

UCUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

Análisis de la diversidad florística y suelos en relación al impacto del pastoreo en páramos herbáceos de la subcuenca del río San Francisco. Shaglli-Azuay

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Autores:

Tatiana Alexandra Garcés Barros

CI:0106543358

Correo electrónico: Tatty-g1@hotmail.com

Favio Alexander Jiménez Arpi

CI:0105439475

Correo electrónico: favioj.arpi@gmail.com

Director:

Andrés Eduardo Arciniegas Fárez

CI:0104158613

Cuenca, Ecuador

26-enero-2023

Resumen

Los páramos juegan un papel importante como reguladores hídricos y diversas funciones. Su principal amenaza para su deterioro está el incremento de ganadería en estas zonas, siendo el ganado los principales causantes de la pérdida de la diversidad florística y compactación del suelo. Estos daños provocados merecen ser evaluados para tomar acciones en su protección. Se desarrolló esta investigación en los páramos de Puculcay y Huertas (Shaglli): teniendo como objetivo estimar la diversidad florística y el impacto al suelo en páramos no intervenidos y en páramos intervenidos con pastoreo, para ello se implementó 40 parcelas de estudio: 20 en páramos no intervenidos y 20 en intervenidos, estos sitios fueron distribuidos en pisos altitudinales de entre 3430 a 4092 m s.n.m. En los sitios de muestreo se tomaron muestras de suelos para determinar Materia Orgánica (MO), Densidad Aparente (DA), Infiltración, pH, Conductividad Eléctrica (CE) y macronutrientes y a su vez se realizó conteo de plantas para determinar diversidad alfa beta y gama y su correlación. Teniendo resultados de DA en páramos no intervenidos 1,183 g/cm³, mientras que en intervenidos 1,508. En el pH ambas zonas presentan suelos ácidos con promedios de 4,87. El valor promedio de MO en ambas zonas es de 18,7 siendo suelos con alto contenido de MO. Las 40 parcelas estudiadas presentan valores por debajo de 1 mS/cm en CE. La infiltración en páramos protegidos presenta valores más bajos de 0,25 cmh⁻¹. Los resultados de diversidad florística se obtuvieron 31 especies en páramos no intervenidos mientras que en páramos intervenidos un total de 35, lo que nos da a conocer una riqueza y abundancia mayor en páramos no intervenidos, además una diversidad beta de un 55 % de similitud en especies entre las dos áreas, a su vez una diversidad gamma del 81 % que se encuentra diverso en toda la comunidad estudiada.

Palabras claves: Composición florística. Diversidad. Riqueza. Abundancia. Propiedades edáficas.

Abstract

The paramos play an important role as water regulators and various functions. Its main threat to its deterioration is the increase in livestock in these páramos, with livestock being the main cause of the loss of floristic diversity and soil compaction. These caused damages deserve to be evaluated in order to take actions to protect them. This research was developed in the paramos of Puculcay and Huertas (Shaglli): with the objective of estimating the floristic diversity and the impact on the soil in non-intervened páramos and in intervened páramos with grazing, for this, 40 study plots were implemented: 20 in non-intervened páramos and 20 in intervened, these sites were distributed in altitudinal floors between 3430 to 4092 m a.s.l. Soil samples were taken at the sampling sites to determine Organic Matter (OM), Apparent Density (DA), Infiltration, pH, Electrical Conductivity (EC) and macronutrients, and at the same time, plant counts were carried out to determine alpha beta and gamma diversity and its correlation. Having DA results in non-intervened páramos 1,183 g/cm³, while in intervened 1,508. In the pH, both zones present acidic soils with averages of 4.87. The average OM value in both zones is 18.7, being soils with high OM content. The 40 plots studied show values below 1 mS/cm in CE. Infiltration in protected páramos presents lower values of 0.25 cmh⁻¹ de. The results of floristic diversity averages of 20 species were obtained in non-intervened páramos while in intervened páramos a total of 9, which reveals a greater richness and abundance in non-intervened páramos, in addition to a beta diversity of 55% of similarity in species between the two páramos, in turn a range diversity of 81% that is diverse throughout the community studied.

Keywords: Floristic composition. Diversity. Richness. Abundance. Soil properties

Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo general	15
2.2 Objetivos específicos	15
3. HIPOTESIS	15
4. REVISIÓN DE LITERATURA	16
4.1 El ecosistema páramo	16
4.2 Características de los páramos del Ecuador	18
4.3 Clasificación de los páramos en Ecuador	19
4.4 Páramos arbustivos	20
4.5 Páramos herbáceos	21
4.6 Tipos de suelos en los páramos	21
4.7 Variables para análisis de suelos	23
4.7.1 Densidad aparente del suelo (DA)	23
4.7.2 pH del suelo	24
4.7.3 Materia orgánica del suelo (MOS)	24
4.7.4 Conductividad eléctrica (CE)	25
4.7.5 Infiltración del agua	25

5. MATERIALES Y MÉTODOS	26
5.1 Materiales	27
5.2 Métodos	28
5.2.1 Metodología del objetivo específico 1	28
5.2.2 Metodología del objetivo específico 2	30
5.2.3 Metodología del objetivo específico 3	31
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
6.1 Composición florística y diversidades (objetivo 1)	31
6.2 DA, MO, pH, CE, Infiltración del suelo (objetivo 2)	40
6.3 Relación entre parámetros edáficos con la vegetación (objetivo 3)	48
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
7.1 Conclusiones	54
7.2 Recomendaciones	56
8. BIBLIOGRAFIA	56
9. ANEXOS	59
Índice de Figuras	

Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio	27
Figura 2. Escalamiento multidimensional no métrico (Bray-Curtis) para medición de similitud en la composición florística en los dos sitios de estudio áreas intervenidas y áreas no intervenidas en las comunidades de Puculcay y Huertas (Shaglli)	34
Figura 3. Diagrama de especies exclusivas y compartidas entre los dos sitios de investigación.....	35
Figura 4. Promedio de riqueza de especies \pm error estándar en el sitio de estudio registrados en 40 parcelas de 100m ² en páramos intervenidos y no intervenidos.....	36
Figura 5. Medias (\pm desviación estándar) para los índices de Shannon, Simpson.	36

Figura 6. Abundancia de especies vegetales según familias botánicas en los dos escenarios de estudio.	40
Figura 7. Curvas de acumulación de especies en relación a las parcelas registradas	41
Figura 8. Valores de densidad aparente (DA) en páramos intervenidos con pastoreo y no intervenidos.	42
Figura 9. Valores de pH en páramos intervenidos con pastoreo y no intervenidos.	43
Figura 10. Valores de macronutrientes en páramos intervenidos con pastoreo y no intervenidos.	44
Figura 11. Porcentajes de materia orgánica del suelo (MOS) en áreas intervenidas con pastoreo y no intervenidas.	45
Figura 12. Valores de conductividad eléctrica (CE) en suelos de áreas intervenidas con pastoreo y no intervenidas.	46
Figura 13. Valores de infiltración de agua en suelos de áreas intervenidas con pastoreo y no intervenidas	47
Figura 14. Valores de variables analizadas del suelo en áreas intervenidas y no intervenidas, en relación a diferentes altitudes.	50

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de los páramos según las formaciones ecológicas y nivel de precipitación anual.	20
Tabla 2. Materiales usados en el proceso investigativo.	28
Tabla 3. Escala de Braun Blanquet.	29
Tabla 4. Numero de familia, género y especies registradas en el sitio de estudio.	33
Tabla 5. Especies indicadoras de cada sitio: Páramo intervenido (1), Paramo no intervenido(2.	38
Tabla 6. Cálculos de diversidad beta y gama	41
Tabla 7. Promedio, SD y CV de las características físicas y químicas de los suelos en áreas intervenidas y áreas no intervenidas.	47
Tabla 8. Coeficientes de correlación de Spearman entre los parámetros edáficos: familia género y especies.	49

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Favio Alexander Jiménez Arpi en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Análisis de la diversidad florística y suelos en relación al impacto del pastoreo en páramos herbáceos de la subcuenca del río San Francisco. Shaglli-Azuay”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de enero del 2023



Favio Alexander Jiménez Arpi

C.I: 0105439475

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Tatiana Alexandra Garcés Barros en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Análisis de la diversidad florística y suelos en relación al impacto del pastoreo en páramos herbáceos de la subcuenca del río San Francisco. Shaglli-Azuay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 26 de enero del 2023

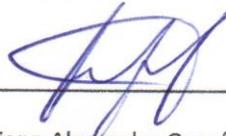


Tatiana Alexandra Garcés Barros

Cláusula de Propiedad Intelectual

Tatiana Alexandra Garcés Barros, autor/a del trabajo de titulación "Análisis de la diversidad florística y suelos en relación al impacto del pastoreo en páramos herbáceos de la subcuenca del río San Francisco. Shaglli-Azuay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 26 de enero del 2023



Tatiana Alexandra Garcés Barros

C.I: 0106543358

Cláusula de Propiedad Intelectual

Favio Alexander Jiménez Arpi, autor/a del trabajo de titulación “Análisis de la diversidad florística y suelos en relación al impacto del pastoreo en páramos herbáceos de la subcuenca del río San Francisco. Shaglli-Azuay”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 26 de enero del 2023



Favio Alexander Jiménez Arpi

C.I:0105439475

Agradecimiento

Expresamos nuestra gratitud a todos los docentes que nos han apoyado de una u otra manera y han sido nuestros guías para culminar la carrera, más aun queremos agradecer especialmente a nuestro director de tesis el Ingeniero Andrés E. Arciniegas Fárez por brindarnos su apoyo, conocimiento, tiempo y paciencia logrando así poder alcanzar nuestro propósito de llegar a ser Ingenieros Agrónomos. También agradecemos a la Universidad de Cuenca que nos dio la oportunidad de formarnos como profesionales sintiéndonos orgullosos de haber sido parte de la institución.

Tatiana Garcés & Favio Jiménez

Dedicatoria

Dedico este proyecto primeramente a Dios por darme la fortaleza y sabiduría que necesitaba para seguir adelante, también a mi familia y a la de mi esposo que me han ayudado de una u otra manera en esta larga etapa. Especialmente quiero dedicar y agradecer a mi esposo Adrián a mi hijo Keybin a mi ahijada Isabella, a mis padres Carlos y Dilma y mis hermanos Dayana y Carlos que han sido mi apoyo y mi inspiración para no rendirme y seguir en el proceso de obtener mi título profesional pensando siempre en darles un ejemplo para que ellos también cumplan con sus metas.

Tatiana Garcés

Dedico este trabajo a Dios por darme la capacidad y conocimiento que necesitaba para poder cumplir el propósito que me propuse, así como también quiero dedicar a todos mis familiares que me han apoyado de alguna manera a lo largo de la carrera.

