



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

# ESTADO DE CONSERVACIÓN DE HELECHOS Y LICOFITAS EN LOS ANDES OCCIDENTALES DEL ECUADOR

## Conservation Status of Ferns and Lycophytes in the Western Andes of Ecuador

Holger Israel SARANSIG LEÓN<sup>1</sup>, Rodrigo Daniel CHIRIBOGA-ORTEGA<sup>1\*</sup>, Elizabeth VELARDE-CRUZ<sup>1</sup>, Tania OÑA-ROCHA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>: Laboratorio de Investigaciones Ambientales LABINAM, Universidad Técnica del Norte (UTN), Av. 17 de Julio 5-21 y Gral. José María Córdova, Ibarra, Ecuador, [info@utn.edu.ec](mailto:info@utn.edu.ec).

\* For correspondence: [rdchiribogao@utn.edu.ec](mailto:rdchiribogao@utn.edu.ec)

**Recibido:** 29 de enero de 2021. **Revisado:** 14 de abril de 2021. **Aceptado:** 14 de diciembre de 2023

**Editor asociado:** Susana Raquel Feldman

**Citation/ citar este artículo como:** Saransig León, H. I., Chiriboga-Ortega, R. D., Velarde-Cruz, E., Oña-Rocha, T (2024). Estado de conservación de helechos y licofitas en los Andes occidentales del Ecuador. *Acta Biol Colomb.*, 29(3), 14-23. <https://doi.org/10.15446/abc.v29n3.91406>

### RESUMEN

Actividades antropogénicas como la deforestación y los incendios generan pérdida de biodiversidad a nivel mundial. Ecuador es considerado un país megadiverso con 25000 especies de plantas, entre las que destacan los helechos. Sin embargo, este grupo de plantas el estudio de su diversidad y estado de conservación es limitado para la mayoría de las áreas naturales del país. En este estudio se realizó un inventario y se evaluó el estado de conservación de helechos y licofitas en la Estación Experimental La Favorita, ubicada en el occidente de Ecuador. Se muestreó y registro datos biológicos de especímenes en lugares que no se observó perturbaciones antropogénica o ecológica reciente, mediante cuadrantes de 20x20 m. Utilizando el software PAST 3,2 se calcularon los índices de diversidad de Margalef, Simpson y Shannon – Wiener. Se obtuvo un alto rango de diversidad en el bosque nativo. El índice de Sorensen determinó un 96,67 % de similitud de helechos y licofitas compartido entre el bosque nativo y el bosque de eucaliptos. Se contabilizaron un total de 6013 especímenes, pertenecientes a 32 especies. Mediante una adaptación del índice SUMIN se evaluó el estado de conservación, siendo las especies *Tectaria pilosa*, *Adiantum patens* y *Pteris muricata* las que presentan mayor prioridad de conservación, mientras que las especies: *Alsophila erinacea*, *Equisetum bogotense* y *Blechnum polypodioides* se consideraron de atención especial, al presentar una considerable disminución de individuos o la ausencia en uno o más tipos de bosque.

**Palabras claves:** Distribución, endemismo, índices de biodiversidad, riqueza de especies.

### ABSTRACT

Anthropogenic activities like deforestation or fires cause the loss of diversity worldwide. Ecuador is considered a “hotspot” and is home to 25000 species of plants, among which ferns stand out, but their study is still limited. The present research evaluated the state of conservation of the ferns and lycophytes in the Experimental Station La Favorita, located in the western region of Ecuador. We collected the specimens and biological data in representative locations without recent anthropogenic affectation in quadrants of 20 x 20 m. We used the Software PAST 3,2 to perform diversity indexes such as Margalef, Simpson, and Shannon–Wiener. We obtained a high diversity in the native forest. Sorensen index determined that the ferns and lycophytes shared 96,67 % similarity between native and eucalyptus forests. A total of 6013 specimens of 32 species were registered. SUMIN Index allowed the establishment of the state of conservation of species. *Tectaria pilosa*, *Adiantum patens*, and *Pteris muricata* showed the highest conservation priority. At the same time, *Alsophila erinacea*, *Equisetum bogotense*, and *Blechnum polypodioides* were considered of special attention when presenting a considerable decrease in individuals or absence in different types of forests.

**Keywords:** Biodiversity index, distribution, endemism, richness species.

## INTRODUCCIÓN

Los helechos son el segundo grupo más diverso entre las plantas albergando alrededor de 11000 especies ampliamente distribuidos y con una alta densidad en bosques tropicales (Dai *et al.*, 2020). Durante el Paleozoico Tardío las licofitas fueron uno de los grupos principales de vegetación, en la actualidad están representadas por cerca de 1300 especies (Spencer *et al.*, 2021). La diversidad de helechos y licofitas en los bosques del neotrópico actualmente es de mucho interés ya que pueden aportar valiosa información acerca de la historia evolutiva de las plantas (Pryer *et al.*, 2001; Spencer *et al.*, 2021) genetic resources are well established in model species representing lineages including bryophytes (mosses, liverworts, and hornworts). La capacidad adaptativa a los cambios ambientales a lo largo de la historia y actualmente ante los efectos del cambio climático los hacen indicadores biológicos de variaciones climáticas (Blair *et al.*, 2016; Müller *et al.*, 2019). Ecuador posee una elevada diversidad de helechos y licofitas a escala local (Hernández Rojas, 2020), aunque desafortunadamente se registra la deforestación de tres millones de bosque primario entre los años 2000 a 2010 (Viteri-Salazar and Toledo, 2020).

La Estación Experimental “La Favorita” (EELF) es un área de conservación en donde no se realizan actividades que afecten negativamente su biodiversidad, pero en sus límites se observa un avance de la frontera agrícola (Cuamacás y Rosero, 2005) poniendo en riesgo su biodiversidad y la de la región. Actualmente no se dispone de información actualizada sobre la diversidad de helechos y licofitas de la EELF, su distribución, ni su estado de conservación, la cual es fundamental para trabajar en el manejo y establecer políticas de conservación de estos recursos. La evaluación y categorización del estado de conservación de especies permitirá desarrollar estrategias y herramientas de protección y cuidado que permitan enfocarse en las especies más vulnerables (Estrada, *et al.*, 2005).

