



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Cambios en los parámetros ecológicos y la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus

Trabajo de Integración
Curricular, previo a la obtención
del título de Ingeniero Forestal

AUTOR:

César Enrique González Romero

DIRECTOR:

Ing. Paul Alexander Eguiguren Velepucha Ph.D.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 22 de agosto de 2023

Ing. Paul Alexander Eguiguren Velepucha Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Cambios en los parámetros ecológicos y la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Forestal**, de la autoría de la estudiante **César Enrique González Romero**, con cédula de identidad Nro.**1104879844**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.

**PAUL
ALEXANDER
EGUIGUREN
VELEPUCHA**

Firmado digitalmente por
PAUL ALEXANDER
EGUIGUREN
VELEPUCHA
Fecha: 2023.08.22
15:38:10 -05'00'

Ing. Paul Alexander Eguiguren Velepucha Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **César Enrique González Romero**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:



Cédula de identidad: 1104879844

Fecha: 7 de mayo del 2024

Correo electrónico: cesar.e.gonzalez@unl.edu.ec

Teléfono: 0999674049

Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **César Enrique González Romero**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado **Cambios en los parámetros ecológicos y la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los siete días del mes de mayo del año dos mil veinticuatro.

Firma: 

Autor: César Enrique González Romero

Cédula: 1104879844

Dirección: Eplicachima y Colón. **Correo electrónico:** cesar.e.gonzalez@unl.edu.ec

Celular: 0999674049

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director del Trabajo de Integración Curricular:
Ing. Paul Alexander Eguiguren Velepucha Ph.D.

Dedicatoria

A mis padres por haberse esforzado y brindado su apoyo incondicional durante mi formación profesional y personal, por estar siempre presentes en cada momento incentivándome y guiándome por el buen camino para lograr las metas propuestas. A mi hermana por su gran cariño y a mi perro bulcito por su compañía en esta travesía.

César Enrique González Romero

Agradecimiento

Agradezco al Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad (CITIAB) de la Universidad Nacional de Loja por el apoyo brindado durante el desarrollo del presente trabajo que fue parte del proyecto: Restauración y dinámica de los ecosistemas andino-amazónicos del Sur del Ecuador.

Al Ing. Paul Eguiguren y Dario Veintimilla por brindar su confianza y apoyo en la parte académica y de campo, así como a mi compañero John Benítez por darme una mano en la recolección de los datos en campo.

Al Herbario “Reinaldo Espinosa” por la ayuda en la identificación de las especies vegetales y a la Carrera de Ingeniería Forestal por su contribución en mi formación académica.

César Enrique González Romero

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificación	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos	xi
1. Título.....	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico	6
4.1. Cambio climático y sus causas	6
4.2. Páramo	7
4.2.1. Los páramos del Ecuador y su importancia.....	7
4.3. Clasificación de páramos en el sur del Ecuador	8
4.4. Parámetros estructurales de la vegetación	9
4.4.1. Riqueza específica	9
4.4.2. Densidad	9
4.4.3. Porcentaje de cobertura	10
4.5. Diversidad biológica.....	10
4.5.1. Diversidad alfa.....	10
4.5.2. Diversidad beta.....	11

4.6.	Estudios similares en Ecuador y el mundo	12
5.	Metodología.....	13
5.1.	Área de estudio	13
5.2.	Muestreo de la vegetación	14
5.3.	Metodología para comparar los parámetros estructurales y diversidad de especies vegetales de páramo, dentro de cámaras hexagonales que inducen al calentamiento en la temperatura ambiental y parcelas control en el Parque Nacional Podocarpus	15
5.4.	Análisis de datos	17
6.	Resultados.....	18
6.1.	Cambios en los parámetros estructurales de especies vegetales de páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus	18
6.1.1.	Cobertura vegetal.....	18
6.1.2.	Composición florística.....	20
6.1.3.	Índice valor de importancia de las especies registradas	24
6.2.	Diferencias en la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo por el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus	25
6.2.1.	Diversidad alfa.....	25
6.2.2.	Diversidad beta.....	26
7.	Discusión.....	28
7.2.	Cambios en los parámetros estructurales de especies vegetales de páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus	28
7.3.	Diferencias en la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo por el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus	28
8.	Conclusiones.....	31
9.	Recomendaciones.....	32
10.	Bibliografía.....	33
11.	Anexos.....	40

Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros de diversidad y estructurales estimados para la vegetación levantada en las parcelas.....	16
Tabla 2. Especies registradas en el 2013 y 2023 en las parcelas dentro de las cámaras hexagonales y parcelas control en el área de estudio	22
Tabla 3. Especies vegetales con mayor IVI en las parcelas de control y cámara hexagonal en el año 2013 y 2023.....	24
Tabla 4. Menor IVIs de las especies de las parcelas de control y cámara hexagonal en el año 2013 y 2023.	25

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación espacial del área de estudio dentro la zona piloto en el Parque Nacional Podocarpus.....	13
Figura 2. a) Diseño de muestro para la toma de datos florísticos en el ecosistema páramo. b) Cámara hexagonal.	15
Figura 3. Malla para estimar la cobertura vegetal visualmente. Porcentaje de cobertura de plantas vasculares y números de individuos.....	16
Figura 4. Análisis de varianza del porcentaje de cobertura de plantas vasculares dentro y fuera de las cámaras hexagonales en el año 2013 y 2023. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas.....	18
Figura 5. Porcentaje promedio de la cobertura vegetal de seis especies en el monitoreo 2013.....	19
Figura 6. Porcentaje promedio de la cobertura vegetal de seis especies en el remonitoreo 2023.	20
Figura 7. Análisis de varianza de la abundancia de especies de acuerdo al tratamiento y periodo monitoreado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas. ...	21
Figura 8. Análisis de varianza de la riqueza de especie de acuerdo al tratamiento y periodo monitoreado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas.	22
Figura 9. Análisis de varianza del Índice de Shannon de acuerdo al tratamiento y periodo monitoreado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas.	26
Figura 10. Análisis de varianza del Índice de Sorensen para las parcelas en las cámaras hexagonales y parcelas de control entre el monitoreo 2013 y 2023.	27

Índice de anexos

Anexo 1. Hoja de campo para registro de especies.	40
Anexo 2. Parcela 1 OTCs CIA NE.	41
Anexo 3. Certificado de traducción del resumen	42

1. Título

Cambios en los parámetros ecológicos y la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus

2. Resumen

Los páramos en el Ecuador se encuentran sobre los 3 000 m s.n.m. y se extienden aproximadamente en el 7 % del territorio nacional. Los páramos tienen una alta biodiversidad y ofrecen numerosos servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, protección de suelos, siendo muy importantes para las comunidades en los Andes. Esta investigación tuvo como objetivo comparar los cambios en los parámetros ecológicos y las diferencias en la diversidad de especies vegetales de páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental. Se instalaron cámaras hexagonales y parcelas de control distribuidas en un rango altitudinal entre 3270 a 3320 m s.n.m. en los páramos del Parque Nacional Podocarpus, para el monitoreo a largo plazo que inició en 2013 y se remonitoreó en 2023. Se midió riqueza y porcentaje de cobertura de las especies, para calcular el índice de valor de importancia simplificado, los índices de diversidad alfa y beta, y el análisis de varianza entre los valores registrados. Se encontró 984 individuos, 51 especies, 38 géneros y 23 familias, siendo las más representativas Ericaceae, Poaceae, Blechnaceae, Cyperaceae y Asteraceae. Se encontró una diversidad media y una similitud de aproximadamente el 50 %, así como una tendencia de incremento en el número de individuos y una disminución en el número de especies entre los datos del 2013 y 2023. Hubo un aumento en el porcentaje de cobertura de arbustos, donde sobre salen *Escallonia myrtilloides* y *Rhynchospora vulcani*, sin embargo, los parámetros estructurales y diversidad de especies vegetales no presentaron diferencias significativas tanto para el tratamiento con cámara hexagonal y las parcelas de control.

Palabras claves: páramo, diversidad, cobertura, temperatura, cámaras hexagonales.

Abstract

Ecuador's paramo ecosystems are located above 3,000 meters above sea level (m.a.s.l.) and cover approximately 7% of the national territory. They exhibit a high level of biodiversity and provide numerous ecosystem services, including water regulation and soil protection, which are of great importance to the communities in the Andes. This research aimed to compare changes in ecological parameters and differences in the diversity of paramo plant species in the face of an induced ambient temperature increase. In 2013, hexagonal chambers and control plots were installed in the paramos of the Podocarpus National Park at altitudes between 3270 and 3320 m.a.s.l. for long-term monitoring. These were monitored again in 2023. Richness and percentage of species coverage were measured to calculate the simplified value index, alpha and beta diversity indices, and analysis of variance between values. A total of 984 individuals belonging to 51 species, 38 genera, and 23 families were identified. The most prevalent families were Ericaceae, Poaceae, Blechnaceae, Cyperaceae, and Asteraceae. The mean diversity and similarity were approximately 50%, with an increasing trend in the number of individuals and a decrease in the number of species between the 2013 and 2023 data sets. There was an increase in the percentage of shrub cover, with *Escallonia myrtilloides* and *Rhynchospora vulcani* as the main contributors. However, the structural parameters and plant species diversity did not show significant differences for both the hexagonal chamber treatment and the control plots.

Keywords: paramo, diversity, cover, temperature, hexagonal chambers.

3. Introducción

Los páramos son ecosistemas de altura y en el Ecuador se encuentran cubriendo cerca de 1 843 477 ha, equivalente a casi el 7 % del territorio nacional, sobre una altitud promedio de 3 300 m s.n.m. En el sur del país los páramos se encuentran desde los 2 800 m s.n.m., debido a condiciones geológicas, climáticas y antrópicas (Hofstede et al., 2003; Beltrán et al., 2009). Los páramos cumplen funciones ecológicas relacionadas a su alta biodiversidad de flora y fauna, así como una función económica por su rol dentro de la producción agrícola, pecuaria y forestal (Camacho, 2013). Adicionalmente, los páramos ofrecen diferentes servicios ecosistémicos como regulación hídrica, captura de carbono, protección del suelo, conservación de la biodiversidad, entre otros. (Farley et al., 2011; Fedesarrollo, 2013).

En las últimas décadas, el cambio climático se ha transformado en uno de los principales factores que está amenazando los ecosistemas de páramo (Hofstede et al., 2014) Este fenómeno es originado por el aumento de los gases de efecto invernadero, los cuales capturan el 90 % de la energía luminosa absorbida por la Tierra, lo que ralentiza la pérdida de calor hacia el espacio (NASA, 2023). El cambio climático podría alterar potencialmente la composición florística, la fauna y el suelo del páramo, por ende, podría afectar a los servicios ecosistémicos que ofrece. Estudios muestran variaciones en cuanto a las temperaturas medias y la precipitación de zonas locales, lo que se refleja en variables con tendencias inexactas, debido a la información reducida, por lo que no se conoce claramente del efecto que tiene este fenómeno sobre el ecosistema (Hofstede et al., 2014). En el Ecuador en los últimos 50 años, de acuerdo a los datos de 39 estaciones meteorológicas, la temperatura media anual ha incrementado en 0,8 °C, la temperatura máxima absoluta en 1,4 °C y la temperatura mínima absoluta en 1 °C (MAE y Proyecto GEF/PNUD/MAE, 2011).

