

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Rol de las Monocotiledóneas en la Recuperación del Páramo de Berlín (Santurbán) Tras el
Incendio Del 2024

Daniel Caro Barbosa

Trabajo de Grado para Optar el Título de Biólogo

Director

Björn Reu

Doctor en Ciencias Naturales

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología

Bucaramanga

2026

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a las personas que me acompañaron en todo mi proceso, a mi madre Sandra, mi padre Pastor, mi madrina Martha, mis hermanos Viviana, Juliana y Andrés y mi compañera de vida Lina. Sin ustedes, esto no habría sido posible.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander, por haberme abierto sus puertas para estudiar esta carrera.

Al Herbario UIS por permitirme acceder a sus datos para realizar una parte importante de esta investigación.

Al AMB por permitirme hacer la investigación en sus predios.

A Zarith Villamizar por ser mi compañera y mentora de campo.

A todos mis profesores y principalmente a Björn Reu por permitirme realizar esta pasantía con él y ser mi maestro durante todo el proceso.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Objetivos.....	14
1.1 Objetivo general	14
1.2 Objetivos específicos.....	14
2. Metodología.....	15
2.1 Área de estudio.....	15
2.2 Muestreo.....	16
2.3 Análisis de datos.....	16
2.3.1 Análisis de la cobertura vegetal.....	16
2.3.2 Análisis de diversidad florística	17
2.3.3 Análisis de composición florística.....	17
3. Resultados.....	19
3.1 Diversidad vegetal.....	19
3.2 Impacto en la cobertura vegetal.....	19
3.3 Índices de diversidad florística.....	20
3.4 Análisis de composición florística	23
4. Discusión	26
4.1 Cobertura vegetal	26

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN 5

4.2 Diversidad florística27

4.3 Composición florística28

4.4 Limitantes del estudio29

5. Conclusión30

Referencias bibliográficas32

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Fotografías del páramo	13
Figura 2 Mapa del área	15
Figura 3 Porcentaje de cobertura.....	20
Figura 4 Índices de diversidad alfa	21
Figura 5 Índices de diversidad beta	22
Figura 6 <i>PCoA</i>	24

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Especies y porcentaje de cobertura por año	19
Tabla 2 Resultados de las pruebas de t de Student y Wilcoxon para los índices de diversidad, cobertura vegetal y disimilitud entre los años 2025 y 2026 en parcelas de referencia y parcelas afectadas	23
Tabla 3 Resultados de la prueba PERMANOVA y dispersión multivariada.....	25

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Resumen

Título: Rol de las Monocotiledóneas en la Recuperación del Páramo de Berlín (Santurbán) Tras el Incendio Del 2024 *

Autor: Daniel Caro Barbosa**

Palabras Clave: Monocotiledóneas, Ecosistemas altoandinos, Disturbio por fuego, Sucesión ecológica, Restauración natural.

Descripción: El páramo de Santurbán es un complejo paramuno en Norte de Santander en límites con Santander, cuenta con una extensión aproximada de 1,055 km². En el año 2024 en una zona conocida como El Picacho hubo un incendio que quemó 312 ha de vegetación. Esta pasantía tuvo como objetivo evaluar la dinámica de recuperación y los cambios en la cobertura vegetal de las monocotiledóneas en el páramo de Santurbán tras el incendio de 2024. Se calculó el porcentaje de cobertura vegetal, los índices de diversidad alfa y beta y la composición florística, también se hicieron análisis y pruebas estadísticas para determinar si las diferencias en los índices son significativas. Para la toma de datos se hizo uso de 30 parcelas distribuidas en la zona, donde se encuentran 11 parcelas de referencia y 19 parcelas afectadas, se hizo una toma de datos de las especies de monocotiledóneas y el porcentaje de cobertura que ocupan, el monitoreo se hizo uno y dos años después del incendio. Los resultados obtenidos demuestran que las monocotiledóneas tienen una alta capacidad de recuperación, además, tienen un rol fundamental en la estabilización y recuperación del área afectada, tras dos años de los incendios las parcelas afectadas alcanzan niveles similares a los de las parcelas de referencia, aun así el tiempo de estudio se realizó en una etapa de recuperación temprana y es necesario realizar estos estudios de manera periódica para entender completamente la evolución del proceso de recuperación.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Björn Reu. Doctor en Ciencias Naturales.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Abstract

Title: Role of Monocotyledons in the Recovery of the Berlín Páramo (Santurbán) After the 2024 Fire*

Author: Daniel Caro Barbosa**

Key Words: Monocotyledons, High-Andean ecosystems, Fire disturbance, Ecological succession, Natural restoration

Description: The Santurbán páramo is a high-Andean ecosystem complex located in Norte de Santander, at the border with Santander, with an approximate area of 1,055 km². In 2024, a fire occurred in an area known as El Picacho, burning 312 hectares of vegetation. This internship aimed to evaluate the recovery dynamics and changes in the vegetation cover of monocotyledons in the Santurbán páramo following the 2024 fire. Vegetation cover percentage, alpha and beta diversity indices, and floristic composition were calculated, and statistical analyses were conducted to determine whether differences in these indices were significant. Data were collected from 30 plots distributed across the study area, including 11 reference plots and 19 affected plots. Monocotyledon species and their percentage of cover were recorded, with monitoring carried out one and two years after the fire. The results indicate that monocotyledons have a high recovery capacity and play a fundamental role in the stabilization and recovery of the affected area. After two years, affected plots reached values similar to those of reference plots. However, as the study was conducted during an early stage of recovery, long-term monitoring is necessary to fully understand the trajectory of the recovery process.

* Degree Work

** Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. Director: Björn Reu. Doctor en Ciencias Naturales.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Introducción

Los páramos son regiones desarboladas y frías situadas en la parte más alta de las montañas, entre el límite superior del bosque alto andino y las nieves perpetuas, en altitudes entre los 2800 y los 4800 m.s.n.m. Son considerados como biomas exclusivos de las montañas neotropicales que se distribuyen a manera de islas sobre las cadenas montañosas de Costa Rica, Panamá y los Andes de Venezuela, Colombia, Ecuador y el norte del Perú, lugares donde se encuentra una biodiversidad única adaptada a las condiciones específicas del páramo como lo podrían ser alta humedad, bajas temperaturas, fuertes vientos y radiación solar intensa (Pedraza-Penalosa et al., 2004).