Favio Jiménez

1. INTRODUCCIÓN

El páramo es un ecosistema de altura inmerso en un espacio geográfico, donde coexiste con otros sistemas como el bosque siempre verde del páramo, herbazal de páramo, herbazal húmedo subnival del páramo, arbustal siempreverde entre otros (MAE, 2013). Además, estos lugares desempeñan funciones como reguladores hídricos, almacenadores de carbono, albergan una alta diversidad biológica y endemismo vegetal (Caguana et al., 2020).

Los páramos son categorizados como uno de los sitios con mayor biodiversidad del mundo (Pauli et al., 2003). De acuerdo a lo manifestado por Camacho (2013), en Ecuador no se conoce el total de plantas que existen en los páramos. Sin embargo, las investigaciones de Sklenár et al., (2005) han estimado que en los páramos del Ecuador existen 1.524 especies; siendo para este ecosistema en relación a su el país, la flora más diversa de la región andina, porque contiene aproximadamente el 30% de las especies de plantas vasculares (Mena et al., 2011).

La biodiversidad y riqueza biológica en el ecosistema páramo, es un patrimonio importante y representa un potencial significativo del austro ecuatoriano; sin embargo, susceptible y amenazado por acciones permanentes de carácter antrópico y afecciones meteorológicas, las cuales evidencian el cambio climático, (López, 2012); menciona que este problema ya provoco una reducción de lluvias del 20%, asimismo en el Ecuador, la extinción de especies, muerte de comunidades y cambios de temperaturas.

Los páramos fueron afectados con la colonización, de manera progresiva con sus actividades destructivas, en estos ecosistemas andinos (Mena & Hofstede, 2006); entre las principales causas se encuentran el avance de la frontera agrícola, la ganadería, la quema y otros más.

Sin embargo, se ha estimado que la mitad de todos los páramos tienen un bajo estado de conservación (Mena & Hofstede, 2006). La ganadería, provoca repercusiones graves como la alteración paisajística, la pérdida de biodiversidad vegetal y la degradación del suelo en los páramos de pajonal (Mora et al., 2017).

Mientras que, en la estructura de la vegetación, produce efectos directos e indirectos sobre la dispersión, establecimiento, crecimiento y reproducción de plantas (Bregaglio et al., 2002).

El 26% de la superficie de la tierra, está intervenida con el pastoreo (FAO, 2015). La ganadería ha provocado daños en el crecimiento y desarrollo de la vegetación, debido a la elección de las plantas que realizan para alimentarse en los páramos (Molinillo & Monasterio, 2002). Además, el ganado al estar en constante pisoteo provoca la compactación del suelo y deja menos espacio poroso; por lo tanto, el páramo va perdiendo la capacidad de retención y almacenamiento de agua (Pinzon, 1993). El pastoreo extensivo con poco o nada de control en los animales, han tenido una gran contribución sobre la vegetación y el suelo de los páramos.

Estudios realizados, pudieron notar en los páramos del Ecuador que los páramos intervenidos, tanto por agricultura como ganadería intensiva y extensiva, representan más del 74% frente al 18% de ecosistemas en estado natural (Albán et al., 2011).

Varios lugares de páramos están dentro de áreas protegidas; por esta razón, permite inferir que estos poseen un alto grado de conservación y guardan una alta diversidad de especies. Sin embargo, otras se encuentran en propiedades privadas, donde la ganadería y actividades circundantes como la agricultura y la explotación forestal son evidentes (Hofstede, et al., 2003).

Ante ello, se torna muy interesante conocer el papel que están cumpliendo las áreas protegidas, en la conservación de la vegetación de los páramos. Bajo estos antecedentes, se debe evaluar y describir sus recursos naturales, donde se destacan la vegetación natural como parte estructural y que cumple funciones específicas; para que, en algún momento se pueda establecer planes adecuados de manejo y conservación.

Las plantas se distribuyen de acuerdo a ciertos factores. En un estudio realizado por Lozano et al., (2009), presenta que la geografía y el clima actúan como una barrera natural para la distribución de plantas; además, en la actualidad se ve afectada la agrupación de la vegetación por otra causa, como es el pastoreo. La humanidad pierde

el potencial de adaptar los ecosistemas a nuevos desafíos, como el crecimiento de la población y el cambio climático al aumentar la erosión de la biodiversidad y la ubicación de cada especie (FAO, 2018). Los suelos de los páramos generalmente son orgánicos y tienen limitantes para su uso en actividades que sometan al suelo a cargas o presiones fuertes y constantes, afectando la biodiversidad y las funciones ecológicas (Fernández, et al., 2019). Por ello, se trata de explicar los impactos de las actividades humanas, sobre las características edafológicas de este importante ecosistema; porque, el pisoteo del ganado es uno de los factores que provocan reducción de cubiertas vegetales originaria de los páramos, desencadenando una fuerte erosión y teniendo como consecuencia la pérdida de fuentes de agua, debido a la extinción de especies vegetales propias de estas zonas (MECN-INB, 2015).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Analizar la diversidad florística y características del suelo en relación al impacto del pastoreo en páramos herbáceos de la subcuenca del río San Francisco en las comunidades Puculcay y Huertas de la parroquia Shaglli, cantón Santa Isabel, provincia del Azuay.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar la composición florística, diversidad y abundancia de especies vegetales en páramos herbáceos intervenidos y no intervenidos ubicados en áreas protegidas.
- Determinar la densidad aparente (DA), pH, materia orgánica del suelo (MOS), conductividad eléctrica (CE) e infiltración del agua en el suelo en páramos intervenidos con pastoreo y no intervenidos.
- Explorar la relación existente entre parámetros edáficos y la vegetación.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Existen diferencias en la diversidad florística y características del suelo en los páramos herbáceos intervenidos con pastoreo y áreas protegidas de la subcuenca del río San Francisco en las comunidades Puculcay y Huertas de la parroquia Shaglli, cantón Santa Isabel, provincia del Azuay?

