 2-9.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1139&context=biologia>

Peña, C. (2017). *Pérdida de interceptación y retención de agua por parte de *Espeletia grandiflora* con afectación por herbivoría y entorchamiento.*
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7703/PeñaDazaCristianCamilo2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pesántez, J., & Suárez, D. (2020). *Propuesta de manejo integral para la subcuenca hidrográfica del río Tarquí, provincia del Azuay.* 1-172.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17305/1/UPS-CT008251.pdf>

Pinzón, C. (2012). *Propuesta metodológica para correlacionar el comportamiento del tránsito vehicular mixto y las variables ambientales que afectan las condiciones de la calidad de vida en las vías urbanas.* 149.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/3488/PinzonSanchezCarlosAugusto2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Porras, S., & Morales, M. (2020). Altitudinal distribution of mosses in some substrates of the Tipacoque, Colombia. *Boletín Científico del Centro de Museos*, 24(1), 15-30. <https://doi.org/10.17151/BCCM.2020.24.1.1>
- Proctor, M. (2012). Climatic Responses and Limits of Bryophytes: Comparisons and Contrasts with Vascular Plants. *Bryophyte Ecology and Climate Change*, 35-54. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511779701.004>
- Ramsar. (2014). *Convención sobre los Humedales*. <https://www.ramsar.org/es>
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. (2019). Reglamento al Código Orgánico del Ambiente. *Fielweb Evolución Jurídica*, 752(507), 1-192. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/dic15_CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-COOTAD.pdf
- Riaño, J. (2017). *Valoración económica del atributo ambiental que provee el agua subterránea in-situ en la localidad de Puente Aranda*. 1-14.
- Rodríguez, R., Tigma, N., García, K., Pazmiño, R., & Caamaño, R. (2017). *Espeletia pycnophylla* subsp. *angelensis*, el ángel del norte. *Bionatura*, 272-276. <https://www.revistabionatura.com/files/2017.02.01.10.pdf>
- Romoleroux, K., Muriel, P., Sklenář, P., Ulloa, C., Espinel, D., & Romoleroux, C. (2023). Capítulo 4: La flora de los páramos ecuatorianos: orígenes, diversidad y endemismo. En R. Hofstede, P. Mena, & E. Suárez (Eds.), *Los páramos del Ecuador: Pasado, presente y futuro* (pp. 104-123). https://www.researchgate.net/publication/371748884_La_flora_de_los_paramos_ecuatorianos_Origenes_diversidad_y_endemismo
- Rovere, A., & Calabrese, G. (2011). Diversidad de musgos en ambientes degradados sujetos a restauración en el Parque Nacional Lago Puelo (Chubut, Argentina). *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(4), 571-580. <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000400009>
- Sáez, L., & Ruiz, E. (2019). *Bryophyte Flora of Catalonia (Northeastern Iberian Peninsula): Checklist and Red List*. 2019(2018), 1-126.
- Savoretti, A., & Ponce, J. (2020). *Briofitas de Tierra del Fuego*. 17, 34-38. <https://www.coleccionlalupa.com.ar/index.php/lalupa/article/view/53>
- Secretaría Nacional de Planificación. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025. En *Secretaría Nacional de Planificación* (pp. 69-71). <https://acortar.link/1unBK7>
- Serk, H., Nilsson, M., Bohlin, E., Ehlers, I., Wieloch, T., Olid, C., Grover, S., Kalbitz, K., Limpens, J., Moore, T., Münchberger, W., Talbot, J., Wang, X.,

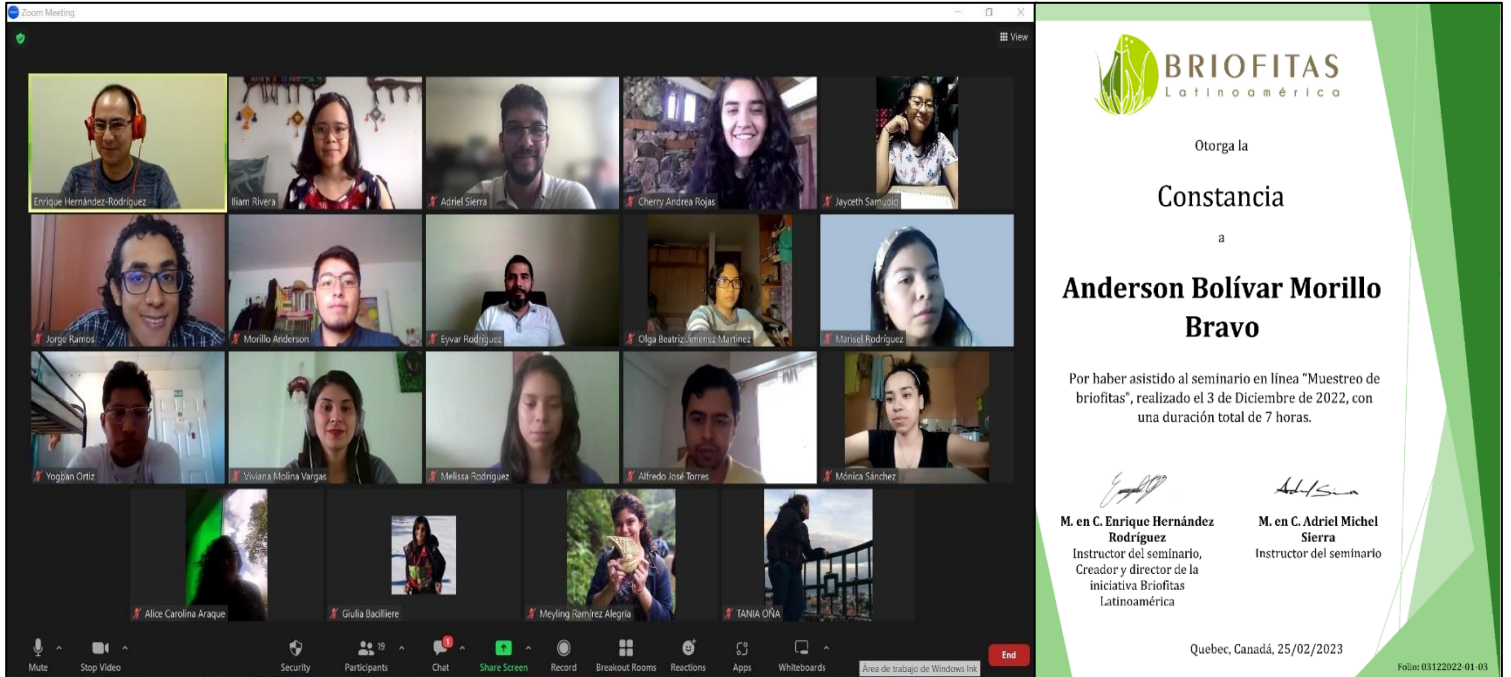
- Knorr, K. H., Pancotto, V., & Schleucher, J. (2021). Global CO₂ fertilization of Sphagnum peat mosses via suppression of photorespiration during the twentieth century. *Scientific Reports*, *11*(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02953-1>
- Silva, P., Gamboa, G., & Chávez, D. (2019). Turismo científico una alternativa para conservar el Patrimonio Del CIPCA, Amazonia - Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, *13*(1), 63-72. <https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.349>
- Siza, W. (2017). *Zonificación ecológica de especies forestales prioritarias en el cantón Otavalo*. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7583/1/03>
FOR 264 TRABAJO DE GRADO.pdf
- Solano, D., & Ospina, J. (2017). Natural areas of tropical dry forest in Valle del Cauca, Colombia: an opportunity for restoration. *Biota Colombiana*, 9-34. <https://doi.org/10.21068/c2017.v18s01a01>
- Suárez, D. (2012). *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR) - Versión 2009-2012*. 7(1999), 1-25.
- Suarez, E., Chimbolema, S., & Jaramillo, R. (2022). *Turberas de páramo en el Ecuador: notas sobre ecología, conservación y restauración de un ecosistema estratégico*. https://www.researchgate.net/publication/365676162_Turberas_de_paramo_en_el_Ecuador_notas_sobre_ecologia_conservacion_y_restauracion_de_un_ecosistema_estrategico
- Toapanta, E. (2009). Checklist de Musgos del Ecuador. *Herbario Escuela Superior Politécnica del Chimborazo*, *1*, 10. http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/501/1/CHECKLIST_DE_MUSGOS_DEL_ECUADOR.pdf
- Toasa, D. (2013). *Turismo Ambiental y las Areas Protegidas de la Provincia del Carchi (Plan de Manejo Ambiental para la Reserva El Angel)*. 25-86. <https://dspace.cordillera.edu.ec/bitstream/123456789/1205/1/59-TURISM-13-13-1717439671.pdf>
- Tobón, C., & Morales, G. (2007). Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación de los Páramos Andinos. *Avances en Recursos Hidráulicos*, *15*, 35-46. <https://www.redalyc.org/pdf/1450/145016897004.pdf>
- Tovar, N. (2020). *Evaluación de servicios ecosistémicos de soporte y aprovisionamiento en herramientas de manejo del paisaje en el municipio de Tuluá del departamento del Valle del Cauca*. 21(1). <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/31720/ntovarb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tropicos. (2023). *Tropicos.org. Missouri Botanical Garden*. <https://tropicos.org>

- TULSMA. (2017). Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente, TULSMA. *Registro Oficial Edición Especial*, 3399, 153-173. www.lexis.com.ec
- Tveit, A. T., Kiss, A., Winkel, M., Horn, F., Hájek, T., Svenning, M. M., Wagner, D., & Liebner, S. (2020). Environmental patterns of brown moss- and Sphagnum-associated microbial communities. *Scientific Reports*, 10(1), 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79773-2>
- Unión Mundial Para La Naturaleza. (2012). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN, Version 3.1 segunda edición*. file:///C:/Users/Ander/Desktop/CriteriosIUCNredlistcatspanish_2daEdicion.pdf
- Universidad Nacional de Colombia. (2018). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co/en/>
- Valbuena, A. (2019). Diagnóstico de la contaminación visual urbana a partir de la presencia de los elementos atípicos en el espacio público del municipio de El Colegio. *Universidad de La Salle*, 113. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1151
- Valencia, T. (2014). *Recuperación y revalorización de los atractivos turísticos del cantón Espejo - Provincia del Carchi*. 105. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/16212/3/Valencia Flores Tania Verónica.pdf>
- Vargas, O., & Velazco, P. (2014). Páramos Andinos. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 15,16,17.
- Vasquez, V. (2018). *Composición florística de árboles y arbustos de diez parques urbanos de la ciudad de Guayaquil*. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/33946/1/Composicion floristica de árboles y arbusto de diez parques urbanos de la ciudad de Guayaquil.pdf>
- Villa, J. A., Mejía, G. M., Velásquez, D., Botero, A., Acosta, S. A., Marulanda, J. M., Osorno, A. M., & Bohrer, G. (2019). Carbon sequestration and methane emissions along a microtopographic gradient in a tropical Andean peatland. *Science of the Total Environment*, 654, 651-661. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.109>
- Wang, Z., & Bader, M. (2018). Associations between shoot-level water relations and photosynthetic responses to water and light in 12 moss species. *AoB PLANTS*, 10(3), 1-14. <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply034>
- Weston, D., Turetsky, M., Johnson, M., Granath, G., Lindo, Z., Belyea, L., Rice, S., Hanson, D., Engelhardt, K., Schmutz, J., Dorrepaal, E., Euskirchen, E., Stenøien, H., Szövényi, P., Jackson, M., Piatkowski, B., Muchero, W., Norby, R., Kostka, J., ... Shaw, J. (2018). The Sphagnum Project: enabling ecological and evolutionary insights through a genus-level sequencing project. *New Phytologist*, 217(1), 16-25. <https://doi.org/10.1111/nph.14860>

- Yáñez, M., Batallas, D., Mena, D., Meza, P., & Oyaga, L. (2020). *Anfibios en los ecosistemas Andino-Tropicales de la provincia de Carchi*.
https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/flora/AIRNR_FLORA_500Reg_1999.pdf
- Yáñez, S., Gradstein, R., Castillo, J., Moscoso, A., & Navarrete, H. (2013). Guía de Briofitas comunes de Los Andes de Quito. En *Jurnal Penelitian Pendidikan Guru Sekolah Dasar* (Vol. 6, Número August).
- Yohana, G., & Ramírez, B. (2009). *Distribución altitudinal de musgos en el municipio de Popayan, Cauca*. 31-44.

ANEXOS

Anexo 1. Participación a capacitaciones: Muestreo de Briofitas 2022 y Bryophytes course: Part 1 and 2



The image shows a Zoom meeting grid on the left with 20 participants. On the right is a certificate of attendance from Briofitas Latinoamérica. The certificate is for Anderson Bolívar Morillo Bravo, awarded for attending the online seminar "Muestreo de briofitas" on December 3, 2022, which lasted 7 hours. The certificate is signed by M. en C. Enrique Hernández Rodríguez and M. en C. Adriel Michel Sierra, both instructors of the seminar. The date is Quebec, Canada, 25/02/2023.

