

RESEARCH ARTICLE

# Diversidad alfa de pteridofitas en el bosque siempre verde de tierra bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Sucumbíos - Ecuador

Paola Guala <sup>1</sup>   Richard Monar <sup>1</sup>  Carlos Mestanza-Ramón <sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la vida, Carrera de Biología, Nueva Loja, Ecuador.

<sup>2</sup> Research Group YASUNI-SDC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Sede Orellana, El Coca 20001, Ecuador.

 Correspondencia: [stefania.guala\\_2011@hotmail.com](mailto:stefania.guala_2011@hotmail.com)  + 593 99 435 3071

DOI/URL: <https://doi.org/10.53313/gwj51014>

**Resumen:** Los helechos son un grupo taxonómico de criptógamas vasculares pertenecientes al reino plantae división de las pteridofitas, estas carecen de flores y semillas. Son de importancia ecológica por que se fijan al suelo otorgando una protección contra la erosión, cumplen funciones muy importantes dentro de los ecosistemas, ya que intervienen en el ciclo del nitrógeno y fósforo por lo tanto pueden actuar como fitorremediadores de la salud de los ecosistemas. En los últimos 10 años no han existido investigaciones sobre las pteridofitas en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo y se desconoce su situación actual respecto de su diversidad y estado ecológico. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo general determinar la diversidad alfa de Pteridofitas en la Reserva Cofán Bermejo, provincia de Sucumbíos, mediante técnicas individuales que permita establecer desafíos en procesos de conservación biológica y 4 objetivos específicos; Diagnosticar la situación actual del área de estudio, mediante entrevistas semiestructuradas de campo, para establecer una línea base. Determinar la riqueza, abundancia y caracterización de las principales especies de Pteridofitas en la Reserva Cofán Bermejo, aplicando los índices de Shannon y Simpson, complementando con la ayuda del repositorio Bioweb. Establecer desafíos en procesos de conservación biológica, utilizando la técnica juicio de expertos para fortalecer la gestión del área protegida y la funcionalidad de sus ecosistemas. Los principales resultados indican que existe una diversidad media y baja de pteridofitas. Finalmente, es necesario centrar esfuerzos para mejorar la gestión de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo enfocado en la capacitación del personal que permita contribuir a la conservación de las especies en estudio y disminuir los conflictos internos de la reserva.

**Palabras claves:** Simpson; Shannon; área protegida; helechos



**Cita:** Guala, P., Monar, R., & Mestanza-Ramón, C. (2022). Diversidad alfa de pteridofitas en el bosque siempre verde de tierra bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Sucumbíos – Ecuador. Green World Journal, 5(1).

<https://doi.org/10.53313/gwj51014>

**Received:** 04/February/2022

**Accepted:** 15/March/2022

**Published:** 19/March/2022

Prof. Daniela Stone Maxes, PhD.  
Academic Editor / CaMeRa Editorial  
[editor@greenworldjournal.com](mailto:editor@greenworldjournal.com)

**Editor's note:** CaMeRa remains neutral with respect to legal claims resulting from published content. The responsibility for published information rests entirely with the authors.



© 2022 CaMeRa license, Green World Journal. This article is an open access document distributed under the terms and conditions of the license.

Creative Commons Attribution (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

## Alpha diversity of pteridophytes in the evergreen lowland forest of the Cofán Bermejo Ecological Reserve, Sucumbíos - Ecuador

**Abstract:** Ferns are a taxonomic group of vascular cryptogams belonging to the kingdom plantae division of pteridophytes, these lack flowers and seeds. They are of ecological importance because they are fixed to the soil, providing protection against erosion, they fulfill very important functions within ecosystems, since they are involved in the nitrogen and phosphorus cycle and can therefore act as phytoremediators of the health of ecosystems. In the last 10 years, there has been no research on pteridophytes in the Cofán Bermejo Ecological Reserve and their current situation with respect to their diversity and ecological status is unknown. In this context, the general objective of this study was to determine the alpha diversity of Pteridophytes in the Cofán Bermejo Reserve, province of Sucumbíos, using individual techniques to establish challenges in biological conservation processes and 4 specific objectives; Diagnose the current situation of the study area, through semi-structured field interviews, to establish a baseline. Determine the richness, abundance and characterization of the main species of Pteridophytes in the Cofán Bermejo Reserve, applying the Shannon and Simpson indexes, complemented with the help of the Bioweb repository. Establish challenges in biological conservation processes, using the expert judgment technique to strengthen the management of the protected area and the functionality of its ecosystems. The main results indicate that there is a medium and low diversity of pteridophytes. Finally, it is necessary to focus efforts on improving the management of the Cofán Bermejo Ecological Reserve, focusing on staff training to contribute to the conservation of the species under study and to reduce internal conflicts within the reserve.

**Keywords:** Simpson; Shannon; protected area; ferns; ferns

### 1. Introducción

La Biodiversidad es un término que abarca la variedad de vida existente en el planeta tierra. Se refiere a la cantidad de especies que se desarrollan en un determinado ecosistema o región. La biodiversidad engloba a todas las formas de vida de los siete reinos, bacteria, archaea, plantae, animalia, protozoa, fungi, chromista [1,2]. Los científicos consideran que existen alrededor de 8,7 millones de plantas y animales, sin embargo, existen especies nuevas por ser descubiertas e identificadas, pero también muchas especies están siendo amenazadas llevándolas a su extinción. No obstante, gracias a la variedad genética las especies nuevas nacen con cierta ventaja por la resistencia de los genes de los padres dominantes, además, muchas especies aporta gran valor económico con los servicios ecosistémicos que brinda a la humanidad.

Los helechos son un grupo taxonómico de plantas vasculares pertenecientes al reino plantae división de las pteridofitas, las cuales, carecen de flores y semillas [3]. Este grupo vegetal se fijan al suelo otorgando una protección contra la erosión, cumplen funciones muy importantes dentro de los ecosistemas interviniendo en el ciclo del nitrógeno y fósforo, por lo tanto pueden actuar como fitorremediadores en la salud de los ecosistemas [4–7]. Además, especies como *Azolla pinnata* R. Br. contiene propiedades medicinales para los seres humanos, las pteridofitas aportan al equilibrio y funcionamiento del ecosistema al aportar con materia orgánica al suelo [2,8].

Adicional, el grupo de las pteridofitas proporcionan microhábitats, así como refugio y alimento para especies faunísticas menores, algunas de ellas tienen la capacidad de colonizar sitios perturbados, además, filtran metales pesados en ambientes contaminados [9,10]. Los briofitos son pioneros en procesos de sucesiones ecológicas secundarias, es decir, en lugares que han sufrido alteración o actividad antropogénica. Para complementar, estas especies son las encargadas de iniciar la red trófica de alimentación, así también, realizan procesos de mutualismo con insectos y

otras plantas, y, sobre todo, son encargadas de la elaboración de la fotosíntesis con un alto grado de liberación de oxígeno [11].