En Ecuador la protección de las especies vegetales presenta problemas debido a la falta de compromiso de autoridades y a la creciente expansión de la frontera agrícola. La información básica acerca de las especies, los ecosistemas y su estado de conservación sigue siendo insuficiente para cuantificar con precisión la magnitud de las amenazas para su conservación; este es el caso de la mayoría de los helechos y licofitas endémicos, que se encuentran amenazadas según los criterios establecidos por la UICN (León-Yáñez *et al.*, 2011). Si bien en el país se han empleado enfoques ecosistémicos para identificar prioridades de conservación y protección de la biodiversidad (Campos *et al.*, 2007), según Schatz (2009) es urgente disponer de más información científica sistematizada para tomar decisiones responsables sobre el manejo y protección de las especies, especialmente de aquellas que carecen de interés en su estudio y el riesgo de desaparecer es mayor, como el caso de helechos y licofitas (Navarrete, 2001). Debido a esto, se modificó el índice

SUMIN para aplicar a especies de pteridofitos, como un ejercicio preliminar para establecer especies prioritarias de conservar en el área de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La Estación Experimental La Favorita (EELF) de propiedad de la Universidad Técnica del Norte, está ubicada en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas (0°12'48" S, y 78°47'02" W), en el occidente del Ecuador. Posee una extensión de 400 hectáreas, se encuentra en el piso zoogeográfico Subtropical occidental y su formación vegetal corresponde a bosque siempreverde montano bajo de la Cordillera Occidental de los Andes (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012). Este tipo de bosque se caracteriza por la presencia de una importante densidad de niebla que brinda a este ecosistema funciones de regulación hídrica y mantenimiento de la calidad de agua (Bubb *et al.*, 2004). Con una variación altitudinal de 860 a 1739 msnm y una temperatura promedio anual de 15 °C. Sus suelos son arenosos derivados de material volcánico, la topografía es accidentada. Cruzan por la estación un sin número de quebradas que alimentan al río Saloya, formando un sistema de pequeñas cascadas y lagunas llamadas “cochas” (Reyes *et al.*, 2015).

Posee un régimen unimodal con lluvias entre diciembre y mayo, con aproximadamente 2000-3000 mm anuales (Cañadas, 1983). La EELF posee un área intervenida por ensayos forestales desde el año 1947, que han determinado cuatro tipos de bosque: (1) Bosque de fresno (*Fraxinus americana*), especie arbórea de origen norteamericano, sin registro de fecha de plantación, a una altitud de 1785 m.s.n.m., (2) Bosque de araucarias (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) plantadas desde 1947 hasta 1982 a una altitud de 1825 m.s.n.m., (3) Bosque de eucalipto (*Eucalyptus grandis*, W. Hill) plantado entre 1970 y 1981 a una altitud de 1910 m.s.n.m., y (4) área conservada con bosque nativo, siendo el más representativo para el estudio a una altitud de 2060 m.s.n.m.

A pesar de la presencia de estas plantaciones la EELF constituye un refugio para fauna silvestre con presencia de: gallo de la peña (*Rupicola peruviana*, Latham, 1790), guajalito (*Trogon personatus*, Gould, 1842), pava de monte (*Penelope* sp.), oso de anteojos (*Tremarctus ornatus*, Cuvier, 1825), puma (*Puma concolor*, Linnaeus, 1771), cervicabra (*Mazama americana*, Erxleben, 1777), armadillo (*Dasyurus novencintus*, Linnaeus, 1758), chancho salvaje (*Tayassu tajacu*, Linnaeus, 1758) (Reyes *et al.*, 2015)

## MÉTODOS DE COLECTA E IDENTIFICACIÓN

Mediante observación directa se definieron ocho puntos estratégicos representativos sin perturbación antropogénica o ecológica reciente. Se establecieron cuadrantes de 20 x 20 m a través de la curva de acumulación área – especie (Gráfico 2) (Kessler y Bach 1999; Acebey y Krömer 2001). En los meses de enero a mayo del año 2019 se colectaron

ejemplares de helechos y licófitas, y se registraron los datos morfológicos, de hábitat y las coordenadas geográficas del sitio (Navarrete, 2001; Palacios, 2002). Los ejemplares fueron identificados en el herbario de la Universidad Técnica del Norte y en el Laboratorio de Investigaciones Ambientales (LABINAM), este último lugar en el que se encuentran depositados. La identificación se realizó mediante el uso de claves taxonómicas (Moran, 1994; Smith *et al.*, 2006), además se cotejó con herbarios en línea del Jardín Botánico de Bogotá y el Herbario virtual del Jardín Botánico de New York, así como bases de datos digitales como la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (<http://www.iucnredlist.org/>), Tropicos.org del Jardín Botánico de Missouri (<http://tropicos.org/>) y el Catalogueoflife.org (<http://www.catalogueoflife.org/>), donde se verificaron los nombres científicos (Mendoza-Ruiz *et al.*, 2017). Se elaboró una guía de campo, que fue utilizada como herramienta de identificación en campo.

## DIVERSIDAD, DOMINANCIA, RIQUEZA, SIMILITUD Y ESTADO DE CONSERVACIÓN

Se generó una base de datos (Tabla 1) para el cálculo de índices de diversidad y similitud, acumulación de especies y estimadores de riqueza de especies. Para el cálculo de la diversidad de especies, dominancia y riqueza, se usaron los índices de Shannon y Winner, Simpson y Margalef, respectivamente. La similitud entre los taxones de los helechos y licófitas de las diferentes áreas fue estimada usando el índice de Sorensen. El cálculo de estos valores fue realizado usando el software PAST versión 3,2 (Hammer *et al.*, 2001).