BRIOFITAS
Latinoamérica

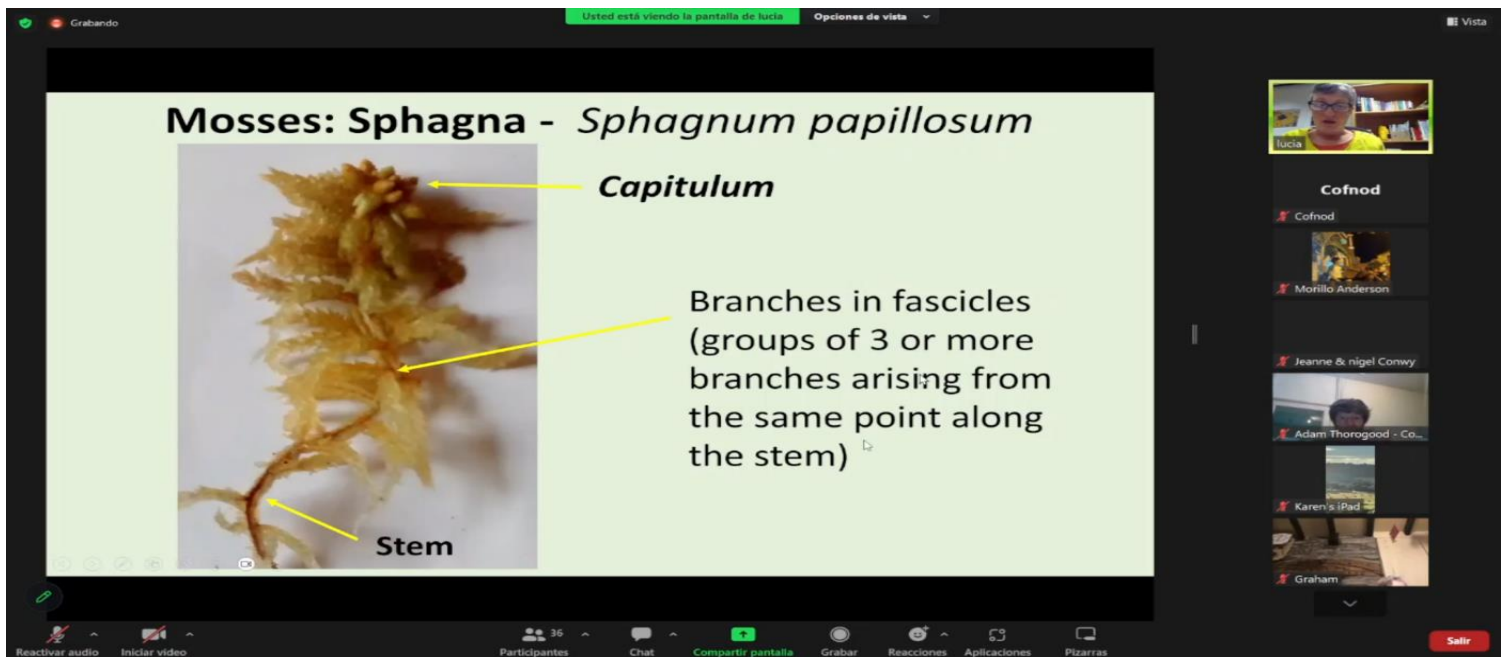
Otorga la
Constancia
a
**Anderson Bolívar Morillo
Bravo**

Por haber asistido al seminario en línea "Muestreo de briofitas", realizado el 3 de Diciembre de 2022, con una duración total de 7 horas.

M. en C. Enrique Hernández Rodríguez
Instructor del seminario,
Creador y director de la
iniciativa Briofitas
Latinoamérica

M. en C. Adriel Michel Sierra
Instructor del seminario

Quebec, Canadá, 25/02/2023



The image shows a Zoom meeting with a slide displayed. The slide is titled "Mosses: Sphagna - *Sphagnum papillosum*" and features a photograph of a moss plant. A yellow arrow points to the top part of the plant, labeled "Capitulum". Another yellow arrow points to the lower part of the plant, labeled "Stem". Text on the slide describes the branching pattern: "Branches in fascicles (groups of 3 or more branches arising from the same point along the stem)". The Zoom interface shows 36 participants and various controls at the bottom.

Mosses: Sphagna - *Sphagnum papillosum*

Capitulum

Stem

Branches in fascicles
(groups of 3 or more
branches arising from
the same point along
the stem)

Anexo 2. Aprobación de la autorización de recolección de especímenes de especies de la diversidad biológica – MAAT-ARSFC-2022-2691



AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 2691

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

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

2.- CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2022-2691

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

| FECHA INICIO | FECHA FIN |
|--------------|------------|
| 2023-01-22 | 2024-01-22 |

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.I/Pasaporte | Nombres y Apellidos | Nacionalidad | Nº REGISTRO SENESCYT | EXPERIENCIA | GRUPO BIOLÓGICO |
|---------------------|------------------------------|--------------|----------------------|---------------------------------|---|
| 1002364154 | ONIA ROCHA TANIA ELIZABETH | Ecuatoriana | 1015-2017-1865776 | Msc. Ecoturismo - Áreas protegí | Andreeaeopsida,Bryopsida,Jungermanniopsid |
| 0401683701 | TREJO CUASQUER ROSA MARLENE | Ecuatoriana | NO APLICA | Estudiante-Ingeniería en RNR | Andreeaeopsida,Bryopsida,Jungermanniopsid |
| 1002587622 | VELARDE CRUZ DELIA ELIZABETH | Ecuatoriana | 1015-09-940736 | Ing. Recursos Naturales Renova | Andreeaeopsida,Bryopsida,Jungermanniopsid |

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

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



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

Nombre del Proyecto: Evaluación de la retención de agua en musgos en los paramos ubicados en la Reserva Ecológica El Ángel

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

| |
|--|
| Evaluar la capacidad de retención de agua en musgos en los páramos de la Reserva Ecológica El Ángel, provincia del Carchi. |
| Determinar los musgos con mayor capacidad de retención de agua en la Reserva Ecológica El Ángel. |
| Proponer estrategias de conservación de los musgos y socialización de los resultados al personal técnico de la REEA. |
| Caracterizar la diversidad de musgos presentes en la Reserva Ecológica El Ángel. |

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

| PROVINCIAS | SNAP | BOSQUE PROTECTOR |
|------------|----------------------------|------------------|
| CARCHI | RESERVA ECOLÓGICA EL ÁNGEL | NA |

9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR

| CLASE | ORDEN | FAMILIA | GENERO | ESPECIE | TIPO MUESTRA | Nº MUESTRA | Nº LOTE |
|-----------|----------------|-----------------|------------------|---------|--------------|------------|---------|
| Bryopsida | Byrales | NA | NA | NA | Musgo | 6 | |
| Bryopsida | Leucodontales | NA | NA | NA | Musgo | 6 | |
| Bryopsida | Dicranales | Dicranaceae | NA | NA | Musgo | 6 | |
| Bryopsida | Byrales | Bartramiaaceae | Leiomela | NA | Musgo | 6 | |
| Bryopsida | Pottiales | Pottiaceae | Leptodontium | NA | Musgo | 6 | |
| Bryopsida | Grimmiales | Grimmiaceae | Racomitrium | NA | Musgo | 6 | |
| Bryopsida | Pottiales | Pottiaceae | Streptopogon | NA | Musgo | 6 | |
| Bryopsida | Pottiales | Pottiaceae | Pleurochaete | NA | Musgo | 6 | |
| Bryopsida | Pottiales | Pottiaceae | Pseudocrossidium | NA | Musgo | 6 | |
| Bryopsida | Orthotrichales | Orthotrichaceae | Zygodon | NA | Musgo | 6 | |

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

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



Anexo 3. Esquema para recolección y almacenamiento de musgos

CONSIDERACIONES PARA LA RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUSGOS

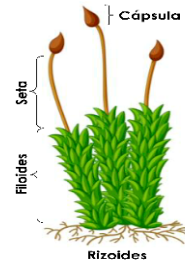
● **Recolección** ● **Almacenamiento** Adaptado de: British Columbia Ministry of Forest (1996)



La recolección de musgos es diferente de las plantas vasculares, por eso se deben almacenar en sobres y es imprescindible el apoyo de lupas para visualizar las estructuras en el campo.



Reunir el material necesario para llenar los paquetes (13,5 x 10 cm) o de forma empírica (llenar el musgo en la palma de la mano). Si el espécimen no se encuentra en grandes cantidades, se debe optar por registros fotográficos.



Recolectar los musgos en fase de esporofito (se puede ayudar de espátulas o estilete), ya que la presencia de estos denota musgos desarrollados, lo cual permite una identificación más acertada.



Las muestras que crecen en la corteza de los árboles (epífitas), es factible recoger una parte de esta.



Registrar información clave del hábitat, como: sustrato de recolección, características de microhábitat y georreferenciar el sitio de colecta.



Las briofitas deben ser prensadas ligeramente, ya que si se vuelven a humedecer estas se pueden manipular y ajustar a la forma deseada.



Para conservar las muestras es importante el secado, ya que un mal procedimiento puede ocasionar que los musgos se descompongan o con el tiempo sean muy quebradizas.

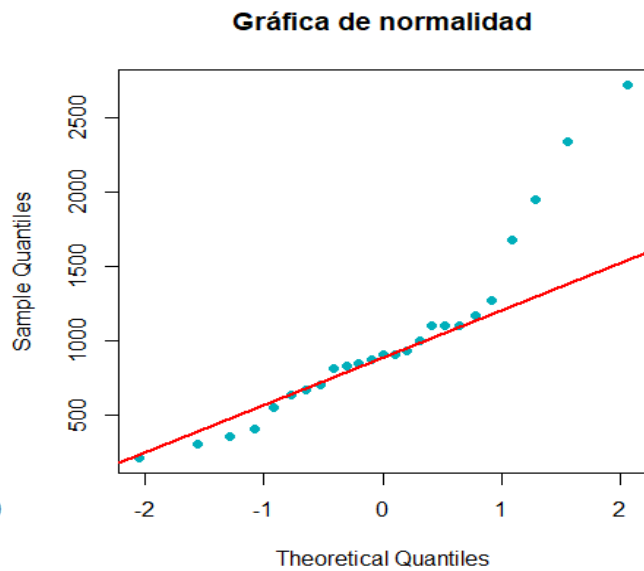
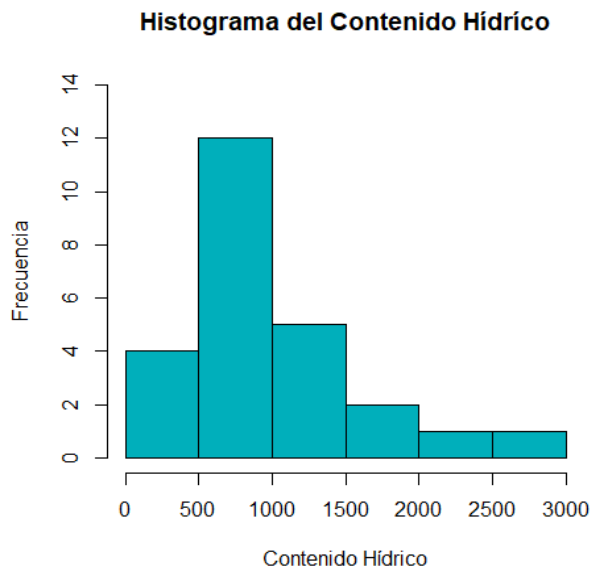


Anexo 4. Etiquetado de las fundas: identificación y contenido hídrico



Anexo 5. Procesamiento de datos: estadística descriptiva, normalidad de datos, prueba no paramétrica de Kruskal Wallis

| Estadística descriptiva | | | | | |
|-------------------------|-----------------------|----------|---------------------|----------|---------|
| Órdenes | Cantidad de registros | Promedio | Desviación Estándar | Varianza | Mediana |
| Bryales | 7 | 903 | 293 | 85804 | 866 |
| Dricanales | 5 | 749 | 116 | 13427 | 700 |
| Hypnales | 4 | 1235 | 329 | 108337 | 1183 |
| Leucodontales | 2 | 1525 | 601 | 361250 | 1525 |
| Orthotrichales | 1 | 933 | NA | NA | 933 |
| Polytrichales | 3 | 354 | 176 | 30890 | 300 |
| Pottiales | 2 | 700 | 424 | 180000 | 700 |
| Sphagnales | 2 | 2528 | 266 | 70688 | 2528 |

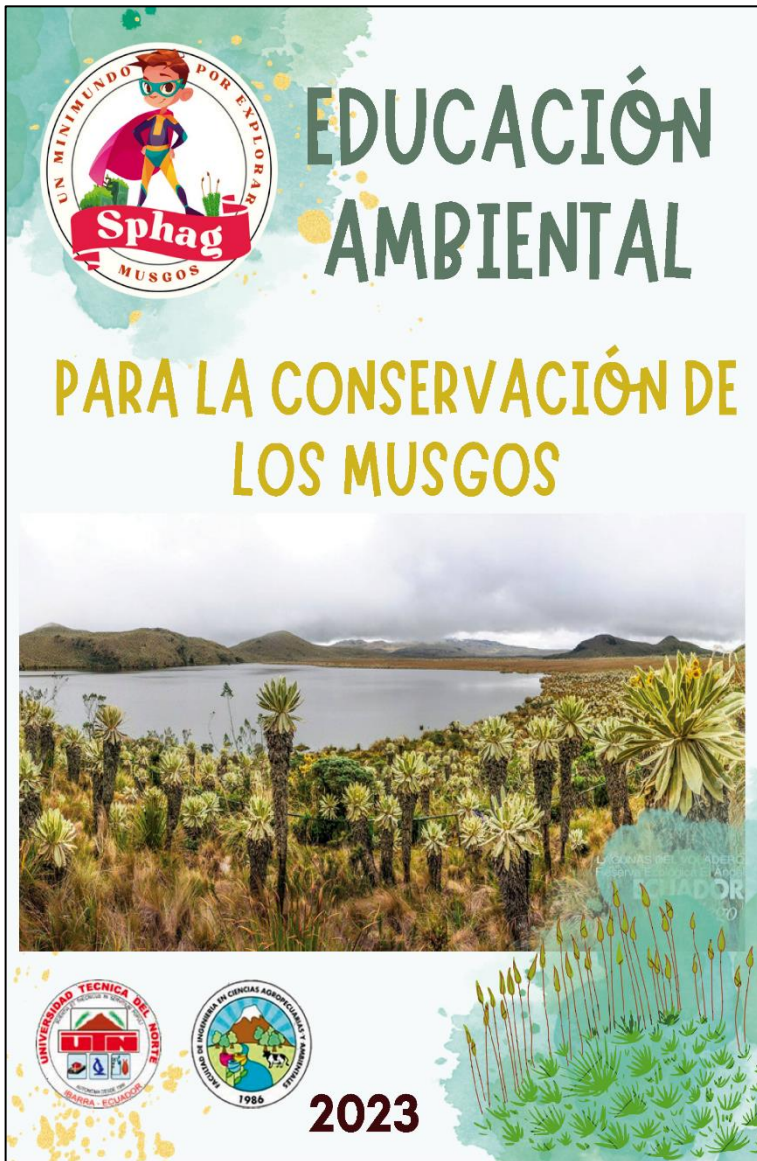


| Test de normalidad: <i>Shapiro - Wilk</i> | |
|---|----------|
| W | 0.88041 |
| Valor p | 0.005872 |

| Prueba no paramétrica: <i>Kruskal - Wallis</i> | |
|--|--------|
| Df | 7 |
| Chi-cuadrado | 17.175 |
| Valor p | 0.0163 |

| Supuesto de Homocedasticidad: <i>Prueba de Levene</i> | | | |
|---|----------|---------|--------|
| Group | Df | F-Value | P (>F) |
| | 0.005872 | 1.6605 | 0.1821 |
| | 18 | | |