Los ecosistemas de alta montaña son particularmente vulnerables al cambio climático, debido a su flora y fauna adaptadas a condiciones extremas; además de tener rango de distribución limitado y con barreras físicas para su eventual desplazamiento (Hofstede et al., 2014). Los aumentos de temperatura, los cambios de humedad y el aumento de la radiación solar pueden provocar desplazamientos de especies, adaptación fisiológica y fenológica, extinción local o una combinación de todos estos factores. Por su situación en las altas montañas, el movimiento de nichos climáticos hacia altitudes mayores implica pérdida

de conectividad y mayor aislamiento, influyendo negativamente en el intercambio de genes y limitando la distribución de las especies (Hofstede et al., 2014).

La migración de especies afecta en los cambios dentro del área del hábitat, esta puede ser adecuada cuando la especie es capaz de mantenerse en equilibrio frente a los cambios de clima, pero si no existe migración ya sea a causa de su limitada capacidad de dispersión o a otros factores, las especies estarán en desequilibrio y ocuparán solo el hábitat que sea adecuado tanto para el clima actual como para el futuro, limitando el área de distribución y por ende aumenta el riesgo de extinción (Feeley y Silman, 2010).

En el Ecuador existe limitada información acerca de cómo la vegetación del ecosistema páramo se ve influenciada por cambios en la temperatura, sobre todo en la zona sur del país, por lo que, la presente investigación se enfoca en contribuir al estudio del páramo y tiene como finalidad conocer los cambios en los parámetros estructurales y diversidad de especies vegetales que se encuentren dentro de las cámaras hexagonales que inducen al calentamiento, simulando el cambio climático, y de especies dentro de parcelas de control bajo condiciones ambientales normales.

Para el desarrollo del estudio se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Contribuir al conocimiento científico sobre los cambios en los parámetros ecológicos y la diversidad de especies vegetales ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus.

Objetivos específicos

- Comparar los cambios en los parámetros ecológicos de especies vegetales de páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus.
- Establecer las diferencias en la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo por el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus.

4. Marco teórico

4.1. Cambio climático y sus causas

Es la variabilidad global del clima de la tierra debido a causas naturales, pero principalmente antrópicas, como consecuencia de la retención de la energía solar en la atmósfera, traducido en quema de combustibles fósiles, pérdida de bosques y otras actividades producidas en el sector industrial, agrícola y transporte (CEPAL, 2023).

Durante el siglo XX, la temperatura media del planeta aumentó aproximadamente 0,6 °C desde 1975, por lo que los climatólogos prevén que el calentamiento continúe a lo largo del siglo XXI (Feo et al., 2009).

El cambio climático se genera principalmente por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generados por la actividad humana. La alta concentración de GEI resulta en una barrera que atrapa la energía y el calor del sol, alterando el efecto invernadero natural que hace habitable la tierra. El dióxido de carbono (CO₂) es el de mayor concentración, las principales causas de su aumento están relacionadas al consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas), la tala y quema de bosques. (Feo et al., 2009).

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2023) existen varias actividades antrópicas que producen los gases de efecto invernadero, entre ellas están las siguientes:

- a. **Generación de electricidad y calor:** utiliza combustibles fósiles que provocan una gran cantidad de emisiones globales.
- b. **La industria, las fábricas y la minería:** a través de la quema de combustibles fósiles con fines de generar energía para la fabricación de cemento, hierro, acero, componentes electrónicos, ropa y otros bienes producen grandes emisiones.
- c. **Pérdida de los bosques por tala:** el cambio de uso del suelo destinado a crear zonas de cultivo o pastizales, es el responsable de la liberación del carbono almacenado en los árboles.
- d. **Uso del transporte:** los autos, camiones, barcos y aeronaves desprenden dióxido de carbono y otros gases provocados por la combustión de productos derivados del petróleo como la gasolina.
- e. **Producción de alimentos:** provoca emisiones de metano, dióxido de carbono y otros gases provenientes de la deforestación y el uso del suelo para la agricultura y

ganadería, así como el empleo de la maquinaria en granjas y los barcos pesqueros, también el envasado y la distribución de alimentos causan emisiones.

- f. **La energía en los edificios:** los sistemas de calefacción, climatización, aparatos de iluminación y dispositivos electrónicos que permanecen siempre conectados han aumentado el consumo energético provocando con sí altas emisiones de gases.
- g. **Consumo excesivo:** nuestro estilo de vida, en cuanto al consumo excesivo de ropa, componentes electrónicos y otros productos plásticos son los responsables de un gran porcentaje de las emisiones.

4.2. Páramo

Según Hofstede et al. (2003) el páramo es un ecosistema natural entre el límite del bosque y la nieve perpetua en los trópicos húmedos, Se caracteriza por un corredor norte-sur de más de 2000 km entre Venezuela y Perú, ubicado en una de las cadenas montañosas geológica y biogeográficamente más dinámicas del mundo (Hofstede, 2004). Los páramos son un ecosistema típico que se encuentra en las altas altitudes de los Andes tropicales de América del Sur y Central y se encuentran en países como Ecuador, Perú, Colombia, Bolivia, Venezuela y Costa Rica. Dada su ubicación en la zona tropical de la tierra, sus ecosistemas se caracterizan por una distribución altitudinal de 3 200 a 4 700 m s.n.m. Debido a que la atmósfera es más delgada en estas altitudes, experimentan estaciones diurnas, frío intenso y alta exposición a los rayos UV. (Mena et al., 2008).

4.2.1. Los páramos del Ecuador y su importancia

En el Ecuador este ecosistema cubre aproximadamente una extensión de 1 843 477 ha, que representa el 7 % del territorio nacional, se distribuye a lo largo de la cordillera oriental y occidental de los Andes. Los páramos en el centro y norte del país se ubican por encima de los 3 500 m s.n.m., mientras que en el sur del país (Azuay, Loja) se encuentran desde los 3 000 m s.n.m. debido a la depresión de Huancabamba en esta parte de la Cordillera de los Andes, a pesar de esto podemos encontrar páramo en Loja desde los 2 800 m s.n.m. el cual corresponde a un páramo antrópico (Beltrán et al., 2009; Hofstede et al., 2014). Los páramos del Ecuador, es un ecosistema de alta montaña altamente diverso, posee alrededor del 60 % de especies endémicas (Hofstede, 2004). Son un ejemplo ideal para aplicar la visión de ecosistema de la Convención de Diversidad Biológica, porque su importancia para la

sociedad ecuatoriana y para el mundo en general se caracteriza por sus atributos biológicos, pero también sus atributos geográficos, sociales y económicos apoyan a su gran valor.

Estos ecosistemas altoandinos ofrecen diferentes servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, captura de carbono, protección del suelo, conservación de la biodiversidad (Farley et al., 2011; Fedesarrollo, 2013), belleza paisajística, el control natural de plagas, provisión de plantas medicinales, hongos comestibles, entre otros (Chicaiza et al., 2002). El rol del páramo como regulador hídrico es fundamental para las poblaciones andinas, tanto para las áreas urbanas, como también en las zonas rurales en el abastecimiento de agua (Mena et al., 2001). Los suelos orgánicos de los páramos tienen un importante potencial de almacenamiento de carbono y productividad agrícola para el cultivo de papas, habas, mellocos y pastos para ganado. Finalmente, sus hermosos paisajes son apreciados por turistas tanto locales como extranjeros, con lagunas como la de Cuicocha y nevados como el Cotopaxi, convirtiendo a las áreas protegidas en las que se ubican en las áreas naturales más visitadas del país. (Hofstede, 2004).

4.3. Clasificación de páramos en el sur del Ecuador

De acuerdo a MAE (2012) se clasifican en:

- **Herbazal bambusoide montano alto y montano alto superior de páramo**

Su vegetación está dominada por gramíneas de la tribu Bambusoideae de hasta 3 m de altura, crecen en laderas pronunciada o llanuras con suelos saturados. La composición florística de los páramos del Parque Nacional Podocarpus (PNP) difiere de los páramos del norte, además se han observado 12 especies de *Chusquea*, de las cuales seis son endémicas y cuatro se conocen solo dentro del PNP.

- **Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo**

Su vegetación se caracteriza por estar influenciada principalmente por factores edáficos o microclimáticos, se presenta donde el balance hídrico es positivo, es decir, donde hay más lluvia o escorrentía, lo que provoca turberas, en el PNP lo encontramos en las Lagunas del Compadre. Se han registrado especies como *Cyperus* sp., *Geranium sibbaldioides*, *Huperzia* spp., *Hydrocotyle pusilla*, *Hypericum decandrum*, *Hypsela reniformis*, *Juncus* sp., *Oreobolus ecuadorensis*, *Werneria pygmaea* y *Xyris subulata*.

- **Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo**

Es el ecosistema más extenso del Ecuador; va desde el Carchi hasta Loja y se localiza en los valles glaciares, laderas y llanadas montañosas por encima de los 3300 m s. n. m. Se han registrado especies pequeñas como *Bidens andicola*, *Oreobolus aequatorialis*, *Puya maculata*, *Gaultheria erecta*, *Niphogeton dissecta*, *Pentacalia andicola*, *Puya glomerifera*, *Huperzia* spp., *Calamagrostis effusa*, *Valeriana microphylla*, y especies arbustivas de los géneros *Baccharis*, *Gynoxys*, *Pentacalia* y *Pernettya*.

- **Herbazal y arbustal montano alto y montano alto superior de páramo**

Son pajonales amacollados de 1,20 m de altura, en conjunto con arbustos de hasta 3 m. Caracterizado por la presencia de *Calamagrostis* y especies arbustivas de los géneros *Baccharis*, *Gynoxys*, *Brachyotum*, *Escallonia*, *Hesperomeles*, *Miconia*, *Buddleja*, *Monnina* e *Hypericum*.

- **Arbustal siempreverde montano alto de páramo del sur de Ecuador**

Es un bosque enano que no supera los 3 m, tiene las características del bosque montano alto, pero de menor tamaño debido a las extremas condiciones ambientales, topográficas y edáficas. Su flora es tipo arbustiva y herbácea dominada por los siguientes géneros *Puya*, *Miconia*, *Neurolepis*, *Oreocallis*, *Weinmannia* y *Blechnum*.

4.4. Parámetros estructurales de la vegetación

Son variables que se miden en un ecosistema y que determinan las características de un ecosistema. Dentro de estas se puede encontrar, indicadores que estiman la diversidad, la riqueza específica y abundancia relativa de especies (Aguirre, 2019).

4.4.1. Riqueza específica

Es el número total de especies que se encuentran en una comunidad en un área determinada, que se puede realizar a través de un censo (Moreno, 2001).

$$S = \frac{\# \text{ de especies}}{\text{área determinada}}$$

4.4.2. Densidad

Es el número de individuos de cada especie presente en el área muestreada (Aguirre, 2019).

$$S = \frac{\# \text{ de individuos por especie}}{\text{área determinada}}$$

4.4.3. Porcentaje de cobertura

Es porcentaje de cobertura de cada especie dentro del área muestreada (Aguirre, 2019).