El estado de conservación de helechos y licófitas fue evaluado mediante la modificación del método SUMIN (Reca *et al.*, 1994) incorporando variables ajustadas al estudio de especies vegetales. Las variables utilizadas fueron: Distribución Continental (DICON), Amplitud de uso de Hábitat (AUHA), Amplitud en el Uso del Espacio Vertical

(AUEVE), Tamaño corporal (TAM), Abundancia (ABUND), Singularidad Taxonómica (SINTA), Singularidad (SING), Acciones Extractivas (ACEXT), Grado de Protección de las Especies (PROT). La información acerca de la distribución continental y la singularidad taxonómica fue obtenida de Morán (2003) y los sitios web: <http://worldplants.webarchiv.kit.edu/ferns/>, <http://www.catalogueoflife.org>, la información sobre el tamaño corporal de las especies de TROPICOS y el grado de protección fue obtenido de la base de datos de la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) <http://www.iucnredlist.org>. Finalmente, las variables restantes se obtuvieron del trabajo de campo realizado en la Estación.

## RESULTADOS

Se registraron un total de 6013 especímenes, pertenecientes a 13 familias, 22 géneros y 32 especies en la EELF (Tabla 1): una especie de la clase Equisetopsida, una especie de la clase Lycopodiopsida y 30 especies de la clase Polypodiopsida. Las familias con mayor número de géneros fueron Polypodiaceae (J. Presl y C. Presl) con seis géneros, Pteridaceae (Rchb.) con cuatro y Blechnaceae (Newman) con dos géneros, mientras que las familias con mayor número de especies fueron Polypodiaceae con nueve especies, Pteridaceae con cinco, Blechnaceae y Dryopteridaceae (Ching) con tres especies cada una y Aspleniaceae (Newman), Lomariopsidaceae (Alston) y Thelypteridaceae (Ching ex Pic. Serm.), con dos especies cada una, las familias restantes solamente presentaron una especie (Tabla 1).

Los géneros con mayor riqueza fueron *Campyloneurum* (C. Presl), y *Elaphoglossum* (Schott ex J.Sm.), con tres especies respectivamente, seguidos de los géneros *Amauropelta* (Kunze), *Asplenium* (Linneo), *Blechnum* (Linneo), *Nephrolepis* (Schott), *Pecluma* (M.G. Price) y *Pteris* (Linneo) con dos especies, y los géneros restantes *Adiantum* (Linneo), *Alsophila* (R. Brown), *Dennstaedtia* (Bernh), *Equisetum* (Linneo), *Hymenophyllum* (J.E.

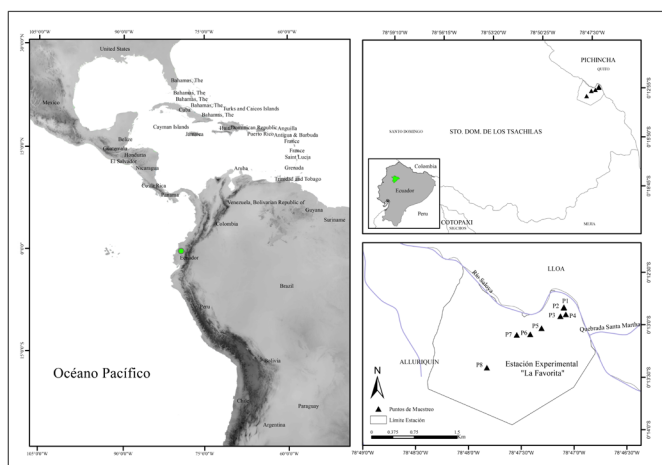


Figura 1. Área de estudio y ubicación de los puntos de muestreo.

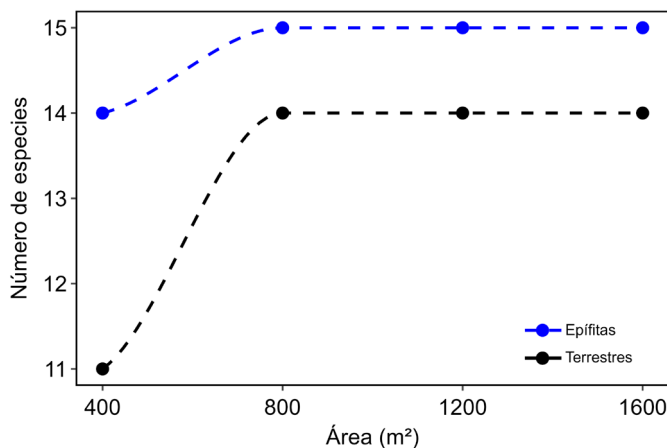


Figura 2. Curva de acumulación de especies por área, desarrollada para especies terrestres y epífitas.

Smith), *Lomaridium* (C. Presl), *Melpomene* (A.R. Sm. y R.C. Moran), *Niphidium* (J. Smith), *Pleopeltis* (Humb. y Bonpl. ex Willd), *Selaginella* (P. Beauv), *Serpocaulon* (A.R. Sm.), *Tectaria* (A. J. Cavanilles), *Vittaria* (J. E. Smith) y *Pityrogramma* (Link) con una especie cada una.

Las familias epífitas más representativas son *Polypodiaceae* y *Dryopteridaceae* con cinco y tres especies respectivamente. Por otro lado, se registraron 11 especies de hábito terrestres, *Pteridaceae* con cuatro especies. Finalmente, cinco especies con hábito tanto epífitos como terrestres, cuatro de la familia *Polypodiaceae* y una de la familia *Blechnaceae* especies (Tabla 1).

Dentro de los datos obtenidos, la comunidad de pteridofitos presentó una alta diversidad (Índice de Shannon y Winner = 3,14), dominancia (Índice de Simpson = 0,96) y riqueza (Índice de Margalef = 4,0). Los valores más altos de diversidad se presentaron en el bosque nativo, el cual posee el número más alto de taxones (Tabla 2).

**Tabla 2.** Índices de Diversidad de las comunidades de helechos y licofitas de la Estación Experimental La Favorita (EELF) Ecuador.