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. El ecosistema páramo

Los páramos como ecosistemas andinos, se ubican entre el límite superior de altura de los bosques andinos (entre 3.000 y 3.500 m s.n.m.) y el límite inferior de las nieves perpetuas (entre 4.800 y 5.000 m s.n.m.), toma lugar, en los Andes septentrionales y ecuatoriales, un medio particular: el páramo; En Ecuador los páramos cubren la parte superior de las dos cordilleras que corren en sentido norte-sur. La distribución de los páramos en escalonamientos alrededor de las cumbres andinas más altas produce una discontinuidad de ese medio (Podwojewski & Poulenard, 2000).

En tal entorno climático y altitudinal, se desarrolla un tipo de vegetación muy particular que presenta un alto grado de endemismo. Estos prados de altura (Neotropical alpine grasslands) dominados por gramíneas (formadoras de penachos) se enfrentan a temperaturas anuales bajas con una alta humedad, a pesar de las precipitaciones moderadas y una débil evaporación (Díaz et al., 2005). Los páramos son vitales para mantener la estabilidad de los ciclos climáticos e hidrológicos, y se encargan en mantener la provisión de servicios ecosistémicos de regulación y soporte (Vanegas & Salazar, 2020). En Ecuador, los páramos aseguran el aprovechamiento de agua, para la mayor parte de la población de la Sierra ecuatoriana (Narváez, 2018). En los páramos uno de los componentes destacados se encuentra la fijación y almacenamiento de carbono (Ayala et al., 2017).

La característica fundamental de los páramos, es almacenar y regular el agua que reciben de las precipitaciones y del descongelamiento de la nieve o hielo, los cuales

pueden encontrarse más arriba. Esta propiedad se debe principalmente a la gran acumulación de materia orgánica y a la morfología de ciertas plantas de páramo. (Mena et al., 2000). Así, el agua almacenada en los páramos es distribuida en sistemas lacustres, ríos y quebradas; luego, provee con más del 98% de agua para riego en la región andina del Ecuador (Buytaert et al., 2007).

Estos ecosistemas de altura, en el Ecuador representa un 7 % (18434.77 km²) de su territorio nacional y la mitad de esto se encuentra ya intervenido por actividades antrópicas (Beltrán et al., 2009). La ganadería y la agricultura provocan deterioro de la vegetación paramuna, siendo el pisoteo del ganado la causa de la compactación del suelo (Betancurt & Varon, 2006) y la pérdida de los recursos hídricos de forma irreversible (Lozano et al., 2016). Es por este motivo que cualquier cambio en la ocupación del suelo puede afectar sensiblemente su balance hídrico (Serrano & Galárraga, 2015).

En este medio ecológico, las plantas muestran una variedad de adaptaciones morfológicas y fisiológicas, que pueden ser apreciadas en los diferentes hábitos o formas de vida. Por ejemplo, en las partes más altas del Parque Nacional El Cajas - PNC se encuentran algunas formaciones vegetales, de las cuales se ha intervenido en tres comunidades para el estudio de la composición florística: 1) Pajonales, 2) Matorrales de *Loricaria ilinissae* y 3) Matorrales de *Arcytophyllum vernicosum*. El clima se caracteriza por cambios bruscos y alta excursión térmica. El viento es intenso en las cumbres y en las laderas más expuestas, donde se puede convertir en un factor limitante para el desarrollo de la vegetación. (Minga et al, 2016).

Algunas plantas se encuentran presente en varios lugares y cubriendo en su totalidad el suelo. El más grande denominador común en los páramos reside en la presencia de especies herbáceas, formadoras de penacho como *Calamagrostis* y *Festuca spp*: las cuales están presentes en algunos lugares, con una cobertura vegetal próxima al 100% (Podwojewski & Poulénard, 2000).

Los páramos albergan una gran cantidad de especies de plantas nativas y endémicas, adaptadas a las condiciones físicas, químicas y climáticas específicas, como la baja presión atmosférica y la radiación ultravioleta intensa (Balslev &

Luteyn, 1992).

Las comunidades utilizan el páramo como la producción primaria. Mucha materia vegetal es aprovechada parcialmente por la ganadería; y otros productos, con un volumen limitado y de menor importancia para la sociedad en general, como la provisión de alimentos, plantas medicinales, madera y fibra son producidos en este sitio (Hofstede, 2008). Tres cuartos de todos los páramos naturales, están dominados por páramos mejor conservados (los de pajonal y los otros tipos). (Hofstede et al., 2002).

4.2. Características de los páramos del Ecuador

Los páramos del Ecuador presentan particularidades únicas. Sus suelos tienen una conductividad hidráulica alta, densidad aparente baja, estructura abierta y porosa (Chuncho, 2019). Al mismo tiempo, los suelos están sobre piedra, tienen una vegetación natural, almacenan grandes cantidades de agua y producen una gran gama de microclimas (Camacho 2013).