Anexo 6. Recursos para la estrategia “Los pequeños gigantes del páramo”



TREJO R Y MORILLO A

ÍNDICE

- 1 **Introducción**
Presentación del informe y sus objetivos.
- 2 **Objetivos**
 - Objetivo general
 - Objetivos específicos
- 3 **Musgos**
Especies encontradas en la Reserva Ecológica “El Ángel”
- 4 **Estrategia 1**
Educación ambiental para la conservación de los musgos: “Los pequeños gigantes del páramo”.
- 5 **Actividades**
Talleres, canciones, cuentos, juegos dinámicos, manualidades
- 6 **Conclusiones**
Importancia de los musgos
- 7 **Recomendaciones**
Cuidado y protección de los musgos

Ciencia y técnica
AL SERVICIO DEL PUEBLO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NOROCCIDENTE
INGENIERÍA EN Recursos Naturales Renovables



EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS MUSGOS



Realizado por:
MARLENE TREJO
ANDERSON MORILLO

RESERVA ECOLÓGICA "EL ÁNGEL"



INTRODUCCIÓN

LA RESERVA ECOLÓGICA "EL ÁNGEL" UBICADA EN EL CANTÓN ESPEJO, PROVINCIA DEL CARCHI, ES RECONOCIDA POR PRESENTAR UNA ABUNDANTE RIQUEZA EN FAUNA Y FLORA, COMO LOS MUSGOS, QUE SE HAN VISTO AFECTADOS POR FACTORES ANTROPICOS, PRINCIPALMENTE POR INCENDIOS FORESTALES OCURRIDOS EN LOS ULTIMOS AÑOS LOS CUALES AFECTAN AL HABITAT DE ESTAS ESPECIES PONIENDO EN RIESGO SU SUPERVIVENCIA, POR ELLO ES NECESARIO DAR A CONOCER LAS FUNCIONES ECOLÓGICAS QUE DESEMPEÑAN ESTOS PEQUEÑOS ORGANISMOS, A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL, COMO UNA MEDIDA DE CONSERVACIÓN, PARA LO CUAL ESTA GUÍA ESTA DIRIGIDA A LOS COMUNIDADES E INSTITUCIONES EDUCATIVAS DE LA PARROQUIA LA LIBERTAD, CON EL PROPOSITO DE QUE LOS NIÑOS, ADOLESCENTES Y JOVENES TOMEN CONCIENCIA SOBRE LA PROBLEMÁTICA QUE ENFRENTAN ESTAS ESPECIES, IMPORTANCIA EN ELEGOSISTEMA Y SUS BENEFICIOS PARA LOS SERES VIVOS.

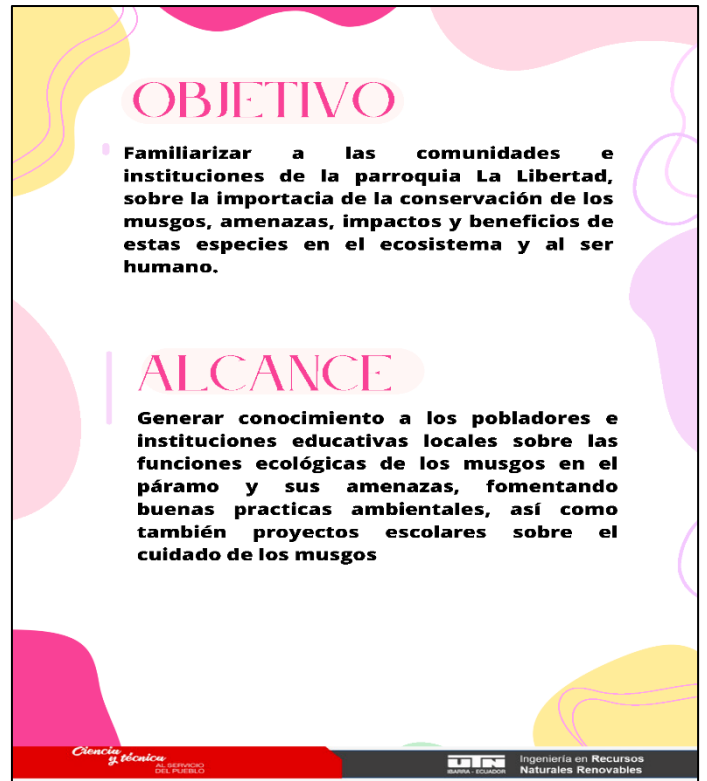
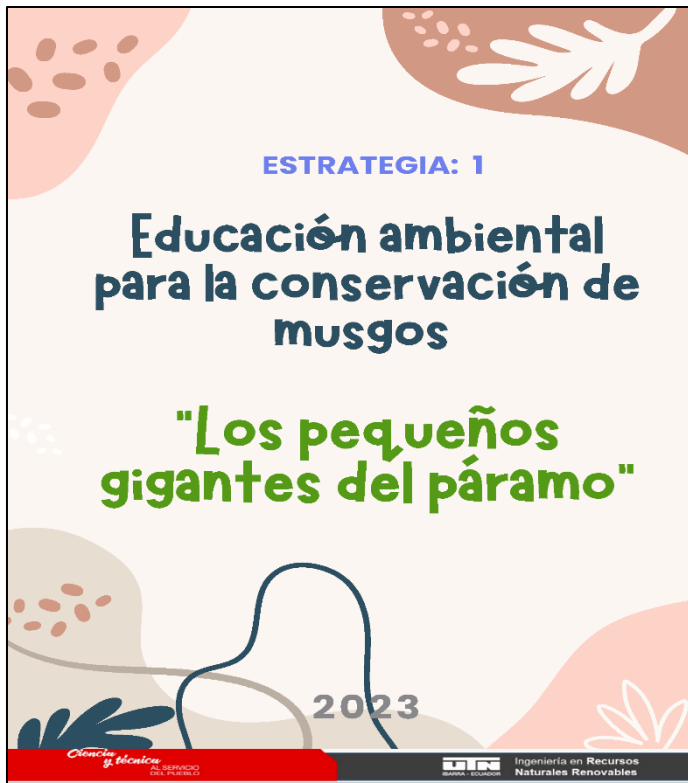
OBJETIVOS

Objetivo general

Elaborar un programa de educación ambiental para los niños, adolescentes y las personas de las comunidades de la parroquia La Libertad para la conservación de los musgos.

Objetivos específicos

- Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de los musgos en el ecosistema páramo mediante programas de educación ambiental, con el fin de fomentar buenas prácticas ambientales de conservación de estas especies.
- Fomentar el conocimiento sobre las funciones ecológicas que cumplen los musgos, mediante charlas y capacitaciones a la comunidad e instituciones educativas.
- Impulsar la conciencia ambiental para la toma de decisiones responsables sobre la protección y conservación de estas especies.



ACTIVIDAD 1



CANCIÓN

Título: "A cuidar los musgos"

Vamos todos a cuidar los musgos
si lo hacemos muchos crecerán
con cariño y responsabilidad
a cuidar los musgos tu me ayudarás (X2).

Que lindos son los musgos del universo
por ellos el oxígeno es mejor
y adornan nuestro planeta
por eso las debemos cuidar (X2).



Ciencia y técnica
SERVICIO DEL PUEBLO

INGENIERÍA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

ACTIVIDAD 2

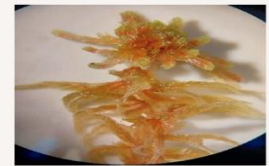


DINÁMICA

Título: "Juego de memoria"



Cuál de estas imágenes era la figura #2?



Ciencia y técnica
SERVICIO DEL PUEBLO

INGENIERÍA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

ACTIVIDAD 3



CUENTOS

Crear un cuento sobre el cuidado de los musgos, utilizando las siguientes palabras:

- 1 Musgos
- 2 Cuidado
- 3 Importantes
- 4 Ecosistema
- 5 Seres vivos
- 6 Agua y oxígeno
- 7 Páramo



Ciencia y técnica
SERVICIO DEL PUEBLO

INGENIERÍA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

ACTIVIDAD 4



TALLER

Título: "Cuida a los musgos y ellos cuidarán de ti"

En este taller aprenderás sobre:

Tipo de plantas:

Familia:

Características:

Habitat:

Beneficios:

Amenazas:



En el taller tendrá fotografías y videos demostrativos

Ciencia y técnica
SERVICIO DEL PUEBLO

INGENIERÍA EN RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CONCLUSIONES

En la actualidad los ecosistemas que están provistos de musgos se ven amenazados por disturbios antropogénicos que están asociados a la destrucción o modificación de sus hábitats, poniendo en peligro las diferentes especies de briofitas, afectando su desempeño hidrológico, calidad y cantidad del agua (J. Martínez, 2020).

Los musgos son organismos importantes para ser conservados ya que a pesar de su considerable tamaño desempeñan funciones importantes en el medio ambiente, ayudan en la producción de grandes cantidades de materia orgánica, contribuyen en la conservación de la calidad del suelo, son el hábitat de pequeños seres vivos (algas, hongos, pequeños invertebrados y anfibios), y son organismo que ocupan un amplio nicho ecológico ya que se encuentran distribuidas por todos los ecosistemas, entre las principales está el hecho de ser especies poiquilohídricas (Klavina, 2018)

Los musgos se caracterizan por ser los absorbentes naturales más eficientes en la captura, retención y filtración de cantidades considerables de agua, ayudando así en la conservación del recurso hídrico y convirtiendo al ecosistema de páramo en uno de los reservorios de agua más importantes para los seres vivos, sin embargo, aún existe el desconocimiento de la importancia que tienen estas especies en el almacenamiento este recurso, por eso es fundamental el estudio de estas especies y la socialización a la población (Campos, 2021).

RECOMENDACIONES

Con las especies identificadas dentro de la Reserva Ecológica El Ángel, se da paso a realizar estudios más exhaustivos para comparaciones de especies y saber que función ecológica desempeñan dentro del área de estudio, estableciendo así un diseño experimental con especies como Sphagnum magellanicum, que es la especie que más capacidad de retención presentó o Breutelia subtomentosa, que es la especie que más predomina en los sitios de estudio.

No uses musgo ni heno en Navidad, ya que la extracción de musgos y otras plantas en navidad, disminuye el agua que necesitamos, causa erosión y afecta el equilibrio natural de los bosques nublados y páramos.

Los musgos son importantes porque tienen un rol dentro de la dinámica de los bosques, como mantener la humedad, detener la erosión, interceptar la lluvia, absorber los contaminantes del aire y favorecer al desarrollo de muchas plantas y animales.

Como alternativa se puede usar otros materiales como arena, piedritas, aserrín, aserrín pintado, papel pintado, cartón, tela, sacos de yute (usados por ejemplo para empacar café) y todos aquellos materiales que tu imaginación te indique!

MUCHAS GRACIAS

2023 / 2024

Anexo 7. Recursos para la estrategia: “Un mini - mundo por explorar” - Diapositivas



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

TURISMO CIENTÍFICO:

“Un mini mundo por explorar”




EXPOSITORES:
Morillo Bravo Anderson Bolívar
Trejo Cuasquer Rosa Marlene

DIRECTOR:
MSc. Tania Oña
MSc. Elizabeth Velarde
2023

Ciencia y técnica
AL SERVICIO DEL PUEBLO

Facebook: @utnibarra.ec
Instagram: @utn_ec

BIENVENIDA



Anderson Bolívar Morillo Bravo
0994369176
abmorillob@utn.edu.ec



Tania Elizabeth Oña Rocha
0998600638
taniao1976@gmail.com



Rosa Marlene Trejo Cuasquer
0986499094
rmtrejoc@utn.edu.ec



Tania Elizabeth Oña Rocha
0984682811
lizvelarde_15@hotmail.com

¡Conozcámonos!

- Nombres y apellidos
- ¿De qué parte del país nos visitan?
- Motivaciones
- Aspiraciones de la salida de campo



Esfagno

Ciencia y técnica
AL SERVICIO DEL PUEBLO

UN
IBARRA - ECUADOR

Ingeniería en Recursos
Naturales Renovables

1

CRONOGRAMA

Bienvenida 9:00 – 09:15

1. Turismo científico: “Un mini mundo por explorar”

Breve explicación de la biología de las briofitas
 División de las briofitas 9:15 – 09:25
 Estructuras de los musgos
 El rol de los musgos

2. Área de observación

Flora y fauna de la Reserva Ecológica El Ángel 9:25 – 09:30
 Problemática que enfrentan los musgos

3. Taller y provisión de herramientas para la observación de musgos

Muestreo de musgos y herramientas necesarias 9:30 – 09:40
 Consideraciones para la recolección y almacenamiento

4. Pautas para el concurso de fotografía 9:40 – 09:45

TEORÍA: 30 minutos

CRONOGRAMA

5. Movilización de participantes 9:45 – 10:30
 Provisión de mapas para el recorrido

6. Recorrido por las rutas definidas 10:30 – 11:30
Refrigerio 11:30 – 11:50
 11:50 – 13:50

7. Recuento de musgos a observación de musgos 13:50 – 14:15
 Entrega de check list

8. Premiación del concurso de fotografía 14:15 – 14:20

9. Fortalecimiento de conocimientos 14:20 – 14:30
 Paper Merge Cube

PRÁCTICA: 4:20 horas

¿QUÉ ES EL TURISMO CIENTÍFICO?