4.5. Diversidad biológica

De acuerdo a Jost y González-Oreja (2012), la biodiversidad es la gran variedad de patrones y procesos que estructuran el fenómeno de la vida, tanto a escalas espaciales como temporales. Por otro lado, Baselga y Gómez-Rodríguez (2019) establecen que no todos los lugares poseen las mismas especies de seres vivos, cada lugar se caracteriza por la presencia, en distintas abundancias, de diferentes especies. El conjunto de especies que habitan en un lugar es denominado una comunidad biológica y, por tanto, estas comunidades pueden ser casi parecidas en diferentes lugares, desde idénticas a completamente diferentes.

4.5.1. Diversidad alfa

De acuerdo a Halffter et al. (2005), existen tres tipos de diversidad alfa, descritas a continuación:

1) **Diversidad alfa puntual:** Es el número de especies de una comunidad que se encuentra en un área determinada que puede variar de un lugar a otro.

2) **Diversidad alfa promedio:** Es un promedio de valores puntuales correspondientes a distintos lugares con el mismo tipo de comunidad dentro de una comunidad.

3) **Diversidad alfa acumulada:** Esto corresponde al número total de especies encontradas entre los dos límites de tiempo, pero puede resultar problemático porque se puede suponer que es un valor numérico sin significado biológico, ya que tiene en cuenta todos los registros de nuevas especies sin excluir las que ya no están y nunca corresponderá a la realidad.

4.5.1.1. Índices de equidad

Toman en cuenta la abundancia de cada especie y la uniformidad en su distribución. (Villareal et al., 2004)

a. Índice de Shannon-Wiener.

Asumiendo que todas las especies están representadas en las muestras, indica la uniformidad en abundancia de todas las especies muestreadas (Villareal et al., 2004).

$$H' = \sum p_i \ln p_i$$

donde

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

4.5.2. Diversidad beta

Mide las diferencias, también llamado el recambio, entre las especies de dos hábitats, dos tipos de comunidad o dos paisajes (Halffter et al., 2005).

4.5.2.1. Índices de similitud/disimilitud

Expresan el grado de similitud en función de la composición y abundancia de especies entre dos comunidades. Se diferencian en cualitativos y cuantitativos (Villareal et al., 2004).

a. Cualitativos

Expresan el grado de semejanza entre dos comunidades tomando en cuenta la composición de las especies.

- **Índice de Sorensen**

Relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Magurran, 1988).

$$I_s = \frac{2c}{a + b}$$

Donde

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

b. Cuantitativos

Expresan el grado de semejanza entre dos comunidades tomando en cuenta la composición y la abundancia de las especies

- **Índice de Sorensen cuantitativo**

Relaciona la abundancia de las especies compartidas con la abundancia total de las dos comunidades.

$$I_{scuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$$

Donde

aN = número total de individuos en el sitio A

bN = número total de individuos en el sitio B

pN = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios (Magurran, 1988).

4.6. Estudios similares en Ecuador y el mundo

En el Ecuador se han realizado investigaciones similares como es el estudio de Caranqui et al. (2018), el cual analiza la diversidad florística de nueve zonas muestreadas en cuatro parcelas de 1 m² en los páramos de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, por otro lado, en el páramo de la Reserva Yanacocha, Duchicela et al. (2021) instalaron un total de 20 cámaras hexagonales y 50 parcelas de control para medir diversidad y formas de crecimiento entre 2014 y 2019. En Loja, Urgiles et al. (2018) en el páramo del sector Cajanuma en el Parque Nacional Podocarpus, establecieron 30 parcelas permanentes de 1 m² para determinar la composición, la estructura florística y el contenido de biomasa aérea.

A nivel mundial, Hamid et al. (2020) realizaron un estudio de la vegetación alpina en el Noroeste del Himalaya en India en cuatro altitudes diferentes (cimas), para lo cual instalaron cuatro grupos de cuadrantes subdivididos en cuatro parcelas permanentes de 1 m² para cada cima, en las que se registró riqueza, cobertura de especies y los tipos de cobertura. Yang et al. (2018) instalaron cuatro cámaras hexagonales, cuatro parcelas de control y trasplantes de vegetación a lo largo de la gradiente altitudinal en las montañas Hengduan al suroeste de China, y monitorearon la riqueza de especies y su abundancia durante cinco años. En los Alpes del área protegida “Ruhegebet Stubaiier Alpen” en Austria, se instalaron 1000 parcelas permanentes de 1 m² en transectos agrupados en bloques, en donde se realizó un muestreo de los tipos de superficie, la riqueza de especies y su cobertura durante un periodo de 20 años.

En los páramos de Colombia en la zona de Cruz Verde-Sumapaz, Lasso et al. (2021) instalaron en dos sitios diferentes 10 cámaras hexagonales con sus respectivas parcelas de control para cada sitio, donde se evaluó los cambios de la estructura florística por los cambios de la temperatura inducida y la captura de carbono durante tres años.

5. Metodología

5.1. Área de estudio

El presente estudio se ejecutó en el ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus (PNP), sector Cajanuma. En este ecosistema se instalaron parcelas permanentes entre 3 270 m s.n.m. (Cima CIA) y 3 320 m s.n.m. (Cima CIB). Las parcelas están dentro del sitio piloto para el monitoreo del impacto del cambio climático (PNP – EC) de la red GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environments, por siglas en inglés) gestionada científicamente por la Universidad Nacional de Loja (Eguiguren y Ojeda, 2009). Los páramos del PNP, tiene una superficie aproximada de 15 284,5 hectáreas y se encuentran a una altitud de 2 800 m s.n.m. sobre la Cordillera Real de los Andes, poseen una temperatura promedio de 10 °C y una precipitación anual que oscila entre 2 000 a 4 000 mm, registrándose un máximo de 6 000 mm incluyendo la precipitación horizontal en el sector de Cajanuma (INEFAN y Fundación Natura, 1997).

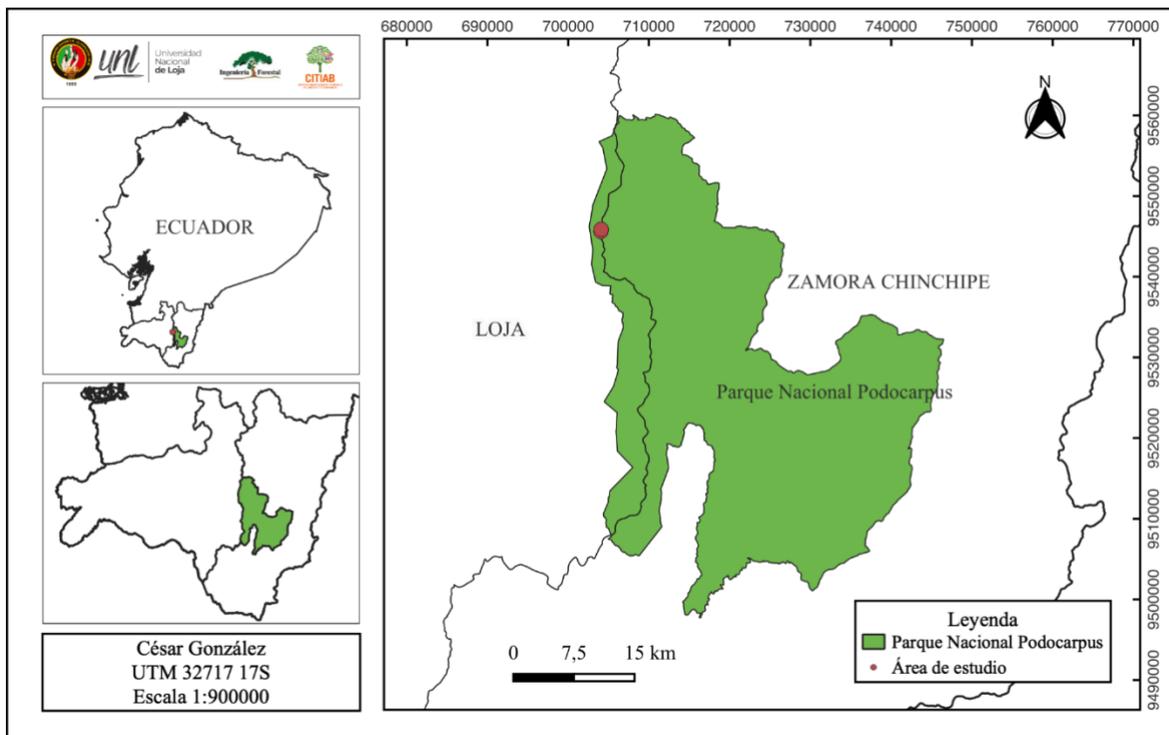


Figura 1. Ubicación espacial del área de estudio dentro la zona piloto en el Parque Nacional Podocarpus

La topografía del PNP está dominada por valles y pendientes pronunciadas, así como un terreno muy irregular formado por montañas y colinas. En la cima de los páramos se

encuentran lagunas de origen glaciar que dan origen a cuatro cuencas hidrográficas, Catamayo-Chira, Chinchipe, Zamora y Nagaritza, las que alimentan los sistemas de la ciudad de Loja y Zamora Chinchipe (Instituto de Ecología Aplicada [ECOLAP] y Ministerio del Ambiente [MAE] 2007)

En el PNP existen 737 especies vegetales, dentro de 257 géneros y 105 familias, por otro lado, la fauna registra más de 500 especies de aves que representa aproximadamente el 40 % del total nacional, 40 especies de mamíferos, 260 mariposas diurnas y 1 200 mariposas nocturnas (ECOLAP y MAE, 2007; Aguirre et al., 2015).

5.2. Muestreo de la vegetación

Para la ejecución del trabajo de investigación se utilizó la metodología propuesta por la Iniciativa Global de Observación e Investigación de los Ambientes Alpinos (GLORIA) (Pauli et al., 2015). Las cámaras hexagonales y parcelas de control fueron instaladas en el año 2014 por Minga y Moreno (2014) dentro del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus ubicadas a 12 metros del punto cumbre de la cima en dirección Nor-Este (NE), Este (E) y Sur-Este (SE). Las parcelas de control se encuentran aproximadamente a tres metros de las cámaras hexagonales, siguiendo la misma curva de nivel. En total se monitoreó 10 parcelas de 1 × 1 m, cinco parcelas de control y cinco cámaras hexagonales, seis están a 3 270 m s.n.m (CIA) y cuatro en 3 320 m s.n.m. (CIB) (Figura 2a, 2b).