La flora se ha catalogado como una de las razones del subsistir diario de las personas, ya que, brindan grandes beneficios económicos y de salud, también las plantas medicinales se han utilizado en el cuidado del ser humano desde tiempos inmemoriales [12]. Ecuador es uno de los 18 países considerado mega diverso respecto a la división de flor y fauna, gracias a su riqueza y diversidad de sus ecosistemas, cuenta con una flora registrada de 18 mil especies, de las cuales 1.422 son pteridofitas [13]. La biodiversidad del Ecuador presenta ecosistemas destacados como los bosques de mangle, bosque seco tropical, bosques nubosos tropicales, bosque tropical. Dentro de la clasificación de los ecosistemas del Ecuador tenemos a los bosques siempre verdes de tierras bajas, dichos bosques se encuentran dentro de la Reserva Ecológica Cofán-Bermejo [14].

En la actualidad las comunidades asentadas dentro de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, no disponen de información sobre las especies, su diversidad y riqueza que les permita diseñar planes de preservación y conservación, dada la importancia en su rol ecológico; además, su limitado conocimiento de las especies no ha permitido el desarrollo de estudios en cuanto a la etnobotánica de la reserva, por lo que existe la influencia de factores antrópicos como la deforestación de bosques, minería, quema de la vegetación, entre otros, que pueden afectar a las especies de pteridofitas respecto a su estado de conservación; por tal razón, es importante elaborar un plan de conservación para determinar su riqueza y biodiversidad de las pteridofitas en el ecosistema siempre verde de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo.

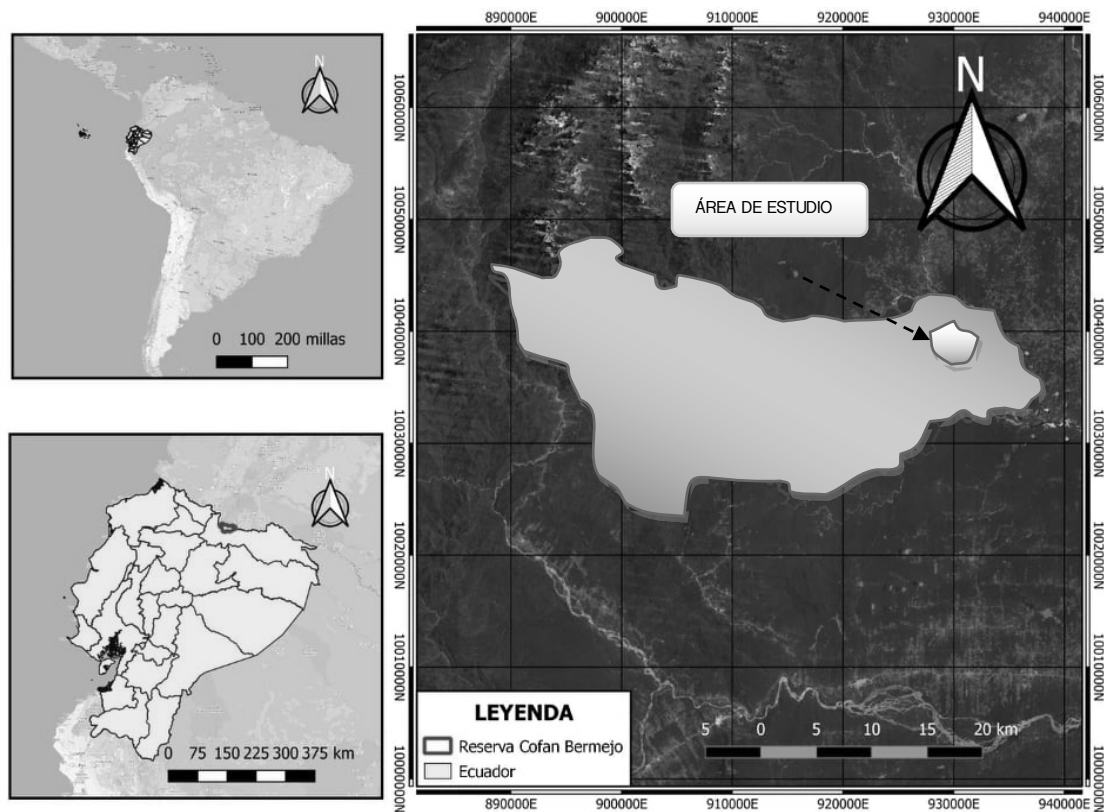
En este contexto, se han establecido objetivos que responderán a las siguientes problemáticas. Primero: describir el estado actual de conservación de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo. Segundo: identificar las especies del grupo de las pteridofitas presentes en la Ecológica Cofán Bermejo. Tercero: estimar los índices de diversidad alfa de las pteridofitas. Y, finalmente, establecer desafíos para contribuir a la conservación de las pteridofitas y la gestión de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo. Aspectos que permitieron establecer una línea base general de la Reserva respecto de su estado de conservación, además, se presentan las especies identificadas de las pteridofitas junto con sus índices de diversidad alfa y se fijaron desafíos orientadas a la conservación de éste importante grupo del reino plantae.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Área de estudio

La Reserva Ecológica Cofán Bermejo (RECB) es una de las sesenta y cinco áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SNAP [15,16], se encuentra en la provincia de Sucumbios, cantón Cáscales, sus coordenadas geográficas son 0.07262777833075075, -77.2062277747375 (0°04'21.5"N 77°12'22.4. 'W). Cuenta con una superficie es de 55451 ha, con un rango altitudinal entre 400 y 2275 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Además, posee cabeceras fluviales como el río Bermejo, Chandía, Ccucono y Aguarico (Figura 1). El Río San Miguel es su principal hito geográfico que separa al territorio ancestral de la etnia Cofán. Dentro de esta reserva se encuentran los territorios ancestrales de la nacionalidad Cofán que participan de forma activa en la conservación de los recursos con el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, esta zona presenta una alta biodiversidad, 800 especies de flora y 700 especies de fauna, además 31 potencialmente nuevas [14]. Esta Reserva es la única área protegida que realiza una cogestión con las poblaciones indígenas, representadas por la Federación Indígena de la Nacionalidad Cofán del Ecuador (FEINCE),

y la coordinación de la dirección nacional de biodiversidad y áreas naturales protegidas del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [14].



**Figura 1.** Área de estudio, Reserva Ecológica Cofán Bermejo.

El presente estudio se desarrolló en una hectárea del bosque siempre verde de tierras bajas en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, comprende amplias gradientes altitudinales (400–2275 m.s.n.m.), humedad relativa (90–95 %), temperatura (25.8–27.9 °C), y precipitación al año que oscilan los 2000– 4000 mm [14]. En esta zona es posible observar paisajes naturales representativos, como la selva amazónica en toda la superficie, el Cerro Pax al norte, los volcanes Reventador y Sumaco al sur. Los únicos asentamientos humanos son pobladores de comunidades indígenas, los cual se localiza nexa al yacimiento petrolero y las pequeñas poblaciones amazónicas como, Puerto Vega y Barranca Bermejo.