1)

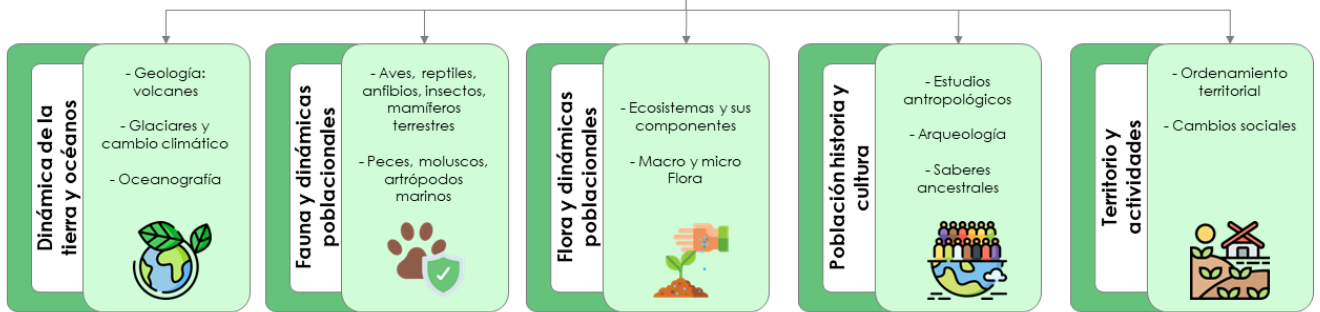
"Conjunto de actividades realizadas por las personas que visitan un área determinada por un periodo breve, el cual les permite adquirir nuevos conocimientos y enseñanzas a partir de investigaciones que se estén desarrollando en un determinado lugar" (Espinoza y Espinoza, 2018)

Actores:

- Comunidad
- Personal técnico: guardaparques
- Institución: colegios, universidades
- Organizaciones: Ministerios, ONG



TEMÁTICAS



(Giuello, 2023)

Biología de las briofitas

Bryon: musgo
Phyton: planta

Planta que se hincha al hidratarse

Características generales:

- a) Plantas pequeñas
- b) Especies **poiquilohídricas**: dependen del entorno
- c) Reproducción: **esporas**
- d) Amplia distribución
- e) **Gametofito** dominante



Figura 1. Hidratación de musgos

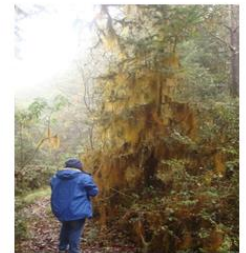


Figura 2. *Dendropogonella rufescens*

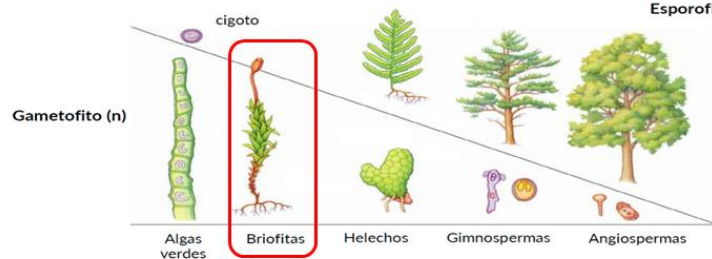


Figura 3. Estructuras de los musgos y sus congéneres

(Giuello, 2023)

"UN MINIMUNDO POR EXPLORAR"

DIVISIÓN DE LAS BRIOFITAS



1 MUSGOS: 13 000 spp.



2 HEPÁTICAS: 6500 spp.



3 ANTÓCEROS: 200 spp.

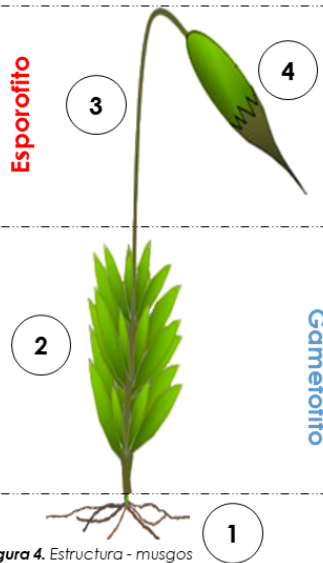
Estructura de los Musgos

Características:

- Son especies poiquilohídricas
- Los rizoides son siempre pluricelulares
- El protonema es filamentososo y da origen a varias plantas
- La cápsula suele disponer de **peristoma**, que regula la salida de esporas

Se dividen en:

- Musgos acrocárpicos
- Musgos pleurocárpicos
- Musgos cladocárpicos



Partes principales de los musgos

- Gametofito:** en las briofitas es la estructura dominante, generalmente son verdes
- Esporofito:** estructura generadora de esporas, su forma típica consiste de pie, seta y cápsula

Partes generales de los musgos

- 1) **Rizoides:** filamentos que fijan el musgo al sustrato, pueden ser simples o ramificados
- 2) **Hojas:** láminas fotosintéticas que nacen desde el tallo, con o sin nerviación
- 3) **Seta:** porción elongada del esporofito entre la cápsula y el pie
- 4) **Cápsula:** esporangio, parte terminal del esporofito, sitio donde se producen las esporas.

Figura 4. Estructura - musgos

(Calzadilla y Churchill 2014)

El Rol de los musgos

México



Oaxaca: San Juan Luvina

Etnobiología:
Relación entre las briofitas y seres humanos



Figura 5. Especie de interés en Oaxaca: *Dendropogonella rufescens*

(Hernández et al., 2021)

El Rol de los musgos

España



La Rioja:

Provincia de Salamanca, comunidad de Béjar



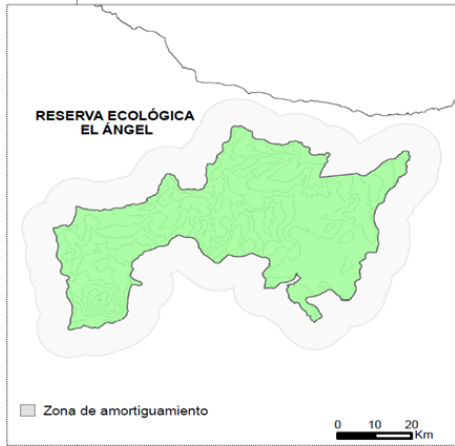
Figura 6. Los Hombres de Musgo en la fiesta del Corpus Christi de Béjar



Figura 7. Especie de interés: *Pseudoscleropodium purum* y *Hypnum cupressiforme*

(Calzadilla y Churchill 2014)

ÁREA DE OBSERVACIÓN



Reserva Ecológica del Ángel

Ubicación geográfica: Carchi, Espejo
Altitud: 3200 – 4200 msnm
Pluviosidad: 2000-3000 mm

Sitio Ramsar
 Área de protección hídrica
 Valores escénicos, sociales y biológicos



Musgos

División: Musgos, hepáticas y antocerotes
Longitud: 0.5 y 1 cm de altura

Figura 8. Área de estudio

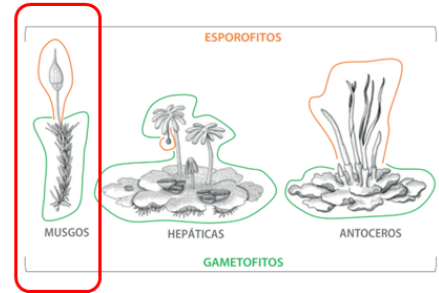


Figura 9. Flora y fauna representativa

(Tveit et al., 2020)

FLORA

Familias representativas

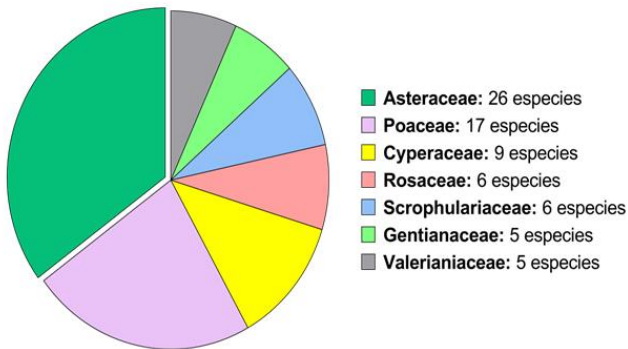


Figura 10. Flora representativa

- Frailejón
Espeletia pycnophylla
- Pajonal
Calamagrostis spp.



Figura 11. *Espeletia pycnophylla*



Figura 12. Bosque de *Polylepis*

(Ministerio del Ambiente, 2016)

FAUNA

Mamíferos

- Ratón marsupial negruzco
Caenolestes convelatus
- Ratón campestre ecuatoriano
Akodon latebricola
- Murciélago hombro amarillo
Sturnira bidens



Figura 13. *Caenolestes convelatus*

Herpetofauna

- Cuiñ del Carchi
Pristimantis ocreatus
- Rana de cristal altoandina
Centrolene buckleyi
- Rana marsupial de La Cocha
Gastrotheca espeletia



Figura 14. *Gastrotheca espeletia*

Avifauna

- Candelita de anteojos
Myioborus melanocephalus
- Tapaculo del Páramo
Scytalopus opacus
- Cóndor andino
Vultur gryphus



Figura 15. *Myioborus melanocephalus*



Figura 16. *Scytalopus opacus*



Figura 17. *Vultur gryphus*

(Ministerio del Ambiente, 2016)

PROBLEMÁTICA QUE ENFRENTAN LOS MUSGOS

(Hodgetts et al., 2019), (J. Martínez, 2020) y (He et al., 2016)



Figura 18. Ilustración de impacto antropogénico

21
Amenazas



Modificación del sistema natural

Cambio climático y clima severo

Avance de la frontera agrícola

Presencia de actividades antropogénicas

Destrucción de hábitat de los musgos

Cambios en el uso del suelo

Presencia de incendios

Introducción de especies exóticas

Falta de planificación en actividades turísticas

Estudios botánicos sesgados a plantas vasculares

Pérdidas en la diversidad de musgos



Muestreo de musgos (Herramientas)



Lupa

Recomendable de 20 aumentos, con luz integrada



Navaja

Para extraer los briófitos del sustrato



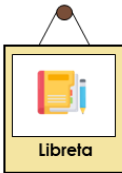
Sobres

Dimensiones aprox. 15 x 10 cm. Se registra información: sustrato, fecha



Rociador

Para hidratar los musgos, debido a que su forma cambia dependiendo su grado de hidratación



Libreta

No utilizar esfereográfico de tinta, esta se corre con la humedad.



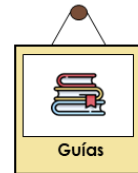
GPS

Permite registrar la ruta y las coordenadas



Cámara

Con lente macro, pero también es recomendable tener una foto general de la zona



Guías

En papel o en PDF, para tener referencia de los musgos

(Muños, 2023) y (British Columbia Ministry of Forest, 1996)

Recolección y almacenamiento

Primera consideración

Se debe reunir el material necesario para llenar los paquetes (13,5 x 10 cm) o de forma empírica (llenar el musgo en la palma de la mano). Si el espécimen no se encuentra en grandes cantidades, se debe optar por registros fotográficos.

Segunda consideración

Recolectar los musgos en fase de esporofito (se puede ayudar de espátulas o estilete), ya que la presencia de estos denota musgos desarrollados, lo cual permite una identificación más acertada.

Tercera consideración

Las muestras que crecen en la corteza de los árboles (epífitas), es factible recoger una parte de esta.

Cuarta consideración

Registrar información clave del hábitat, como: sustrato de recolección, características de microhábitat y georreferenciar el sitio de colecta.

Quinta consideración

Para conservar las muestras es importante el secado, ya que un mal procedimiento puede ocasionar que los musgos se descompongan o sean muy quebradizas.



Figura 19. Extracción de musgos



Figura 20. Extracción de musgos

(Muños, 2023) y (British Columbia Ministry of Forest, 1996)



CONCURSO DE FOTOGRAFÍA

LINEAMIENTOS PARA EL CONCURSO

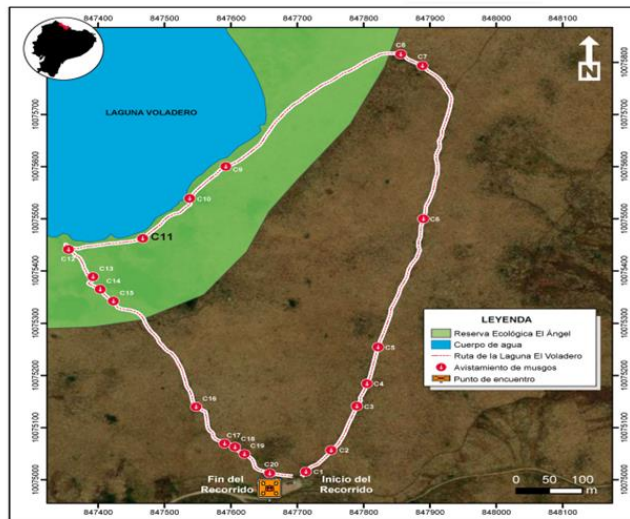
| Categorías | Descripción |
|---|--|
| 1) Comunidad de musgos | La disposición y el enfoque a la comunidad es clave (se debe considerar el sustrato) |
| 2) Musgo con sus estructuras (individual) | El mejor registro fotográfico, el cual cuente con las estructuras de gametofito y esporofito de la especie |
| 3) Mayor número de especies | Se debe solicitar el registro de musgos de la REEA |

Figura 21. Póster para concurso

RUTAS PARA OBSERVACIÓN DE MUSGOS

Ubicación en Ecuador

Leyenda



"UN MINI MUNDO POR EXPLORAR"

Primera ruta



C11

| Georeferenciación | | |
|-------------------|-------------|------------|
| Coord. "X" | Coord. "Y" | Coord. "Z" |
| 97.879337 | 10075462.21 | 3791 msnm |

Nombre de especie:
Sphagnum magellanicum

Descripción de especie:

Distribución: Cosmopolita
Características: Especie poliquilónica (desprovista de tejidos o un sistema vascular), tiene pequeños apéndices foliariformes
Adaptaciones: condiciones ácidas, más y pobres en nutrientes
Usos: Fines agrícolas (piveros y cultivos), especies idéneas para el tratamiento de aguas contaminadas, antibiótica y antitumorales

Otros musgos:
Breuteria tomentosa, *B. subtomentosa*, *Campylopus andersonii*, *Pleurozium schreberii*, *Polyptrichum juniperinum*, entre otras

Descripción de ruta:

Dificultad: Media (ruta señalizada)
Duración: 2-3 horas aproximadamente
Recomendaciones: Calzado cómodo, protector solar, botanico de agua, hidratación



Detalle de especies

Descripción de rutas

Figura 22. Cartografía

Somos el tiempo que **construye** sueños.

