

Caracterización poblacional de *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon y su vegetación asociada al páramo antrópico del sur del Ecuador

Characterization of a *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon population and the vegetation associated with the anthropic paramo in Southern Ecuador

Jhoana Tillaguango-Pintado¹  • Luis Muñoz-Chamba²  • Johana Muñoz²  • Zhofre Aguirre² 

Recibido: 6/10/2022

Aceptado: 25/04/2023

Abstract

The Ecuadorian paramos affected by forest fires present changes in their structure, floristic composition, modifications in their ecological processes, and the appearance of invasive species. This study was carried out at the Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, to characterize the status of *P. arachnoideum* and the associated vegetation in 20 plots of 5 x 5 m, by identifying individuals greater than 5 cm in height. The variables measured were abundance, density, population structure, and spatial distribution; for the associated vegetation, we calculated the structural parameters of the vegetation, the level of coverage of herbaceous species, and the level of association with the species. The results showed an abundance of 1 919 individuals of *P. arachnoideum*, a population density of 38 380 ind/ha, and a cluster spatial distribution. The specific richness of the anthropic paramo was 28 species, 27 genera, and 15 families; the species with the greatest ecological importance and that determine its structure were *Baccharis latifolia* (12,52 %), *Gaultheria erecta* (12,35 %), and *Gynoxys nitida* (11,85%); the plant cover of *P. arachnoideum* was between 25-50 %, 46,42 % of the species had a low association, 25% a medium association and 28,58 % a high association. The presence of *P. arachnoideum* in the anthropic paramo was abundant and dominant, and shrubs and tree species showed different associated levels as products of environmental conditions of anthropic paramo.

Keywords: Association, fire, invasive, paramos, restoration.

1. Carrera de Ingeniería forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador; jhoana.tillaguango@unl.edu.ec

2. Universidad Nacional de Loja, luis.munoz@unl.edu.ec; johana.munoz@unl.edu.ec; zhofre.aguirre@unl.edu.ec

Resumen

Los páramos ecuatorianos afectados por incendios forestales presentan cambios en su estructura, composición florística, modificación en sus procesos ecológicos y aparición de especies invasoras. El presente trabajo se desarrolló en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, con la finalidad de caracterizar el estado actual de *P. arachnoideum* y su vegetación asociada en 20 parcelas de 5 x 5 m, mediante la identificación de individuos mayores a 5 cm de altura. Las variables medidas fueron abundancia, densidad, estructura poblacional, distribución espacial; y para la vegetación asociada se calcularon parámetros estructurales de la vegetación, el grado de cobertura de especies herbáceas y el grado de asociación con las especies. Se registró una abundancia de 1 919 individuos de *P. arachnoideum*, densidad poblacional de 38 380 ind/ha y una distribución espacial agregada. La riqueza específica del páramo antrópico fue de 28 especies, 27 géneros y 15 familias; las especies con mayor importancia ecológica y que determinan su estructura fueron *Baccharis latifolia* (12,52 %), *Gaultheria erecta* (12,35 %) y *Gynoxys nitida* (11,85 %); la cobertura vegetal de *P. arachnoideum* estuvo entre el 25-50 %, el 46,42 % de las especies tuvieron una asociación baja, el 25 % una asociación media y el 28,58 % una asociación alta. La presencia de *P. arachnoideum* en el páramo antrópico fue abundante y dominante, especies arbustivas y arbóreas nativas presentaron diferentes grados de asociación como producto de las condiciones ambientales del páramo antrópico.

Palabras clave: Asociación, incendio, invasiva, páramo, restauración.

Introducción

Ecuador está dentro de los 17 países megadiversos en el mundo, no solo por su diversidad de flora y fauna, sino también por el número de ecosistemas existentes y su diversidad étnica cultural [1],[2]. En los últimos años los ecosistemas ecuatorianos han presentado un gran deterioro originado principalmente por la intervención humana, ya sea como consecuencia del crecimiento demográfico, ampliación de la frontera agrícola, incendios forestales, entre los principales; lo que conlleva principalmente a la pérdida de sus atributos funcionales, su diversidad y reducción de servicios ecosistémicos [3], siendo los páramos los ecosistemas más sensibles a estos efectos.

Los páramos son ecosistemas naturales, de alta montaña, comprendidos en un rango altitudinal entre los 3 200 a 4 700 m s.n.m.[4],[5]. Son considerados como biomas estratégicos, por su capacidad de provisión de

agua, fijación de carbono y su alta diversidad biológica [6],[7]. A pesar de su importancia, son frágiles ante la afectación de disturbios naturales y antrópicos, siendo estos últimos los de mayor ocurrencia principalmente los incendios forestales [8].