Son un centro de biodiversidad de especies único en el mundo, se caracteriza por ser una de las regiones con la mayor diversidad de especies por unidad de área (Testolin et al., 2021) y se estima que de 3,500 especies de plantas vasculares que viven en el páramo aproximadamente el 60% son endémicas (Luteyn y Churchill, 1999, como se citó en Vargas-Ríos, 2021). Debido a este endemismo han recibido el nombre de archipiélagos del cielo, ya que, al igual que las especies presentes en islas donde una barrera biogeográfica como el mar determina procesos evolutivos diferentes, en los páramos ocurre algo similar, solo que la barrera son las zonas bajas las que aíslan las poblaciones haciendo que la biodiversidad de cada complejo paramuno sea diferente entre sí. (Vargas-Ríos, 2021).

La diversidad vegetal de plantas con flor (Angiospermas) del páramo de Santurbán consta de 128 géneros distribuidos en 60 familias, de las cuales las más abundantes son Asteraceae, Ericaceae, Orchidaceae, Poaceae e Hypericaceae (Aguilar & Ramírez, 2021)

La vegetación de los páramos se organiza en distintos tipos estructurales, según Hedberg (1964) en los grupos más representativos se encuentran las rosetas, como lo son los frailejones (subtribu Espeletiinae) que cumplen un papel fundamental en la regulación hídrica del ecosistema debido a su captación de agua y los pastizales dominados por la familia Poaceae, que previenen la

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

erosión del suelo y contribuyen a la fijación de carbono (Vargas-Ríos, 2021). Además de estos se encuentran los cojines, arbustos esclerófilos y rosetas acaulescentes.

Debido a su aislamiento geográfico son ecosistemas susceptibles, ya que no fueron sometidos a disturbios permanentes y no desarrollaron adaptaciones especiales para resistir diferentes tipos de ellos (Vargas-Ríos, 2021).

Entiéndase disturbio como “evento discreto en el tiempo que altera la estructura de un ecosistema, comunidad o población, ocasionando cambios en la distribución de los recursos, la disponibilidad de sustratos y/o las características del ambiente físico” (Pickett & White, 1985, p.6), los disturbios se pueden separar en dos categorías, naturales y antrópicos.

Actualmente los páramos son ecosistemas sometidos a una alta influencia humana con un alto régimen de disturbios que incluyen tanto naturales como antrópicos y estos afectan los diferentes tipos de gradientes: altitudinales, topográficos, hídricos, de nutrientes, florísticos y faunísticos.

Los incendios son uno de los disturbios más comunes en páramos, estos ecosistemas tienen una alta susceptibilidad al fuego por motivos tales como: la acumulación de necromasa producto de grandes extensiones de macollas y hojas de rosetas, bajo contenido de humedad en épocas de sequía y los bajos niveles de descomposición y herbívora (Vargas-Ríos, 2021).

Los efectos de los incendios son amplios, destruyen casi en su totalidad la fitomasa, dejando sólo pequeñas plantas rasantes dependiendo de la gravedad del incendio, esto promueve la colonización de especies invasoras en el ecosistema (Vargas-Ríos, 2021).

Nutrientes del suelo como el Fósforo, el Nitrógeno y el Potasio se ven ampliamente disminuidos, incluso años después de recuperación los nutrientes no alcanzan los niveles en las zonas no quemadas, esto afecta el crecimiento de la vegetación, a tal punto que el periodo de recuperación puede ir desde los 3 y 5 años para las macollas y pastizales y entre 8 y 10 años para

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

las rosetas, según un estudio hecho por Vargas et al. (2003) en el Parque Nacional Natural Chingaza.

En enero del año 2024 se produjo un incendio en el Páramo de Santurbán Jurisdicción Berlín, en el área conocida como El Picacho, el cual quemó cerca de 312 ha de vegetación [Figura 1]. Los incendios afectan a las monocotiledóneas ya que gran parte de su biomasa se encuentra en tejidos secos que se consumen durante el fuego. Sin embargo, poseen muchas cualidades que les permiten rebrotar rápidamente y dominar las primeras etapas de recuperación de la vegetación (López-Mársico et al., 2019)

Las monocotiledóneas son plantas que se caracterizan por la presencia de un único cotiledón en el desarrollo embrionario, y que, en su mayoría, tienen consistencia blanda (Simpson, M. G, 2019). El enfoque en este trabajo va a ser hacia este grupo, porqué a pesar de la importancia funcional de las monocotiledóneas en los páramos, existen pocos estudios que evalúen su rol específico en procesos de recuperación post-incendio.

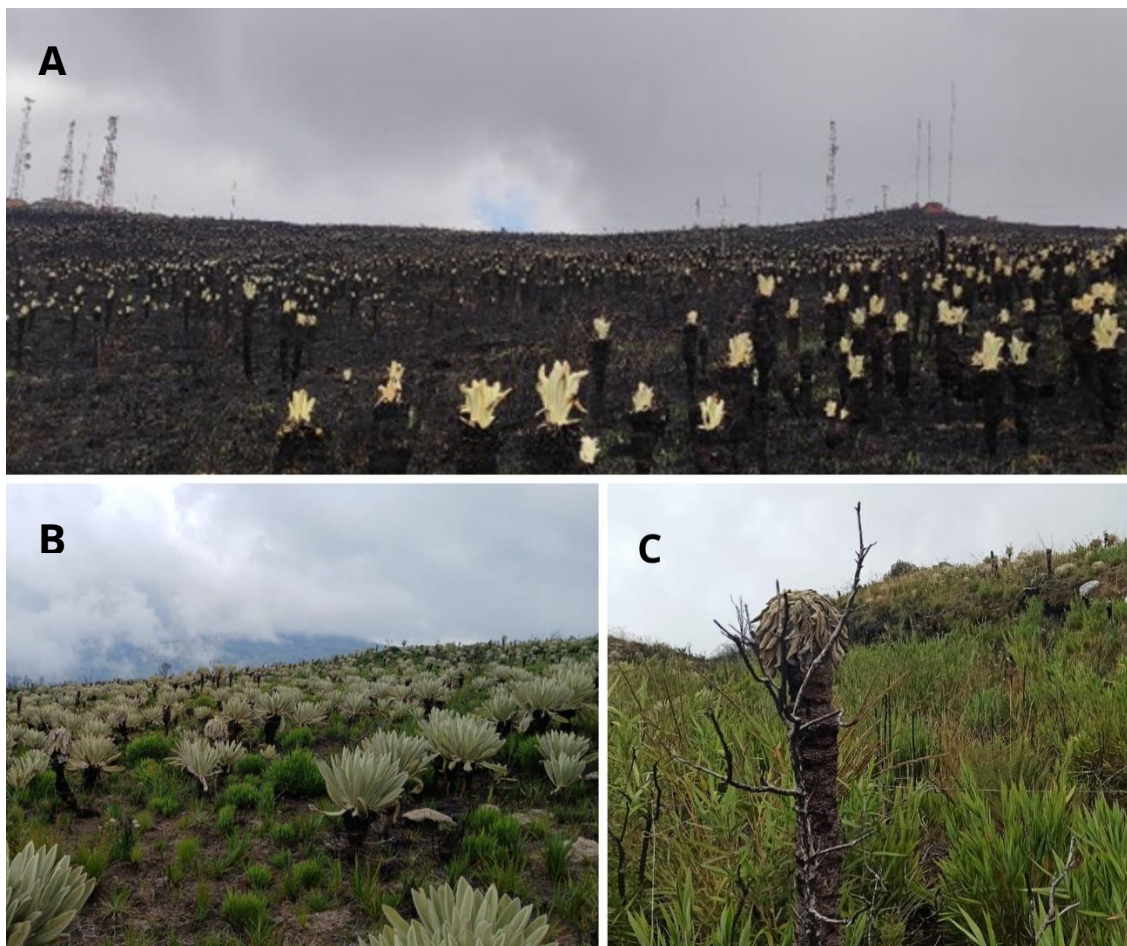
Este grupo se encuentra conformado por familias como Poaceae, Bromeliaceae, Cyperaceae y Orchidaceae, familias con un alto porcentaje de cobertura de área, y que cumple funciones importantes para el mantenimiento del complejo paramuno, como regulación hídrica, prevención de la erosión, fijación de minerales y alimento para la fauna (Pedraza-Penalosa et al., 2004). Este estudio evaluará la recuperación de las monocotiledóneas, analizando cambios en la cobertura vegetal, la composición y la estructura florística mediante el uso de índices ecológicos.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Figura 1