## 2.2 Metodología

La presente investigación es de tipo exploratoria, descriptiva y explicativa. Con un enfoque mixto cuali-cuantitativo. Se utilizó metodologías individuales que responden a los objetivos establecidos en el presente estudio. Para la descripción del área de estudio se utilizó la técnica de entrevistas de campo. Para la aplicación de la entrevista semi-estructurada en el presente estudio se siguió los pasos mostrados en la Figura 3 que permitió ir ordenadamente desde la definición de los objetivos hasta realizar entrevista. Por otra parte, para la identificación de especies se utilizó Bioweb y guías de identificación como, Etnobotánica de helechos del nororiente ecuatoriano [13]. Adicional, para determinar los índices de diversidad alfa se utilizó el software Past versión 4.03. Finalmente, para establecer los desafíos sobre la conservación en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo se utilizó la técnica denominada “juicio de expertos” [17].

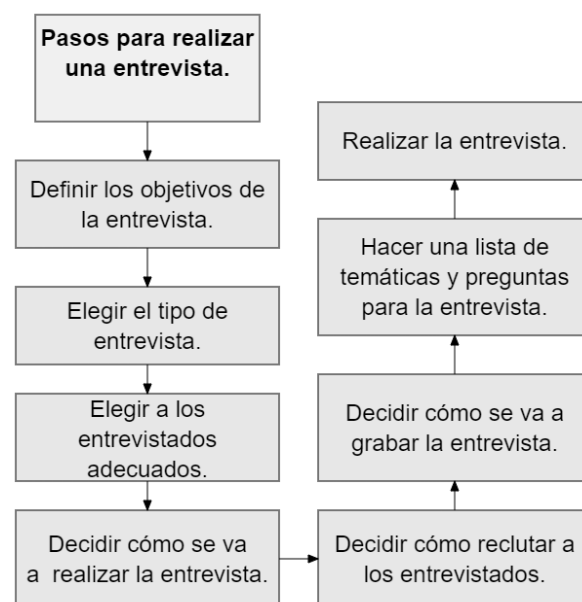


Figura 3. Pasos para la entrevista

### 2.3 Descripción de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo

Para diagnosticar la situación actual del área de estudio se utilizó dos técnicas investigativas, la revisión bibliográfica y entrevistas de campo. En la revisión bibliográfica se utilizó literatura científica en bases de datos como Google académico. En el transcurso de búsqueda se aplicaron filtros y parámetros que permitieron seleccionar el rango en los años de búsqueda y definir las temáticas que responden a los objetivos del estudio. Una vez finalizada la búsqueda, se obtuvieron 96 artículos.

Adicional, con el total de documentos que se obtuvo luego de la búsqueda, estos se sometieron a un filtro manual, que consistió en la lectura de los títulos, resumen y palabras claves, permitiendo descartar los documentos que no tienen relación con el tema en estudio. Es así, que finalmente los documentos seleccionados para el análisis de literatura científica fueron 2, adicional se complementó con búsqueda directa (Tabla 1) como planes de manejo de la reserva en estudio e información disponible en las páginas web institucionales.

Tabla 1. Artículos científicos considerados para describir el área de estudio.

| # | Título                                                                                                         | Año  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1 | Introducción del área comunitaria Cofán bermejo al sistema nacional de áreas protegidas como reserva ecológica | 2019 |
| 2 | In-Situ and Ex-Situ Biodiversity Conservation in Ecuador: A Review of Policies, Actions and Challenges         | 2020 |
| 3 | Información SNAP   Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador                                            | 2020 |
| 4 | Área protegidas SNAP, Ecuador                                                                                  | 2021 |
| 5 | Plan de manejo de la reserva ecológica Cofán bermejo                                                           | 2007 |

Para complementar la investigación se aplicaron entrevistas de campo semiestructuradas utilizando una guía temática (Tabla 2) que sirvió de lista de control para garantizar que todos los encuestados proporcionen información sobre los mismos temas según lo recomendado por [18].

**Tabla 2.** Temática y preguntas semiestructuradas propuestas para el desarrollo de la presente investigación**Entrevista semiestructurada.****Temáticas.****A. Información sobre la Reserva Ecológica Cofán Bermejo.**

1. ¿Cómo se encuentra actualmente la reserva en el estado de conservación?
2. ¿Cuáles son las principales presiones antrópicas en la RECB?
3. ¿Cuáles son los principales conflictos en la RECB?

**B. Conocimiento sobre pteridofitas.**

1. ¿Conoce usted sobre el grupo de las pteridofitas?
2. ¿Considera que son importantes las pteridofitas en los ecosistemas siempre verdes?
3. ¿Las pteridofitas otorgan algún servicio ecosistémico a la comunidad?
4. ¿Conoce sobre la diversidad alfa de las pteridofitas?

**C. Planes para la conservación del lugar y las especies.**

1. ¿Tienen planes de conservación sobre las especies y el ecosistema?

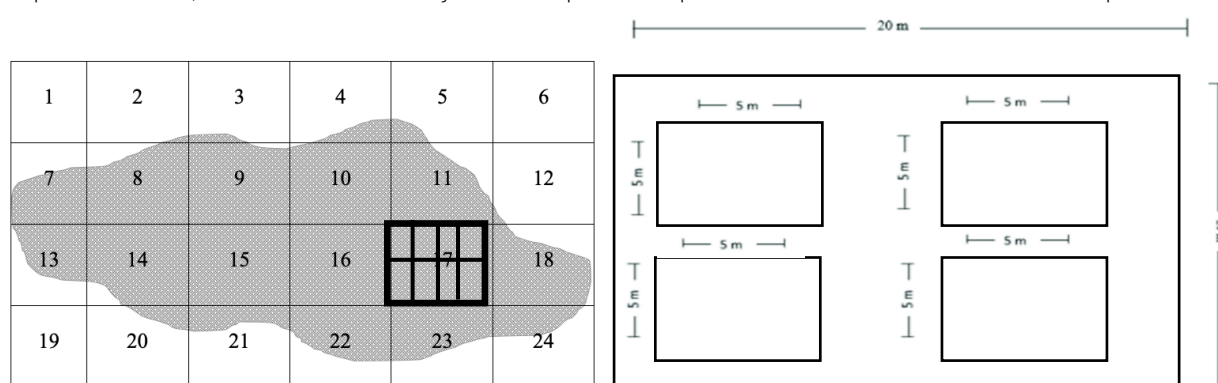
Fuente: (Guala y Monar, 2022)

Las entrevistas fueron dirigidas a los 3 representantes del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, asumiendo el cargo de administradora la señora Verónica Proaño, Guardaparques los señores Mario Cusme y Ricardo Caicedo, quienes respondieron a preguntas enfocadas sobre la gestión del área protegida respecto a las pteridofitas, que abordaron aspectos referentes a la aplicación y cumplimiento de los procesos de gestión. No se tomó en cuenta a los miembros de la comunidad para la entrevista, ya que, al ser una comunidad lejana y poco accesibles a la comunicación, razón por la cual, no se realizó la entrevista con dicha comunidad.