En Ecuador los incendios forestales han ocasionado grandes disturbios en los páramos, ocasionando pérdidas de vegetación, modificaciones en sus procesos ecológicos, degradación de los suelos, y facilitando la colonización de especies invasoras [2]. La aparición de especies invasoras causa un grave impacto en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas invadidos [9]. Un ejemplo particular sobre estas especies lo constituye *Pteridium arachnoideum*, conocida comúnmente como Llashipa, especie que se caracteriza por su gran tolerancia al estrés, a las perturbaciones ambientales y su alta resistencia al fuego [10], [11].

En la provincia de Loja, se encuentra el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUFVC), área de conservación que ha sufrido varios incendios forestales durante los últimos 20 años. Para el año 2006 se reportó una superficie de 2 ha afectadas entre matorral bajo y páramo, en el año 2007 alrededor de 10 ha de pino fueron destruidas, en el año 2010 una superficie de 7 ha de páramo y matorral alto fueron afectadas [11], y en el año 2017 se registró el incendio forestal más reciente que afectó principalmente el ecosistema de páramo antrópico [2].

La presente investigación contribuye al proyecto de investigación institucional denominado: Procesos ecológicos de la vegetación en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Universidad Nacional de Loja. Fase III”, y tiene como objetivo caracterizar el estado actual de *Pteridium arachnoideum* y su vegetación asociada en el páramo antrópico, con la finalidad de contar con información que ayuden a entender procesos ecológicos como la sucesión natural de áreas afectadas por incendios forestales.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el páramo antrópico del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, denominado así, porque ha sufrido alteraciones en su estructura y composición con consecuencia en la degradación de los suelos por procesos de lixiviación. El páramo antrópico está localizado en la ciudad de Loja, en un rango altitudinal entre los 2 380 a 2 468 m s.n.m., y una superficie de páramo de 20,58 ha, ubicado en las coordenadas geográficas: 79° 11'07" y 79° 12' 03"

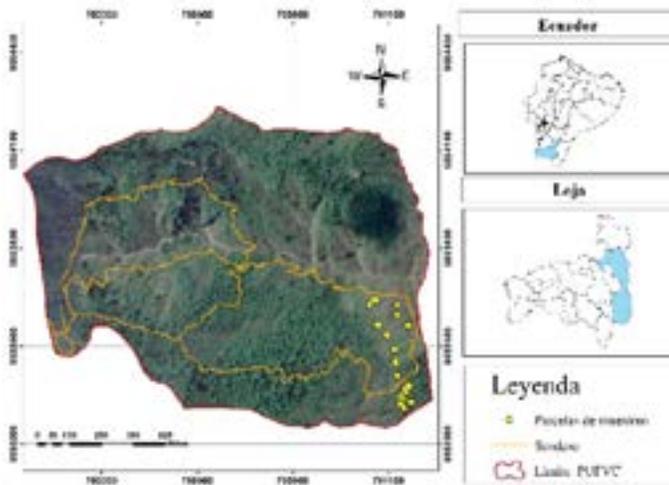


Figura 1. Ubicación de las unidades de muestreo a través del páramo antrópico en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Figure 1. Location of the sampling units across the anthropic paramo at the Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Longitud Oeste; 04° 01'37" y 04° 02'02" Latitud Sur [11] (Figura 1).

El sitio de estudio fue afectado por un incendio forestal de severidad media en el año 2017, alterando su composición y estructura, dando paso al establecimiento y dominancia de *P. arachnoideum* con una cobertura mayor al 75 % [2]. El suelo del PUFVC está caracterizado por poseer una predominancia de textura franco arenoso, un pH extremadamente ácido, y una cantidad de materia orgánica que varía de medio a muy alto [12].

Pteridium arachnoideum es un helecho terrestre, que crece en colonias cuyas frondas alcanzan 4.5 m. Poseen tallos subterráneos, largos, delgados y rastreros, cubiertos de pelos sin escamas, conocidos como rizomas. Produce una gran cantidad de esporas que son dispersadas a grandes distancias por el viento [13]. Una colonia de helechos establecida puede poseer cerca de 1 500 nudos vegetativos dormantes por metro cuadrado, además sobreviven a podas anuales por un lapso de 20 años. Los *P. arachnoideum* se desarrollan en varias condiciones del suelo, con un pH entre 2,8 hasta 8,6. Ocupan zonas templadas como tropicales, en áreas que van desde los 0 hasta los 3 000 m.s.n.m (Figura 2) [14].

Diseño, tamaño y número de unidades de muestreo

Se realizó un muestreo sistemático en 20 parcelas permanentes de 25 m², separadas por una distancia de 20 m cada una, instaladas en el año 2017 [2]. Para la estimación de la cobertura vegetal herbácea se instaló dos subparcelas de 1 m², en dos esquinas diagonales de



Figura 2. Individuos de *Pteridium arachnoideum* observados en el páramo antrópico del Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Figure 2. Individuals of *Pteridium arachnoideum* observed in the anthropic paramo at the Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

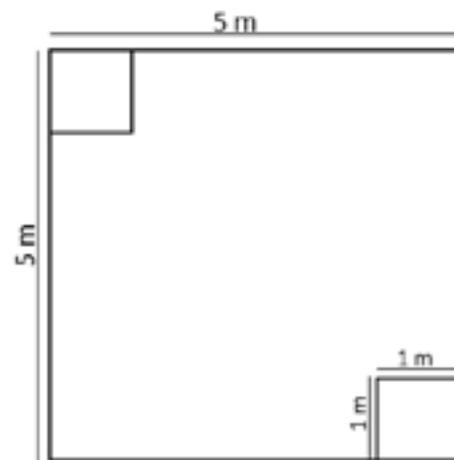


Figura 3. Diseño de parcelas y subparcelas para caracterizar el estado poblacional actual de *Pteridium arachnoideum* y la vegetación asociada al páramo antrópico.