Fotografías del páramo, a) páramo quemado en 2024 b) páramo en regeneración en 2025

c) páramo en regeneración en 2026



Nota. Fotografías tomadas por el autor.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

1. Objetivos

1.1 Objetivo general

Evaluar la dinámica de recuperación y los cambios en la cobertura vegetal de las monocotiledóneas en el páramo de Santurbán tras el incendio de 2024.

1.2 Objetivos específicos

Comparar la composición y estructura florística de las monocotiledóneas entre áreas afectadas y áreas de referencia.

Evaluar los cambios temporales en la composición y estructura florística de las monocotiledóneas durante los dos años posteriores al incendio.

Analizar la dinámica de recuperación de la vegetación de monocotiledóneas en términos de cobertura, diversidad y composición florística.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

2. Metodología

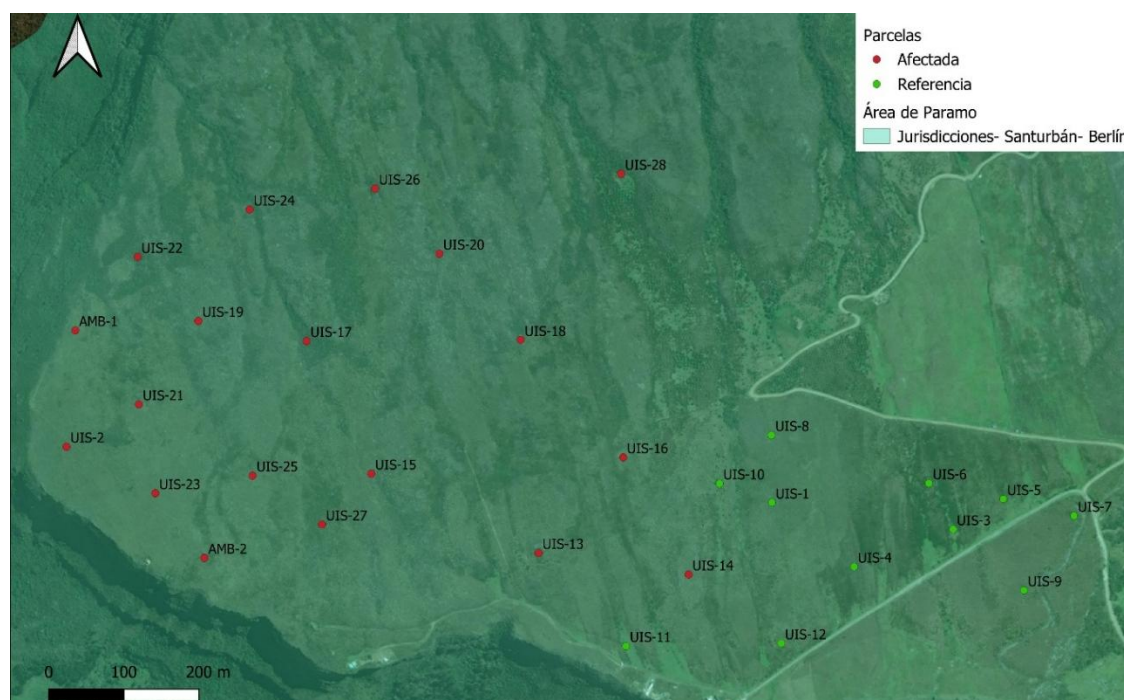
2.1 Área de estudio

Según la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga en 2015 [CDMB], el páramo de Santurbán se encuentra ubicado en Norte de Santander en límites con Santander, cuenta con una extensión aproximada de 1,055 km², su rango altitudinal va de 2800 m.s.n.m hasta 4300 m.s.n.m. Cuenta con un clima frío de entre 0°C a 15°C, tiene periodos de alta precipitación dos veces al año y su nivel de precipitación anual varía entre 500 mm a 2000 mm anuales.

El estudio se realizó en el Páramo de Santurbán Jurisdicción Berlín, ubicado en una zona conocida como El Picacho [7.1122972, -72.975744], que se encuentra a 3454 m.s.n.m en la vereda Berlín del municipio de Tona, Santander.

Figura 2

Mapa del área de estudio junto con las parcelas



Nota. Mapa de QGIS, autoría propia.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

2.2 Muestreo

Para el muestreo se ubicaron 30 parcelas de 5x5 metros, cubriendo un total de 0.075 ha en el área de estudio, las parcelas se distribuyeron de manera aleatoria, ubicando 19 parcelas en la zona afectada por el incendio y 11 en la zona de referencia [Figura 2]. Cada parcela se dividió en cuatro cuadrantes, el primer cuadrante se ubica en la esquina más al norte, los demás se enumeran siguiendo el sentido horario. Se realizó una primera toma de datos en enero del año 2025, es decir un año después del incendio, y posteriormente, se realizó otra en enero del año 2026.