**2.4 Identificación de las especies**

El trabajo de campo se realizó de agosto a octubre del 2021, en ocho visitas de dos días cada una en la hectárea de estudio de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo en el bosque siempre verde de tierras bajas, en la cual se recolectó toda la información necesaria de nuestra área de estudio.

Como primer paso aleatoriamente utilizando Microsoft Excel se seleccionó una cuadrícula a la cual se denominó área de estudio (Figura 4 a). Se utilizó la metodología planteada por Kessler [19] este procedimiento indica que las 8 parcelas deben ser de 20 m x 20 m en la hectárea de muestreo y cada parcela se subdivide en 4 subparcelas de 5 x 5 m (Figura 4, b). Además, del total del área de estudio no se consideró las que intercepten ecosistemas de borde para evitar alteraciones. Las subparcelas fueron medidas y delimitadas con la ayuda de una cinta métrica y cuerda roja respectivamente, esto facilitó el trabajo de campo en el proceso de identificación de las especies.

**Figura 4.** Área de estudio y parcelas de estudio

Establecidas las parcelas y sub parcelas dentro de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, se procedió a realizar el conteo de los individuos, para lo cual se consideró los tipos de especies presentes en cada parcela. Para la toma de datos se utilizó como herramienta una libreta de campo. Los individuos identificados en campo en el presente estudio corresponden al grupo de pteridofitas de habito terrestres y epifitas en arboles hasta los 10m y con diámetro a partir de los 10 cm. Además, se fotografió usando la cámara del celular iphone 11 pro max, facilitando la identificación. Para el registro se consideraron los siguientes aspectos: nombres comunes, nombres científicos, familias, género y si es posible especie, número de individuos, sustratos y hábitos. Las pteridofitas cuya base se encontraron sobre el límite del transecto fueron consideradas, siempre y cuando la mitad o más del área basal estuvieron dentro de los transectos.

Para el reconocimiento de los especímenes se utilizó documentos de identificación como la guía de etnobotánica de pteridofitas del nororiente ecuatoriano [13] . Además, con la ayuda de Bioweb se logró registrar y organizar las especies en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2019. Finalmente, para evitar duplicación de registros en el área de estudio se procedió a fotografiar los ejemplares, conservando un respaldo en archivos digital.

## 2.5. Índices de diversidad

Los índices de biodiversidad global se utilizan para medir el cambio ambiental y el progreso hacia los objetivos de conservación. Estos índices están diseñados para describir los atributos generales de la comunidad, lo que nos permite comparar diferentes regiones, taxones y niveles tróficos. Por tanto, son fundamentales para el seguimiento y la conservación ambiental [20].

### 2.5.1. Índices de diversidad Alfa

Los índices de diversidad Alfa toman en cuenta la diversidad dentro de un ecosistema en particular, es decir, el número de especies observadas o riqueza biológica. La riqueza es el conjunto de especies naturales de seres vivos dentro de un ecosistema. La abundancia, por otra parte, es el número total de individuos de un taxón o taxones en un área, población o comunidad. Dentro de los índices Alfa se consideran a los índices de Shannon e índices de Simpson [21].

### 2.5.2. Índice de diversidad de Shannon

El índice de Shannon se basa en el concepto de uniformidad o equidad, es decir, la medida en que cada especie está representada en una muestra, además, es un índice que no se ve afectado por el tamaño de la muestra. Este índice es un indicador dinámico eficiente que proporciona una medida directa de la tasa de difusión y, por lo tanto, una escala de tiempo para las inestabilidades que surgen al lidiar con el caos [22]. A continuación, se detalla la fórmula de este índice:

$$\text{Índice de Shannon (H)} = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Donde:

S= número de especies (riqueza de especies).

Pi: indica los individuos y su proporción de especies de i respecto de los individuos totales (es decir la abundancia relativa de la especie i= ni/N).

In: cantidad de individuos de una especie.

N= total de individuos de las especies.

Para la cuantificación del Índice de diversidad de Shannon, se considera el número de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies), y la cantidad relativa de individuos de cada especie (abundancia). Para su interpretación, cuando los valores de este índice son menores a 1,5 se considera como diversidad baja, valores entre 1,6 a 3,4 tiene diversidad media, mientras que, los valores iguales o superiores a 3,5 es considerado con diversidad alta.

### 2.5.3. El índice de diversidad de Simpson

El índice de Simpson es la probabilidad de que dos individuos extraídos al azar de un conjunto pertenezcan a la misma especie. A menudo, es convertido de una medida de dominancia a una medida de uniformidad (o equidad), ya sea restando el valor de dominancia de 1, o tomando su inverso. En comparación con otras medidas de riqueza y uniformidad, se puede demostrar que el índice de Simpson es relativamente independiente del tamaño de la muestra [23]. A continuación, se muestra la fórmula comúnmente utilizada:

$$\text{Índice de Simpson } (D) = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

D = índice de Simpson.

S = número de especies

N = total de individuos presentes (o unidades cuadradas)

n = número de individuos por especie

La interpretación del índice de Simpson tiene un rango entre 0 y 1. Cuando el valor del índice se acerca a 1, menor es la diversidad del hábitat. Mientras que, cuando el valor del índice se acerca a 0, mayor es la diversidad del hábitat.

### 2.6 Índice De diversidad Alfa de pteridofitas

Se ejecutaron 2 pasos de manera ordenada, los cuales permitieron obtener información necesaria en los distintos procesamiento para la obtención de los resultados del índice alfa de las pteridofitas.

Paso 1. Para obtener los datos de los índices se elaboró una base de datos en una hoja en Microsoft Excel, en la que se incluyó las siguientes variables: especies con su respectivo nombre científico, total de individuos, parcelas y subparcelas.

Paso 2. Se preparó una tabla de datos en la que se incluye la abundancia total de los individuos colectados en la fase de campo, estos datos fueron ingresados en el software Past versión 4.03. A continuación, se ejecutó el programa con la finalidad que la tabla con datos sea leída correctamente, finalmente, se seleccionó el módulo "diversity". Como resultado se obtuvo los índices de Shannon, Simpson [24], [22], [23].

### 2.7 Desafíos

Para establecer desafíos en la gestión de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo se utilizó la técnica juicio de expertos, esta técnica reúne varios especialistas en una mesa redonda y debaten sobre un tema en particular [17]. Dicha técnica realiza un juicio basado en un conjunto específico de criterios y/o experiencia que se ha adquirido en un área de conocimiento específica, o área de producto, una disciplina particular, una industria, etc [25][25]. Esta base de conocimiento puede ser proporcionada por un miembro del equipo del proyecto o varios miembros del equipo del proyecto, o por un líder de equipo o líderes de equipo. En el presente estudio se contó con la participación de especialistas y expertos en el tema.