En el Ecuador, en la región sur, las cordilleras son más angostas y más bajas (Merchan, 2016). Se caracteriza por incluir ecosistemas dominados por pajonales, localizados en la franja comprendida entre el bosque montano alto y el límite inferior de la nieve, aproximadamente desde los 3.700 m en la Cordillera Oriental y 3.400 m en la Occidental de los Andes (MECN-INB, 2015).

En los páramos del Ecuador crecen 628 especies endémicas es decir especies que existen únicamente en Ecuador y en ninguna otra parte del mundo, lo que representa el 15% de toda la flora endémica del país y el 4% del total de su flora. (Mena et al., 2011).

Otra característica de los páramos ecuatorianos, es la ausencia de árboles y presencia significativa de vegetación herbácea, dominada principalmente por pastos, cojines, rosetas y pequeños arbustos que son las especies dominantes en estos ecosistemas. (Chuncho, 2019).

4.3. Clasificación de los páramos en Ecuador

Existen en la región de los páramos varias zonas. Primero, se encuentra la franja alto andina, la cual muestra especies de matorrales y pajonales; además, va desde los

3.000 m s.n.m. a 3.200 m s.n.m. En segundo lugar, se halla el páramo bajo o subpáramo, el cual presenta especies en su mayoría arbustivas, y se ubica entre los 3.200 m s.n.m. a 3.500 m s.n.m. Finalmente, se localiza el páramo propiamente dicho, donde existe casi todo tipo de vegetación y se sitúa desde los 3.600 m s.n.m. (Rivera & Rodríguez, 2011).

La siguiente clasificación descrita por Merchán (2016), estableció que en el Ecuador existe al menos 10 tipos de páramos (Páramo Arbustivo de los Andes, Páramo de Frailejones, Páramo de Pajonal, Páramo Herbáceo de Almohadillas, Páramo Herbáceo de Pajonal y Almohadillas, Páramo Pantanoso, Páramo Seco, Páramo sobre Arenales, Superpáramo, Superpáramo Azonal. Camacho (2013), nos menciona que los páramos también pueden ser clasificados por los pisos altitudinales y se dividen en 6 formaciones ecológicas, que se diferencian por el nivel de precipitación anual como son:

Tabla 1. Clasificación de los páramos según las formaciones ecológicas y nivel de precipitación anual

Tipo de ecosistema	Rango de precipitación
Bosque muy húmedo subalpino	500 a 1000 mm
Bosque pluvial subalpino	1000 a 2000 mm
Bosque pluvial subalpino	250 a 500 mm
Subpáramo húmedo	500 a 1000 mm
Subpáramo muy húmedo	1000 a 2000
Subpáramo lluvioso >	> 2000 mm

A esto se suma la presencia de parches de bosques a veces monotípicos de *Polylepis*, *Gynoxys* *Buddleja* aparentemente remanentes de una extensión mucho mayor de los bosques alto andinos pertenecientes a hábitats de los páramos (Beltrán et al., 2010).

La clasificación de páramos está también ligada a su vegetación en el límite del páramo y superpáramo se encuentra la zona arbustiva y en la parte central e inferior se encuentran pastizales y musgos. En los subpáramos y páramos propiamente dichos están principalmente las almohadillas y formación de lagunas (Hammen et al., 1998).

4.4. Páramos arbustivos

El páramo arbustivo se encuentra sobre los 3100 m s.n.m. Las hierbas en penacho son reemplazadas por arbustos, hierbas de varios tipos, plantas en roseta y, especialmente en los páramos más húmedo (Cararqui et al., 2021). El subpáramo arbustivo cubre el ecotono entre el bosque altoandino y el páramo de pajonal. En muchos casos se encuentra dominado por arbustos erectos y esclerófilos de los géneros *Valeriana*, *Gynoxys*, *Diplostephium*, *Pentacalia*, *Monticalia*, *Chuquiraga*, *Berberis*, *Hypericum*, *Gnaphalium*, *Lupinus*, *Loricaria*, *Calceolaria* y *Hesperomeles* (Beltrán et al., 2010).

4.5. Páramos herbáceos

Los páramos herbáceos se encuentran principalmente en el lado interandino del país con una mayor facilidad de acceso lo que resulta mayor influencia en la actividad humana. (Hofstede et al., 2002). Minga et al., (2021) nos menciona que estos páramos dominan o están presentes en pendientes pronunciadas, así como también en valles estos tienen una adaptación dependiendo de la época del año y la humedad presentes en las zonas, pero estos con rarezas se encuentran en sitio encharcados. Los páramos de pajonal de formaciones herbáceas tienen una dominancia clara de gramíneas amacolladas, estas se encuentran presentes desde los 2850 m a los 3637 m de altitud en el área estudiada (Izco et al., 2007).

4.6. Tipos de suelos en los páramos

Los suelos típicos de páramo son negros y húmedos. Debido a la alta humedad y al clima frío, la descomposición de materia orgánica es muy lenta, por esta razón, se acumule una gruesa capa de suelo orgánico. El suelo es retenido por una intrincada red de raíces y rizomas, que hacen parte de la cubierta vegetal continuo de los páramos en buen estado (Mena et al., 2000).