Sitios de colecta
-------------------

**Tabla 1.** Lista de especies y número de individuos de helechos y licofitas de la Estación Experimental La Favorita (EELF) Ecuador

Familia	Especie	Bosque fresno	Bosque araucaria	Bosque eucalipto	Bosque nativo	Hábito
Cyatheaceae	<i>Asplenium auritum</i>	22	35	29	23	arborescente
Aspleniaceae	<i>Asplenium fragrans</i>	39	43	37	48	epífito
Aspleniaceae	<i>Blechnum occidentale</i>	142	209	225	205	epífito
Dennstaedtiaceae	<i>Blechnum polypodioides</i>	45	41	37	46	epífito
Dryopteridaceae	<i>Lomaridium fragile</i>	39	42	69	95	epífito
Dryopteridaceae	<i>Cyathea caracasana</i>	2	2	4	9	epífito
Dryopteridaceae	<i>Dennstaedtia cornuta</i>	111	127	154	170	epífito
Hymenophyllaceae	<i>Elaphoglossum paleaceum</i>	58	76	77	83	epífito
Lomariopsidaceae	<i>Elaphoglossum muscosum</i>	50	66	61	66	epífito
Lomariopsidaceae	<i>Elaphoglossum sp1</i>	—	11	—	—	epífito
Polypodiaceae	<i>Equisetum bogotense</i>	—	—	—	62	epífito
Polypodiaceae	<i>Hymenophyllum tunbrigense</i>	43	50	54	72	epífito
Polypodiaceae	<i>Nephrolepis pendula</i>	54	59	41	41	epífito
Polypodiaceae	<i>Nephrolepis sp1</i>	60	46	38	42	epífito
Polypodiaceae	<i>Campyloneurum angustifolium</i>	32	48	46	52	epífito
Pteridaceae	<i>Campyloneurum phyllitidis</i>	—	36	31	56	epífito
Blechnaceae	<i>Campyloneurum xalapense</i>	62	73	87	90	epífito y terrestre
Polypodiaceae	<i>Melpomene moniliformis</i>	131	135	90	162	epífito y terrestre
Polypodiaceae	<i>Niphidium crassifolium</i>	49	55	42	53	epífito y terrestre
Polypodiaceae	<i>Pecluma camptophyllaria</i>	38	45	16	56	epífito y terrestre
Polypodiaceae	<i>Pecluma eurybasis</i>	32	36	23	51	epífito y terrestre
Blechnaceae	<i>Pleopeltis polypodioides</i>	24	26	21	27	terrestre
Blechnaceae	<i>Serpocaulon fraxinifolium</i>	51	48	46	56	terrestre
Equisetaceae	<i>Adiantum patens</i>	—	—	—	68	terrestre
Pteridaceae	<i>Pityrogramma tartarea</i>	53	70	78	72	terrestre
Pteridaceae	<i>Pteris muricata</i>	—	22	57	71	terrestre
Pteridaceae	<i>Pteris sp1</i>	—	—	38	53	terrestre
Pteridaceae	<i>Vittaria lineata</i>	21	27	20	35	terrestre
Selaginellaceae	<i>Selaginella flexuosa</i>	89	112	165	188	terrestre
Tectariaceae	<i>Tectaria pilosa</i>	—	—	12	36	terrestre
Thelypteridaceae	<i>Amauropelta resinifera</i>	27	59	62	75	terrestre
Thelypteridaceae	<i>Amauropelta sp1</i>	25	51	52	59	terrestre

Índices de Diversidad	1 Bosque fresno	2 Bosque araucaria	3 Bosque eucalipto	4 Bosque nativo
Número de Taxones	25	28	29	31
Shannon-Wiener	3,03	3,14	3,2	3,3
Simpson	0,94	0,95	0,95	0,96
Margalef	3,4	3,7	3,9	4

El índice de Shannon – Wiener presentó valores entre uno (baja diversidad) y 5 (alta diversidad). Se determinó que el bosque nativo presentaba la mayor diversidad específica con 3,30, seguido muy de cerca por la diversidad del bosque de eucalipto con un valor de 3,20. Por otra parte, los bosques de araucaria y fresno presentaron los valores inferiores con 3,14 y 3,03 respectivamente. Los bosques de araucaria y fresno presentaron valores inferiores 3,14 y 3,03 respectivamente. La diversidad específica promedio para los cuatro tipos de bosque es 3,20 lo que determina que la EELF presentara una diversidad específica alta (Tabla 2).

El índice de Sorensen permitió establecer que la mayor similitud entre las comunidades de pteridofitos se presento entre el bosque nativo y el bosque de eucalipto con un 96,67 %, seguido de los bosques de araucaria y eucalipto que también mantienen composición similar de especies (Tabla 3).

**Tabla 3.** Índice de Similitud de las comunidades de helechos y licofitas de la Estación Experimental La Favorita (EELF) Ecuador.

% disimilitud				
Localidad	Fresno	Araucaria	Eucalipto	Nativo
Fresno	-	5,66	7,41	10,71
Araucaria	94,34	-	5,26	8,47
Eucalipto	92,59	94,74	-	3,4
Nativo	89,29	91,53	96,67	-
% similitud				

El estado de conservación de las pteridofitos se calculó mediante el índice SUMIN modificado, el conjunto de especies presentes en la EELF mostró como valor mínimo dos y valor máximo de 11, con una media de seis y una desviación estándar de 1,8. El valor mínimo, máximo, la media y la desviación estándar fueron sumados al promedio para obtener el límite inferior de la categoría de prioridad máxima, dando como resultado ocho (Grigera *et al.*, 1996). Para las 28 especies de helechos y licofitas registradas, aplicando esta modificación a la metodología de categorización de Grigera *et al.* (1996) se establecieron los siguientes rangos, valores de tres a cinco se consideraron especies no prioritarias, de seis a ocho de atención especial y de nueve a 11 de prioridad máxima (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Este trabajo ofrece una visión de la diversidad y el estado de conservación de los helechos y licofitas en los Andes occidentales del Ecuador, específicamente en la EELF. La riqueza de especies de helechos y licofitas en la EELF se asemeja a trabajos realizados en Costa Rica y Bolivia en los que se observó una alta diversidad en rangos altitudinales y ecosistemas de condiciones similares, siendo mayor en los hábitats de montaña con temperaturas moderadas y elevaciones entre 1100 y 2000 m.s.n.m. que es la altitud a la que se encuentra la EELF (Hernández, 2020).