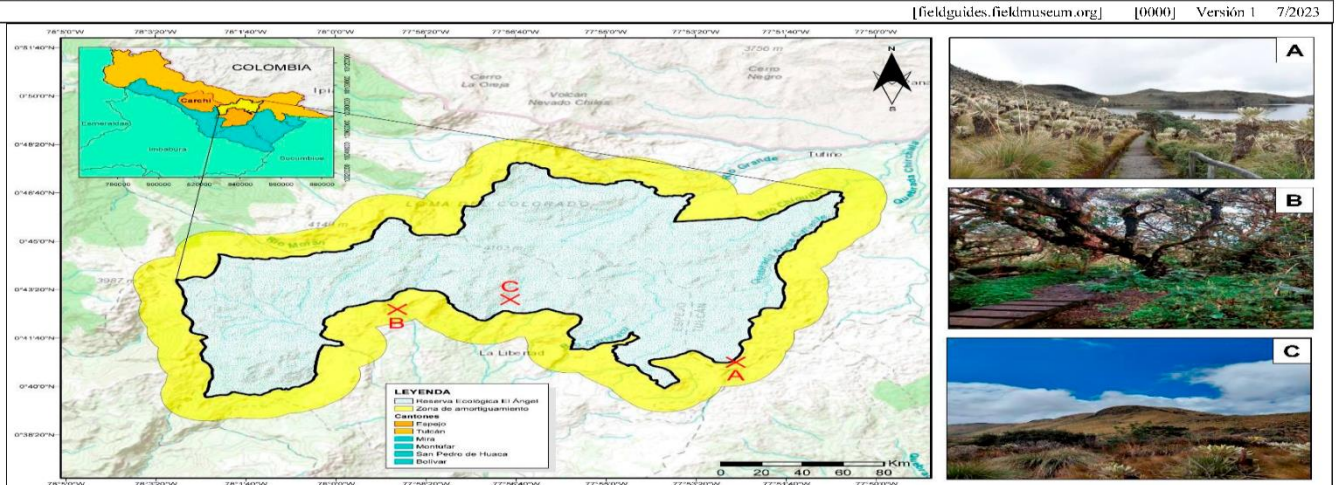


BIBLIOGRAFÍA

- Calzadilla, E., y Churchill, S. (2014). Glosario ilustrado para musgos neotropicales. En Missouri Botanical Garden (Vol. 1) [https://www.tropicos.org/docs/Andeanmoss/Glosario_complete_libro\[1\].pdf](https://www.tropicos.org/docs/Andeanmoss/Glosario_complete_libro[1].pdf)
- <http://rephip.unr.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/2133/25218/TIF.%20Osvaldo%20Giuello.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Hernández-Rodríguez, Enrique & López Santiago, Jesús. (2021). Uses and traditional knowledge of *Dendropogonella rufescens* (Bryophyta: Cryphaeaceae) in a Zapotec community of southeastern Mexico. *Botanical Sciences*. 100. 153-168. [10.17129/botsci.2859](https://doi.org/10.17129/botsci.2859).
- He, X., He, K., & Hyvönen, J. (2016). Will bryophytes survive in a warming world? *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 19, 49-60. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2016.02.005>
- Hodgetts, N., Cáliz, M., Englefield, E., Fettes, N., García, M., Patin, L., Bergamini, A., Bisang, I., Baisheva, E., Campisi, P., & Cogoni, A. (2019). A miniature world in decline. En *European Red List of Mosses, Liverworts and Hornworts*. <https://doi.org/https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.2.en>
- Martínez, J. (2020). Musgos: liliputienses jugando sus cartas. En Universidad de La Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/776538.pdf>
- Tveit, A. T., Kiss, A., Winkel, M., Horn, F., Hájek, T., Svenning, M. M., Wagner, D., & Liebner, S. (2020). Environmental patterns of brown moss- and Sphagnum-associated microbial communities. *Scientific Reports*, 10(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79773-2>

Anexo 8. “Un mini – mundo por explorar”: Manual de musgos presente en la REEA
y póster del concurso fotográfico

| | |
|--|----------|
| Reserva Ecológica El Ángel - Ecuador | 1 |
| Provincia del Carchi, Cantón Espejo - Tulcán | |
| Morillo Bravo Anderson Bolívar¹ y Trejo Cuasquer Rosa Marlene² | |
| ¹ Universidad Técnica del Norte, ² FICAYA y ³ Ingeniería en Recursos Naturales Renovables | |
| <p>Fotos: Morillo Anderson (abmorillo@utn.edu.ec) y Trejo Marlene (rmtrejoc@utn.edu.ec). Producido por: Universidad Técnica del Norte. Agradecimientos: Oña Rocha Tania Elizabeth, Velarde Cruz Delia Elizabeth y Guardaparques de la Reserva Ecológica El Ángel (MAATE).</p> | |
| <p>© Nombre o Field Museum (2023) CC BY-NC 4.0. Los trabajos con esta licencia son libres de usar / compartir / remezclar con atribución, pero no permiten el uso comercial del trabajo original.</p> | |



Área de estudio: La Reserva Ecológica El Ángel se encuentra ubicada en la provincia del Carchi, entre los cantones Espejo y Tulcán, en la parte norte de la serranía ecuatoriana, tiene una superficie de 16 541 hectáreas, incluyendo altitudes con un rango comprendido entre los 3200 a 4200 msnm, con precipitaciones de 2000 a 3000 mm al año. El área de recolección de los musgos fue efectuada dentro de la reserva como también en la zona de amortiguamiento de esta, comprendiendo así un total de tres sitios de muestreo: Las Lagunas El Voladero, Bosque de Polylepsis y la Quebrada la Buitrera.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| 1 <i>Breutelia subtomentosa</i> BARTRAMIACEAE No evaluada XX | 2 <i>Breutelia tomentosa</i> BARTRAMIACEAE No evaluada XX | 3 <i>Plagiomnium rhynchophorum</i> MNIACEAE No evaluada XX | 4 <i>Rhodobryum grandifolium</i> BRYACEAE No evaluada XX |
| | | | |
| 5 <i>Breutelia inclinata</i> BARTRAMIACEAE No evaluada XX | 6 <i>Breutelia integrifolia</i> BARTRAMIACEAE No evaluada XX | 7 <i>Leiomela bartramioides</i> BARTRAMIACEAE No evaluada XX | 8 <i>Campylopus nivalis</i> DICRANACEAE No evaluada XX |

Reserva Ecológica El Ángel - Ecuador

Provincia del Carchi, Cantón Espejo - Tulcán

2
















Morillo Bravo Anderson Bolívar¹ y Trejo Cuasquer Rosa Marlene²

¹Universidad Técnica del Norte, ²FICAYA y ³Ingeniería en Recursos Naturales Renovables

Fotos: Morillo Anderson (abmorillo@utn.edu.ec) y Trejo Marlene (rmtrejoc@utn.edu.ec). **Producido por:** Universidad Técnica del Norte. **Agradecimientos:** Oña Rocha Tania Elizabeth, Velarde Cruz Delia Elizabeth y Guardaparques de la Reserva Ecológica El Ángel (MAATE).

© Nombre o Field Museum (2023) CC BY-NC 4.0. Los trabajos con esta licencia son libres de usar / compartir / remezclar con atribución, pero no permiten el uso comercial del trabajo original.

[fieldguides.fieldmuseum.org] [0000] Versión 1 7/2023

| | | | |
|--|--|---|--|
|  |  |  |  |
| 9 <i>Campylopus anderssonii</i> DICRANACEAE No evaluada XX | 10 <i>Dicranella subulata</i> DICRANACEAE Preocupación menor XX | 11 <i>Campylopus richardii</i> DICRANACEAE No evaluada XX | 12 <i>Pleurozium schreberi</i> HYLOCOMIACEAE Preocupación menor XX |
|  |  |  |  |
| 13 <i>Hypnum cupressiforme</i> HYPNACEAE No evaluada XX | 14 <i>Entodon cladorrhizans</i> ENTODONTACEAE Datos insuficientes XX | 15 <i>Pterobryon densum</i> PTEROBRYACEAE No evaluada XX | 16 <i>Meteoridium remotifolium</i> METEORIACEAE No evaluada XX |
|  |  |  |  |
| 17 <i>Macromitrium sp.</i> ORTHOTRICHACEAE No evaluada XX | 18 <i>Pogonatum sp.</i> POLYTRICHACEAE No evaluada XX | 19 <i>Polytrichum juniperinum</i> POLYTRICHACEAE No evaluada XX | 20 <i>Pseudocrossidium replicatum</i> POTTIACEAE En peligro XX |
|  |  |  | |
| 21 <i>Syrrophodon lycopodioides</i> CALYMPERACEAE No evaluada XX | 22 <i>Sphagnum magellanicum</i> SPHAGNACEAE No evaluada XX | 23 <i>Sphagnum sancto-josephense</i> SPHAGNACEAE No evaluada XX | |



**Reserva Ecológica
El Ángel**



Carrera de
**Recursos Naturales Renovables
Ingeniería**

Concurso de fotografía I

“UN MINIMUNDO POR EXPLORAR”

LOS MUSGOS

Categorías: - Cámara fotográfica
- Cámara de celular

Fecha límite: DD/MM/AA

Lineamientos para el concurso

| | Descripción |
|---|--|
| 1) Comunidad de musgos | La disposición y el enfoque a la comunidad es clave (se debe considerar el sustrato) |
| 2) Musgo con sus estructuras (individual) | El mejor registro fotográfico, el cual cuente con las estructuras de gametofito y esporofito de la especie |
| 3) Mayor número de especies | Se debe solicitar el registro de musgos de la REEA |

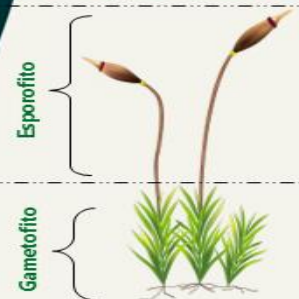


Musgo en Comunidad



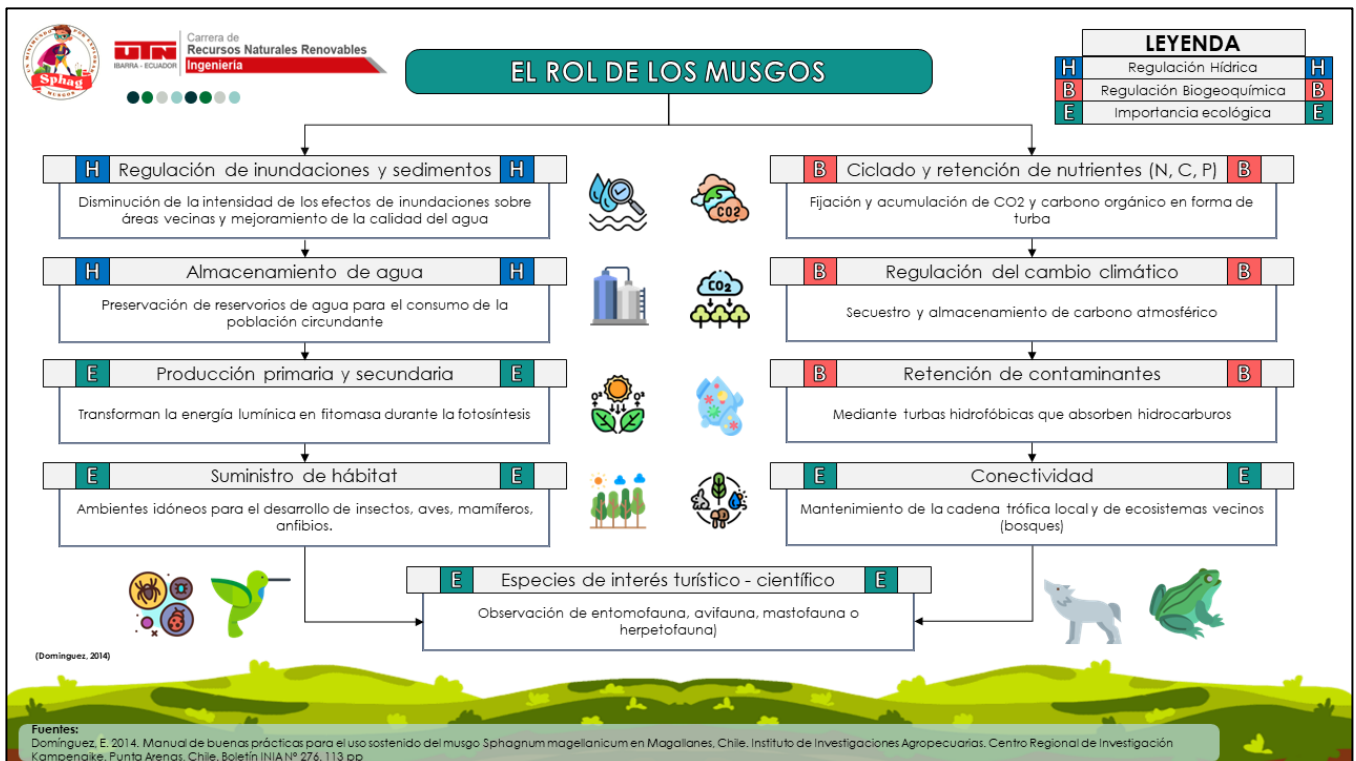
Sphagnum magellanicum

Musgo individual



Anexo 9. “Un mini – mundo por explorar”: Infografías







UIN
IBARRA - ECUADOR

Carrera de
Recursos Naturales Renovables
Ingeniería

IDENTIFICACIÓN DE MUSGOS EN EL CAMPO

Recolección y almacenamiento

Herramientas de campo




Lupa




Navaja



Sobres



Rociador




Libreta



GPS



Cámara



Guías

Adaptado de: (Muños, 2023) y (British Columbia, Ministry of Forest, 1996)

Primera consideración

Se debe reunir el material necesario para llenar los paquetes (13,5 x 10 cm) o de forma empírica (llenar el musgo en la palma de la mano). Si el espécimen no se encuentra en grandes cantidades, se debe optar por registros fotográficos.