El suelo de páramo es considerado como uno de los mayores reservorios terrestres de carbono orgánico. La concentración de carbono en el suelo aumenta cuando existe vegetación natural (briofitas y angiospermas arbustivas), pues esta aporta una gran cantidad de materia orgánica. Asimismo, aísla y protege el suelo del golpe de la precipitación que se acumula, minimiza la escorrentía y evita el rompimiento de agregados superficiales, en partículas de tamaño transportable. La vegetación también protege el suelo de la incidencia de radiación solar, minimizando la descomposición de la materia orgánica (Pinos et al., 2021).

En general, los suelos de los páramos ecuatorianos se hallan sobre depósitos volcánicos, aunque hacia el sur del país, existen páramos que descansan sobre depósitos no volcánicos a altitudes sobre los 3.000 m. En cada caso, las condiciones son distintas pero los suelos volcánicos de los páramos comparten ciertas características químicas como la asociación entre aluminio activo y materia orgánica. Las más importantes características físicas y químicas inherentes a esta asociación son densidad aparente baja, consistencia untuosa, alta retención de humedad, deshidratación irreversible, alta estabilidad estructural, alta fijación de fósforo y alta capacidad reguladora (Mena et al, 2000).

Podwojewski & Poulenard (1998), nos comentan que las condiciones de formación de los suelos dependen de tres factores principales que son el clima, la roca madre y la edad de los suelos. El clima es común en la mayor parte de los páramos del Ecuador, donde Mena et al.(2000) nos dice que los distintos suelos de los páramos del Ecuador, es principalmente por la diferencia de roca madre existente en el norte y el sur del país; es decir, los suelos en actividades volcánicas recientes y zonas que no

han tenido esta actividad en mucho tiempo.

Los suelos de páramos tienen un carácter humífero, esto es causado por la lenta descomposición de la materia orgánica, temperaturas bajas y características de cenizas volcánicas, es tan grande su composición por ello pueden caracterizarse como “turberas minerales”. Estos suelos negros y profundos son esponjas naturales, capaces de contener hasta dos veces su peso seco en agua. Por esta razón pueden retener toda la lluvia de varios meses de invierno (hasta 500 mm) en su estructura y liberarla lentamente durante la época seca; se puede decir, cada metro cuadrado de páramo “produce” 1 litro de agua por día (Hofstede et al., 2003).

En el sur del Ecuador, se encuentran rocas de tipo sedimentarias y metamórficas, con intercalación de eventos volcánicos antiguos; su alteración es mucho más lenta que las cenizas volcánicas; estos suelos se caracterizan por la textura (Mena et al., 2011).

En el norte del país los suelos son jóvenes, debido a la composición de los depósitos volcánicos recientes. La alteración de estos materiales es muy rápida y conduce a la formación de complejos aluminio-orgánicos, y/o de minerales poco cristalizados como los alófanos y la imogolita (Mena et al., 2011).

Los suelos de los páramos del norte y centro del país (ándicos), gracias a su estructura granular estable, tienen alta porosidad lo que produce una buena permeabilidad, lo que permite la resistencia a la erosión, es por estas características que son posibles los cultivos en pendientes muy fuertes; además, de que en general presentan condiciones beneficiosas para la agricultura.

Los suelos ándicos muestran cambios drásticos, cuando son sometidos al secado con aire, este secado produce contracción y acomodación de los agregados del suelo, dando origen a una dinámica diferente en las propiedades físicas. Como resultado, la permeabilidad se reduce y es susceptible a la erosión por agua y por viento.

Los suelos de los páramos tienen características únicas. Como menciona Hofstede & Agirre(1999), el páramo es un ecosistema que tiene suelos profundos, y con una

gran cantidad de materia orgánica almacenada. Además, los suelos son muy suaves y fáciles de perturbar, debido a los altos contenidos de humedad en las zonas altas (Hofstede et al., 2003). En el Ecuador, la mayor parte de ellos es de origen volcánico, y la materia orgánica, no se descompone rápidamente por las bajas temperaturas del clima (Mena & Hofstede, 2006).

Los suelos de los páramos además de tener altos contenidos de materia orgánica se caracterizan también por contener una porosidad como esponja, su pH es ácido o muy ácido, su contenido de fósforo es poco, pero con potasio disponible (Minga et al., 2021). Además, Pinos et al., (2021); nos comentan que los suelos de los páramos tienen un alto potencial de capturar carbono ayudando así a la mitigación de efectos negativos en el cambio climático.

En el sur del Ecuador, donde los suelos son más superficiales y el clima es más extremo, se puede esperar que la fragilidad sea mayor que en el norte (Keating 1995). En el suelo, la penetración de las fluctuaciones diarias de la temperatura alcanza hasta 20 cm que es variable, en relación de la profundidad de 0 a 10 cm (Forsythe, 2002).

4.7. Variables para análisis de suelos

4.7.1. Densidad aparente del suelo (DA)

Se puede obtener un indicador físico, mediante la medición de la densidad aparente (Agostiniet al., 2014); ya que, este indicador varía en relación de la cantidad de suelo, en un volumen que se determina. La compactación del suelo es un empaquetamiento de las partículas que constituyen la fracción sólida; es decir, en una disminución de espacio poroso total, y un aumento de la densidad aparente (Henríquez et al., 2011).