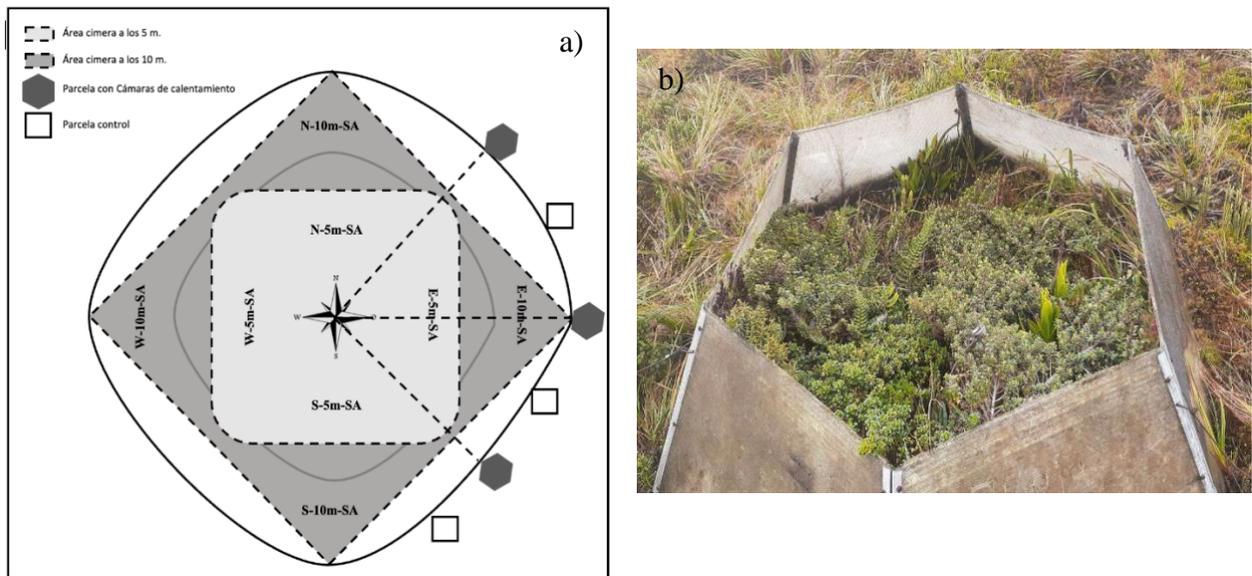


Figura 2. a) Diseño de muestro para la toma de datos florísticos en el ecosistema páramo. b) Cámara hexagonal.

Fuente: Adaptado de Pauli et al. (2003)

5.3. Metodología para comparar los parámetros estructurales y diversidad de especies vegetales de páramo, dentro de cámaras hexagonales que inducen al calentamiento en la temperatura ambiental y parcelas control en el Parque Nacional Podocarpus

Para el levantamiento de datos florísticos se utilizó una malla de 1×1 m dividida en celdillas de $0,10 \text{ m} \times 0,10 \text{ m}$ en las parcelas con cámara hexagonal y parcelas control (Figura 3). Dentro de cada parcela se registró (Anexo 1) los tipos de cobertura de superficie en porcentaje (plantas vasculares, roca, piedra suelta/glera, líquenes en el suelo no cubiertos por plantas vasculares, briófitos en el suelo no cubiertos por plantas vasculares, suelo desnudo y hojarasca).

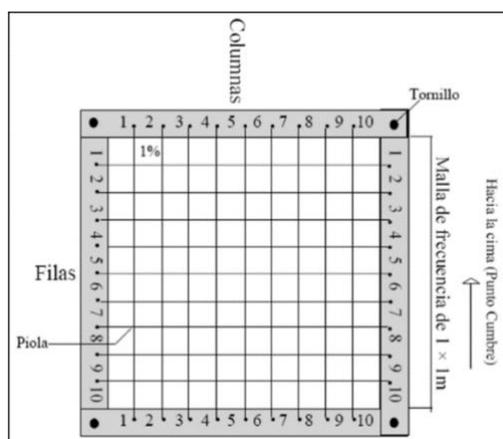


Figura 3. Malla para estimar la cobertura vegetal visualmente. Porcentaje de cobertura de plantas vasculares y números de individuos
Fuente: Pauli et al. (2015)

Para estimar el porcentaje de cobertura de las plantas vasculares se usó la malla (Figura 3) sobre las parcelas con cámara hexagonal y parcelas control. Esta estimación se ejecutó desde cada lado de la parcela con vista perpendicular a una altura de 0,50 m. Para cada cobertura se estimó un porcentaje de acuerdo con el número de celdas que ocupe. Cada celdilla equivale a 1 %, para las especies pequeñas se utilizó una lámina de acetato de 0,10 m × 0,10 m, dividida en celdillas de 0,01 m × 0,01 m donde cada una equivale a 0,01 %.

Adicionalmente, se calculó: i) la riqueza de acuerdo al número de especies dentro de las parcelas (Ec.1), ii) la abundancia considerando el número de individuos de las especies dentro de cada parcela (Ec. 2), iii) abundancia relativa por especie (Ec. 3) y iv) índice de valor de importancia ajustado (IVI) (Ec. 4) considerando la abundancia relativa y la dominancia de las especies en función de su cobertura (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de diversidad y estructurales estimados para la vegetación levantada en las parcelas.

Parámetro	Formula	Descripción
Ec. 1 Riqueza	Número de especies	Número total de especies que se encuentran en un área determinada.
Ec. 2 Densidad (D)	$\frac{\text{número ind. especie}}{\text{área muestreada}}$	Número de individuos de cada especie presentes en un área determinada.

Ec. 1			
Dominancia relativa (DR)	$\frac{\% \text{ cobertura especie}}{\text{área total de la parcela}}$		Porcentaje de cobertura de una especie con respecto al área total de la parcela.
Ec. 4			
IVI	D + DmR		Indica las especies ecológicamente más importantes

Nota: D: Densidad; DmR: Dominancia relativa.

Fuente: Aguirre (2019)

Para conocer las diferencias en la diversidad de las especies se estimó la diversidad alfa a partir del índice de Shannon (Ec. 5) y la diversidad beta con el índice de Sorensen (Ec. 6). Dentro de cada parcela se identificaron las especies vegetales, para aquellas especies que no se identificaron en el campo se recolectó muestras fértiles fuera de las cámaras hexagonales y parcelas de control para su identificación en el Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja.

$$H' = \sum p_i \ln p_i \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

H: Índice de Shannon-Weiner

pi: n/N

$$I_s = \frac{2c}{a+b} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

Is: Índice de Sorensen

a: Especies totales en la muestra 1

b: Especies totales en la muestra 2

c: Número de especies en ambas muestras

5.4. Análisis de datos

Para poder comparar las diferencias entre los diferentes parámetros estructurales e índices de diversidad en las parcelas de las cámaras hexagonales y control se ejecutó un análisis de varianza considerando un modelo lineal general y mixto en el software estadístico Infostat (Di Rienzo et al., 2020). Adicionalmente, se comprobó el supuesto de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilks y la homocedasticidad con prueba de Levene.

6. Resultados

6.1. Cambios en los parámetros estructurales de especies vegetales de páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus

6.1.1. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal dominante fueron las plantas vasculares, con valores promedio de 78,40 y 83,80 % dentro de las cámaras hexagonales para el año 2013 y 2023 respectivamente, en cuanto a las parcelas de control presentó valores promedio de 79,40 % y 68,60 % para el monitoreo y remonitoreo. No existió diferencias significativas entre los monitoreos y las parcelas dentro de la cámara hexagonal y control para el porcentaje de plantas vasculares, sin embargo, se evidenció una tendencia a reducir el porcentaje dentro de las parcelas de control, mientras que en las parcelas con cámara hexagonal aumentó (Figura 4). Por otro lado, la hojarasca cubrió aproximadamente el 11 % en las cámaras hexagonales y el 8,60 % en las parcelas de control, valores correspondientes para el remonitoreo (2023).

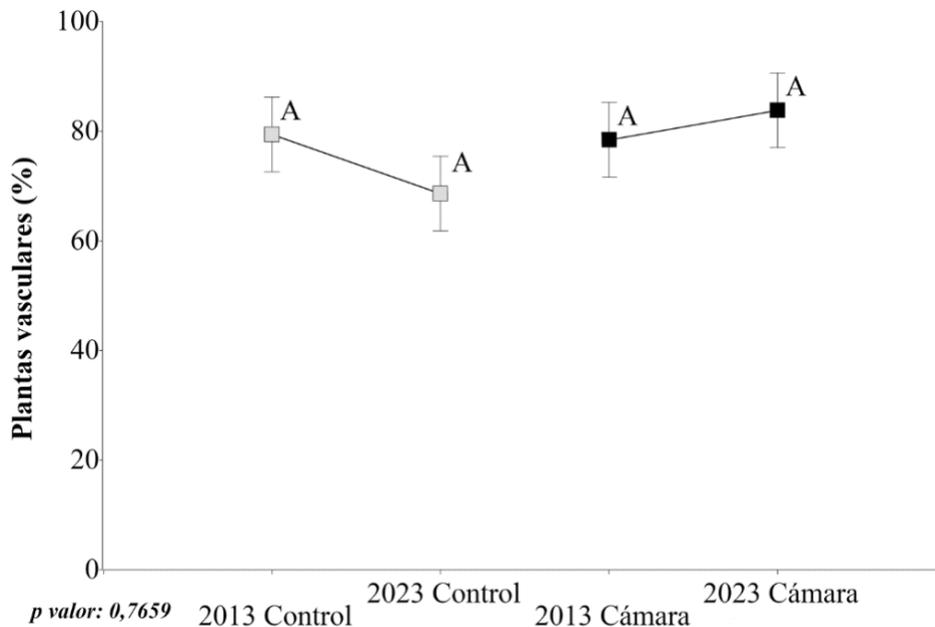


Figura 4. Análisis de varianza del porcentaje de cobertura de plantas vasculares dentro y fuera de las cámaras hexagonales en el año 2013 y 2023. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas.

En el 2013 se registró *Tillandsia aequatorialis* con un promedio de 19,90 %, *Chusquea asymmetrica* (17,71 %) y *Hypericum lancioides* (13,46 %) con el mayor porcentaje de cobertura dentro de las cámaras hexagonales, mientras que en las parcelas de control se encontró a *Escallonia myrtilloides*, *Chusquea asymmetrica* y *Hypericum lancioides* con 29,15, 24,30 y 16,73 % respectivamente (Figura 5). Las especies más dominantes registradas en el remonitoreo (2023) dentro de las cámaras hexagonales fueron *Escallonia myrtilloides*, *Tillandsia aequatorialis* y *Chusquea neurophylla* con 43,50, 21,50, y 19,50 % de cobertura respectivamente, por otro lado, las parcelas de control fueron representadas por *Escallonia myrtilloides*, *Tillandsia aequatorialis* y *Hypericum lancioides* con 23, 21 y 16 % de cobertura respectivamente (Figura 6).