Figure 3. Plot and subplot design to characterize the actual population status of *Pteridium arachnoideum* and the vegetation associated to the anthropic paramo.

la parcela de 25 m², considerando siempre la dirección de la pendiente, como se muestra en la Figure 3. En total el número de subparcelas fue de 40, de un tamaño de 1 m² cada una.

Medición de variables

Se midieron todos los individuos o frondas de *P. arachnoideum* y las especies arbustivas y arbóreas del páramo antrópico de una altura mayor o igual a cinco centímetros, se determinó abundancias y alturas. La

Cuadro 1. Rangos de abundancia y dominancia de Braun-Blanquet.
Table 1. Braun-Blanquet abundance and dominance rank.

Índice	Porcentaje de cobertura
R	Individuos raros o únicos con pequeña cobertura.
(+)	Pocos individuos y pequeña cobertura.
1	Abundante, pero con un valor de cobertura bajo o bien pocos individuos, pero con valor de cobertura mayor.
2	Cualquier número de individuos que cubran 5 – 25 % del área.
3	Cualquier número de individuos que cubran 25 - 50 % del área.
4	Cualquier número de individuos que cubran 50 - 75 % del área.
5	Cualquier número de individuos que cubran 75 % del área.

cobertura vegetal de *P. arachnoideum* y otras especies herbáceas se midió siguiendo la metodología de Braun Blanquet (Cuadro 1) [15].

Análisis de datos

La caracterización del estado actual de *P. arachnoideum* se determinó con base a las características estructurales como abundancia, densidad, estructura poblacional y distribución espacial [16]. La densidad se calculó relacionando el número de individuos de una especie por unidad de área (Ecuación 3). La estructura se realizó en función de las clases de alturas y se representó en un histograma de frecuencias. La distribución espacial se calculó mediante el Índice de la Razón Varianza Media (Ecuación 1), considerando como disposición al Azar cuando es igual a uno, Agregada cuando es mayor a uno y Uniforme cuando es menor a uno. Este índice fue validado mediante el estadístico de prueba t (Ecuación 2) (Cuadro 2).

Para la caracterización de la vegetación de páramo antrópico asociada a *P. arachnoideum* se calculó parámetros estructurales de la vegetación (Ecuación 3, 4, 5 y 6) [17]. El grado de asociación de las especies se determinó mediante el Coeficiente de asociación SA,B de Agrell y de Iverson (Ecuación 7), para datos cualitativos de presencia/ausencia. Si la asociación es total, es decir las especies A y B aparecen siempre juntas, SA, B = 1; si A y B nunca aparecen juntas, entonces SA,

Cuadro 2. Fórmulas utilizadas para calcular componentes.
Table 2. Formulas used to calculate components.

Componente	Fórmula	Descripción	No
Índice varianza media	$I = \frac{S^2}{x}$	S ² : Varianza de los organismos. X: media de los organismos.	(1)
Estadístico de prueba	$t = \frac{\left(\frac{S^2}{x}\right) - 1}{\sqrt{2/(N - 1)}}$	Nivel de significancia de 0,05.	(2)
Densidad absoluta (D)	$D = \frac{N^{\circ} \text{ total de individuos}}{(\text{Área total})}$	Número de individuos de una especie en relación con la superficie muestral.	(3)
Densidad relativa (DR)	$DR = \frac{N^{\circ} \text{ de individuos por especie}}{N^{\circ} \text{ total de individuos}} \cdot 100$	Porcentaje del número total de individuos por especie dividido para el número total de individuos de todas las especies.	(4)
Frecuencia relativa (Fr)	$Fr = \frac{\text{Número de parcelas en la que esta la especie}}{\Sigma \text{ de las frecuencias de todas las especies}} \cdot 100$	El número de veces que se encuentra una especie en una determinada área.	(5)
Índice de valor de importancia simplificado (IVIs)	$IVIs = \frac{DR + FR}{2}$	Indica la importancia de una especie o el valor ecológico dentro de una comunidad.	(6)
Coeficiente de asociación S _{A,B} de Agrell y de Iverson	$S_{A,B} = \frac{a}{a + b + c}$	a es el número de parcelas donde la especie A y B están presente, b el número de parcelas donde la especie B aparece sola y c es el número de parcelas donde la especie A se encuentra sola.	(7)