La densidad aparente se puede medir con el peso seco, por unidad de volumen estable, se usa como indicador de compactación, siendo los valores menores a 0.25 g/cm³ en suelos con abundante materia orgánica y superiores a 1.9 g/cm³ en suelos más compactados (Boton & Moscoso, 2022).

desarrollo de los suelos, esta demuestra cambios a medida que va pasando el tiempo, más aún cuando se ve influenciado por actividades antrópicas (Estupiñán et al., 2009).

4.72. pH del suelo

La acidez o basicidad de un suelo depende de la concentración de iones de hidrógeno (H). Mientras, mayor sea la proporción de H⁺ en relación a los cationes básicos del suelo, esto será más ácido (Casas, 2012). Los suelos del páramo se caracterizan por tener pH entre 3,9 y 5,4 (Gulh, 1982). El pH del suelo se debe al intercambio catiónico. El pH del suelo es más bajo en soluciones salinas que en soluciones acuosas, esto se debe a porque la concentración de sales se incrementa, el H y Al son desplazados a sus sitios de intercambio por las sales. Las sales pueden provenir de fertilizantes, del agua de riego o de la descomposición de la materia orgánica.

El pH, está determinado por la altitud y la precipitación, es afectado también por la mineralogía del suelo, siendo de débil a fuertemente ácido, cuando predomina la alófana y casi neutro cuando abunda la palagonita (Estupiñán et al., 2009).

4.73. Materia orgánica del suelo (MOS)

Los humedales de alta montaña o también conocidos como páramos almacenan aproximadamente entre 15% a 30% de las reservas terrestres del suelo en forma de materia orgánica (Marulanda & Villa, 2015).

La materia orgánica del suelo es un indicador de calidad, proviene de las plantas y ofrece beneficios; este indicador es una mezcla de residuos como plantas y restos animales; pero principalmente está constituida de la vegetación (Pascual & Vanegas, 2007). Esto se descompone al pasar el tiempo, y se obtiene una sustancia microbiana benéfica para el suelo (Sanches et al., 2005). Por ello, en los páramos existe un contenido de hasta 90% de MO (Llambí et al., 2012). Asimismo, ayuda a disminuir la erosión del suelo, porque favorece la penetración y su retención del agua (Julca et al., 2006).

La materia orgánica está relacionada con la capacidad de retención de agua; es decir, al quedarse un suelo desnudo la materia orgánica se volatiliza provocando degradación y a su vez, la erosión de los suelos (Alonía, 2005). En el páramo, muchas plantas mantienen sus hojas muertas dentro de su estructura; materia muerta y seca, evitando así la producción de cambios en el suelo (Delgado & Zárate, 2002).

4.74. Conductividad eléctrica (CE)

En la conductividad eléctrica es importante, porque puede ayudar a las plantas. La CE nos muestra la capacidad de un material, para conducir la corriente eléctrica en el suelo. Cuando la corriente va con mayor facilidad, más alto será el valor; porque habrá una mayor concentración de sales (Barbaro et al., 2017). Esto permite establecer la factibilidad, la viabilidad y el buen desarrollo de las plantas en un suelo específico (Cortés et al., 2013).

Romero et al., (2009) nos menciona que, la conductividad eléctrica está asociada al contenido de materia orgánica; es decir, a mayor cantidad de materia orgánica la conductividad eléctrica tiende a disminuir.

4.75. Infiltración del agua

La infiltración es la cantidad de agua que se ha infiltrado por unidad de superficie, en un determinado tiempo. También, es un indicador importante del agua, pero está siendo afectada. Primero, esta dinámica determina la producción y crecimiento de las plantas (Jaramillo & Chaves, 1999); luego, tiene gran importancia en el comportamiento del ciclo hidrológico, debido a la disponibilidad del agua (Henriquez et al, 2011). Sin embargo, la infiltración se está deteriorando, por la compactación realizada con diversas actividades del ser humano (Hernandez et al., 2009). Para conocer infiltración, es necesario estar al tanto a los tipos de suelos a ser estudiados, en el caso de los páramos tienen alto contenido de humedad, lo que tiende a tener suelos saturados poseyendo así, medidas bajas de infiltración (Monguin & Navarro, 2012).

La infiltración viene condicionada por las características de la lluvia, tales como

intensidad, y el tamaño de las gotas. También depende de las propiedades de los suelos, como la porosidad, la conductividad hidráulica, textura, contenido de humedad y temperatura. Igualmente, de las características del medio como la pendiente, la vegetación y las actividades antrópicas que generan efectos negativos, como la compactación por el pisoteo de ganado o el exceso de mecanización de los suelos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

En la zona alta de la subcuenca del río San Francisco, específicamente en la comunidad Puculcay y Huertas, ubicada en la parroquia de Shaglli del cantón Santa Isabel de la provincia del Azuay, en las coordenadas 674.303 mE y 9.658.852 mN a una altitud de 3.400 m s.n.m. fue llevada a cabo esta investigación (Figura 1).