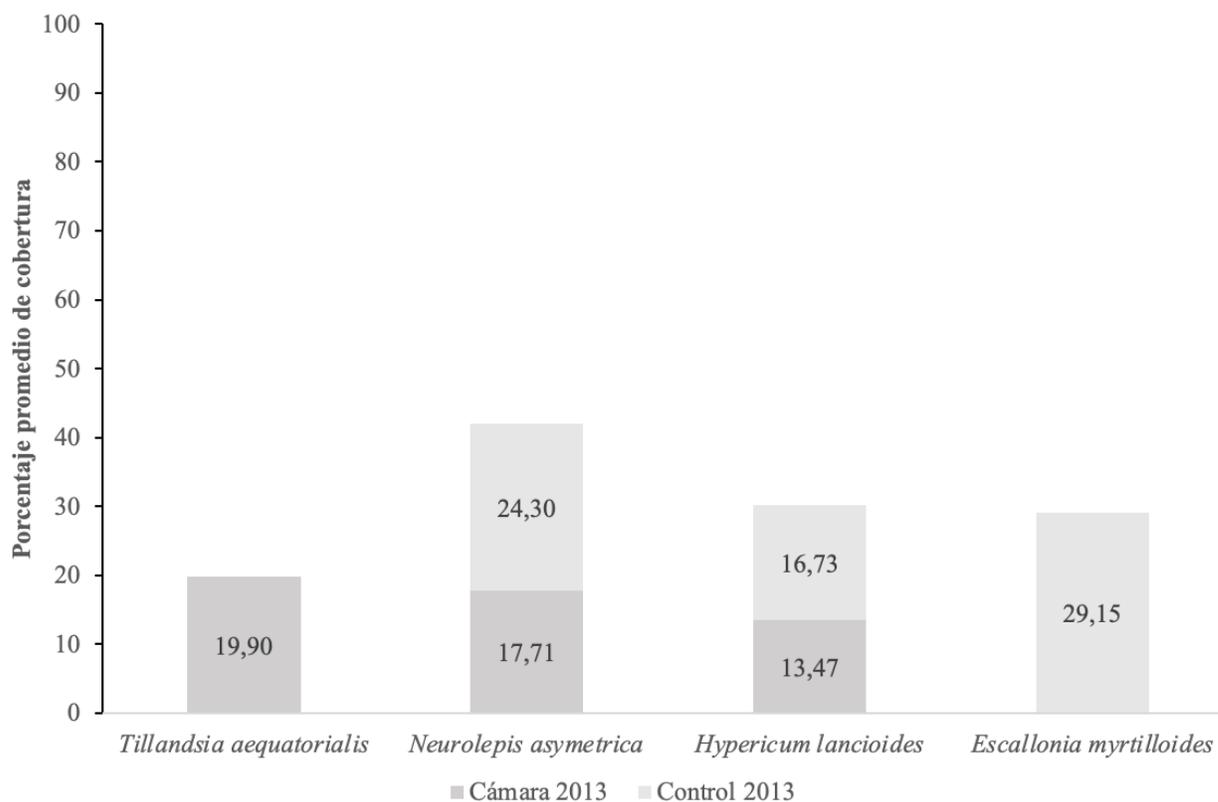


Figura 5. Porcentaje promedio de la cobertura vegetal de seis especies en el monitoreo 2013.

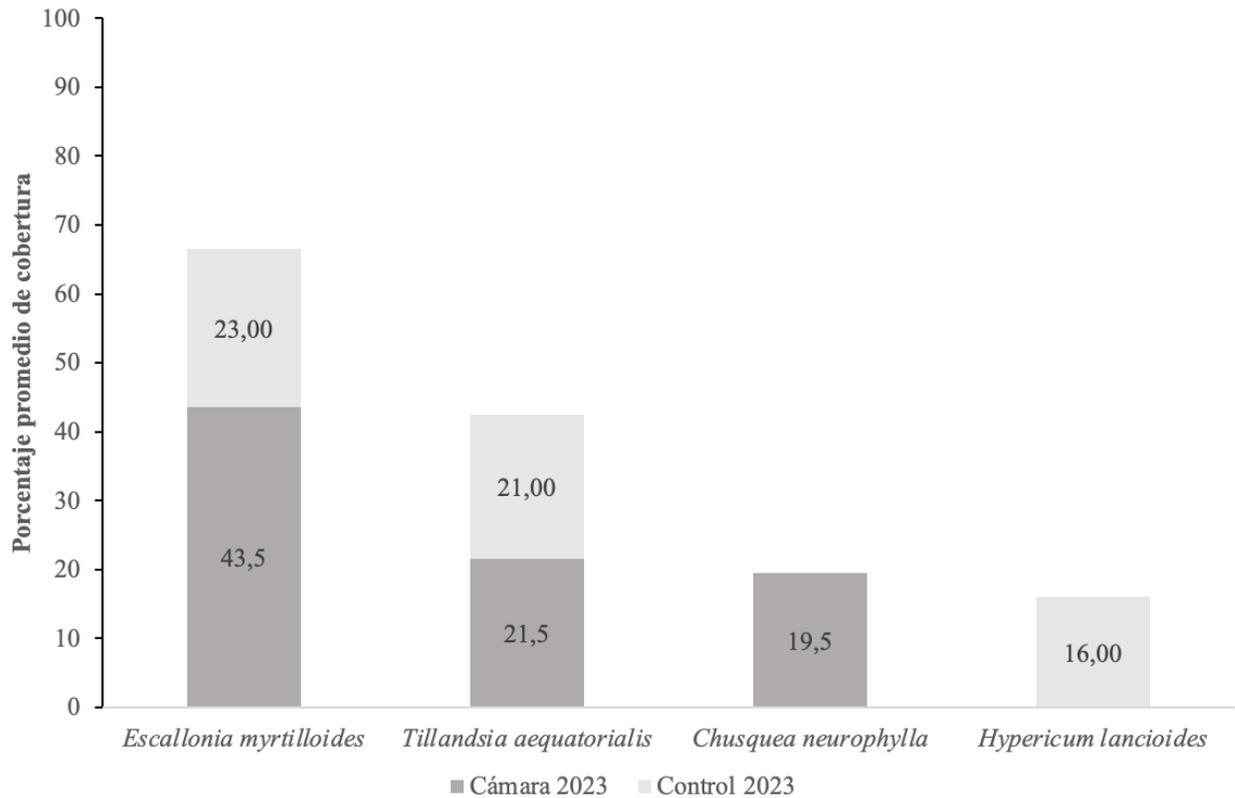


Figura 6. Porcentaje promedio de la cobertura vegetal de seis especies en el remonitoreo 2023.

6.1.2. Composición florística

En el área de estudio, en el 2023 se registró 51 especies, 38 géneros y 23 familias, de las cuales 33 especies con 575 individuos pertenecen a la CIA y 36 especies con 409 individuos a la CIB. Las familias con mayor número de especies dentro de las cámaras hexagonales fueron Ericaceae (13), Blechnaceae (10) y Asteraceae (9), mientras que en las parcelas control fueron Ericaceae (13), Asteraceae (12) y Poaceae (7).

Al evaluar la abundancia se observó que el número de individuos estadísticamente no presentó diferencias significativas entre los monitoreos y las parcelas dentro de la cámara hexagonal y control. Sin embargo, para las parcelas dentro de las cámaras hexagonales y control los resultados muestran una tendencia a aumentar la abundancia (Figura 7).

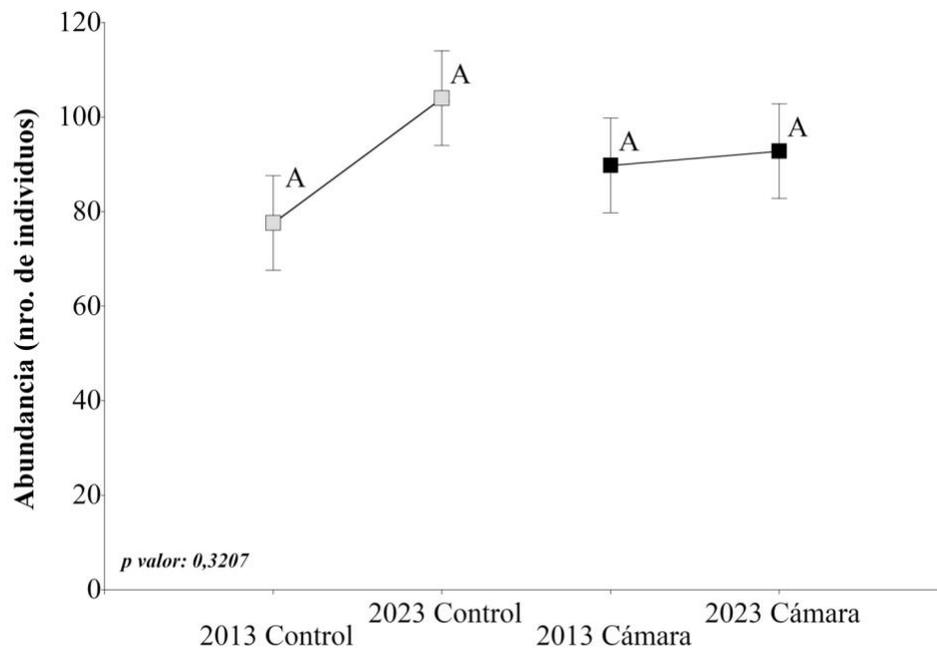


Figura 7. Análisis de varianza de la abundancia de especies de acuerdo al tratamiento y periodo monitoreado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas.

En lo referente a la riqueza no se encontraron diferencias estadísticas significativas de especies entre el año 2013 y 2023 para las parcelas dentro de las cámaras hexagonales y control (Figura 8).

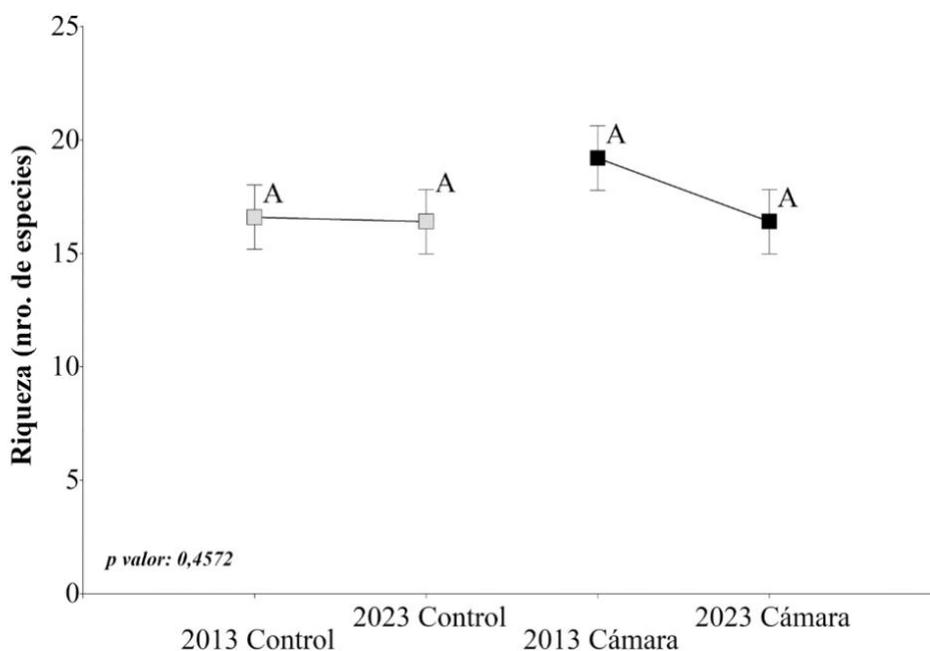


Figura 8. Análisis de varianza de la riqueza de especie de acuerdo al tratamiento y periodo monitoreado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas.