### 3 Resultados y Discusión

#### 2.6 Descripción y estado de conservación de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo

De acuerdo con los datos obtenidos mediante la metodología utilizada, entrevistas de campo, actualmente la Reserva Ecológica Cofán Bermejo tiene apoyo del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) en gestionar los 3 ejes principales; recursos hídricos, control de tala de árboles y control de caza de las especies faunísticas como el Tapir (*Tapirus terrestris*, Arauca D.A.), el cual es el símbolo de la reserva. Sin embargo, uno de los problemas que se comparte por todos los entrevistados es el tener una herramienta de gestión desactualizada, siendo este del año 2012, lo que impide realizar un correcto control y seguimiento.

Por otra parte, el personal de campo indica que no existe apoyo de los actores sociales para conservar la flora que reside dentro de la reserva. Además, existe insuficiente personal de campo de la reserva, contando con tan solo 9 miembros, de los cuales ingresan solo 3 de ellos cada semana. Además, los guardaparques afirman que uno de los principales conflictos alrededor y dentro de la reserva es controlar las actividades antropogénicas como la minería artesanal y el tráfico ilegal de hidrocarburos la cual les afecta indirectamente, ya que los miembros de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) les impiden el ingreso a uno de los sectores de la reserva ubicado en el río San Miguel. Adicional, otro conflicto de la reserva es la caza de los Tapir (*Tapirus terrestris*, Arauca D.A.), actividad realizada por los miembros de la comunidad Cofán esporádicamente todo el año. Finalmente, la tala de árboles es una de las actividades que más conflicto les ocasiona, esta actividad ilícita lo realizan en el sector de Providencia en el río San Miguel (Figura 5).



**Figura 5.** Miembros del MAATE, encuentran tala de árboles dentro de la RECB

Es por ello que, en las entrevistas actuales sugieren el aumento del personal para que no exista más este caos en la Reserva. Dichos resultados se tendrán que abordar con más cautela para que la Reserva Ecológica Cofán Bermejo sea un lugar adecuado para futuras investigaciones, y el ingreso al área de estudio sea seguro en todos los ámbitos. Al ser un terreno de gran extensión se podrá evaluar varias opciones como, la diversidad de flora y el beneficio que esta conlleva, como la medicina, alimentación, ornamentación.

Además, se podrá estudiar la calidad de agua del río Bermejo, ya que actualmente hay contaminación por la minería y el tráfico de hidrocarburos, el cual es regado a diario en el río al ser transportado en las canoas. Adicional, se podrá estudiar el desarrollo de las especies de peces y otras especies que conviven dentro y cerca del río. Finalmente, al ingresar a la Reserva se observa varias aves, el cual es otro punto de investigación que se podrá evaluar. Así mismo especies de primates silvestre los cuales serán de investigación oportuna para los futuros estudios. Con la ayuda

de los guardaparques se logró identificar diferentes variables climáticas del área de estudio, así como el tipo de suelo (Tabla 3).

**Tabla 3.** Variables meteorológicas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo.

| Variable              | Descripción |
|-----------------------|-------------|
| Precipitación, mm/año | 2000 – 4000 |
| Temperatura, ° C      | 25.8 – 27.9 |
| Humedad relativa, %   | 90 – 95     |
| Altitud, m.s.n.m.     | 400–2275    |
| Suelos                | Calcisoles  |

Los administradores manifiestan conocer muy poco sobre las pteridofitas, pero por su nombre común, helechos. Sin embargo, desconocen los servicios ecosistémicos que estas especies aportan a la sociedad. Por lo contrario, los guardaparques indican saber poco sobre las pteridofitas ya que lo consideran una maleza en el ecosistema. No obstante, pocos guardaparques conocen el valor medicinal que brinda esta especie. Aseguran que el principal problema es la inexistencia de profesionales especializados en especies de flora. Al ser poco el conocimiento sobre esta especie se considera que no comprenden la importancia de este grupo vegetal en cuanto a servicios ecosistémicos a la comunidad.

## 2.7 Identificación de especies de pteridofitas en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo.

De acuerdo con los resultados obtenidos del trabajo en campo realizado en el bosque siembre verde de tierras bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, el cual consistió en trazar un área de muestreo total de 100m x 100m<sup>2</sup>(una hectárea), misma que se dividió en 8 parcelas de 20m x 20m de la cuales cada parcela se subdividió en 4 subparcelas de 5m x 5m<sup>2</sup>. Mediante este procedimiento se logró identificar taxonómicamente 3 órdenes, 9 familias, 9 géneros y 9 especies diferentes, con un total de 609 individuos de pteridofitas (Tabla 4).

Autores como Barrios [26] realizaron un estudio de diversidad de pteridofitas en el área privada de conservación Talhpan, Papantla, Veracruz, México, en un área de estudio de 15 parcelas de 20m x 20m y 5 subparcelas en cada parcela. En la cual obtuvo como resultado la identificación de 22 especies pertenecientes a 10 familias. Estos valores resultan ya que, el autor optó por trazar mayor número de parcelas. Además, la temperatura del área de estudio fue de 28°C, mientras que, la temperatura del trabajo de Ecuador en Reserva Ecológica Cofán Bermejo ronda los 25.8–27.9°C. Se obtuvo estos resultados ya que, las especies de pteridofitas se desarrollan de mejor manera en zonas de mayor altitud y de gran humedad.

Existe un estudio realizado en el condado de Longnan, China, en la cual estudia la diversidad taxonómica, filogenética y funcional de pteridofitas en tres sitios perturbados. Dai [27]manifiestan que el área de estudio de su investigación fue en un clima monzónico subtropical con un rango altitudinal de 190–1430 m.s.n.m. Las precipitaciones anuales de los tres sitios rondan los 1500–1600 mm, mientras que sus temperaturas medias en enero y julio varían entre 8 °C y 28 °C. Para establecer el área de estudio optaron por la técnica de caminos o senderos a través de la densa vegetación.

En cada punto de muestreo trazaron 30 parcelas, cada parcela fue de 5m x 5m. Es así que, obtuvieron como resultado la identificación de 4 subclases, 9 órdenes, 20 familias, 50 géneros y 99 especies de pteridofitas, con un total de 9759 individuos de este grupo vegetal. Los investigadores

afirman que, de los nueve órdenes, el 50% de las familias y el 86% de las especies eran de *Polypodiales*, el orden taxonómico más diverso entre las pteridofitas. Esto quiere decir que, algunas especies del orden *Polypodiales* son cosmopolitas, ya que, se desarrolla tanto en Ecuador como en China. Debido a que, dicho orden se identificó en el estudio desarrollado en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo.