Los datos tomados de cada parcela fueron porcentajes de suelo desnudo, roca, vegetación y cobertura por cada una de las especies encontradas. Los individuos no identificados en campo se colectaron fuera de la parcela para ser determinados en el Herbario de la Universidad Industrial de Santander.

2.3 Análisis de datos

Los datos obtenidos se organizaron en matrices, las cuales contienen el tipo de parcela, las especies presentes y el porcentaje de cobertura por especie. Estos datos fueron depurados y organizados de manera previa al análisis en hojas de cálculo de Excel, el análisis de datos se realizó en el software R.

2.3.1 Análisis de la cobertura vegetal

A partir de la matriz principal, se construyeron matrices de presencia/ausencia y matrices de abundancia, se utilizó el porcentaje de cobertura de cada especie como estimador de abundancia relativa dada la dificultad de distinguir entre individuos en plantas de crecimiento cespitoso. Estas matrices fueron usadas con el fin de medir la diversidad alfa y beta.

La cobertura vegetal, se expresa de dos maneras, porcentaje de área ocupado por una especie en una parcela y porcentaje de área ocupado por una especie en toda el área de estudio.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

2.3.2 Análisis de diversidad florística

La diversidad alfa se calculó a partir de los índices de Shannon y Simpson, usados para explicar la diversidad de especies por cada tipo de parcelas. También se usó el índice de equidad de Pielou [Evenness], con el fin de medir que tan uniforme es la distribución de abundancias de las especies en las parcelas.

Los patrones de diversidad beta se calcularon a partir de matrices de disimilitud empleando los índices de Jaccard [presencia/ausencia] y disimilitud de Bray-Curtis basada en abundancia, estos fueron usados para medir que tan diferentes son las parcelas afectadas y las parcelas de referencia basadas en su composición vegetal.

Posteriormente, para evaluar si hubo diferencias significativas en los índices de diversidad entre los años de muestreo y los tipos de parcelas, se aplicó una prueba paramétrica de t de Student para los índices de diversidad alfa. Para los índices de diversidad beta se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon, ya que los valores de disimilitud no cumplen con los supuestos de normalidad. En ambos casos se consideraron significativos los valores de $p < 0.05$.

2.3.3 Análisis de composición florística

Nuevamente, las matrices se usaron para realizar un análisis de coordenadas principales [PCoA], con el fin de graficar y reconocer las diferencias entre las zonas afectadas y las zonas de referencia, de tal manera que sea posible visualizar los patrones de similitud y disimilitud entre parcelas según su composición vegetal.

Finalmente se aplicó una prueba de permutación multivariada [PERMANOVA] para evaluar si hay diferencias significativas en la composición vegetal entre los tipos de parcelas y entre los años de muestreo, para esto se utilizó la función *adonis2* del paquete *vegan* con 999

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

permutaciones para estimar la significancia estadística mediante reordenamientos aleatorios de los datos.

Adicionalmente, se evaluó la homogeneidad de la dispersión multivariada entre grupos mediante la función *betadisper*, con el fin de verificar si las diferencias detectadas por PERMANOVA se deben a cambios en la composición de especies y no a diferencias en la dispersión de los datos.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

3. Resultados**3.1 Diversidad vegetal**

La diversidad de monocotiledóneas en la zona de estudio se compone de 15 especies distribuidas en 3 familias. Durante el primer año de muestreo se registraron 12 especies, mientras que en el segundo año se registraron tres especies adicionales [*Carex pichinchensis*, *Carex bonplandii*, *Oreobolus goeppingeri*]. La familia Poaceae fue la más diversa con 9 de las 15 especies, las restantes se distribuyen en una especie para la familia Bromeliaceae y cinco especies para la familia Cyperaceae.

Tabla 1

Especies y porcentaje de cobertura por año

Especie	Cobertura 2025	Cobertura 2026
<i>Chusquea tessellata</i>	0.137	0.139
<i>Danthonia secundiflora</i>	0.122	0.127
<i>Rhynchospora macrochaeta</i>	0.063	0.061
<i>Cinnagrostis recta</i>	0.017	0.032
<i>Cortaderia nitida</i>	0.03	0.042
<i>Paramochloa effusa</i>	0.017	0.06
<i>Orthrosanthus chimboracensis</i>	0.004	0.017
<i>Holcus lanatus</i>	0.034	0.013
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	0.024	0.022
<i>Cortaderia columbiana</i>	0.008	0.005
<i>Agrostis perennans</i>	0.008	0.023
<i>Puya bicolor</i>	0.006	0.014
<i>Carex pichinchensis</i>	—	0.01
<i>Carex bonplandii</i>	—	0.017
<i>Oreobolus goeppingeri</i>	—	0.027

3.2 Impacto en la cobertura vegetal

Las parcelas afectadas en el año 2025 presentaron un rango de cobertura total de monocotiledóneas con valores entre 2.5% y un 41.2%, con un promedio de 15.3%, mientras que

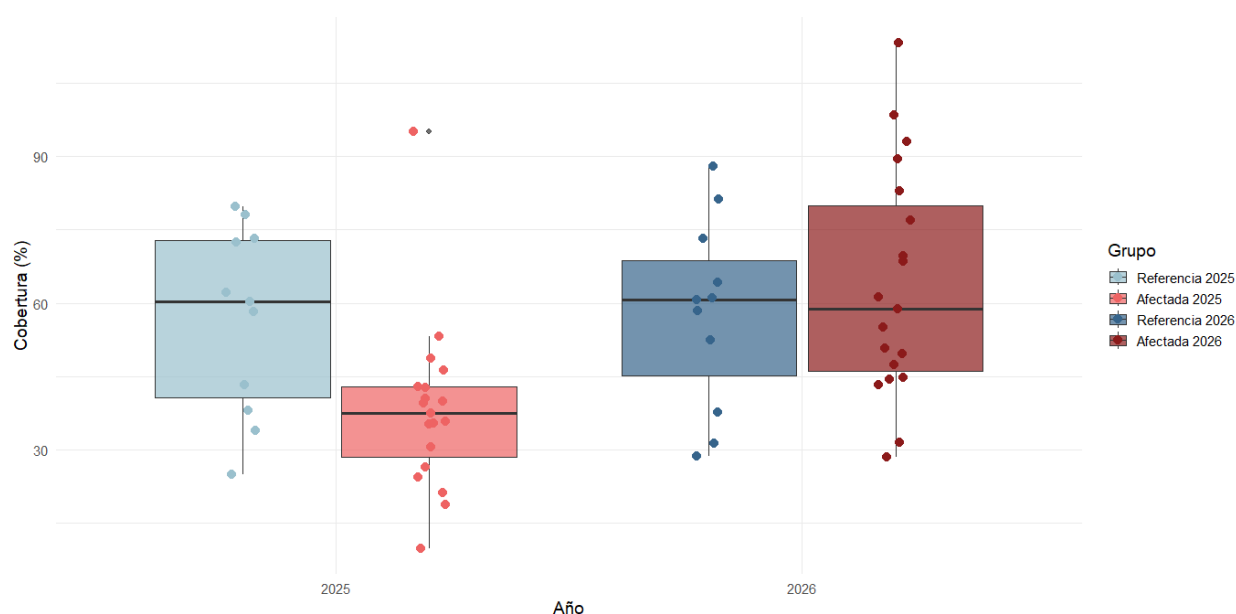
ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