Cuadro 3. Parámetros poblacionales y estadísticos de *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon en el páramo antrópico del Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Table 3. Populations and statistical parameters of *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon in the anthropic paramo at the Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Variable	Valor	Unidad
Abundancia	1 919	Ind
Promedio de individuos por parcela	96	Ind
Desviación estándar	53,40	Ind
Error estándar	1,22	+ Ind
Coefficiente de variación	55,65	%
Densidad absoluta	38 380	Ind/ha
Índice de varianza media	49,18403	-
Tipo de distribución espacial	Agregada	-
Prueba t de la distribución espacial	148,5132 (> t ₁ : 2,093)	-

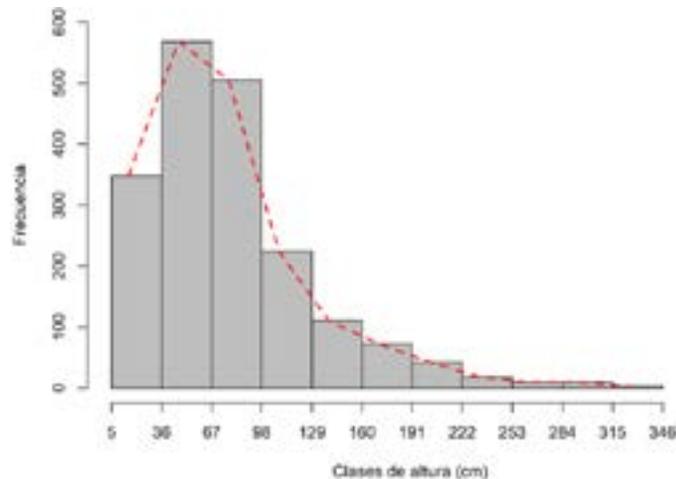


Figura 4. Estructura de *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon en el páramo antrópico según clases de altura.
Figure 4. Structure of *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon in the anthropic paramo based on height classes.

B = 0 (Cuadro 2) [18]. Todos los cálculos se realizaron utilizando el software RStudio v. 4.2.0. [34].

Resultados y discusión

Estado actual de *Pteridium arachnoideum*

En las 20 parcelas muestreadas se registró una abundancia de 1 919 individuos, con un promedio por parcela de 96 ± 1,22 individuos (Cuadro 3).

El estado actual de *P. arachnoideum* en el páramo antrópico del PUFVC fue abundante y dominante con una densidad absoluta de 38 380 ind/ha y una distribución espacial agregada. Cuando las especies herbáceas presentan valores de más 2 000 ind/ha son consideradas como vegetación densa [17], lo que ratifica los resultados de esta investigación al sostener que se trata de una especie abundante. Además, dicha abundancia está dada por la ecología de la especie, debido a que sus rizomas presentan una alta resistencia, alcanzando grandes profundidades dentro del suelo una vez establecidas, lo que la convierte en una especie con una importante presencia de individuos en cualquier tipo de comunidad vegetal donde se establezca [10].

La alta densidad de esta especie podría ser el resultado de una serie de factores, como su capacidad competitiva, su forma de vida y su reproducción vegetativa, por lo que, *P. arachnoideum* presenta densidades irregulares,

que va desde una sola fronda aislada, hasta grandes áreas que cubren grandes extensiones de terrenos [19], lo que ratifica el tipo de distribución agregada obtenida en este estudio. Además, su alta capacidad de dispersión de propágulos la convierte en una especie dominante pues una vez establecida se extiende rápidamente sobre extensas áreas que han sido perturbadas o degradadas [20].

La densidad y la altura de las frondas de *P. arachnoideum* aumenta con la exposición a la luz y a altas temperaturas [21],[22], pudiendo sobrevivir bajo diferentes densidades de luz, desde la sombra hasta la exposición a luz directa; sin embargo, tiende a ser susceptible a épocas lluviosas severas afectando la altura y densidad de sus frondas. En el caso del agua, puede ser un condicionante en los primeros estadios de desarrollo ya que su falta puede provocar el marchitamiento o muerte de las frondas, sin embargo, una vez establecida puede tolerar sequías [19],[23].

Estructura en alturas

La estructura de *P. arachnoideum* con base a sus clases de altura, presentó una distribución irregular formando una curva de frecuencias sesgada a la derecha (Figura 4). Este tipo de distribución poblacional puede ser por el patrón de regeneración cíclica que presenta como de su tipo de reproducción [19],[24].