Segunda consideración

Recolectar los musgos en fase de esporofito (se puede ayudar de espátulas o estilete), ya que la presencia de estos denota musgos desarrollados, lo cual permite una identificación más acertada.

Tercera consideración

Las muestras que crecen en la corteza de los árboles (epífitas), es factible recoger una parte de esta.


Cuarta consideración

Registrar información clave del hábitat, como: sustrato de recolección, características de microhábitat y georreferenciar el sitio de colecta.

Quinta consideración

Para conservar las muestras es importante el secado, ya que un mal procedimiento puede ocasionar que los musgos se descompongan o sean muy quebradizas.


Fuentes:
Muños, J. (2023). Guía de campo Briófitos de los Bosques Ibéricos. http://libros.csic.es/product_info.php?product_id=1698



UIN
IBARRA - ECUADOR

Carrera de
Recursos Naturales Renovables
Ingeniería

Etiquetas para posibles nuevas muestras



Número de muestra:

Ruta:

Coordenadas: Altitud:

Descripción del sitio
.....
.....

Sustrato: Suelo Corteza

MI COLECCIÓN 1

En caso de presentarse más de una posible muestra es viable numerarlas

Se nombra la ruta elegida, como: Laguna El Voladero, Bosque de Polylepis o Quebrada Buitrera

Detallar información geográfica, como coordenadas y su latitud.

Se detalla el área de recolección en caso de ser una posible nueva especie. Se puede incluir detalles donde se encuentra el musgo, ya sea: junto a árboles, fuentes de agua o detallar el sustrato

Nombre de la colección efectuada

Adaptado de: (Muños, 2023) y (British Columbia, Ministry of Forest, 1996)

Fuentes:
Muños, J. (2023). Guía de campo Briófitos de los Bosques Ibéricos. http://libros.csic.es/product_info.php?product_id=1698

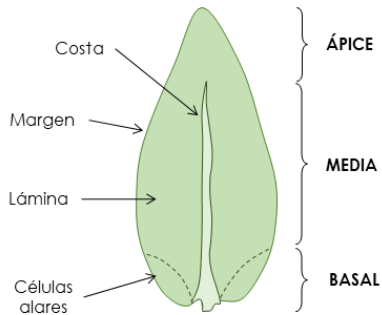


ESTRUCTURAS MORFOLÓGICAS DE MUSGOS



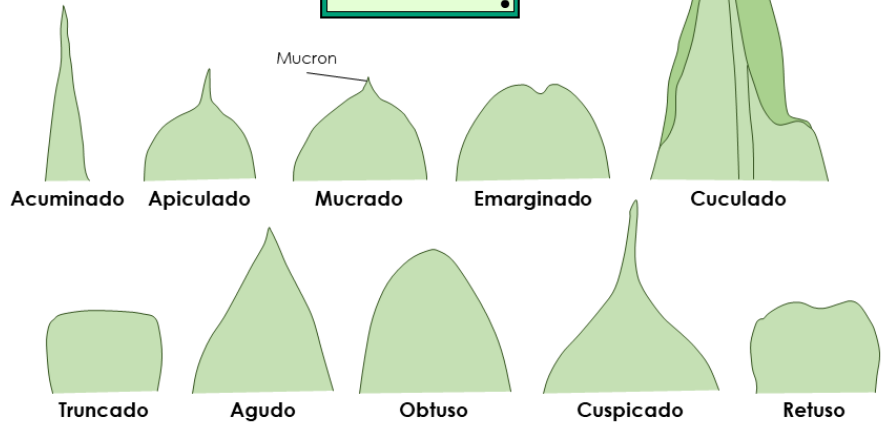
Carrera de Recursos Naturales Renovables
Ingeniería

Partes de la hoja



Adaptado de: (Catzadilla y Churchill 2014)

Ápices



Fuentes: Catzadilla, E., & Churchill, S. (2014). Glosario ilustrado para musgos neotropicales. En Missouri Botanical Garden (Vol. 1) [https://www.tropicos.org/docs/Andeanmoss/Glosario_completo_libro\[1\].pdf](https://www.tropicos.org/docs/Andeanmoss/Glosario_completo_libro[1].pdf)

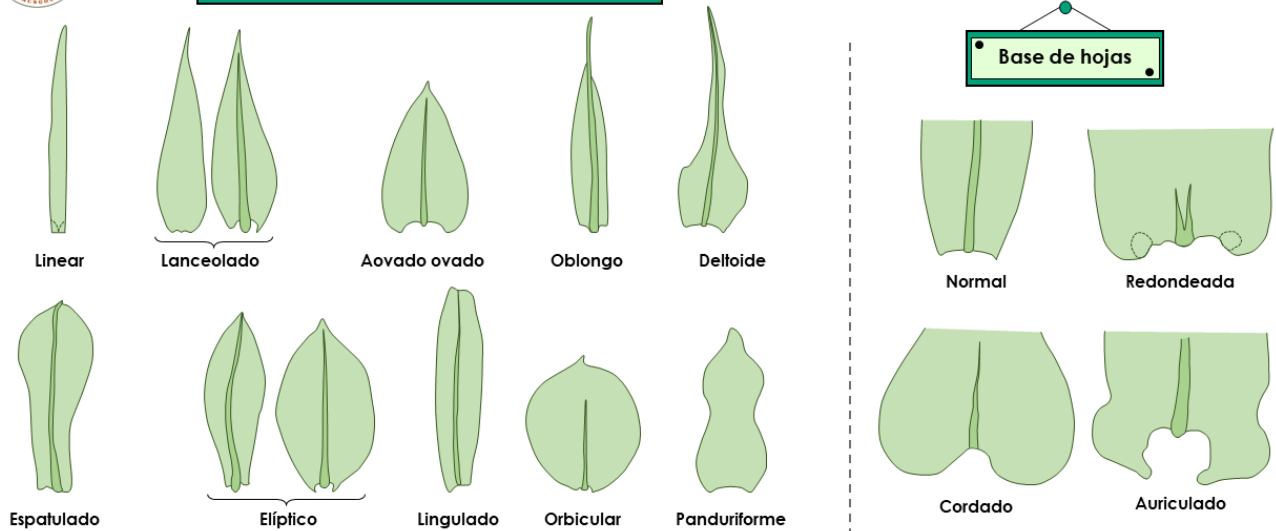


FORMAS DE HOJAS



Carrera de Recursos Naturales Renovables
Ingeniería







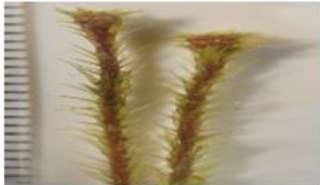
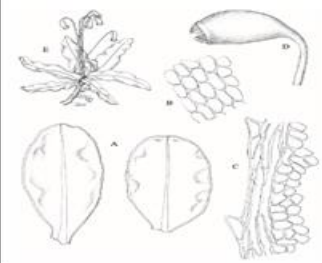



Base de hojas













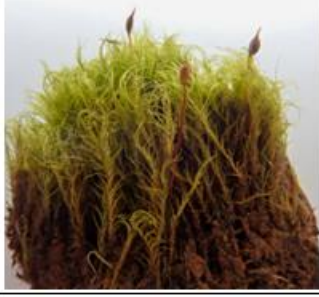



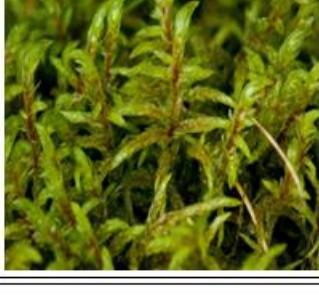

Adaptado de: (Catzadilla y Churchill 2014)







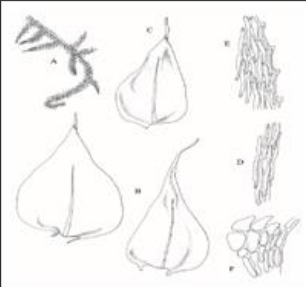

Fuentes: Catzadilla, E., & Churchill, S. (2014). Glosario ilustrado para musgos neotropicales. En Missouri Botanical Garden (Vol. 1) [https://www.tropicos.org/docs/Andeanmoss/Glosario_completo_libro\[1\].pdf](https://www.tropicos.org/docs/Andeanmoss/Glosario_completo_libro[1].pdf)

Anexo 10. “Un mini – mundo por explorar”: Cartillas para el registro de especies


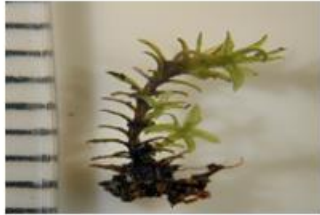




|  Reserva Ecológica El Ángel | | Registro de musgos de la “Reserva Ecológica el Ángel” | |  | |  | |
|--|--|---|--|---|---|---|--|
| Carrera de Recursos Naturales Renovables Ingeniería | | | | | | | |
| Guía: | ... | Página | 1 | | | | |
| Ruta: | ... | Fecha: | ... | | | | |
| N° | Taxonomía | Fotografía - referencia | Fotografía de laboratorio | ✓ | ✗ | | |
| 1 | ORDEN: Bartramiiales FAMILIA: Bartramiaceae GÉNERO: <i>Breutelia</i> ESPECIE: <i>Breutelia subtomentosa</i> |  |  | | | | |
| 2 | ORDEN: Bartramiiales FAMILIA: Bartramiaceae GÉNERO: <i>Breutelia</i> ESPECIE: <i>Breutelia tomentosa</i> |  |  | | | | |
| 3 | ORDEN: Bryales FAMILIA: Mniaceae GÉNERO: <i>Plagiomnium</i> ESPECIE: <i>Plagiomnium rhynchophorum</i> |  |  | | | | |
| 4 | ORDEN: Bryales FAMILIA: Bryaceae GÉNERO: <i>Rhodobryum</i> ESPECIE: <i>Rhodobryum grandifolium</i> |  |  | | | | |
| Notas/Observaciones: | | | | | | | |

| Guía: | ... | Página | 2 | | |
|----------------------|--|---|--|---|---|
| Ruta: | ... | Fecha: | ... | | |
| N° | Taxonomía | Fotografía - referencia | Fotografía de referencia | ✓ | ✗ |
| 5 | ORDEN: Bartramiales FAMILIA: Bartramiaceae GÉNERO: Breutelia ESPECIE: <i>Breutelia inclinata</i> |  |  | | |
| 6 | ORDEN: Bartramiales FAMILIA: Bartramiaceae GÉNERO: Breutelia ESPECIE: <i>Breutelia integrifolia</i> |  |  | | |
| 7 | ORDEN: Bartramiales FAMILIA: Bartramiaceae GÉNERO: Leiomela ESPECIE: <i>Leiomela bartramioides</i> |  |  | | |
| 8 | ORDEN: Dicranetales FAMILIA: Dicranaceae GÉNERO: Campylopus ESPECIE: <i>Campylopus nivalis</i> |  |  | | |
| Notas/Observaciones: | | | | | |

| Guía: | ... | Página | 3 | | |
|----------------------|---|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
| Ruta: | ... | Fecha: | ... | | |
| N° | Taxonomía | Fotografía - referencia | Fotografía de referencia | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9 | ORDEN: Dicranales FAMILIA: Leucobryaceae GÉNERO: Campylopus ESPECIE: <i>Campylopus anderssonii</i> |  |  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10 | ORDEN: Dicranales FAMILIA: Dicranaceae GÉNERO: Dicranella ESPECIE: <i>Dicranella subulata</i> |  |  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11 | ORDEN: Dicranales FAMILIA: Leucobryaceae GÉNERO: Campylopus ESPECIE: <i>Campylopus richardii</i> |  |  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12 | ORDEN: Hypnales FAMILIA: Hylacomniaceae GÉNERO: Pleurozium ESPECIE: <i>Pleurozium schreberi</i> |  |  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Notas/Observaciones: | | | | | |

| Guía: | ... | Página | 4 | | |
|----------------------|---|---|--|---|---|
| Ruta: | ... | Fecha: | ... | | |
| N° | Taxonomía | Fotografía - referencia | Fotografía de referencia | ✓ | ✗ |
| 13 | ORDEN: Hypnales FAMILIA: Hypnaceae GÉNERO: Hypnum ESPECIE: <i>Hypnum cupressiforme</i> |  |  | | |
| 14 | ORDEN: Hypnales FAMILIA: Entodontaceae GÉNERO: Entodon ESPECIE: <i>Entodon cladorrhizans</i> |  |  | | |
| 15 | ORDEN: Hypnales FAMILIA: Pterobryaceae GÉNERO: Pterobryon ESPECIE: <i>Pterobryon densum</i> |  |  | | |
| 16 | ORDEN: Hypnales FAMILIA: Brachytheciaceae GÉNERO: Meteoridium ESPECIE: <i>Meteoridium remotifolium</i> |  |  | | |
| Notas/Observaciones: | | | | | |