en las parcelas de referencia la cobertura varía un rango más amplio, con valores entre 0.5% y 62.5%, con un promedio de 22.1%. [Figura 3]

En el 2026, se registró un incremento en el porcentaje de cobertura en las parcelas afectadas, con valores de 2.5% hasta 17%, las parcelas de referencia registraron valores entre 1.5% y 45%, con un valor promedio de 15.8%. [Figura 3]

Figura 3

Porcentaje de cobertura entre áreas afectadas y de referencia del año 2025 y 2026



3.3 Índices de diversidad florística

Los índices de diversidad alfa en el año 2025 presentan valores similares entre los dos tipos de parcelas [Figura 4]. Las parcelas afectadas muestran un valor promedio del índice de Shannon de 1.08 y de Simpson de 0.56, mientras que las parcelas de referencia presentan valores promedio de 1.04 y 0.55, respectivamente.

En cuanto al índice de equidad [Evenness], las parcelas afectadas presentan un valor promedio de 0.69, mientras que las parcelas de referencia presentan un valor promedio de 0.67, lo

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

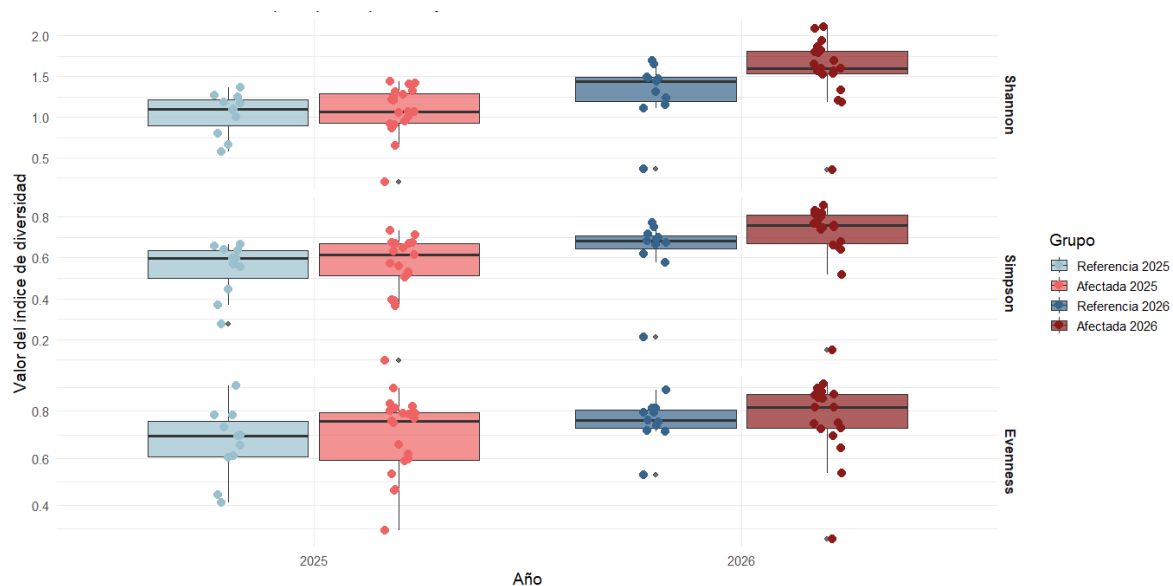
que indica una distribución relativamente uniforme de la abundancia de especies en ambos tipos de parcelas.

Para el año 2026 se presentan valores ligeramente mayores en las parcelas afectadas, el valor promedio de Shannon de 1.59 y el valor promedio de Simpson de 0.72, frente a las parcelas de referencia que presentan valores promedio de 1.31 y 0.64, respectivamente.

En el índice de equidad de Pielou [Evenness], ambos tipos de parcelas presentan valores muy similares entre sí, con un valor promedio de 0.76 en las afectadas y 0.75 en las de referencia, lo que indica que al igual que el año anterior, la distribución de abundancia de especies es relativamente uniforme en ambos casos.

Figura 4

Índices de diversidad alfa por tipo de parcelas para año 2025 y año 2026



Por su parte, la diversidad beta muestra diferencias entre los tipos de parcelas en la disimilitud media de especies mediante el índice de Bray-Curtis. En 2025, las parcelas de referencia mostraron valores ligeramente mayores que las parcelas afectadas, lo que indica una mayor heterogeneidad en la composición florística de las parcelas de referencia. Por el contrario, en las