Se registró individuos desde los 5 cm hasta los 370 cm de altura, con un promedio de 64,80 cm, siendo las clases entre 36 - 98 cm la que presentó mayor número de individuos, con un 55,91 % del total. Resultados similares se reportan en otras investigaciones con

Cuadro 4. Parámetros estructurales de diez especies con puntajes altos de IVI observados en el antrópico del Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Table 4. Structural parameters of ten species with high IVI scores observed in the anthropic at the Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Especies	Familia	A	D (Ind/ha)	DR (%)	FR (%)	IVIs (%)
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.) Pers.	Asteraceae	482	9640	16,92	8,13	12,52
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	Ericaceae	472	9440	16,57	8,13	12,35
<i>Gynoxys nitida</i> Muschl	Asteraceae	455	9100	15,97	7,72	11,85
<i>Bejaria aestuans</i> Mutis ex L.	Ericaceae	250	5000	8,78	7,72	8,25
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth	Ericaceae	270	5400	9,48	6,91	8,19
<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	Ericaceae	222	4440	7,79	7,72	7,76
<i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Harley	Lamiaceae	177	3540	6,21	5,69	5,95
<i>Brachyotum campanulare</i> (Bonpl.) Triana	Melastomataceae	129	2580	4,53	6,50	5,52
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae	106	2120	3,72	4,47	4,10
<i>Cronquistianthus niveus</i> (Kunth) R. M. King y H. Rob.	Asteraceae	91	1820	3,19	3,66	3,43

A: abundancia, D: densidad absoluta, DR: Densidad relativa, FR: Frecuencia relativa y IVIs: Índice de valor de importancia simplificado

Cuadro 5. Nivel de cobertura promedio de vegetación herbácea en el páramo antrópico del Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Table 5. Mean herbaceous vegetation coverage level in the anthropic paramo at the Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

Especie	Cobertura promedio (%)	Grado	Interpretación
<i>Pteridium arachnoideum</i> (Kaulf.) Maxon	31,98	3	Cualquier número de individuos que cubran 25-50 % del área.
<i>Axonopus</i> sp.	27,75	3	Cualquier número de individuos que cubran 25-50 % del área.
<i>Calamagrostis intermedia</i> (J.Presl) Steud.	19,85	2	Cualquier número de individuos que cubran 5 - 25 % del área.
<i>Polypogon</i> cf. <i>elongatus</i> Kunth	15,05	2	Cualquier número de individuos que cubran 5 - 25% del área.
<i>Zeugites americanus</i> Willd.	3,25	+	Pocos individuos y pequeña cobertura
<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers	3	+	Pocos individuos y pequeña cobertura

alturas máximas de 2 a 3 m [25],[26], o los 4.5 m de altura [13],[19],[22], dominando el dosel superior controlando aspectos como el ingreso de la luz.

Grado de cobertura

A nivel espacial, *P. arachnoideum* presentó una cobertura variable, con un promedio del 32 %, siendo la parcela tres la de mayor cobertura con un 94 %, y las parcelas 12 y 18 las de menor cobertura con un 9 % respectivamente. Esta diferencia puede deberse a varios factores entre los que destacan: viento, la pendiente del sitio, altitud, la exposición a las radiaciones solares, condiciones edáficas del sitio y a la vegetación con la que interactúa. La variabilidad en el grado de cobertura puede atribuirse a la dinámica espacio temporal de la especie ya que en estudios anteriores se reportan valores mayores al 75 %.

En el páramo del PUFVC, la pendiente y el viento afectó el grado de cobertura y desarrollo de esta especie. En las parcelas donde la pendiente es moderada, el helecho se encontró dominando en su totalidad, a diferencia de las zonas con pendientes pronunciadas a muy pronunciadas donde la cobertura fue menor. Similares resultados se presentan en otras investigaciones [19],[25],[26], en donde en pendientes menos pronunciadas, áreas planas y laderas esta especie se ve más favorecida debido a que puede producir un dosel cerrado por la distribución horizontal de sus frondas.

En algunas parcelas con pendientes pronunciadas y presencia de vientos intensos, la cobertura de *P. arachnoideum* fue baja, ya que el accionar del viento tiene un efecto tanto mecánico como fisiológico, provocando la disminución de la altura de las frondas y el tamaño de todas sus partes, debido a que tiende a romper su punto de inserción provocando un acortamiento de su vida reproductiva [19].

Cuadro 6. Árboles y arbustos asociados con *P. arachnoideum* en el páramo antrópico.

Table 6. Trees and shrubs association with *P. arachnoideum* in the anthropic paramo.

Rango	Número de especies	Especies	Tipo de asociación
0-0,33	13	<i>Tibouchina laxa</i> (Desr.) Cogn. <i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br. <i>Roupala obovata</i> Kunth <i>Lepechina mutica</i> (Benth.) Epling <i>Morella pubescens</i> (Humb. y Bonpl. ex Willd.) Wilbur, <i>Macleania salapa</i> (Benth.) Hook. f. ex Hoerold, <i>Huveria peruviana</i> Cong., <i>Monnina obtusifolia</i> Kunth, <i>Alnus acuminata</i> Kunth, <i>Pinus patula</i> Schiede ex Schtdl. et Cham, <i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana y Planch., <i>Viburnum triphyllum</i> Benth., <i>Macrocarpaea bubops</i> J.R. Grant y Struwe	Asociación baja
0,34-0,66	7	<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly, <i>Clethra fimbriata</i> Kunth, <i>Gordonia fruticosa</i> (Schrad.) H.Keng, <i>Cronquistianthus niveus</i> (Kunth) R. M. King y H. Rob., <i>Dendrophorbium scytophyllum</i> (Kunth) C. Jeffrey, <i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz y Pav. ex J.), <i>Monochaetum lineatum</i> (D. DON) Naudin	Asociación media
0,67-1	8	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz y Pav.) Pers., <i>Gaultheria erecta</i> Vent., <i>Gynoxys nitida</i> Muschl. <i>Bejaria aestuans</i> Mutis ex L., <i>Vaccinium floribundum</i> Kunth, <i>Gaultheria reticulata</i> Kunth, <i>Brachyotum campanulare</i> (Bonpl.) Triana, <i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Harley	Asociación alta