La familia *Polypodiaceae* presentó el mayor número de géneros y especies registradas, característicos para este tipo de ecosistemas, en coincidencia con datos similares en bosques de Bolivia, México y al sur del Ecuador (Acebey y Krömer, 2001; Werner *et al.*, 2005; Carvajal-Hernández y Krömer, 2015). Posiblemente se deba a que *Polypodiaceae* es una de las familias más grandes abarcando cerca de 40 géneros y más de 1000 especies, gran parte de ellas, características de los bosques de neblina (Smith *et al.*, 2006).

*M. moniliformis* se encontró en gran abundancia en todos los bosques de la EELF. Según Lehnert (2013) esta especie se distribuye a lo largo de un amplio gradiente altitudinal desarrollándose en lugares con distintos niveles de humedad, temperatura e intensidad lumínica y un rango altitudinal entre los 1600 a 2000 m.s.n.m. lo que coincide con la altitud donde se encuentra la EELF. *Blechnum occidentale* (Linnaeus) es una de las especies con mayor distribución en Sudamérica (Dittrich *et al.*, 2015) debido a su fácil adaptación a diversos ecosistemas ha hecho que sea una de las especies más abundante y ampliamente distribuida en la EELF. De igual manera, *Dennstaedtia cornuta* (Kaulf.) presentó altos valores de abundancia y distribución dentro de la EELF ya que es una especie altamente común en Sudamérica y recientemente registrada para Costa Rica (Rojas-Alvarado y Villalobos-Brenes, 2018).

Dentro del hábito de crecimiento, se encontró que el 46,8 % de las especies encontradas tuvieron hábitos epífitos. Las epífitas vasculares cumplen un rol ecológico importante dentro de los bosques montanos tropicales (Lillo *et al.*, 2020), siendo reguladoras de la eco-hidrología en los ecosistemas (Stanton *et al.*, 2014). Para los bosques de neblina se considera que los helechos representan aproximadamente el 56 % de las epífitas (Triana y Murillo, 2005), siendo una de las condiciones que los caracteriza, donde los troncos y las ramas de los árboles son el sustrato que les permiten mejores condiciones de desarrollo. Considerando la alta humedad y las bajas temperaturas que los bosques de neblina suelen presentar, constituyen refugios para su desarrollo, además con el resto de las especies epífitas del bosque nublado juegan un papel importante en la hidrología del bosque, influyen en el ciclo de nutrientes y facilitan la vida de los animales en el dosel. Por esta razón los helechos epífitos son considerados como una comunidad indicadora de la calidad ecológica y del estado de conservación e integridad física del bosque (Werner *et al.*, 2005). Las especies

terrestres representan el 34,4 %, lo cuál, es indicador de la disponibilidad de nutrientes en el sustrato en comparación a otros (Richardson y Walker 2010 ).

Según Cavellier y Santos (1999), la alta diversidad que presentan las plantaciones de eucaliptos en el bosque montano se debe a que adoptan una forma similar en el tamaño

del dosel y el área basal de este tipo bosque, además las altas precipitaciones ayudan a inhibir los efectos alelopáticos del eucalipto, favoreciendo el establecimiento de plántulas de las especies nativas.

El índice de Simpson determinó que los cuatro tipos de bosque presentan una alta diversidad ya que todos se acercan al

**Tabla 4.** El estado de conservación de las comunidades de helechos y licofitas de la Estación Experimental La Favorita (EELF) Ecuador.

Nº	ESPECIES/ VARIABLES	DICON	AUHA	AUEVE	TAM	ABUND	SINTA	SING	ACEXT	PROT	SUMIN
1	<i>Asplenium auritum</i>	0	0	2	0	2	0	0	0	1	5
2	<i>Asplenium fragrans</i>	0	0	2	0	2	0	1	0	1	5
3	<i>Blechnum occidentale</i>	0	0	2	0	0	0	2	0	1	5
4	<i>Blechnum polypodioides</i>	0	0	2	1	2	0	1	0	1	7
5	<i>Lomariidium fragile</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	1	3
6	<i>Alsophila erinacea</i>	1	0	2	1	3	0	0	0	1	8
7	<i>Dennstaedtia cornuta</i>	1	0	2	0	0	0	1	0	1	5
8	<i>Elaphoglossum paleaceum</i>	1	0	2	0	1	0	0	0	1	4
9	<i>Elaphoglossum muscosum</i>	2	0	2	0	1	0	0	0	1	5
10	<i>Elaphoglossum sp1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	<i>Equisetum bogotense</i>	2	3	2	0	0	0	0	0	1	8
12	<i>Hymenophyllum tunbrigense</i>	0	0	2	0	1	0	0	0	1	4
13	<i>Nephrolepis pendula</i>	1	0	1	0	2	0	0	0	1	5
14	<i>Nephrolepis sp1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	<i>Campyloneurum angustifolium</i>	0	0	2	0	2	0	0	0	1	5
16	<i>Campyloneurum phyllitidis</i>	0	1	2	0	2	0	0	0	1	6
17	<i>Campyloneurum sp1</i>	2	0	2	0	1	0	0	0	1	6
18	<i>Melpomene moniliformis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
19	<i>Niphidium crassifolium</i>	1	0	2	0	0	2	0	0	1	6
20	<i>Pecluma camptophyllaria</i>	2	0	1	0	1	0	1	0	1	6
21	<i>Pecluma eurybasis</i>	2	0	2	0	1	0	0	0	1	6
22	<i>Pleopeltis polypodioides</i>	1	0	2	0	2	0	0	0	1	6
23	<i>Serpocaulon levigatum</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	1	3
24	<i>Adiantum patens</i>	0	3	2	0	3	0	0	0	1	9
25	<i>Pityrogramma ebenea</i>	1	1	2	0	1	0	0	0	1	6
26	<i>Pteris muricata</i>	2	1	2	0	2	0	0	1	1	9
27	<i>Pteris sp1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	<i>Vittaria lineata</i>	0	0	2	0	2	0	0	0	1	5
29	<i>Selaginella flexuosa</i>	2	0	2	0	0	0	0	0	1	5
30	<i>Tectaria pilosa</i>	2	2	2	0	3	0	1	0	1	11
31	<i>Amauropelta resinifera</i>	1	1	2	0	1	0	0	0	1	6
32	<i>Amauropelta sp1</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DICON: distribución continental; AUHA: amplitud en el uso del hábitat; AUEVE: amplitud en el uso del espacio vertical; TAM: tamaño corporal; ABUND: abundancia; SINTA: singularidad taxonómica; SING: singularidad; ACEXT: acciones extractivas; PROT: grado de protección de las especies.