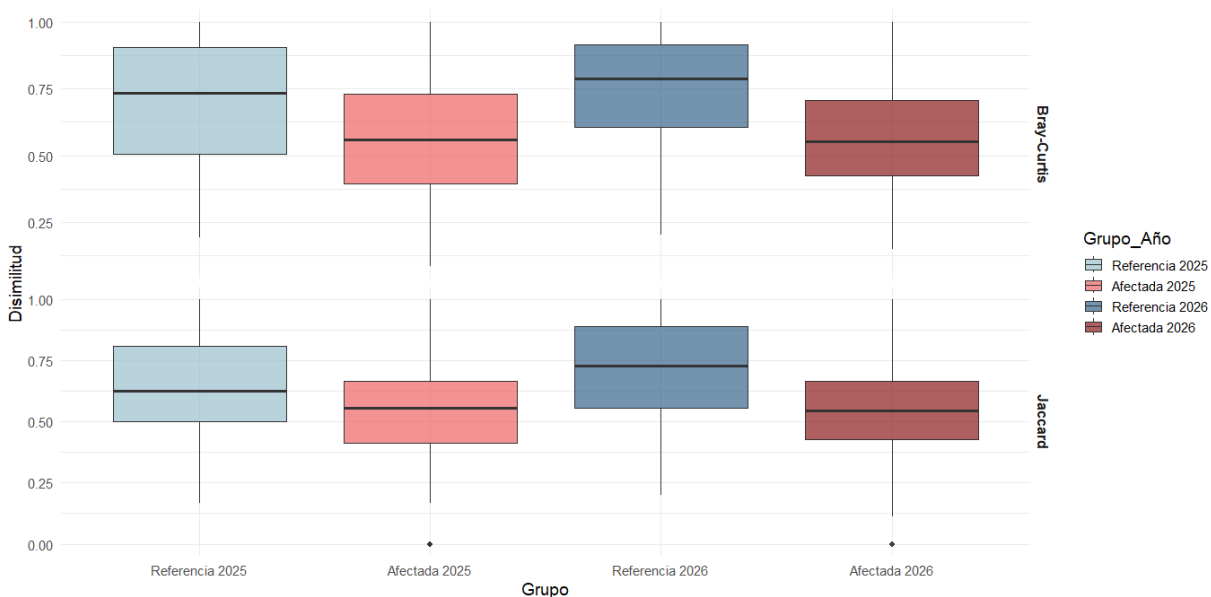
ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

parcelas afectadas hay una mayor similitud en la composición de especies entre sí. Este patrón se mantuvo en el año 2026, lo que sugiere que las parcelas afectadas presentan una composición florística más homogéneas entre sí [Figura 4].

El índice de Jaccard mostró un rango amplio en 2025 y 2026 lo que indica un recambio moderado de especies, aun así, no se evidencia ninguna diferencia clara entre los tipos de parcelas. Esto sugiere que la diferencia entre parcelas se debe principalmente a la abundancia relativa de las especies y no a su presencia o ausencia [Figura 4].

Figura 5

Índices de diversidad beta por tipo de parcelas para el año 2025 y 2026



En los índices de diversidad alfa el índice de equidad de Pielou [Evenness] no muestra diferencias significativas entre años, mientras que, los resultados sí son significativos para los índices de Shannon y Simpson en las parcelas afectadas, lo que sugiere cambios en la diversidad y en la dominancia relativa de las especies entre el año 2025 y 2026. Por el contrario, en la diversidad beta, las diferencias fueron significativas en las parcelas de referencia, dado que Bray-Curtis y Jaccard indican cambios en la abundancia relativa y en la composición de especies entre años, estos

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

resultados sugieren variaciones temporales en la comunidad vegetal, sin embargo, ya que los índices de diversidad alfa no cambian la comunidad vegetal de las parcelas de referencia se mantiene relativamente estable. [Tabla 2]

Tabla 2

Resultados de las pruebas de t de Student y Wilcoxon para los índices de diversidad, cobertura vegetal y disimilitud entre los años 2025 y 2026 en parcelas de referencia y parcelas afectadas

Variable	Ref 2025 - Afec 2025	Ref 2026 - Afec 2026	Ref 2025 - Ref 2026	Afec 2025 - Afec 2026
Cobertura	*	Ns	ns	***
Shannon	ns	Ns	ns	***
Simpson	ns	Ns	ns	**
Evenness	ns	Ns	ns	ns
Bray-Curtis	ns	Ns	*	ns
Jaccard	ns	Ns	***	ns

Nota. Ref = Parcelas de referencia, Afec = Parcelas afectadas, ns = no significativo; * $p < 0.05$;

** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$.

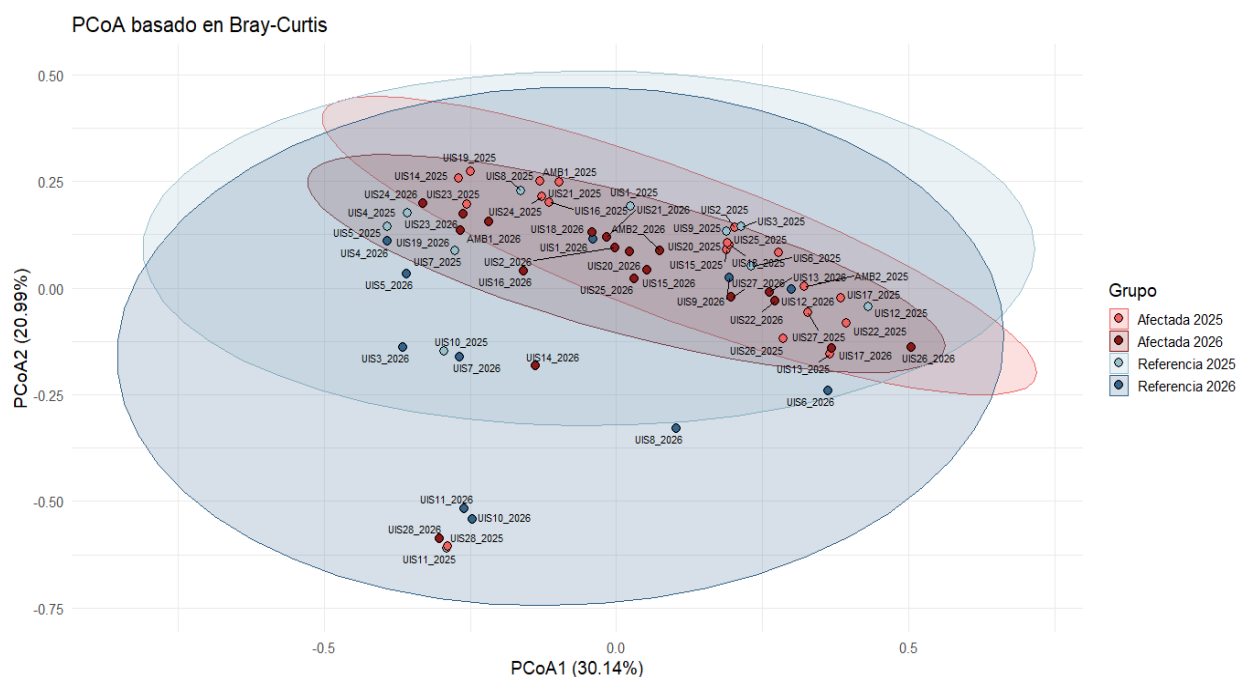
3.4 Análisis de composición florística

Los dos primeros ejes del PCoA explican alrededor del 51 % de la variación en la composición de especies. Las parcelas afectadas muestran una agrupación más cercana entre sí, lo que indica una composición florística similar. En contraste, las parcelas de referencia presentan una mayor dispersión en el espacio multivariado, lo que sugiere una mayor heterogeneidad en su composición de especies. En general, la separación observada parece estar más influida por el tipo de parcela que por el cambio temporal entre los años evaluados [Figura 5].