Caracterización de la vegetación del páramo antrópico asociada a *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon

relacionada con el clima [30] y condiciones ambientales del sitio.

Composición y diversidad florística

Se registró un total de 2 849 individuos, comprendidos en 28 especies, 27 géneros y 16 familias. Las familias más abundantes fueron Ericaceae y Asteraceae, con 1 234 y 1 049 individuos respectivamente, guardando relación con otros estudios, confirmando que estas familias son características de estos ecosistemas [2],[27],[28],[29].

Valor de Importancia Ecológica (IVIs)

Las especies más importantes ecológicamente y que definen la estructura del páramo antrópico fueron *Baccharis latifolia* (Ruiz y Pav.) Pers. (12,52 %), y *Gaultheria erecta* Vent (12,35 %), debido a su rápido crecimiento, tolerancia a los incendios y su alto poder competitivo, atributos que les han permitido superar barreras físicas permitiendo su distribución en grandes poblaciones dentro de ecosistemas alterados [2], [24]. En relación con el estrato arbóreo, *Clethra fimbriata* Kunth es una especie que forma parte de la composición florística del páramo antrópico con un 2,22 %, ratificado en otras investigaciones [2],[31] (Cuadro 4).

El género *Gaultheria* presentó la mayor abundancia con un total de 742 individuos. Estos valores son altos a los reportados en el año 2019 en el mismo sitio [8], diferencias que pueden atribuirse a la dinámica temporal y espacial de este ecosistema. En otros ecosistemas de páramo se reportan composiciones florísticas conformada por 3 058 individuos, comprendidos en 62 especies, 48 géneros y 26 familias en 76 m² [28] y 20 familias, 36 géneros y 46 especies en 225 m² [29], diferencias atribuidas al estado de conservación y características ambientales de los ecosistemas, pues la diversidad de especies está

La importancia de la familia Asteraceae en el área de estudio se debe a características ecológicas de las especies como el tipo de dispersión y el tamaño de las semillas que favorecen el proceso de regeneración natural, ya que las especies que presentan dispersión

anemócora y semillas pequeñas, les permite penetrar el dosel sobrepasando las barreras ecológicas y geográficas que podría generar *P. arachnoideum* [25],[32].

Grado de cobertura vegetal herbácea

La cobertura herbácea estuvo dominada por *P. arachnoideum* y *Axonopus* sp., cubriendo una superficie entre el 25 – 50 % (Cuadro 5). La presencia y dominancia de *Axonopus* sp. y otras especies nativas como *Lycopodium* sp, *Oreobolus* sp., y *Panicum* cf. *viscidellum* Scribn, probablemente representa un indicador de recuperación del páramo antrópico. Estudios realizados en ecosistemas de páramo ecuatoriano que no han sido afectados por incendios forestales, comprendidos en un rango altitudinal de 2 129 a 3 880 m s.n.m., reportan como especie dominante a *Calamagrostis intermedia* [28],[29].

Grado de asociación de la vegetación con *P. arachnoideum*

El grado de asociación de las especies arbustivas y arbóreas del páramo antrópico con *P. arachnoideum*, mostró a 13 especies con una asociación baja (46,42 %), siete una asociación media (25 %) y ocho una asociación alta (28,58 %) (Cuadro 6).

Cada especie tiene adaptaciones ambientales y ecológicas particulares, presentando las mismas probabilidades de sobrevivir y reproducirse [27],[30]. Las especies nativas pueden ser tan competitivas como las especies invasoras [23], y sus interacciones podrían depender del tiempo, de sus características inherentes y del efecto del entorno sobre sus poderes competitivos relativos y principalmente del efecto de este helecho sobre sí mismo [17]. Además, factores como la biología de las especies, condiciones micro ambientales pudieran estar influyendo en la presencia y abundancia de las especies [30].

La asociación de especies promueve una mayor diversidad biológica, provocando disminución del riesgo de pérdida total de la vegetación [33], debido a que las especies tolerantes al estrés brindan las condiciones propicias a las especies que presentan menos tolerancia [30]; lo que se ratifica con los resultados obtenidos, con una abundante presencia de individuos arbustivos y arbóreos, evidenciando el proceso de recuperación de este ecosistema.