**Tabla 4.** Especies de pteridofitas encontradas en la RECB.

| #     | Nombre científico                                | Individuos | Habito    |
|-------|--------------------------------------------------|------------|-----------|
| 1     | <i>Adiantum pedatum</i> L.                       | 6          | Terrestre |
| 2     | <i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.) C. Presl      | 6          | Epífita   |
| 3     | <i>Hymenophyllum tunbrigense</i> (L.) Sm.        | 16         | Terrestre |
| 4     | <i>Diplazium caudatum</i> sp (no resuelto)       | 30         | Epífita   |
| 5     | <i>Selaginella geniculata</i> (C. Presl) Spring  | 35         | Terrestre |
| 6     | <i>Polypodium rhachipterygium</i> Liebm.         | 44         | Epífita   |
| 7     | <i>Asplenium serratum</i> L.                     | 67         | Epífita   |
| 8     | <i>Thelypteris macrophylla</i> (Kunze) CV Morton | 121        | Terrestre |
| 9     | <i>Dryopteris affinis</i> sp (no resuelto)       | 284        | Epífita   |
| Total |                                                  | 609        |           |

Las especies con menor número de individuos fueron *Adiantum pedatum* L. y *Nephrolepis cordifolia* (L.) C. Presl con un total de 6 individuos de cada especie. Se considera que, las poblaciones de estas especies no se adaptan al piso altitudinal del área de estudio o las condiciones climáticas no son adecuadas para su desarrollo. Por lo contrario, las especie con mayor número de individuos fueron *Thelypteris macrophylla* (Kunze) CV Morton con 121 ejemplares y *Dryopteris affinis* sp (no resuelto) con un total de 284 ejemplares, esto se debe que las especies son más generalistas en el área de estudio. Se recomienda realizar trabajos futuros para analizar la dinámica poblacional de estas especies.

## 2.8 Diversidad alfa de pteridofitas en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo.

Se consideraron los 609 individuos de las 9 especies (tabla 7), es así que los resultados indican un índice de dominancia de Simpson de 0,281, refiriéndose que la dominancia de especies es baja. Por lo contrario, el índice de diversidad de Simpson resultó un valor de 0,719, esto quiere decir que, la diversidad de especies es media. El índice de Shannon resultó con un valor de 1,609, refiriéndose que existe una diversidad media de especies. El valor del índice de equitatividad de Shannon indica una diversidad baja, con un valor de 0,732.

Dichos resultados se compararon con un estudio realizado en Malaysia, el cual opto por utilizar nuestra metodología en campo de 8 parcelas. Majuakim y Anthony [28], manifiestan que, el índice de Shannon en su área de estudio fue de 2,946 señalando que existe una diversidad media en 35 especies pertenecientes a 12 familias identificadas. Esto quiere decir que, la metodología de 8

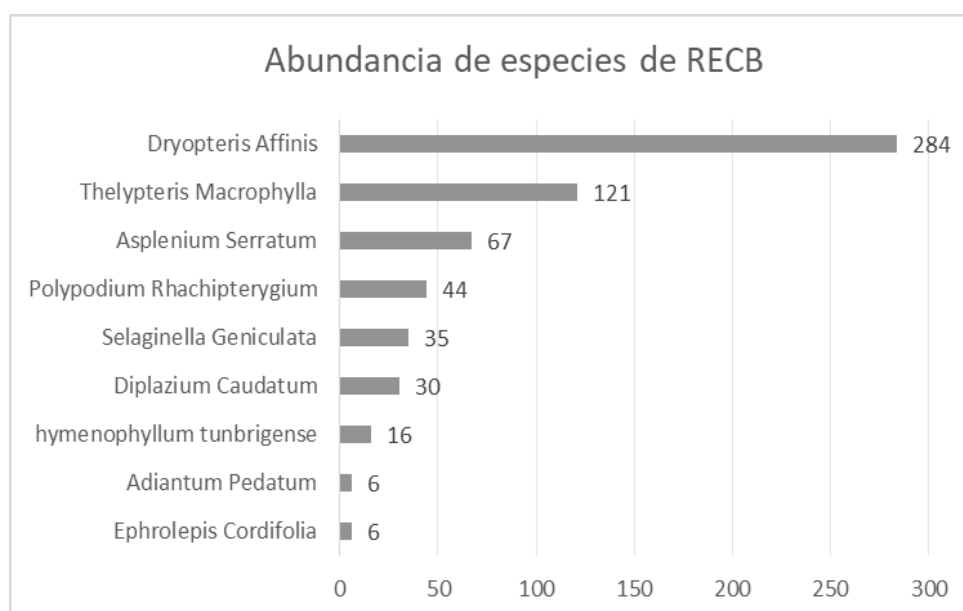
parcelas es adecuada para estimar la diversidad de pteridofitas, ya que la mayoría de las especies de pteridofitas no son mayores a los 3 metros por lo que se requiere un área de estudio pequeña para observar todos los individuos de dicho grupo.

**Tabla 5.** Índices de diversidad.

| FAMILIA          | ESPECIES                                        | Ind | Abundancia | Riqueza | Dominancia | Shannon. |
|------------------|-------------------------------------------------|-----|------------|---------|------------|----------|
|                  | <i>Nephrolepis cordifolia</i> (L.)              |     |            |         |            |          |
| Davalliaceae     | C. Presl                                        | 6   | 0,010      | 0,985   | 0,000      | -0,046   |
| Pteridaceae      | <i>Adiantum pedatum</i> L.                      | 6   | 0,010      | 0,985   | 0,000      | -0,046   |
|                  | <i>hymenophyllum tunbrigense</i>                |     |            |         |            |          |
| Hymenophyllaceae | (L.) Sm.                                        | 16  | 0,026      | 2,627   | 0,001      | -0,096   |
|                  | <i>Diplazium caudatum</i> sp (no resuelto)      |     |            |         |            |          |
| Athyriaceae      |                                                 | 30  | 0,049      | 4,926   | 0,002      | -0,148   |
|                  | <i>Selaginella geniculata</i> (C. Presl) Spring |     |            |         |            |          |
| Selaginellaceae  |                                                 | 35  | 0,057      | 5,747   | 0,003      | -0,164   |
|                  | <i>Polypodium rhachipterygium</i>               |     |            |         |            |          |
| Polypodiaceae    | Liebm.                                          | 44  | 0,072      | 7,225   | 0,005      | -0,190   |
| Aspleniaceae     | <i>Asplenium serratum</i> L.                    | 67  | 0,110      | 11,002  | 0,012      | -0,243   |
|                  | <i>Thelypteris macrophylla</i>                  |     |            |         |            |          |
| Thelypteridaceae | (Kunze) CV Morton                               | 121 | 0,199      | 19,869  | 0,039      | -0,321   |
|                  | <i>Dryopteris affinis</i> sp (no resuelto)      |     |            |         |            |          |
| Dryopteridaceae  |                                                 | 284 | 0,466      | 46,634  | 0,217      | -0,356   |
|                  |                                                 | 609 |            | 100     |            | -1,609   |

**Tabla 6.** Resultados índices de diversidad alfa

| Índices de diversidad         | Valores |
|-------------------------------|---------|
| Índice dominancia Simpson     | 0,281   |
| Índice diversidad de Simpson. | 0,719   |
| Índice Shannon                | -1,609  |
|                               | 1,609   |
| Equitativita de Shannon       | -0,732  |
|                               | 0.732   |