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Figura 6

PCoA por tipo de parcelas y años



El análisis PERMANOVA evidenció diferencias significativas en la composición entre los años y los tipos de parcelas, los resultados indican que estas variables explican el 10.8% de la variación en la comunidad. El modelo que integra la interacción entre el año y el tipo de parcelas también fue significativo, explicando un 12.4% de la variación, esto sugiere que sí existen cambios entre años, pero estos cambios no son iguales para cada tipo de parcelas.

La prueba BETADISPER mostró diferencias significativas entre parcelas de referencia y parcelas afectadas, mientras que no hubo diferencias significativas entre años. Esto refuerza la idea de que la variabilidad principal es por el tipo de parcelas y no por los años de muestreo [Tabla 3].

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Tabla 3*Resultados de la prueba PERMANOVA y dispersión multivariada*

Análisis	Factor / Modelo	F	R²	p
PERMANOVA	Año + Tipo	3.44	0.108	0.001
PERMANOVA	Año × Tipo	2.64	0.124	0.001
BETADISPER	Tipo de parcelas	5.39	—	0.024
BETADISPER	Año	0.45	—	0.506

Nota: F corresponde al estadístico de prueba; R² representa la proporción de variación explicada por el modelo; p corresponde al valor de significancia estadística. Se consideraron resultados significativos cuando $p < 0.05$.

4. Discusión

Dos años tras el incendio el porcentaje de cobertura vegetal, los índices de diversidad y la composición florística, alcanzan valores similares a los que se presentan en la zona de referencia. Se observa una recuperación progresiva de la comunidad de monocotiledóneas y una tendencia hacia la estabilización. Estos resultados evidencian que las monocotiledóneas presentan una rápida recuperación tras los disturbios.

A pesar de que se haya evidenciado una buena recuperación y los valores parecen ser similares a los de la zona de referencia, autores como Vargas-Ríos, 2021, afirman que se necesitan entre 8 y 15 años para recuperar la estructura de la vegetación, por lo que es necesario hacer un seguimiento a la zona de manera periódica.

4.1 Cobertura vegetal

En el año 2025 la zona afectada presentó diferencias notables en la cobertura vegetal con respecto a la zona de referencia, dicha diferencia se reduce en el año 2026, demostrando que la cobertura vegetal ha tenido un aumento significativo, llegando a tener valores similares a las zonas de referencia en tan solo dos años.

El aumento en la cobertura vegetal está relacionado con el ciclo de vida y con las adaptaciones que tienen las monocotiledóneas a los incendios. La familia Poaceae y Cyperaceae, presentan sus yemas de rebrote dentro del suelo y en muchos casos forman grupos densos de tallos, hojas vivas y muertas, las cuales brindan protección a las yemas en condiciones de baja temperatura, radiación elevada, evaporación y calor por fuego que alcanza temperaturas hasta de 500 °C (Ramsay, 1992, como se citó en Vargas-Ríos, 2021).

Existen excepciones como las especies del género *Carex*, cuya ausencia en el primer año de muestreo se puede explicar por su preferencia a ambientes húmedos (Perez-Chapoñan et al.,

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

2024), por eso su crecimiento se ve reducido en el primer año posterior al incendio, donde el suelo está más seco y con menor disponibilidad de nutrientes (López-Mársico et al., 2019).

La familia Bromeliaceae presentó una única especie [*Puya bicolor*], esta estuvo presente en el primer año y tuvo un aumento significativo en el segundo año de muestreo. Las especies del género *Puya* presentan tejidos capaces de almacenar agua, lo que puede reducir su combustibilidad, además de permitirles establecerse en ambientes secos y erosionados. Estas características las convierten en especies con alta capacidad de persistencia y establecimiento en escenarios post-incendio (Grau et al., 2010).

El hecho de que las monocotiledóneas cubran nuevamente el suelo desnudo es también beneficioso para otras comunidades de plantas, como las dicotiledóneas, ya que la cobertura vegetal evita la incidencia de la radiación solar en el suelo, la cual disminuye el agua y los nutrientes y posteriormente puede provocar erosión (Knapp et al., 1998, como se citó en López-Mársico et al., 2019). Esto refuerza el papel de las monocotiledóneas como elementos clave en la recuperación inicial del sistema tras el disturbio.

4.2 Diversidad florística

Las características propias de las monocotiledóneas también explicarían por qué no hubo cambios significativos en la diversidad alfa del 2025, a pesar de tener una reducción en la cobertura vegetal y en la biomasa, la comunidad mantiene una estructura florística similar.

El incremento en los índices de diversidad alfa en 2026 sugiere que en la zona afectada ha habido un aumento de especies y una mayor equidad en la distribución, al disminuir la dominancia de ciertas especies ocurre un aumento en el índice de Simpson y el índice de equidad de Pielou [Evenness].

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Esto tiene sentido ecológico ya que los incendios pueden provocar un mecanismo que hace que nuevas plantas prosperen y se establezcan de manera fácil en una comunidad que sin efectos del incendio sería más competitiva (Gutiérrez-Salazar & Ramsay, 2020).

Los índices de diversidad beta sugieren una reducción en la heterogeneidad de la zona afectada. Esto puede explicarse porque los incendios actúan como un filtro ambiental, eliminando especies sensibles y favoreciendo aquellas con mayor resistencia, lo que conduce a una homogeneización de la comunidad (Vargas-Ríos, 2021). No obstante, esta disminución en la diversidad beta no fue estadísticamente significativa lo que sugiere que, aunque existe una tendencia hacia la homogenización, aún no es lo suficientemente fuerte como para generar diferencias claras en la estructura de la comunidad.

4.3 Composición florística

A pesar de los cambios en la cobertura vegetal y en la abundancia relativa de algunas especies, la composición general de la comunidad se mantiene estable, como se muestra en el solapamiento del análisis del PCoA. Las monocotiledóneas no se ven afectadas de la misma manera que otros grupos de plantas, y el tiempo que tardan en recuperarse es considerablemente menor (Hofstede et al., 2014).