Conclusiones

Pteridium arachnoideum es una especie dominante y abundante en el páramo antrópico del PUFVC, con una distribución espacial agregada, cuyos individuos tienen alturas promedio de 64,80 cm y un grado de cobertura entre el 25 – 50 %.

La composición florística del páramo antrópico, considerando árboles y arbustos, está representada por 28 especies, 27 géneros y 15 familias, siendo las especies más representativas los arbustos *Baccharis latifolia* y *Gaultheria erecta*, y el árbol *Clethra fimbriata*.

El grado de asociación de *Pteridium arachnoideum* fue variable con las especies nativas del páramo antrópico, donde las especies más abundantes y de importancia ecológica son las que registran asociaciones altas con esta especie, siendo un indicador de recuperación de este ecosistema, con una importante dinámica temporal y espacial.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de Loja y Dirección General de Investigaciones por el financiamiento del proyecto de investigación institucional. Al equipo de tesis del proyecto de investigación y estudiantes que han realizado sus prácticas pre-profesionales quienes brindaron un aporte muy importante en la realización del proyecto. Al equipo docente de investigación por su apoyo y acompañamiento durante la investigación.

Referencias

- [1] E. Bravo “La biodiversidad en el Ecuador”, Cuenca: Editorial Universitaria Abya-Yala, 2014. [Online], Available from: <https://bit.ly/2JHDQSB>
- [2] J. Sarango, Z. Aguirre, L. Muñoz, J. Muñoz, “Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario “ Francisco Vivar Castro ”, Loja ,Ecuador”, Bosques Latid Cero, Vol. 9, No. 2, pp. 101-114, 2019. [Online], Available from: <https://bit.ly/3QC4dYA>
- [3] O. Vargas, O. León, La restauración ecológica en los páramos, Bogotá, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Unión Europea 2022
- [4] M. Camacho, “Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible”, Anales, Vol. 1, No. 372, pp. 77-92, 2014.
- [5] V. García, C. Márquez, T. Isenhardt, M. Rodríguez, S. Crespo, A. Cifuentes, “Evaluating the conservation state of the paramo ecosystem: An object-based image analysis and cart algorithm approach for central Ecuador”, Heliyon, Vol.