valor uno, siendo el bosque nativo el más diverso con un 0,96. Según Richardson *et al.* (2000) la alta dominancia de helechos y licofitas en los bosques montanos y tropicales, es debido a que desempeñan un papel importante en la captura de lluvia horizontal, estimándose que este tipo de plantas especialmente las epífitas almacenan alrededor de 3000 L/hectárea. En el caso de la EELF la especie terrestre con mayor dominancia fue *Blechnum occidentale* (Linneus), mientras que entre las especies epífitas, la de mayor dominancia fue *Melpomene moniliformis* (A.R. Smith y R.C. Moran). El índice de Margalef demostró que todos los tipos de bosque poseen una alta riqueza, presentando valores entre dos y cinco. El valor más alto se presentó en el bosque nativo con un valor de cuatro, seguido por el bosque de eucaliptos 3,9 mientras que los bosques de fresno y araucaria registraron valores de 3,7 y 3,4 respectivamente. *Blechnum occidentale* presentó varios casos de herbivoría, sin embargo, se encontró ampliamente distribuida en la EELF. Según Della (2016), a la capacidad que posee esta especie de prosperar en los lugares que han sufrido algún disturbio. Vargas (2007) señala que esto puede provocar un retraso en el desarrollo de la planta, pero no compromete su supervivencia.

Las especies del género *Pteris* absorben elementos nocivos y hasta metales pesados, como el arsénico como mecanismo de defensa, que al ser ingeridos o en ocasiones solamente manipulados, resultan nocivos para su depredador (Wei *et al.*, 2020). Debido a esto, especies del género *Pteris* presentaron menor número de individuos, o estuvieron ausentes en uno o más bosques, ya que son eliminadas directamente para evitar el contacto con las personas que visitan la EELF y los animales de granja (Zuquim *et al.*, 2008).

La riqueza entre los diferentes tipos de bosques podría estar relacionada directamente con la modificación provocada por los ensayos forestales en la EELF y su cercanía a un área poblada (Reyes *et al.*, 2015). Los bosques de fresno y araucaria presentan una menor riqueza, mientras que los bosques de eucaliptos y nativo presentan una riqueza más cercana a un valor de cinco, al tiempo que se encuentran más alejados de zonas pobladas.

La similitud basada en el índice de Sorensen mostró que todos los tipos de bosque mostraron una composición similar de especies, ya que los valores se aproximan al valor 100 %. La mayor similitud, 96,67 %, se verificó entre el bosque nativo y el bosque de eucalipto (Tabla 2). Según Romero *et al.* (2008) las áreas que han sido reforestadas con eucalipto poseen un pH ácido, una baja cantidad de materia orgánica y una disminución en la cobertura de otras especies vegetales. Al contrario, en la EELF, el bosque de eucaliptos presentó la mayor cantidad de especies en comparación con el bosque de fresno y araucaria, posiblemente debido a la capa de materia orgánica que se ha creado a lo largo de casi cinco décadas desde que el bosque fue implantado en la Estación (Meneses, 2016), presentando signos de regeneración (Vargas, 2007) mayor que en el bosque de fresno y araucaria, posiblemente por la proximidad que tiene con el bosque nativo.

En base a los rangos establecidos, 14 especies que corresponden al 50 % del total, obtuvieron valores de SUMIN menores a la media y se encontraron en la categoría de especies no prioritarias; el 39,3 % (11 especies) fueron consideradas de atención especial, ya que se hallaron igual o mayor a la media, y tres especies que representaron el 10,7 %, formando parte de la categoría de prioridad máxima, debido a que valor obtenido fue igual o mayor al promedio más la desviación estándar.

Los resultados indicaron que *Tectaria pilosa* (Fée R.C. Moran) es la especie con mayor prioridad para la conservación en el área de estudio, con un valor de SUMIN igual a 11, seguida a esta se encontraron *Adiantum patens* (Willd) y *Pteris muricata* (Hook) con valor de nueve, probablemente debido a su limitada distribución dentro de la EELF y por sus bajas abundancia.

Entre las especies consideradas de atención especial se encuentran *Campyloneurum phyllitidis* (L.) C. Presl, *Campyloneurum* sp.1 (C. Presl), *Niphidium crassifolium* (L. Lellinger), *Pecluma camptophyllaria* (Fee M.G. Price), *Pecluma eurybasis* (C. Chr. M.G. Price), *Pleopeltis polypodioides* (L. E.G. Andrews y Windham), *Pityrogramma ebenea* (L. Proctor), con un valor de seis debido a su distribución continental y su amplitud en el uso del hábitat, se destaca a *Alsophila erinacea* (H. Karst. D.S. Conant), debido a que es la única especie arborescente registrada en la EELF, además existe una baja cantidad de individuos. A *Equisetum bogotense* (Kunth) únicamente se la registró en el bosque nativo, siendo la razón para que estas especies obtuvieran un valor de ocho, mientras que *Blechnum polypodioides* Raddi, presentó un valor de siete debido principalmente a su baja cantidad de individuos. En cuanto a las especies no prioritarias que obtuvieron un valor de dos a cinco, se caracterizaron por su vasta distribución continental, amplitud de hábitat y por registrarse en abundancia en todos los bosques de la EELF.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con el índice SUMIN modificado, las actividades forestales llevadas a cabo hace 72 años no representan una amenaza para helechos y licofitas dentro de la EELF. Se determinó la presencia de 13 familias, 22 géneros, y 32 especies en la EELF. Dentro del hábito epífita Polypodiaceae y Dryopteridaceae son las familias más representativas con cinco y tres especies respectivamente. Mientras que para el hábito terrestre Pteridaceae con cuatro especies. Y con hábito epífita-terrestre Polypodiaceae con cuatro especies. En cuanto a la diversidad se observa una heterogeneidad dentro de EELF, a pesar de estar presente cuatro tipos de vegetación boscosa. El bosque de eucaliptos y el bosque nativo presentan una riqueza más alta (valor cercano a cinco), de igual manera en la composición similar de especies (96,67 %), con respecto a los otros dos tipos de bosque (fresno y araucaria). Estas consideraciones deben ser tomadas en cuenta en el momento