**Figura 6.** Abundancia de especies presentes en RECB

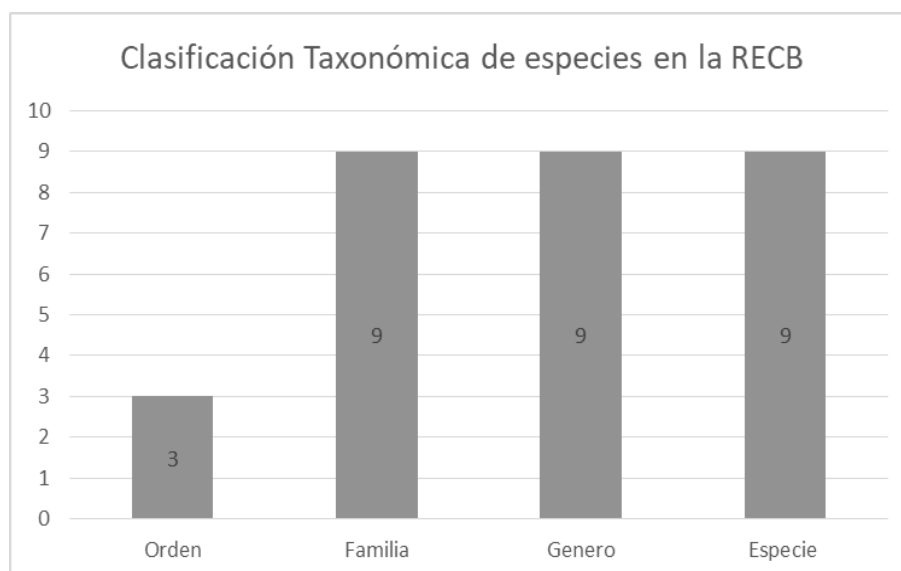


Figura 7. Clasificación taxonómica de especies en la RECB

## 2.9 Desafíos para la conservación en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo

Mediante la técnica utilizada juicio de expertos se analiza la gestión de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, en la cual las principales recomendaciones es la contratación de mano de obra calificada, para disponer de profesionales especialistas en diferentes ámbitos. Además, una prioridad será actualizar el plan de manejo, con el objetivo de mejorar gestión interna de la reserva y sus resultados. Así mismo, es fundamental apuntalar el tema de capacitaciones, aumentar el personal de campo para mejorar el control de la tala de árboles, la minería artesanal y la caza de vida faunística. Además, se debería reforzar los controles por parte de las fuerzas armadas del Ecuador, con el objetivo de disminuir incursiones de grupos armados irregulares, esto facilitará el trabajo y gestión de la RECB.

Es fundamental plantear recomendaciones para la implementación de nuevos estudios del grupo de las pteridofitas en otras áreas o piso altitudinal dentro de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo. Esto permitirá comparar la diversidad de estas especies, y su distribución poblacional, ya que, puede cambiar por las condiciones ambientales de la reserva. Además, al ser un área con poca intervención científica se puede llegar a encontrar nuevas especies sin identificar, llegando hacer un logro para aquel que lo logre. Finalmente se debe tener cautela con las especies *Adiantum pedatum* L. y *Nephrolepis cordifolia* (L.) C. Presl ya que, puede tener alguna presión o desequilibrio en el ecosistema llegando hacer de preocupación mayor, porque su población es sumamente menor en comparación a las especies *Thelypteris macrophylla* (Kunze) CV Morton y *Dryopteris affinis* sp (no resuelto) las cuales lideran el listado de mayor número de individuos del presente estudio

## 4 Conclusiones

Considerando los resultados del estudio actualmente la gestión de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo debe ser mejorada, ya que, tiene un gran propósito y visión de salvaguardar las 55451 ha de área protegida y sus especies que residen dentro de la reserva. Sin embargo, hace falta el apoyo económico y de personal especialista y de campo para el control diario del amplio terreno y precautelar la gran biodiversidad que existe en el sitio.

De la hectárea muestreada en la Reserva Ecológica Cofán Bermejo la riqueza de las pteridofitas resulto en 9 especies, 9 géneros y 9 familias, con especies cosmopolitas alrededor del mundo

como es el caso de la familia *Polypodiaceae*. Por otro lado, la diversidad de pteridofitas del área de estudio determina que, los índices de dominancia de Simpson son bajos, con un valor de (0,281) y la diversidad de Simpson se determina en término medio con (0,719). Mientras que, el índice de Shannon manifiesta una diversidad media (1,609) y el del índice de equitatividad de Shannon indica una diversidad baja (0,732).

Finalmente, las limitaciones del presente estudio fueron principalmente la situación sanitaria del Covid-19. Además, el corto tiempo correspondiente al trabajo de campo lo cual impidió realizar un mayor muestreo que permita tener unos resultados más robustos. Por otra parte, el presupuesto fue otro de los problemas, ya que, para ingresar a la Reserva Ecológica Cofán Bermejo se debe tomar varios medios de transporte, que van desde carro particular o transporte público para la entrada de la parroquia Sevilla, después otro vehículo para llegar al puerto Vega, en la cual se toma una canoa para llegar a la reserva. Adicional, estos datos abren pasos a nuevas investigaciones de diversidad de pteridofitas, se recomienda realizar nuevos estudios en el área de estudio de la reserva.

**Contribución de autores:** Idea y conceptualización, P. G. y R.M.; metodología, P. G., R.M. y C.M.-R.; software, P. G. y R.M.; investigación, G. M. y P. G.; redacción, P. G. y R.M.; revisión, C.M.-R.; supervisión, C.M.-R.

**Financiamiento:** Los autores financiaron a integridad el estudio.

**Conflictos de interés:** Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

#### Referencias:

1. Ruggiero, M.A.; Gordon, D.P.; Orrell, T.M.; Bailly, N.; Bourgoin, T.; Brusca, R.C.; Cavalier-Smith, T.; Guiry, M.D.; Kirk, P.M. A Higher Level Classification of All Living Organisms. *PLoS One* **2015**, *10*, e0119248.
2. Sánchez Capa, M.; Mestanza-Ramón, C.; Sánchez Capa, I. Perspectiva de conservación del suelo en la Amazonía ecuatoriana. *Green World J.* **2020**, *3*, 009, doi:<https://www.greenworldjournal.com/doi-022-wgj-2020>.
3. Molino, S. Helechos, la belleza sin flores. **2020**, *Foresta*, 70–77.
4. Praveen, A.; Pandey, V.C. Pteridophytes in phytoremediation. *Environ. Geochem. Health* **2020**, *42*, 2399–2411, doi:10.1007/s10653-019-00425-0.
5. Carlos, M.; Maritza, S. Community Tourism In Ecuador: A Special Case In The Rio Indillama Community, Yasuní National Park. *Int. J. Eng. Res.* **2019**, *V8*, doi:10.17577/ijertv8is060413.
6. RAMON, C.M.; VILLACÍS, M.T.; CAMPAÑA, D.L.; GARCÍA, A.C.; CALDERÓN, E.P.; GUTIERREZ, M.J.; VELASCO, A.A.; GUAMÁN, F.G.; NAVEDA, N.O. NATURAL PROTECTED AREAS IN ECUADOR, A POTENTIAL OF BIODIVERSITY FOR THE TOURISM.
7. Mestanza, C.; Saavedra, H.F.; Gaibor, I.D.; Zaquinaula, M.A.; Váscones, R.L.; Pacheco, O.M. Conflict and Impacts Generated by the Filming of Discovery Channel's Reality Series "Naked and Afraid" in the Amazon: A Special Case in the Cuyabeno Wildlife Reserve, Ecuador. *Sustainability* **2019**, *11*, 50.
8. Goswami, H.K.; Sen, K.; Mukhopadhyay, R. Pteridophytes: evolutionary boon as medicinal plants. *Plant Genet. Resour.* **2016**, *14*, 328–355, doi:DOI: 10.1017/S1479262116000290.
9. Chang, J.-S.; Yoon, I.-H.; Kim, K.-W. Heavy metal and arsenic accumulating fern species as potential ecological indicators in As-contaminated abandoned mines. *Ecol. Indic. - ECOL*