Durante el monitoreo del 2013 se registró un total de 49 especies dentro de las cámaras hexagonales y parcelas de control, de las cuales 18 no se lograron registrar en el 2023, pero se encontró 20 especies nuevas, con un total de 51 especies registradas en ambos tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Especies registradas en el 2013 y 2023 en las parcelas dentro de las cámaras hexagonales y parcelas control en el área de estudio

Especie	Monitoreo 2013		Monitoreo 2023	
	Tratamiento		Tratamiento	
	Cámara hexagonal	Control	Cámara hexagonal	Control
<i>Ageratina cutervensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.			x	x
<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schldl.	x	x		x
<i>Blechnum lima</i> Rosenst.			x	x
<i>Blechnum auratum</i> (Fée) R.M. Tryon & Stolze		x	x	
<i>Blechnum cordatum</i> (Desv.) Hieron.	x	x	x	x
<i>Bomarea brachysepala</i> Benth.			x	x
<i>Bomarea dissitifolia</i> Baker		x		
<i>Bomarea distichifolia</i> (Ruiz & Pav.) Baker			x	x
<i>Bomarea setacea</i> (Ruiz & Pav.) Herb.	x	x	x	x
<i>Calamagrostis macrophylla</i> Pilg. (Pilg.)	x	x	x	x

<i>Chusquea neurophylla</i> L.G. Clark	X	X	X	X
<i>Clethra ovalifolia</i> Turcz.			X	
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.		X		
<i>Cortaderia bifida</i> Pilg.			X	
<i>Disterigma acuminatum</i> (Kunth) Nied.	X	X		
<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Drude			X	X
<i>Epidendrum</i> sp.	X			
<i>Eriocaulon microcephalum</i> Kunth	X	X		
<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.	X	X	X	X
<i>Gaultheria erecta</i> Vent.			X	
<i>Gaultheria reticulata</i> Kunth			X	X
<i>Geranium loxense</i> Halfdan-Niels.	X	X	X	X
<i>Gomphichis caucana</i> Schltr.	X			
<i>Gomphichis</i> sp.			X	X
<i>Gynoxys buxifolia</i> (Kunth) Cass.	X			
<i>Gynoxys cuicochensis</i> Cuatrec.			X	
<i>Gynoxys miniphylla</i> Cuatrec.	X		X	X
<i>Halenia weddelliana</i> Gilg		X		
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	X	X	X	
<i>Hieracium frigidum</i> Wedd.	X	X	X	X
<i>Huperzia austroecuadorica</i> B. Øllg.			X	X
<i>Huperzia kuesteri</i> (Nessel) B. Øllg.	X			
<i>Huperzia loxensis</i> B. Øllg.			X	
<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	X	X		
<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.	X	X	X	X
<i>Lycopodium clavatum</i> L.	X	X		
<i>Lycopodium vestitum</i> Desv. ex Poir.	X	X	X	X
<i>Miconia cf. cladonia</i> Gleason	X			
<i>Miconia chionophila</i> Naudin	X			
<i>Miconia dodsonii</i> Wurdack	X			X
<i>Miconia ligustrina</i> (Sm.) Triana	X		X	
<i>Miconia</i> sp.			X	X
<i>Mikania brachyphylla</i> Hieron.		X		
<i>Muehlenbeckia tamnifolia</i> (Kunth) Meisn.		X	X	
<i>Chusquea asymmetrica</i> (L.G. Clark) L.G. Clark	X	X		X
<i>Niphogeton dissecta</i> (Benth.) J.F. Macbr.	X			
<i>Oreobolus goeppingeri</i> Suess.	X			X
<i>Oritrophium peruvianum</i> (Lam.) Cuatrec.	X	X	X	X
<i>Oxalis elegans</i> Kunth	X	X	X	
<i>Oxalis spiralis</i> Ruiz & Pav. ex G. Don	X	X	X	X
<i>Pentacalia myrsinites</i> (Turcz.) Cuatrec.				X
<i>Pernettya prostata</i> (Cav.) DC.	X	X	X	X
<i>Pitcairnia pungens</i> Kunth			X	
<i>Polypodium</i> sp.	X	X		
<i>Polypodium subandinum</i> Sodiro			X	X
<i>Puya maculata</i> L.B. Sm.	X	X	X	X
<i>Puya nitida</i> Mez			X	
<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler	X	X	X	X
<i>Senecio</i> sp.			X	X
<i>Senecio tephrosioides</i> Turcz.	X		X	X
<i>Sisyrinchium tinctorium</i> Kunth	X		X	X
<i>Thelypteris euthytrix</i> A.R. Sm.			X	X
<i>Thelypteris</i> sp.	X			
<i>Tillandsia aequatorialis</i> L.B. Sm.	X	X	X	X
<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	X	X	X	X

<i>Valeriana convallarioides</i> (Schmale) B.B. Larsen	x	x	x	x
<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	x		x	x
<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth		x	x	
<i>Xyris subulata</i> Ruiz & Pav.	x			

*X: indica la presencia de la especie para el monitoreo y dentro de las parcelas de las cámaras hexagonales y parcelas control

6.1.3. Índice valor de importancia de las especies registradas

Las especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) registradas en el 2013 fueron diferentes a las del remonitoreo en el 2023. Los resultados de los monitoreos muestran a especies en el primer monitoreo como *Chusquea asymmetrica* y *Disterigma acuminatum* con mayor IVI, estas especies ya no tienen valores altos de importancia ecológica en el remonitoreo. En el remonitoreo, existen especies como *Calamagrostis macrophylla* y *Hypericum lancioides* que son importantes en las parcelas de control, mientras que *Escallonia myrtilloides* y *Blechnum lima* son las especies con mayor IVI en las parcelas de las cámaras hexagonales, estas especies presentan un aumento en el IVI para el remonitoreo (Tabla 3).

Tabla 3. Especies vegetales con mayor IVI en las parcelas de control y cámara hexagonal en el año 2013 y 2023.

Especie	Familia	IVIs (%)			
		2013		2023	
		Cámara	Control	Cámara	Control
<i>Chusquea asymmetrica</i> L.G. Clark) L.G. Clark	Poaceae	8,96	8,86		
<i>Disterigma acuminatum</i> (Kunth) Nied.	Ericaceae	7,56	9,93		
<i>Calamagrostis macrophylla</i> Pilg. (Pilg.)	Poaceae	7,41			10,05
<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.	Clusiaceae	5,49	6,69		7,34
<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.	Grossulariaceae		6,83	9,67	6,50
<i>Blechnum lima</i> Rosenst.	Blechnaceae			6,25	
<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeckeler	Poaceae			5,76	
<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Drude	Ericaceae			5,62	6,72

Las especies con menor índice de valor de importancia (IVI) registradas en el 2013 fueron diferentes a las del remonitoreo en el 2023. Los resultados de los monitoreos muestran a

especies en el primer monitoreo como *Halenia weddelliana* y *Bomarea dissitifolia* con menor IVI. En contraste, en el remonitoreo, existen especies como *Gynoxys miniphylla* y *Bomarea brachysepala* registradas en las parcelas de las cámaras hexagonales, mientras que *Gaulteria reticulata* y *Bomarea distichifolia* son las especies con menor IVI en las parcelas de control (Tabla 4).

Tabla 4. Menor IVIs de las especies de las parcelas de control y cámara hexagonal en el año 2013 y 2023.

Especie	Familia	IVIs (%)			
		2013		2023	
		Cámara	Control	Cámara	Control
<i>Polypodium</i> sp.	Polypodiaceae	0,57			
<i>Gomphichis caucana</i> Schltr.	Orchidaceae	0,56			
<i>Halenia weddelliana</i> Gilg	Gentianaceae	0,55			
<i>Epidendrum</i> sp.	Orchidaceae	0,55			
<i>Blechnum auratum</i> Fée) R.M. Tryon & Stolze	Blechnaceae		0,74		
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Rosaceae		0,68		
<i>Geranium loxense</i> Halfdan-Niels.	Geraniaceae		0,67		
<i>Bomarea dissitifolia</i> Baker	Alstromeliaceae		0,65		
<i>Bomarea setacea</i> (Ruiz & Pav.) Herb.	Alstromeliaceae			0,66	
<i>Senecio</i> sp.	Asteraceae			0,66	
<i>Bomarea brachysepala</i> Benth.	Alstromeliaceae			0,61	
<i>Gynoxys miniphylla</i> Cuatrec.	Asteraceae			0,61	
<i>Pentacalia myrsinites</i> (Turcz.) Cuatrec.	Asteraceae				0,70
<i>Ageratina cutervensis</i> (Hieron) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae				0,68
<i>Bomarea distichifolia</i> (Ruiz & Pav.) Baker	Alstromeliaceae				0,67
<i>Gaulteria reticulata</i> Kunth	Ericaceae				0,64

6.2. Diferencias en la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo por el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus

6.2.1. Diversidad alfa

Las parcelas presentaron una diversidad media de acuerdo con el índice de Shannon (Figura 9), con un valor promedio de 2,34 y 2,46 para el año 2013 y 2023 respectivamente.

El análisis de varianza mostró que estadísticamente no existen diferencias significativas entre ambos años y la diversidad entre las cámaras hexagonales y control. Pese a no existir diferencias estadísticas se observó un leve incremento en sus valores de diversidad.

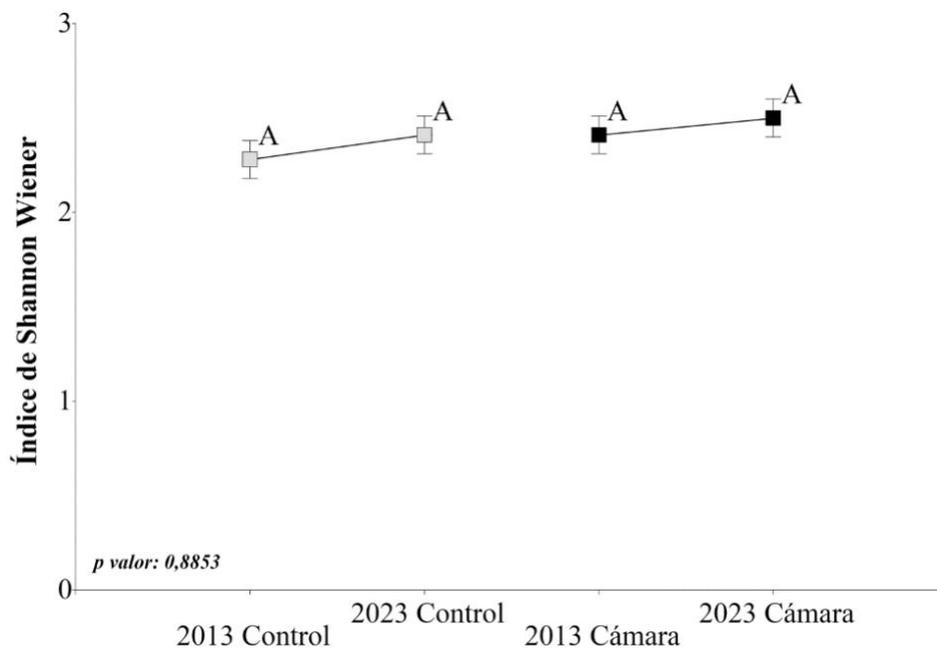


Figura 9. Análisis de varianza del Índice de Shannon de acuerdo al tratamiento y periodo monitoreado. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas.

6.2.2. Diversidad beta

El Índice de Sorensen (Figura 10) indicó que existe un valor de similitud de especies cercano al 50 % entre las parcelas de control y con cámara hexagonal para el año 2013 y 2023, pero no hubo diferencias estadísticamente significativas con un valor de *p* mayor a 0,05.