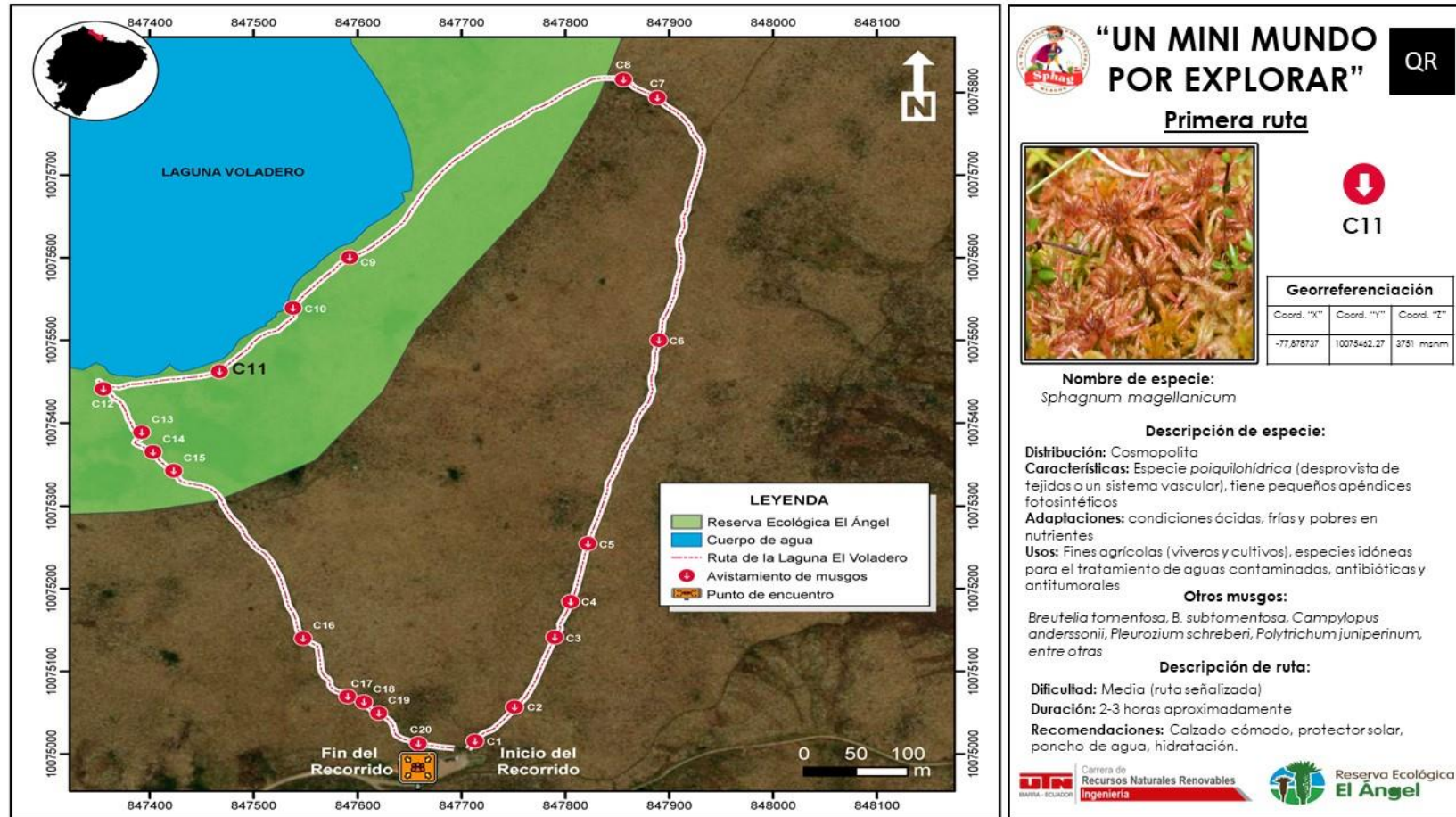
| Guía: | ... | Página | 5 | | |
|----------------------|---|-------------------------|--------------------------|---|---|
| Ruta: | ... | Fecha: | ... | | |
| N° | Taxonomía | Fotografía - referencia | Fotografía de referencia | ✓ | ✗ |
| 17 | <p>ORDEN: Orthotrichales FAMILIA: Orthotrichaceae GÉNERO: Macromitrium</p> <p>ESPECIE: <u>Macromitrium sp.</u></p> | | | | |
| 18 | <p>ORDEN: Polytrichales FAMILIA: Polytrichaceae GÉNERO: Pogonatum</p> <p>ESPECIE: <u>Pogonatum sp.</u></p> | | | | |
| 19 | <p>ORDEN: Polytrichales FAMILIA: Polytrichaceae GÉNERO: Polytrichum</p> <p>ESPECIE: <u>Polytrichum juniperinum</u></p> | | | | |
| 20 | <p>ORDEN: Pottiales FAMILIA: Pottiaceae GÉNERO: Pseudocrossidium</p> <p>ESPECIE: <u>Pseudocrossidium replicatum</u></p> | | | | |
| Notas/Observaciones: | | | | | |

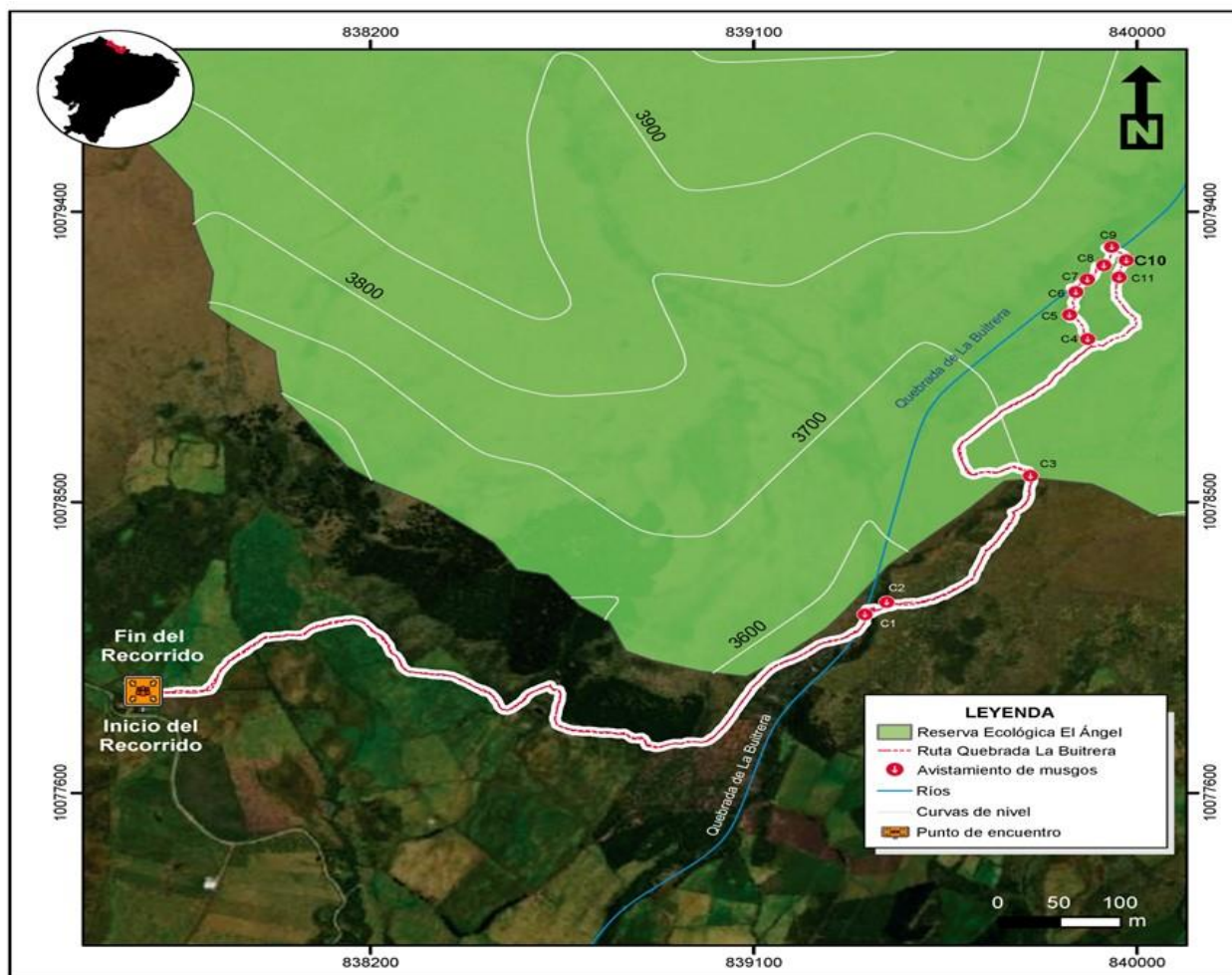
| Guía: | ... | Página | 6 | | |
|----------------------|---|---|--|-------------------------------------|--------------------------|
| Ruta: | ... | Fecha: | ... | | |
| N° | Taxonomía | Fotografía - referencia | Fotografía de referencia | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21 | ORDEN: Dicranales FAMILIA: Calymperaceae GÉNERO: Syrrhopodon ESPECIE: <i>Syrrhopodon</i> <i>lycopodioides</i> |  |  | | |
| 22 | ORDEN: Sphagnales FAMILIA: Sphagnaceae GÉNERO: Sphagnum ESPECIE: <i>Sphagnum</i> <i>magellanicum</i> |  |  | | |
| 23 | ORDEN: Sphagnales FAMILIA: Sphagnaceae GÉNERO: Sphagnum ESPECIE: <i>Sphagnum</i> <i>sancto-josephense</i> |  |  | | |
| 24 | ORDEN: FAMILIA: GÉNERO: ESPECIE: | | | | |
| Notas/Observaciones: | | | | | |



| Guía: | ... | Página | 7 | | |
|----------------------|--|--------------------------|-----|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Ruta: | ... | Fecha: | ... | | |
| N° | Taxonomía | Posibles nuevas especies | | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 21 | <p>ORDEN:</p> <p>FAMILIA:</p> <p>GÉNERO:</p> <p>ESPECIE:</p> | | | | |
| 22 | <p>ORDEN:</p> <p>FAMILIA:</p> <p>GÉNERO:</p> <p>ESPECIE:</p> | | | | |
| 23 | <p>ORDEN:</p> <p>FAMILIA:</p> <p>GÉNERO:</p> <p>ESPECIE:</p> | | | | |
| 24 | <p>ORDEN:</p> <p>FAMILIA:</p> <p>GÉNERO:</p> <p>ESPECIE:</p> | | | | |
| Notas/Observaciones: | | | | | |

Anexo 11. “Un mini – mundo por explorar”: Mapas para los recorridos





“UN MINI MUNDO POR EXPLORAR”

QR

Segunda ruta



C10

Georreferenciación

| Coord. "X" | Coord. "Y" | Coord. "Z" |
|------------|------------|------------|
| -77,945992 | 0,718938 | 2696 msnm |

Nombre de especie:

Sphagnum sancto-josephense

Descripción de especie:

Distribución: Cosmopolita

Características: Especie *poiquilohídrica* (desprovista de tejidos o un sistema vascular), tiene pequeños apéndices fotosintéticos

Adaptaciones: condiciones ácidas, frías y pobres en nutrientes

Usos: Fines agrícolas (viveros y cultivos), especies idóneas para el tratamiento de aguas contaminadas, antibióticas y antitumorales

Otros musgos:

Pterobyron densum, *Breutelia tomentosa*, *Dicranella subulata*, *Polytrichum juniperum*, entre otras

Descripción de ruta:

Dificultad: Media-Alta (no existe ruta señalizada)

Duración: 5-6 horas aproximadamente

Recomendaciones: Calzado cómodo, protector solar, poncho de agua, hidratación y refrigerio.



Carrera de Recursos Naturales Renovables
Ingeniería



Reserva Ecológica
El Ángel

Anexo 12. “Un mini – mundo por explorar”: Materiales para fortalecer conocimientos



Reserva Ecológica
El Ángel



UTN
IBARRA - ECUADOR

Carrera de
Recursos Naturales Renovables
Ingeniería



LE MINUTO POR ESTUDIANTE
Sphag
MEJOR

“Un mini - mundo por explorar”

Horizontales

2. Grupo menos estudiado de briofitas
3. Filamentos que ayudan a fijar a los musgos en el sustrato
6. Estructura donde se producen y almacenan las esporas
7. Complete la organización de las briofitas: musgos, antóceros, ...
9. Láminas que permiten efectuar la fotosíntesis



Verticales

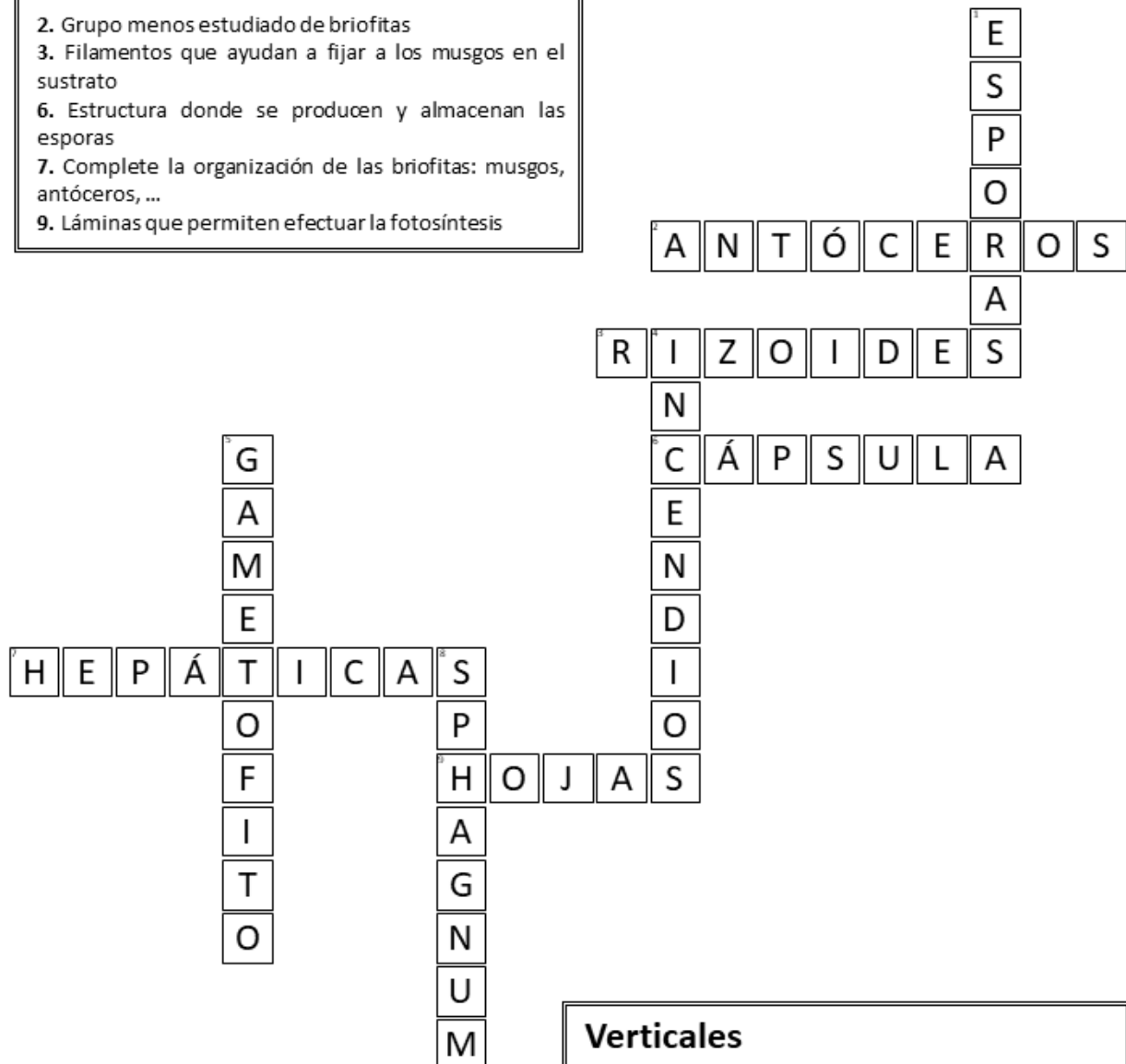
1. Métodos de reproducción de los musgos: yemas y ...
4. Problemáticas que afectan a los musgos, animales y plantas en general tras producirse
5. Estructura con mayor dimensión en las briofitas
8. Género con mayor capacidad de retención de agua