- INDIC 2009, 9, 1275–1279, doi:10.1016/j.ecolind.2009.03.011.
10. Mestanza-Ramón, C.; Sanchez Capa, M.; Figueroa Saavedra, H.; Rojas Paredes, J. Integrated Coastal Zone Management in Continental Ecuador and Galapagos Islands: Challenges and Opportunities in a Changing Tourism and Economic Context. *Sustain.* 2019, 11.
  11. Takashima-Oliveira, T.; Medeiros, P.; Tavares Martins, A. Bryophyte communities across the ecological succession process in the Caxiuanã National Forest, Pará, Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.* 2020, 92, doi:10.1590/0001-3765202020180626.
  12. Sofowora, A.; Ogunbodede, E.; Onayade, A. The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention. *African J. Tradit. Complement. Altern. Med. AJTCAM* 2013, 10, 210–229, doi:10.4314/ajtcam.v10i5.2.
  13. Asanza, M.; Reyes, D.; Cruz, L.C.G. Etnobotánica de helechos del nororiente ecuatoriano. *Rev. Amaz. Cienc. y Tecnol.* 2012, 1, 186–209.
  14. Pitman guía del patrimonio de áreas naturales protegidas deL ecuador 2002, 1–8.
  15. MAE-SNAP- SUIA Area protegidas SNAP, Ecuador.
  16. Mestanza-Ramón, C.; Henkanaththegedara, S.M.; Vásconez Duchicela, P.; Vargas Tierras, Y.; Sánchez Capa, M.; Constante Mejía, D.; Jimenez Gutierrez, M.; Charco Guamán, M.; Mestanza Ramón, P. In-Situ and Ex-Situ Biodiversity Conservation in Ecuador: A Review of Policies, Actions and Challenges. *Divers.* 2020, 12.
  17. Galicia Alarcón, L.A.; Balderrama Trápaga, J.A.; Edel Navarro, R. Validez de contenido por juicio de expertos: propuesta de una herramienta virtual. *Apertura* 2017, 9, 42–53.
  18. Lerman, A. Types of Interviews, Types of Listening BT – The Non-Disclosing Patient: A Clinician's Guide. In; Lerman, A., Ed.; Springer International Publishing: Cham, 2020; pp. 17–26 ISBN 978-3-030-48614-3.
  19. Kessler, M. Pteridophyte species richness in Andean forests in Bolivia. *Biodivers. Conserv.* 2001, 10, 1473–1495, doi:10.1023/A:1011811224595.
  20. Watermeyer, K.; Guillera-Aroita, G.; Bal, P.; Burgass, M.; Bland, L.; Collen, B.; Hallam, C.; Kelly, L.; McCarthy, M.; Regan, T.; et al. Using decision science to evaluate global biodiversity indices. *Conserv. Biol.* 2020, 35, doi:10.1111/cobi.13574.
  21. Storch, D.; Šizling, A.L. The Concept of Taxon Invariance in Ecology: Do Diversity Patterns Vary with Changes in Taxonomic Resolution? *Folia Geobot.* 2008, 43, 329–344.
  22. Cincotta, P.M.; Giordano, C.M.; Alves Silva, R.; Beaugé, C. The Shannon entropy: An efficient indicator of dynamical stability. *Phys. D Nonlinear Phenom.* 2021, 417, 132816, doi:https://doi.org/10.1016/j.physd.2020.132816.
  23. Gregorius, H.-R.; Gillet, E.M. Generalized Simpson-diversity. *Ecol. Modell.* 2008, 211, 90–96, doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.08.026.
  24. Beisel, J.-N.; Moreteau, J.-C. A simple formula for calculating the lower limit of Shannon's diversity index. *Ecol. Modell.* 1997, 99, 289–292, doi:https://doi.org/10.1016/S0304-3800(97)01954-6.
  25. Robles Garrote, P.; Rojas, M. La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística Aplicada Validation by expert judgements: two cases of qualitative research in Applied Linguistics. 2015.

26. Barrios-Morales, F.; Alanís-Méndez, J.L.; Carvajal-Hernández, C.I. Diversidad de helechos y licopodios en el área privada de conservación Talhpan, Papantla, Veracruz, México. *Polibotánica* **2019**, 1–12.
27. Dai, X.; Chen, C.; Li, Z.; Wang, X. Taxonomic, Phylogenetic, and Functional Diversity of Ferns at Three Differently Disturbed Sites in Longnan County, China. *Divers.* **2020**, *12*.
28. Majuakim, L.; Anthony, F. Diversity and ecology of ferns on Mount Alab, Crocker Range Park, Sabah, Malaysia. **2019**, *68*, 167–176.

#### Author's review:



**Paola Guala** Bióloga por la Universidad Estatal Amazónica. Se ha especializado en temas relacionados con el análisis y diversidad de Pteridofitas en zonas amazónicas. Su reciente trabajo "Diversidad alfa de pteridofitas en el bosque siempre verde de tierra bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Sucumbíos – Ecuador" permitió obtener su título de grado



**Richar Monar**, Biólogo por la Universidad Estatal Amazónica. Se ha especializado en temas relacionados con el análisis y diversidad de Pteridofitas en zonas amazónicas. Su reciente trabajo "Diversidad alfa de pteridofitas en el bosque siempre verde de tierra bajas de la Reserva Ecológica Cofán Bermejo, Sucumbíos – Ecuador" permitió obtener su título de grado.



**Carlos Mestanza-Ramón**, Ingeniero Ambiental, Master en Gestión y Conservación del Medio Natural, Doctor en Conservación y Gestión del Mar. Profesor investigador titular de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Experto en Biodiversidad. Investigador del grupo de Investigación YASUNI-SDC. Desarrolla investigaciones en la Región Insular, Costa y Amazónica en Ecuador.



© 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