- 5, No. 10, pp. 1- 12, 2019. [Online], Available: <https://bit.ly/3QkL1yE>.
- [6] P. Vergara, "Estrategias implementadas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia para conservar los páramos", *Ciencias Ambientales*, Vol. 54, No. 1, pp. 167-176, 2020. [Online]. Available from: <https://bit.ly/3JDZyDI>
- [7] L. Garavito, "Los páramos en Colombia, un ecosistema en riesgo", *INGENIARE*, Vol. 11, No. 19, pp.127–36, 2015. [Online], Available from: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ingeniare/article/view/530/413>
- [8] C. Chuncho, G. Chuncho, "Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones", *Bosques Latid Cero*. Vol. 9, No. 2, pp. 71-83, 2019.
- [9] A. Alonso, P. Castro, "Las invasiones biológicas y su impacto en los ecosistemas", *Ecosistemas*, Vol. 24, No. 1, pp. 1-3, 2015.
- [10] J. Senyanzobe, J. Mulei, E. Bizuru, C. Nsengimuremyi, "Impact of *Pteridium aquilinum* on vegetation in Nyungwe Forest, Rwanda", *Heliyon*, Vol. 6, No. 9, pp. 1-8, 2020. [Online], Available: <https://bit.ly/3BIGhtL>
- [11] Z. Aguirre, C. Yaguana, *Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro*, 2014. [Online], Available: <https://bit.ly/2XjHVna>
- [12] N. Aguirre, T. Gaona, C. Samaniego, "Valoración ecológica y económica del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador", *Arnaldoa*, Vol. 26, No. 1, pp. 305-324, 2019. [Online], Available: <https://bit.ly/3ezG07a>
- [13] J. Ghorbani, M. Le Duc, H. McAllister, R. Pakeman, R. Marrs, "Effects of the Litter Layer of *Pteridium aquilinum* on Seed Banks under Experimental Restoration", *Ciencias Vegetales*, Vol. 9, No. 1, pp. 127-136, 2006. [Online], Available: <https://www.jstor.org/stable/4620469>
- [14] J. Castro, "Impacto de la especie invasora *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Macon sobre la composición, la germinación y el establecimiento de plántulas en un bosque montano bajo", Tesis, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2013. [Online], Available from: <https://grupoeeco.org/gallery/castro,j.2013-impactoespecieinvasorasobrecomunidadplantulasbosquemontanobajo.pdf>
- [15] F. Alcaraz, "Fundamentos de la clasificación de la vegetación", *Geobotánica*, 2013.
- [16] L. Muñoz, B. Cabrera, J. Muñoz, Z. Aguirre, "Parámetros poblacionales de tres especies arbóreas del bosque andino en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" Loja, Ecuador", *Bosques Latid Cero*, Vol. 11, No. 1, pp. 128-147, 2021. [Online], Available: <https://bit.ly/3bG9NKJ>
- [17] Z. Aguirre, *Métodos para medir la biodiversidad*, Loja, Primera ed. Acta zoológica mexicana. Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja; 2019. [Online], Available: <https://bit.ly/3KTkqGU>
- [18] S. Matteucci, C. Aída, "Metodología para el estudio de la vegetación", p. 165, 1982. Available: <https://bit.ly/3pcjnbi>
- [19] R. Marrs, A. Watt, "Biological flora of the British Isles: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn", *Journal of Ecology*, Vol. 94, pp.1272–321, 2006
- [20] M. Ramirez, A. Orozco, B. Perez, "Helechos invasores y sucesión secundaria post-fuego". *Ciencias*, No. 85, pp. 18-25, 2007. [Online], Available: <https://bit.ly/3RLK8Q4>
- [21] J. Bendix, B. Silva, K. Roos, D. Göttlicher, R. Rollenbeck, T. Nauß, et al, "Model parameterization to simulate and compare the PAR absorption potential of two competing plant species", *Biometeorology*, Vol. 54, No. 3, pp. 283-295, 2010. [Online], Available: <https://bit.ly/3qlak8q>
- [22] K. Roos, R. Rollenbeck, T. Peters, J. Bendix, E. Beck, "Growth of Tropical Bracken (*Pteridium arachnoideum*): Response to Weather Variations and Burning. Invasive", *Invasive Plant Science and Management*, Vol. 3. No. 4, pp. 402-411, 2010.
- [23] L. Amouzgar, J. Ghorbani, M. Shokri, R. Marrs, J. Alday, "Pteridium aquilinum performance is driven by climate, soil and land-use in Southwest Asia", *Geobotanica*, Vol. 55, No. 4, pp. 301-314, 2021
- [24] N. Guerin, G. Durigan, "Invasion impact by *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon (Dennstaedtiaceae) on a neotropical savanna". *Acta Botánica Brasilica*, Vol. 29. No. 2, pp. 213-222, 2015.
- [25] K. Hartig, E. Beck, "The bracken fern (*Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon) dilemma in the Andes of Southern Ecuador". *Ecotropica*, Vol. 9, pp. 3-13, 2003. [Online], Available: http://www.gtoe.de/public_html/publications/pdf/9_1-2/Hartig, Beck, 2003.pdf
- [26] A. Tobar, B. Gavio, "Primer registro de *Pteridium caudatum* (Dennstaedtiaceae) en la Isla de Providencia, Colombia", *Acta Biológica Colombiana*, Vol. 16, No. 1, pp. 225-231, 2011. [Online], Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319027887018.pdf>
- [27] Z. Aguirre, N. Aguirre, B. Merino, I. Ochoa, "Los páramos del Parque Nacional Podocarpus: una aproximación a su diversidad ecosistémica y florística. In: Cambio climático y biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador", N. Aguirre, T. Ojeda, P. Eguiguren, Z. Aguirre, Eds. Loja, EDILOJA Cia. Ltda, 2016 p. 65–76. Available: <https://bit.ly/3SHy4R7>
- [28] L. Ayala, M. Villa, Z. Aguirre, N. Aguirre, "Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacurí, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador", *CEDAMAZ*, Vol. 4, No. 1, pp. 45-52, 2017. [Online] Available: <https://bit.ly/3PHYhw2>
- [29] J. Caranqui, P. Lozano, J. Reyes, "Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador", *Enfoque UTE*, Vol. 7, No. 1, pp. 33-45, 2016. [Online], Available: <https://bit.ly/3qHwCNa>
- [30] M. Badii, J. Landeros, E. Cerna, "Patrones de asociación de especies y sustentabilidad", *International Journal of Good Conscience*, Vol. 3, No. 1, pp. 632- 660, 2008. [Online], Available: <https://bit.ly/3Rs7WZg>
- [31] J. Sánchez, "Banco de semillas del suelo en el páramo antrópico del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" (PUFVC), Loja, Ecuador", Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja; Loja, 2021. Available: <https://bit.ly/3K9QyFW>

- [32] A. Castro, P. Gil, M. Morales “Vegetación asociada con helechales en el Parque Nacional Natural Serranía de Los Yariquíes, Colombia”. *Biología Tropical*, Vol. 68, No. 4, pp. 11107-11115, 2020. [Online], Available: <https://bit.ly/3TRSmYv>
- [33] O. Gómez, E. Zavaleta, “La Asociación de Cultivos una Estrategia más para el Manejo de Enfermedades, en Particular con *Tagetes spp*”, *Revista Mexicana de Fitopatología*, Vol. 19, No. 1, pp. 94-99, 2001. [Online], Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61219114>
- [34] R Foundation for Statistical Computing, R Core Team [CDROM]. Vienna, Australia, R Foundation for Statistical Computing, 2022. Available: <https://www.R-project.org/>.