Las parcelas afectadas tienden a agruparse, ya que el incendio genera una homogeneización en la comunidad. En contraste, las parcelas de referencia presentan una mayor dispersión en la gráfica [Figura 5], lo que indica una mayor heterogeneidad en ausencia de disturbios. Sin embargo, la similitud general entre todos los grupos sugiere una alta resiliencia del sistema, en el cual el incendio no produjo una diferenciación marcada en la composición de especies. En conjunto, estos patrones refuerzan la idea de que el sistema presenta una alta resiliencia, en la cual el incendio no genera cambios drásticos en la composición florística a corto plazo.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

4.4 Limitantes del estudio

Aunque los resultados de este estudio muestran una alta capacidad de recuperación en el páramo, el efecto que pueda llegar a tener un incendio en la vegetación depende mucho de la incidencia y magnitud del fuego, Obando-Cabrera et al. (2025) y Díaz-Timoté et al. (2026) sugieren que el cambio climático y las intervenciones humanas en el uso de la tierra pueden afectar la capacidad de resiliencia del ecosistema. Por tanto, es necesario establecer estrategias de manejo que permitan reducir las perturbaciones adicionales durante el proceso de recuperación.

También es importante considerar que la zona utilizada como referencia no corresponde a una zona completamente intacta, sino a un área cercana que no ha presentado disturbios recientes, por lo que comparte características florísticas con la zona afectada.

Por último, el estudio solo abarcó un periodo de tiempo de dos años, un periodo considerablemente corto para el tiempo en el que tarda en regenerarse completamente la comunidad de un ecosistema, por tanto, es necesario realizar estudios de manera periódica para entender completamente la evolución del proceso de recuperación.

5. Conclusión

La composición vegetal no presentó grandes cambios, registrándose únicamente tres especies más en el segundo año. La diferencia principal se evidencia en la estructura florística, donde variables como la cobertura vegetal han aumentado con el paso del tiempo.

Los índices de diversidad demuestran que las parcelas afectadas se están acercando más a los valores de las parcelas de referencia, esto indica que, durante el periodo evaluado, ocurrió un proceso activo de recolonización y reorganización de la comunidad vegetal, con una reducción progresiva de la dominancia de ciertas especies y una distribución más equitativa de la abundancia.

Dado el corto periodo de evaluación la comunidad de monocotiledóneas, aún se encuentra en un estado temprano de recuperación, en el que no se restablece completamente la estructura de la comunidad vegetal. Sin embargo, dos años tras el incendio la comunidad de monocotiledóneas muestra una recuperación significativa en términos de cobertura vegetal, diversidad y composición florística, alcanzando valores similares a los encontrados en la zona de referencia.

Los resultados nos indican que las monocotiledóneas presentan una alta capacidad de recuperación frente al fuego, además, tienen un rol fundamental en las primeras etapas de regeneración del ecosistema y en la estabilización inicial del páramo, facilitando la recuperación de otras especies y contribuyendo al restablecimiento de funciones ecosistémicas.

Por tanto, su estudio resulta esencial para el diseño de estrategias de manejo y restauración en ecosistemas altoandinos afectados por incendios, especialmente en escenarios de cambio climático y aumento en las frecuencias de disturbios.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Recomendaciones

El páramo es un ecosistema único, presenta una gran biodiversidad y nos brinda múltiples servicios y recursos, sin embargo, es uno de los ecosistemas más amenazados y afectados del mundo. Las monocotiledóneas representan un porcentaje importante de la cobertura vegetal del área, además, tienen una función importante en la recuperación y estabilización de las especies tras un disturbio.

Por lo anterior mencionado, sería valioso tomar acciones para restaurar y conservar el ecosistema, haciendo un énfasis en las monocotiledóneas como base principal para iniciar procesos de restauración.

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

Referencias bibliográficas

- Aguilar, M., & Ramírez, W. (2021). *Evaluación y seguimiento de la restauración ecológica en el páramo andino*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/35916>
- Díaz-Timoté, J. J., Obando-Cabrera, L., Alvarado, S. T., & Hantson, S. (2026). Impulsores y patrones espaciales del área quemada en páramos altoandinos. *Fire*, 9(3), 95. <https://doi.org/10.3390/fire9030095>
- Grau, A., Gómez-Romero, E., & Aráoz, E. (2010). Puyas andinas. *Ciencia Hoy*, 20(118), 8–15.
- Gutiérrez-Salazar, P., & Ramsay, P. M. (2020). Respuestas fisiológicas de las macollas de gramínea del páramo posteriores a incendios en el norte del Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 27(2), 205–214. <https://doi.org/10.15381/rpb.v27i2.17876>
- Hedberg, O. (1964). Features of afroalpine plant ecology. *Acta Phytogeographica Suecica*, 49, 1–144.
- Hofstede, R., et al. (2014). *Los páramos andinos: ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. UICN.
- López-Mársico, L., Lezama, F., & Altesor, A. (2019). ¿Qué sabemos sobre los efectos del fuego en pastizales? *Bases Ecológicas y Tecnológicas para el Manejo de los Pastizales II; INIA-FPTA: Montevideo, Uruguay*, 97-107.
- Obando-Cabrera, L., Díaz-Timoté, J. J., Bastarrika, A., Celis, N., & Hantson, S. (2025). The Paramo Fire Atlas: Quantifying burned area and trends across the Tropical Andes. *Environmental Research Letters*, 20(5), 054019. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/adc8ba>

ROL DE LAS MONOCOTILEDÓNEAS EN SANTURBÁN

- Pedraza-Peñalosa, P., Franco-Rosselli, P., & Betancur, J. (2004). *Chisacá: Un recorrido por los páramos andinos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Pérez Chapoñan, M., Ayasta Varona, J., & Juárez Chunga, A. M. (2024). Rhynchospora y Carex (Cyperaceae) en los Andes del departamento de Lambayeque, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 31(2), e27299. <https://doi.org/10.15381/rpb.v31i2.27299>
- Pickett, S. T. A., & White, P. S. (Eds.). (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press.
- Simpson, M. G. (2019). *Plant systematics* (3rd ed.). Academic Press.
- Testolin, R., Attorre, F., Borchardt, P., et al. (2021). Global patterns and drivers of alpine plant species richness. *Global Ecology and Biogeography*, 30, 1218–1231. <https://doi.org/10.1111/geb.13297>
- Vargas, O., & Pedraza, P. (2003). *El Parque Nacional Natural Chingaza*. Universidad Nacional de Colombia. <https://www.researchgate.net/publication/259482394>
- Vargas-Ríos, O. (Ed.). (2021). *Bases ecológicas y sociales para la restauración de los páramos*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.