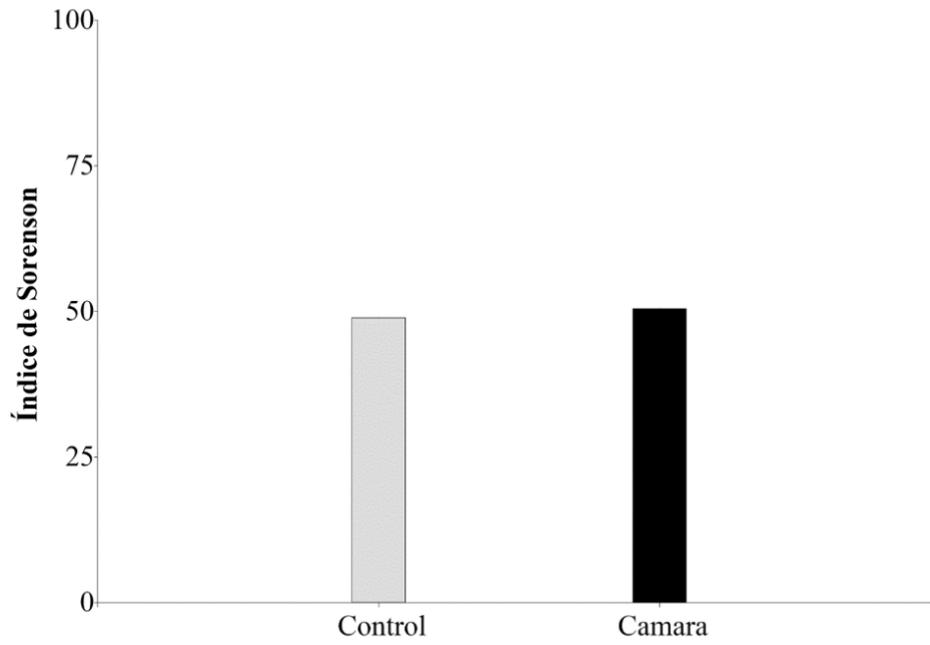


Figura 10. Análisis de varianza del Índice de Sorenson para las parcelas en las cámaras hexagonales y parcelas de control entre el monitoreo 2013 y 2023.

7. Discusión

7.2. Cambios en los parámetros estructurales de especies vegetales de páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus

El páramo del sur del Ecuador posee una alta diversidad en comparación al páramo del centro – norte del país. Esta alta diversidad está influenciada por variaciones en los factores abióticos, como por una mayor precipitación y temperatura y menor radiación directa e incidencia de vientos, debido a su ubicación dentro de la deflexión de Huancabamba, esto ocasiona una barrera natural de distribución de especies (Paladines, 1997; Lozano et al., 2008; Samaniego-Rojas et al., 2015). Además de su importancia biológica brinda servicios ecosistémicos como provisión de agua y fijación de carbono (Cunalata et al., 2013).

En el área de estudio las plantas vasculares cubren en promedio el 83,80 % de las cámaras hexagonales y el 68,60 % de las parcelas de control, valores similares a los de Eguiguren et al. (2015) y Urgiles et al. (2018), que indican la presencia de plantas vasculares dentro de su área muestreada en un 82 y 79 % respectivamente.

Se registró una diversidad de 51 especies, 38 géneros y 23 familias, lo que se contrasta con la información registrada por estudios como de Eguiguren et al. (2015) realizado en el sector Cajanuma dentro del Parque Nacional Podocarpus (PNP), el cual indica la presencia de 87 especies y 34 familias en 48 parcelas de 1 m². Por otro lado, Urgiles et al. (2018) en su estudio en el mismo sitio, registró 66 especies, 49 géneros y 32 familias en 30 parcelas de 1 m². La diferencia a estos resultados se debe a que la intensidad de muestreo fue mayor en esos estudios; en cambio, en la Reserva de Producción Faunística Chimborazo se encontró un total de 46 especies, 36 géneros y 20 familias, resultados que coinciden con la presente investigación (Caranqui et al., 2016). Por otra parte, las familias con mayor número de especies fueron Asteraceae, Ericaceae y Poaceae, estos resultados son similares a los que registró Caranqui et al. (2016) que menciona a Asteraceae, Poaceae y Geraniaceae como las familias más importantes de acuerdo al número de especies; además Urgiles et al. (2018) también reportó la familia Asteraceae.

7.3. Diferencias en la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo por el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus

La respuesta de la vegetación ante el incremento inducido de la temperatura se ha evidenciado levemente en su composición y sin diferencias estadísticas significativas, al comparar los monitoreos 2013 al 2023. Estudios similares con cámaras hexagonales en el sitio piloto de Sumapaz del páramo de Colombia muestran que los arbustos aumentaron el 23 % dentro de las cámaras hexagonales y un 19 % en las parcelas de control, mientras que las gramíneas presentaron una reducción en su pérdida de porcentaje de cobertura en las cámaras hexagonales (0,9 %) y en las parcelas de control (6 %) (Lasso et al., 2021). Sin embargo, al analizar de manera individual las especies arbustivas, si se evidenció un aumento de la cobertura de la especie arbustiva *Escallonia myrtilloides* y de la hierba *Rhynchospora vulcani*, tanto dentro como fuera de las cámaras hexagonales. Estos resultados concuerdan con Hamid et al. (2020), quien observó un aumento en la cobertura de arbustos y gramíneas con temperaturas más cálidas.

Un aumento en la vegetación de gramíneas o matas puede deberse a tres factores como menciona Duchicela et al. (2021): las matas tienen características específicas que les permiten volverse dominantes; el ambiente generado dentro de las cámaras favorece el desarrollo de este tipo de vegetación; y, las matas si bien son favorecidas en un inicio, estas pueden ser reemplazadas por especies arbustivas y leñosas en un futuro, lo cual podría explicar el aumento de la cobertura vegetal de estas últimas. Las especies *Blechnum lima*, *Blechnum auratum*, *Huperzia austroecuadorica*, *Huperzia loxensis* y *Thelypteris euthytrix* son nuevas dentro de las cámaras hexagonales, factor que puede deberse a su síndrome de dispersión a través de esporas, así como *Clethra ovalifolia* que dispersa sus semillas por el viento. (Tejero-Diez et al., 2011; García, 1991)

Por otro lado, los cambios de temperatura inciden en todos los procesos químicos y biológicos, por lo que para entender este fenómeno se debe comprender los efectos indirectos resultantes de las interacciones entre procesos afectados directamente por el cambio ambiental, estas interacciones llevan a respuestas positivas o negativas que pueden variar entre ecosistemas dependiendo de las especies dominantes y sus interacciones, así como el entorno que los rodea (Shaver et al., 2000).

En el estudio no se observó diferencias significativas en cuanto a la riqueza de especies tanto a nivel de parcelas, dentro y fuera de las cámaras hexagonales, así como entre los datos registrados en el año 2013 y 2023. Estos resultados coinciden con los obtenidos en otros

estudios realizados en regiones alpinas/tundra, donde evidenciaron la tendencia de disminuir la riqueza (Yang et al., 2018), y en un estudio realizado en la Reserva Yanacocha durante un periodo de siete años, el cual no se observa diferencias significativas en los valores de la diversidad de especies cuando se toma en cuenta los datos registrados para cada año (Duchicela et al., 2021). En contraste con lo anterior, Steinbauer et al. (2018), encontró un aumento de la riqueza de especies en nueve regiones de Europa durante 145 años, efecto que lo relaciona principalmente con el cambio de temperatura. Sin embargo, Steinbauer et al. (2020) tras 20 años de seguimiento, mostró que los aumentos de la riqueza de especies registrados anteriormente en los Alpes estaban siendo ralentizados debido a la desaparición de especies, especialmente de aquellas adaptadas al frío.

8. Conclusiones

- El porcentaje de plantas vasculares se ha mantenido en el periodo 2013-2023, con una leve disminución en las parcelas de control y un aumento en las parcelas con cámara hexagonal, mientras que la abundancia de individuos tuvo un incremento, sin embargo, estas variables no presentaron diferencias significativas.
- Los índices de diversidad de ambos periodos de tiempo mostraron que existe una diversidad media dentro de las parcelas monitoreadas, tanto dentro como fuera de las parcelas con cámara hexagonal, aunque muestra una tendencia a disminuir con el paso del tiempo.
- Los parámetros estructurales de la vegetación y diversidad de especies vegetales registrados en los años 2013 y 2023 mostraron que no existen diferencias significativas, tanto para el tratamiento con cámara hexagonal que induce el incremento de la temperatura ambiental y para las parcelas de control, sin embargo, se pudo evidenciar un recambio de especies de aproximadamente el 50 %, con un aumento en el porcentaje de cobertura de arbustos, donde sobresalen *Escallonia myrtilloides* y *Rhynchospora vulcani*; esto podría sugerir cambios importantes dentro de la composición de especies por efecto de un aumento de temperatura.

9. Recomendaciones

- Continuar con el monitoreo a largo plazo de las parcelas para identificar los posibles cambios en la vegetación del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus y del sur del Ecuador, ante el cambio inducido de la temperatura manteniendo la metodología implementada.
- Fomentar los estudios sobre las especies vegetales en el mismo sitio y extender las investigaciones a otros sitios de la región sur del Ecuador donde se encuentre el ecosistema páramo, para así analizar otros contextos y poder confirmar o ampliar los resultados de la presente investigación.

10. Bibliografía

- Aguirre-Mendoza, Z., Aguirre, N., Merino, B., & Ochoa, I. (2015). Los páramos del Parque Nacional Podocarpus: una aproximación a su diversidad ecosistémica y florística. En Aguirre et al. (Eds). *Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador* (pp. 65-101). <https://redgloria.condesan.org/recursos/cambio-climatico-biodiversidad-estudio-del-caso-los-paramos-del-parque-nacional-podocarpus-ecuador/>
- Aguirre, Z. (2019). Guía de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja. Loja. Ecuador. <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/guia-para-medir-la-biodiversidad-octubre-7-2011.pdf>
- Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., León-Yáñez, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., Cárdenas, A., Velástegui, A. (2009). *Distribución Espacial, Sistemas Ecológicos y Caracterización Florística de los Páramos en el Ecuador*. EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino y Herbario QCA. Quito. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43576.pdf>
- Fedesarrollo (2013). *Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán*, Centro de Investigación Económica y Social. Bogotá. https://repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/332/Repor_Febrero_2013_Garcia.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Camacho, M. (2013). *Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*. <https://doi.org/10.29166/anales.v1i372.1241>
- Caranqui, J., Lozano, P., y Reyes, J. (2016). Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador. *Enfoque UTE*, 7(1), 33–45. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n1.86>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2023). Acerca del cambio climático. <https://www.cepal.org/es/temas/cambio-climatico/acerca-cambio-climatico#:~:text=Se%20denomina%20cambio%20clim%C3%A1tico%20a,transporte%20entre%20otros%20como%20consecuencia>
- Chicaiza, L., Maldonado, P., Regalado, H., Zapata, A. (2002). *Gestión colectiva de páramos y construcción de propuestas para el manejo de zonas de altura*. Consorcio