“Un mini - mundo por explorar”

Horizontales

- Grupo menos estudiado de briofitas
- Filamentos que ayudan a fijar a los musgos en el sustrato
- Estructura donde se producen y almacenan las esporas
- Complete la organización de las briofitas: musgos, antóceros, ...
- Láminas que permiten efectuar la fotosíntesis



Verticales

- Métodos de reproducción de los musgos: yemas y ...
- Problemáticas que afectan a los musgos, animales y plantas en general tras producirse
- Estructura con mayor dimensión en las briofitas
- Género con mayor capacidad de retención de agua

“Un mini - mundo por explorar”

Y V A L M S M H B N V G T I P Z
 M Y L L A D T D P Q L D O C S S
 E X Z H I T M F H S N E P F E S
 T H Z M L D U A C N P C P V U F
 E E G U E O H V N S Q C D H D U
 O K U N T U C W A C K N S S O G
 R S T G U B I P D Z S C U N C L
 I P G A E R R L T K H P P C R E
 D O L H R L T M P X Q V O G O I
 I K V P B T Y L I A A F L L S O
 U X B S W W L V C I D E Y R S M
 M Y G S S J O E T D T M P B I E
 R I A Y E C P L D E R H M F D L
 Q M F K V E W X Q B U C A L I A
 X L P L E U R O Z I U M C I U M
 X S P Y Q Z Y I H Y I R F M M N



Reserva Ecológica
El Ángel



Cámara de
Recursos Naturales Renovables
Ingeniería



LAGUNAS EL VOLADERO



Géneros de musgos (8):

| | | | |
|--|------------|--|------------------|
| | Breutelia | | Meteoridium |
| | Leiomela | | Polytrichum |
| | Campylopus | | Pseudocrossidium |
| | Pleurozium | | Sphagnum |

Dificultad: Nivel 6

→ ↓ ← ↑ ↙ ↘ ↗ ↖
 1 2 3 4 5 6 7 8

olesur.com

“Un mini - mundo por explorar”

A U O J W R P U U M X Q O T L
 L K Y D F M U T A N O G O P L
 N Q A M R L M L S O R O M R F
 A G I U A M U Z U D U S Q K T
 O O L I V U I U P O G M X C Y
 J M E N L Y R F O P F U Y T W
 D U T M X R T N L O B N T M F
 P I U O T B I O Y H H P G E R
 L Z E I R O M R P R V Y B N A
 R O R G Y D O O M R E H D T V
 X R B A G O R M A Y K B J O W
 Q U R L C H C G C S Z G B D Z
 N E P P W R A U A Y F K L O J
 A L G W K A M O G P Q J L N B
 A P Y I F S S B N I H U C A F



Reserva Ecológica
El Ángel



Cámara de
Recursos Naturales Renovables
Ingeniería



BOSQUE DE POLYLEPIS



Géneros de musgos (10):

| | | | |
|--|-------------|--|--------------|
| | Plagiomnium | | Hypnum |
| | Rhodobryum | | Entodon |
| | Breutelia | | Macromitrium |
| | Campylopus | | Pogonatum |
| | Pleurozium | | Syrhophon |

Dificultad: Nivel 6

→ ↓ ← ↑ ↙ ↘ ↗ ↖
 1 2 3 4 5 6 7 8

olesur.com

“Un mini - mundo por explorar”

GRUOTICFWGOLABO
 IDIXQWXBDFBLSXP
 WDNCFLCSVERFGSO
 YBVNXLBZIEFNTL
 AACRWFUHYFUFSNY
 WLUUADLOZNTZOOT
 ELWJVROADMEHAYR
 QEHFROWACALGMRI
 QNBLLEECANIBUBC
 RAYGLPXPMEAVNOH
 ORCANJQUZJJJGRU
 TCFSMDMAKJGRAEM
 JIRVWYMLXBNZHTJ
 ADGBIEZHGLOVPPG
 RZPSPESVUELBSYK



QUEBRADA LA BUITRERA



Géneros de musgos (5):

- Breutelia
- Dicranella
- Pterobryon
- Polytrichum
- Sphagnum

Dificultad: Nivel 6



olesur.com

“Un mini - mundo por explorar”

YVALMSMHBNVGTIPZ
 MYLLADTD PQLDOCSS
 EXZHITM FHSNEPFES
 THZMLDUACNPCPVUF
 EEGUEOHVNSQCDH DU
 OKUNTUCWACKNS SOG
 RSTGUBIPDZSCUNCLE
 IPGAERRLTKHPPCRE
 DOLHRLTMPXQVOGOI
 IKVPBTYLIAAFLLSO
 UXBSWWLVCIDEYRSM
 MYGSSJOETDTMPBIE
 RIAYECP LDERHMF DL
 QMFKVEWXQBUCALIA
 XLPLEUROZIUMCIUM
 XSPYQZYIHYIRFMN



LAGUNAS EL VOLADERO



Géneros de musgos (8):

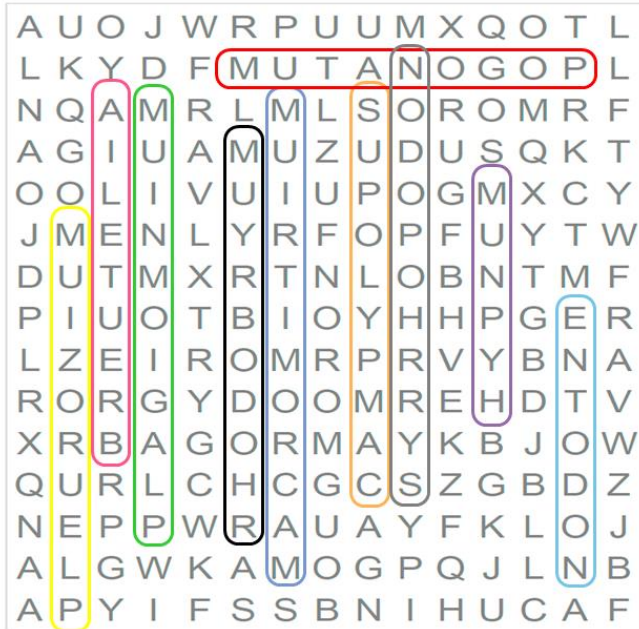
- Breutelia
- Leiomela
- Campylopus
- Pleurozium
- Meteoridium
- Polytrichum
- Pseudocrossidium
- Sphagnum

Dificultad: Nivel 6



olesur.com

“Un mini - mundo por explorar”



BOSQUE DE POLYLEPIS



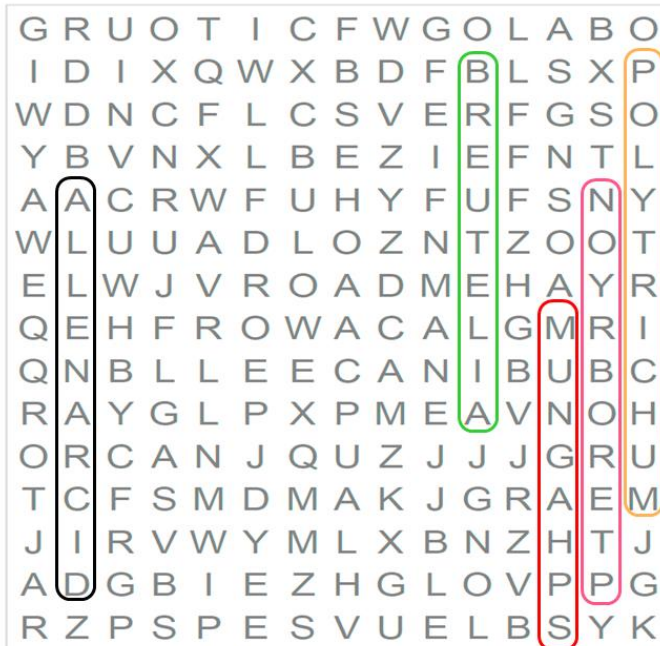
Géneros de musgos (10):

- Plagiomnium
- Rhodobryum
- Breutelia
- Campylopus
- Pleurozium
- Hypnum
- Entodon
- Macromitrium
- Pogonatum
- Syrrhopodon

Dificultad: Nivel 6



“Un mini - mundo por explorar”



QUEBRADA LA BUITRERA



Géneros de musgos (5):

- Breutelia
- Dicranella
- Pterobryon
- Polytrichum
- Sphagnum

Dificultad: Nivel 6

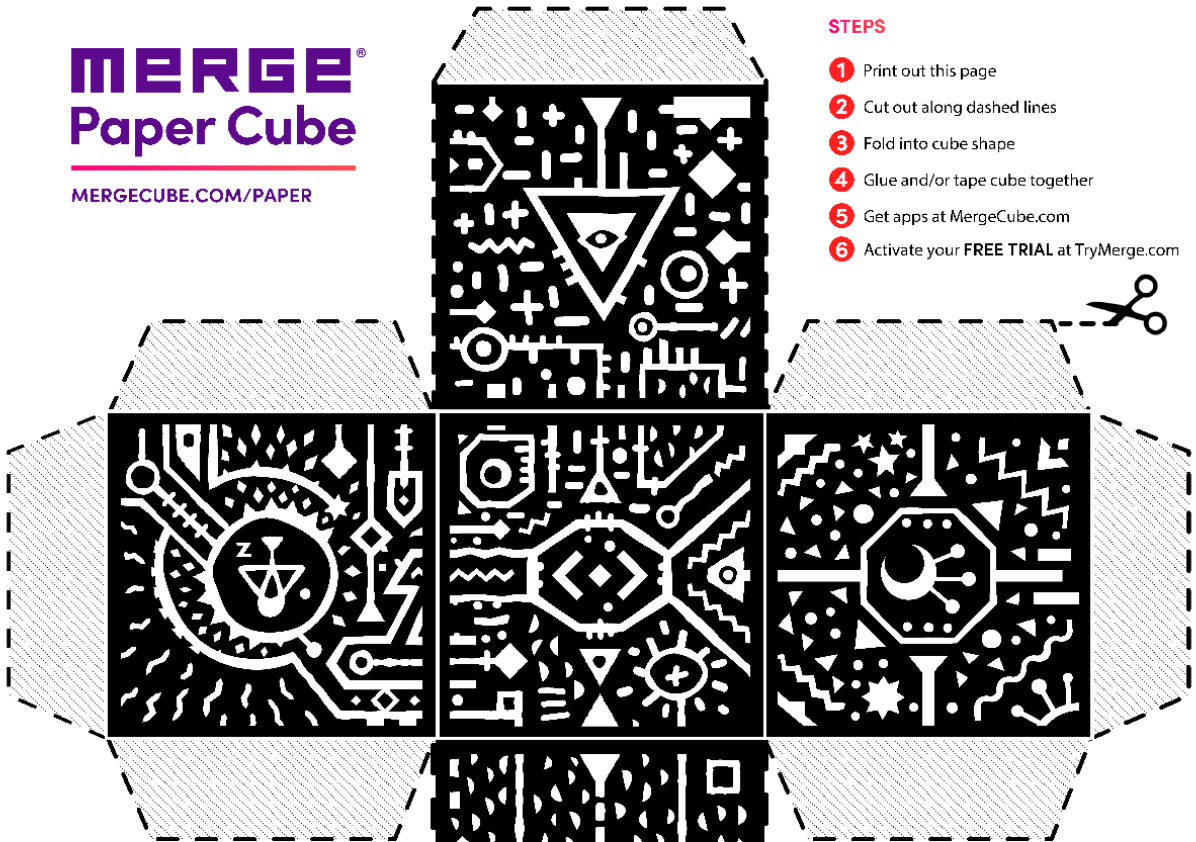


MERGE[®] Paper Cube

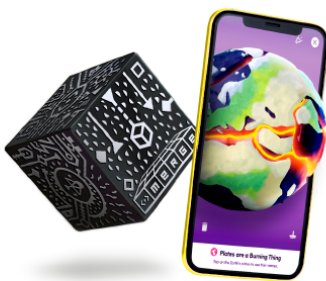
MERSECUBE.COM/PAPER

STEPS

- 1 Print out this page
- 2 Cut out along dashed lines
- 3 Fold into cube shape
- 4 Glue and/or tape cube together
- 5 Get apps at MergeCube.com
- 6 Activate your **FREE TRIAL** at TryMerge.com



Visit MergeEDU.com/shop to purchase a real MERGE Cube.



Buy now

Download Merge EDU apps
www.MERSECUBE.com



Download apps

www.MERSECUBE.com
© MERGE LABS INC. DO NOT DISTRIBUTE!