de implementar planes de manejo y conservación para el área de estudio.

Ninguna de las especies de la EELF ha sido evaluada siguiendo los criterios de la UICN. Por tanto, hasta el momento en el que se realizó la evaluación, los taxones no deberían ser tratados como si no estuvieran amenazados, por lo menos hasta que su estado de conservación pueda ser evaluado siguiendo criterios UICN a nivel regional (UICN, 2001). Los bosques montanos húmedos se encuentran entre los bosques que presentan mayor vulnerabilidad ante la perturbación humana, siendo los helechos y presumiblemente también grupos como briófitos y anfibios los más afectados, por lo cual las especies de estos grupos deberían ser estudiados y evaluados con mayor prioridad.

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

SLHI: Diseño del estudio, recolección de datos y especímenes de campo, identificación de especies, análisis estadístico y redacción del manuscrito. CORD: Redacción, revisión y correcciones del manuscrito. VCE: Revisión del contenido y aportes en la interpretación de los resultados. ORT: Identificación de especies, revisión del contenido y aportes en la interpretación de los resultados.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica del Norte propietaria de la EELF, que otorgó el financiamiento para realizar esta investigación y las facilidades prestadas para el ingreso y estancias en la EELF.

Al personal de la Estación Experimental La Favorita por las facilidades prestadas en el trabajo de campo.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses que puedan influir en los resultados o interpretaciones presentadas en este artículo.

## REFERENCIAS

Acebey, A., y Krömer, T. (2001). Diversidad y distribución vertical de epífitas en los alrededores del campamento río Eslabón y de la laguna. *Revista de la Sociedad Boliviana de Botánica*, 3(1/2), 104-123.

Blair, D. P., McBurney, L. M., Blanchard, W., Banks, S. C., and Lindenmayer, D. B. (2016). Disturbance gradient shows logging affects plant functional groups more than fire. *Ecological Applications*, 26(7), 2280-2301. <https://doi.org/10.1002/eap.1369>

Bubb, P., May, I. A., Miles, L., and Sayer, J. (2004). *Cloud forest agenda* (pp. 32-32). Cambridge, UK: UNEP World Conservation Monitoring Centre.

Campos, F., Peralvo, M., Cuesta, F., y Luna, S. (2007). Análisis de vacíos y áreas prioritarias para la conservación

de la biodiversidad en el Ecuador continental. (Instituto Nazca de Investigaciones Marinas, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, The Nature Conservancy, Conservación Internacional, Proyecto GEF: Ecuador Sistema Nacional de Áreas Protegidas, BirdLife International y Aves y Conservación). Quito, Ecuador. <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56502.pdf>

Cañadas, L. 1983. El mapa bioclimático del Ecuador. Banco Central del Ecuador. Quito.

Cavelier, J., y Santos, C. (1999). Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 775-784. <https://doi.org/10.15517/rbt.v47i4.19234>

Cuamacás, D., y Rosero, B. (2005). Propuesta de plan de manejo de los recursos naturales de la Estación Experimental La Favorita, provincia de Pichincha. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.

Dai, X., Chen, C., Li, Z., and Wang, X. (2020). Taxonomic, Phylogenetic, and Functional Diversity of Ferns at Three Differently Disturbed Sites in Longnan County, China. *Diversity*, 12(4), 135. <https://doi.org/10.3390/d12040135>

Della, A. (2016). Pteridófitas como indicadores ecológicos: revisão geral e aplicações em Santa Catarina. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Dittrich, V. A. D. O., Salino, A., y Monteiro, R. (2015). The *Blechnum occidentale* (Blechnaceae, Polypodiopsida) species group in southern and southeastern Brazil. *Phytotaxa*, 231(3), 201. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.231.3.1>

Estrada, A., Rodríguez, A., y Sánchez, J. (2005). Evaluación y categorización del estado de conservación de plantas en Costa Rica. Costa Rica: Museo Nacional de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad. Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

Grigera, D., y Úbeda, C., y Reca, A. (1996). Estado de conservación de las aves del Parque y Reserva Nacional Nahuel Huapi. *El Hornero*, 14(03), 001-013. <https://doi.org/10.56178/eh.v14i3.992>

Hammer, O., Harper, D. A. T., and Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. 10.

Hernández, A. C. (2020). Biogeographical patterns of species richness, range size and phylogenetic diversity of ferns along elevational-latitude gradients in the tropics and its transition zone. [https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:pwhVMMoME8IJ:scholar.google.com/+ferns+ecuador&hl=es&as\\_sdt=0,5&as\\_ylo=2020](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:pwhVMMoME8IJ:scholar.google.com/+ferns+ecuador&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2020)

Hernández, C. I., y Krömer, T. (2015). Riqueza y distribución de helechos y licófitas en el gradiente altitudinal del Cofre de Perote, centro de Veracruz, México. *Botanical Sciences*, 93(3), 601-614. <https://doi.org/10.17129/botsci.165>