- CAMAREN. Quito, Ecuador. <https://camaren.org/wp-content/uploads/2021/11/Gestion-Colectiva-de-Paramos.pdf>
- Cunalata, C., Inga, C., Recalde, C., Echeverría, M. (2013). Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades del Chimborazo y Shobol Ilinllin en Ecuador. *Boletín del Grupo Español del Carbón*. (27), 10-13. http://www.gecarbon.org/boletines/articulos/boletinGEC_027-A3.pdf
- Duchicela, S., Cuesta, F., Tovar, C., Muriel, P., Jaramillo, R., Salazar, E., y Pinto, E. (2021) Microclimatic Warming Leads to a Decrease in Species and Growth Form Diversity: Insights From a Tropical Alpine Grassland. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 9. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.673655>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. (2010). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Instituto de Ecología Aplicada [ECOLAP] y Ministerio del Ambiente [MAE]. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador. <http://blog.espol.edu.ec/ricardomedina/files/2009/03/37-portada20general20ultimas20pags.pdf>
- Eguiguren, P., Ojeda, T. (2009). Línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional-UNL <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5859/1/Eguiguren%20Velepucha%20Pa%c3%bal%20%26%20Ojeda%20Luna%20Tatiana.pdf>
- Eguiguren, P., Ojeda-Luna, T., y Aguirre, N. (2015). Patrones de diversidad florística a lo largo de la gradiente altitudinal del páramo del Parque Nacional Podocarpus. En Aguirre et al. (Eds). *Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Programa de biodiversidad y Servicios Ecosistémicos*. (pp 145-161). Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
- Farley, K. A., Anderson, W., Bremer, L. L., Harden, C. P. (2011). Compensation for ecosystem services: An evaluation of efforts to achieve conservation and

- development in Ecuadorian páramo grasslands. *Environmental Conservation*, 38(4), 393-405. <https://doi.org/doi:10.1017/S037689291100049X>
- Feeley, K., Silman, M. (2010). Land-use and climate change effects on population size and extinction risk of Andean plants. *Global Change Biology* 16(12), 3215-3222. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02197.x>
- Feo, O., Solano, E., Beingolea, L., Aparicio, M., Villagra, M., José Prieto, M., García, J., Jiménez, P., Betancourt, O., Aguilar, M., Beckmann, J., Gastañaga, M., Llanos - Cuentas, A., Osorio, A., y Silveti, R. (2009). Cambio climático y salud en la región andina. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 26(1), 83-92. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342009000100016&lng=es&tlng=es.
- García, A. (1991). La dispersión de las semillas. *Ciencias*. 24, 3-6. <https://www.revistacienciasunam.com/es/172-revistas/revista-ciencias-24/1569-la-dispersi%C3%B3n-de-las-semillas.html>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [IPCC] (2021). El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf
- Hamid, M., Khuroo, AA., Malik, AH., Ahmad, R., Singh, CP., Dolezal J., y Haq, SM. (2020) Early Evidence of Shifts in Alpine Summit Vegetation: A Case Study From Kashmir Himalaya. *Frontiers in Plant Science*. 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00421>
- Halfpter, G., J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds.) (2005). *Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. Monografías*. Tercer Milenio. Zaragoza. http://sea-entomologia.org/PDF/M3M4/005_018_01_Significado.pdf
- Hofstede, R., Segarra, P. y Mena, P. (Eds.). (2003) *Los Páramos del Mundo*. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa J., Vásquez A. y Cerra M. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. UICN, Quito, Ecuador. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-025.pdf>

- Hofstede, R. (2004). El estado de salud de los páramos: un esfuerzo para relacionar la ciencia con la práctica de manejo sustentable. *Lyonia*. 6(1), 71-73. http://www.lyonia.org/articles/rbusmann/article_266/pdf/article.pdf
- Jost, L., & González-Oreja, J. (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta zoológica lilloana*. 56(1-2), 3-14. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Gonzalez-Oreja/publication/230634099_Midiendo_la_diversidad_biologica_mas_alla_del_indice_de_Shannon/links/09e4150a0c87396835000000/Midiendo-la-diversidad-biologica-mas-alla-del-indice-de-Shannon.pdf
- Lasso, E., Matheus-Arbeláez, P., Gallery, R. E., Garzón-López, C., Cruz, M., y Leon-García, I. (2021). Homeostatic response to three years of experimental warming suggests high intrinsic natural resistance in the Páramos to warming in the short term. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 9. 1-22. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.615006>
- Lozano, P., Bussmann, R., Kupers, M., y Lozano, D. (2008). Deslizamientos naturales y comunidades pionera de ecosistemas montanos al occidente del Parque Nacional Podocarpus (Ecuador). *Caldasia*. 30(1). 1-19. https://www.researchgate.net/publication/233936612_Deslizamientos_naturales_y_comunidades_pionera_de_ecosistemas_montanos_al_occidente_del_Parque_Nacional_Podocarpus_Ecuador_Natural_landslides_and_pioner_communities_in_the_Mountain_Ecosystems_of_Easte
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey.
- MAE y Proyecto GEF/PNUD/MAE. (2011). Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Ecuador. <https://unfccc.int/resource/docs/natc/ecunc2>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. [MAE] (2012). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf
- Ministerio del Ambiente [MAE] (2015). Sistema Nacional de Áreas protegidas del Ecuador. Parque Nacional Podocarpus. <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/areas-protegidas/parque-nacional-podocarpus>

- Mena P., Medina G. y Hofstede R. (eds.). (2001). *Los páramos del Ecuador: Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Abya Yala/Proyecto Páramo. Quito, Ecuador.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. (1ra Ed). M&T–Manuales y Tesis SEA. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- NASA (23 de febrero de 2023). Las causas del cambio climático. Global Climate Change - Vital Signs of the Planet <https://climate.nasa.gov/en-espanol/datos/causas/>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2023). Causas y efectos del cambio climático. Naciones Unidas – Acción por el clima. <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change>
- Paladines, R. (1997). Conferencia Electrónica “Estrategias para la Conservación y Desarrollo Sostenible de Páramos y Punas en la Ecorregión Andina: Experiencias y Perspectivas”. Particularidades de los Páramos del sur de Ecuador. <http://infoandina.org/infoandina/es/content/particularidades-de-los-p%C3%A1ramos-del-sur-de-ecuador>
- Pauli, H., Gottfried M., Dirnbock T., Dullinger S. y Grabherr G. (2003). *Assessing the long-term dynamics of endemic plants at summit habitats*. www.gloria.ac.at.
- Pauli, H., Gottfried, M., Lamprecht, A., Niessner, S., Rumpf, S., Winkler, M., Steinbauer, K., & Grabherr, G. (2015). *Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA. Aproximación al Estudio de las cimas. Método básico, complementarios y adicionales*. (5th ed.).
- Samaniego-Rojas, N., Eguiguren, P., Maita, J., y Aguirre, N. (2015). Clima de la Región Sur el Ecuador: historia y tendencias. En Aguirre et al. (Eds). *Cambio climático y Biodiversidad: Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Programa de biodiversidad y Servicios Ecosistémicos*. (pp 43-63). Universidad Nacional de Loja. Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/299426281_Clima_de_la_Region_Sur_el_Ecuador_historia_y_tendencias
- Shaver, G., Canadell, J., Chapin, F., Gurevitch, J., Harte, J., Henry G., Ineson, P., Jonasson, S., Melillo, J., Pitelka, L. y Rustad L. (2000). Global Warming and Terrestrial Ecosystems: A Conceptual Framework for Analysis: Ecosystem responses to global

- warming will be complex and varied. Ecosystem warming experiments hold great potential for providing insights on ways terrestrial ecosystems will respond to upcoming decades of climate change. Documentation of initial conditions provides the context for understanding and predicting ecosystem responses. *BioScience*. 50 (10), 871-882. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0871:GWATEA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0871:GWATEA]2.0.CO;2)
- Steinbauer, K., Lamprecht, A., Semenchuk, P., Winkler, M., and Pauli, H. (2020). Die back and expansions: species-specific responses during 20 years of amplified warming in the high Alps. *Alpine Botany*. 130 (4), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00035-019-00230-6>
- Steinbauer, M., Grytnes, J., Jurasinski, G., Kulonen, A., Lenoir, J., Pauli, H., Rixen, C., Winkler, M., Bardy-Durchhalter, M., Barni, E., Bjorkman, A., Breiner, F., Burg, S., Czortek, P., Dawes, M., Delimat, A., Dullinger, S., Erschbamer, B., Felde, V., y Fernández-Arberas, O. (2018). Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*. 556, 231–234. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0005-6>
- Tejero-Díez, D., Torres-Díaz, A., Mickel, J., Mehlreter, K., y Krömer, T. (2011). Helechos licopodios. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). (2011). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México https://www.researchgate.net/publication/259310756_Helechos_y_licopodios
- Urgiles, N., Cofre, D., Loján, P., Maita, J., Álvarez, P., Báez, S., Tamargo, E., Eguiguren, P., Ojeda-Luna, T., y Aguirre, N. (2018). Diversidad de plantas, estructura de la comunidad y biomasa aérea en un páramo del sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*. 8(1). 44-56. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/403>
- Villareal H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M y Umaña, A. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31419/63.pdf?seq>

Yang, Y., Halbritter, A., Klanderud, K., Telford, R., Wang, G., y Vandvik, V. (2018).
Transplants, Open Top Chambers (OTCs) and gradient studies ask different questions
in climate change effects studies. *Frontiers in Plant Science*. 9.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01574>

11. Anexos

Anexo 1. Hoja de campo para registro de especies.

Formulario 2		Cuadrado de 1 m ²	
Código de país ¹⁾ :		Fecha:	
Código de zona piloto ¹⁾ :		Hora inicio muestreo:	hasta:
Código de cima ¹⁾ :		Investigadores:	
Código de cuadrado ¹⁾ :			

Cobertura por tipos de superficie (%) ⁴⁾		Contactos ⁹⁾	Total ¹⁰⁾
Plantas vasculares			
Roca			
Piedra suelta/glera			
Líquenes en el suelo no cubiertos por pl. vasc.			
Briófitos en el suelo no cubiertos por pl. vasc.			
Suelo desnudo			
Hojarasca			
	100%		

Comentarios generales en el cuadrado:

Subtipos en % de tipos de cobertura ⁵⁾			
Líquenes bajo plantas vasculares		Briófitos bajo plantas vasculares	
Líquenes sobre roca		Briófitos sobre roca	
Líquenes sobre piedra suelta/glera		Briófitos sobre piedra suelta/glera	

Cobertura de las plantas vasculares (%)⁶⁾

Especies	cf. ⁷⁾	% cobertura ⁶⁾	Contactos ⁹⁾	Total ¹⁰⁾
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				

	Suma de coberturas ⁸⁾ :		Indique si ha usado más hojas (p. ej.: 1/2, 2/2, etc.)
Número total de especies de plantas vasculares:			

Véanse notas aclaratorias detrás

Anexo 2. Parcela 1 OTCs CIA NE.



Anexo 3. Certificado de traducción del resumen

Loja, 25 de Abril, 2024

Yo, Mgtr. Marcela Angelita Ocampo Jaramillo, portadora de la cédula de identidad Nro. 1103125231, Coordinadora y Docente del Departamento de Idiomas de la Universidad Nacional de Loja, con título de Licenciada en Ciencias de la Educación, especialidad inglés, número de registro de SENESCYT 1031-07-755014; y Master en Gerencia y Liderazgo Educacional con número de registro SENESCYT 1031-14-86047597.

CERTIFICO:

Que la traducción al idioma inglés del resumen del Trabajo de Titulación, denominado **“Cambios en los parámetros ecológicos y la diversidad de especies vegetales del ecosistema páramo ante el incremento inducido de la temperatura ambiental en el Parque Nacional Podocarpus”**, perteneciente al egresado **César Enrique González Romero** con Nro. de cédula **1104879844**, corresponde al texto original en español.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al interesado hacer uso del presente en lo que ella creyera conveniente.



Firmado electrónicamente por:
**MARCELA ANGELITA
OCAMPO JARAMILLO**

Mgtr. Marcela Ocampo Jaramillo

Docente de Inglés