- Kessler, M., y Bach, K. (1999). Using indicator families for vegetation classification in species-rich Neotropical forests. *Phytocoenologia*, 29(4), 485-502.
- Lehnert, M. (2013). On the recognition of varieties in the grammitid fern genus *Melpomene* (Polypodiaceae). *Phytotaxa*, 5(1), 47-63. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.5.1.3>
- León-Yáñez, S., Valencia, N., Pitman, L., Endara, C., Ulloa y H. Navarrete (eds.). 2011. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edición. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Lillo, E. P., Malaki, A. B., Alcazar, S. M. T., Rosales, R., Redoblado, B. R., Pantinople, E., Nuevo, R. U., Cutillar, R. C., and Almirante, A. (2020). Diversity and distribution of ferns in forest over limestone in Cebu Island Key Biodiversity Areas (KBAs), Philippines. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(1). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210148>
- Mendoza-Ruiz, A., Ceja-Romero, J., y Mejía-Marín, M. (2017). Lycopodios y helechos de San Juan Colorado, Oaxaca, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(1), 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.019>
- Meneses, C. (2016). Propuesta de elaboración del programa de corta para el aprovechamiento del *Eucalyptus* spp., en la Estación Experimental “La Favorita”. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5706/1/03%20FOR%20227%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE]. (2012). Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental. <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Folleto%20mapa-parte1.pdf>
- Moran, R. C. (1994). Los géneros de helechos neotropicales. Guía para estudiantes. Dinamarca: Departamento de Botánica Sistemática, Universidad de Aarhus. 1-50 p.
- Müller, A., Correa, M. Z., Führ, C. S., Padoin, T. O. H., de Quevedo, D. M., and Schmitt, J. L. (2019). Neotropical ferns community phenology: Climatic triggers in subtropical climate in Araucaria Forest. *International Journal of Biometeorology*, 63(10), 1393-1404. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01755-5>
- Navarrete, H. (2001). Helechos comunes de la amazonia baja ecuatoriana. (1º ed). Editorial Simbioe.
- Palacios, W. (2002). Guía para estudios de flora y vegetación. Quito, Ecuador: Fundación Jatun Sacha/Programa Sur.
- Pryer, K. M., Schneider, H., Smith, A. R., Cranfill, R., Wolf, P. G., Hunt, J. S., and Sipes, S. D. (2001). Horsetails and ferns are a monophyletic group and the closest living relatives to seed plants. *Nature*, 409(6820), 618-622. <https://doi.org/10.1038/35054555>
- Reca, A., Úbeda, C., y Grigera, D. (1994). Conservación de la fauna de tetrápodos. I. Un índice para su evaluación. *Mastozoología Neotropical*, 1(1), 17-28.
- Reyes, C., Meza, P., Dueñas, M., Bejarano, P., Ramírez, S., Reyes, P., y Yáñez, M. (2015). Guía de identificación de anfibios y reptiles comunes de la Estación Experimental «La Favorita» (1.a ed.). Serie de Publicaciones Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad (INBMECN).
- Richardson, B. A., Richardson, M. J., Scatena, F. N., and McDowell, W. H. (2000). Effects of nutrient availability and other elevational changes on bromeliad populations and their invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology*, 16(2), 167-188. <https://doi.org/10.1017/S0266467400001346>
- Rojas-Alvarado, A. F., and Villalobos-Brenes, F. (2018). Three New Species and New Records of *Dennstaedtia* Bernh. From Mesoamerica. *OALib*, 05(12), 1-8. <https://doi.org/10.4236/oalib.1105020>
- Romero, L., Pacheco, L., y Hurtado, J. (2008). Pteridofitas indicadoras de alteración ambiental en el bosque templado de San Jerónimo Amanalco, Texcoco, México. *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 641-656.
- Schatz, G. E. (2009). Plants on the IUCN Red List: setting priorities to inform conservation. *Trends in Plant Science*, 14(11), 638-642. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.08.012>
- Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. Y un acercamiento a los próximos 10 años. *Conservación Internacional Ecuador y Forest Trends*. [https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/rsierra\\_deforestacionecuador1950-2020\\_180313-pdf](https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/imported/rsierra_deforestacionecuador1950-2020_180313-pdf)
- Smith, A. R., Pryer, K. M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H., and Wolf, P. G. (2006). A classification for extant ferns. *Taxon*, 55(3), 705-731. <https://doi.org/10.2307/25065646>
- Spencer, V., Nemec, Z., and Harrison, C. J. (2021). What can lycophytes teach us about plant evolution and development? *Modern perspectives on an ancient lineage. Evolution y Development*, 23(3), 174-196. <https://doi.org/10.1111/ede.12350>
- Stanton, D. E., Huallpa Chávez, J., Villegas, L., Villasante, F., Armesto, J., Hedin, L. O., y Horn, H. (2014). Epiphytes improve host plant water use by microenvironment modification. *Functional Ecology*, 28(5), 1274-1283. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12249>
- Triana, L., y Murillo, J. (2005). Helechos y plantas afines de Albán (Cundinamarca): El bosque subandino y su diversidad. Bogotá, Colombia: Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- UICN. (2001). Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN.
- Vargas, O. (2007). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. <http://www.ciencias.>

- unal.edu.co/unciencias/data-file/user\_46/file/Guia%20Metodologica.pdf
- Viteri-Salazar, O., and Toledo, L. (2020). The expansion of the agricultural frontier in the northern Amazon region of Ecuador, 2000–2011: Process, causes, and impact. *Land Use Policy*, 99, 104986. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104986>
- Wei, X., Zhou, Y., Tsang, D. C. W., Song, L., Zhang, C., Yin, M., Liu, J., Xiao, T., Zhang, G., y Wang, J. (2020). Hyperaccumulation and transport mechanism of thallium and arsenic in brake ferns (*Pteris vittata* L.): A case study from mining area. *Journal of Hazardous Materials*, 388, 121756. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121756>
- Werner, F., Homeier, J., and Gradstein, S. (2005). Diversity of vascular epiphytes on isolated remnant trees in the montane forest belt of southern Ecuador. *Ecotropica*, 11, 21-40.
- Zuquim, G., Costa, F., Prado, J., and Toumisto, H. (2008). Guide to the ferns and lycophytes of REBIO Uatumã, Central Amazonia. Instituto Nacional de investigaciones de la Amazonía (INPA).