Zonas de investigación en la subcuenca del río San Francisco

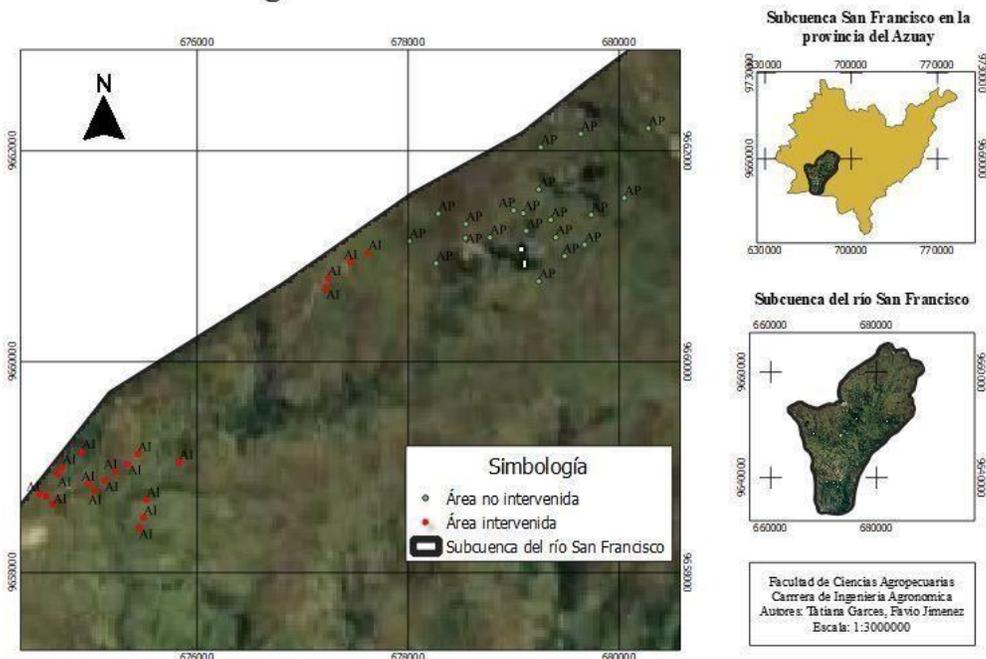


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

Elaboración: Garcés & Jiménez, 2022

5.1. Materiales

Para la presente investigación se han utilizado materiales tanto físicos, químicos y biológicos, descritos en la siguiente (tabla 2).

Tabla 2. *Materiales usados en el proceso investigativo.*

Físicos	Biológicos	Equipos
Implementos de laboratorio (mandil)	Especies recolectadas	Balanza <u>gramera</u>
Cilindros	Suelo	Estufa
Erlenmeyer		GPS
Vaso de precipitación		Potenciómetro
Tarrinas		Electrodo
Papel filtro		Anillos
Piola		
Estacas		
Cinta métrica		
Cinta adhesiva		
Fundas		
Prensa		
Cuaderno de campo		
Cartulina plegable A3		
Papel goma		
Hilos de coser sacos		
Agujón		
Pala		

Elaboración: Garcés & Jiménez, 2022

5.2. Métodos

La investigación se desarrolló mediante varios procesos: primero, se recorrió por los páramos, con la finalidad de identificar y constatar áreas protegidas y lugares intervenidos con pastoreo. Después, se determinaron sitios para la implementación de parcelas de investigación. Posterior a esto se (registro y mapeo), para implementar 20 parcelas temporales de muestreo para cada zona de investigación; es decir, 10 parcelas en páramos protegidos y 10 en páramos intervenidos con pastoreo. Cada parcela de investigación tuvo un área de 100 m.

5.2.1. Metodología para el Objetivo 1

- Comparar la composición florística, diversidad y abundancia de especies vegetales en páramos herbáceos intervenidos y no intervenidos ubicados en áreas protegidas.

A través de la identificación taxonómica y la cuantificación de especies vegetales (plantas vasculares), se procedió a determinar la densidad y frecuencia de herbáceas. En el caso donde no pudo ser posible el conteo, por altas densidades; se estimó el porcentaje de cobertura de un conjunto de plantas, utilizando la escala de Braun-Blanquet descrita en la (Tabla 3). Aguirre, (2013).

Tabla 3. Escala de Braun Blanquet

Categoría	Valor	% Cobertura	Interpretación
Continuo	5	> 75	Continuo
Interrumpido	4	50-75	Abundante
Disperso	3	25-50	Escaso
Raro	2	15-25	Raro

Fuente: Aguirre, 2013

La diversidad alfa se midió, considerando el número total de plantas existentes, en Tatiana Alexandra Garcés Barros, Favio Alexander Jiménez Arpi

cada una de las zonas delimitadas de estudio.

- El índice de Shannon

$$H = -\sum_{i=1}^S \pi_i \ln \pi_i$$

La diversidad máxima es cuando todas las especies están igualmente presentes, y se puede calcular con la fórmula ($H_{\max} = \ln S$). Además, esto se utilizará para el índice de homogeneidad, usando la fórmula: $H/H_{\max} = H/\ln S$. Si fuera uno, todas las especies que componen la comunidad tienen igual probabilidad, y esto se deberá verificar con la siguiente fórmula: $p_i = 1/S$ (Pla, 2006).

Para determinar la diversidad beta, se usó el índice de similitud de Sorensen, la misma que considera las especies que son comunes dentro de dos comunidades diferentes; además, toma en cuenta el número de especies totales, presentes en cada una de las comunidades.

$$Ks = \frac{2c}{a+b} \cdot 100$$

Dónde:

Ks = Índice de Similitud de Sorensen.

a = número de especies de la muestra 1.

b = número de especies de la muestra 2. c = número de especies en común.

- Diversidad Gama

La diversidad Gamma que es el número de especies de todos los sitios de estudio que conforman la comunidad o paisaje fórmula:

$$x \alpha + \beta \square \square$$

Donde:

□ □ Diversidad Gamma

\bar{x} α = Promedio del número total de especies

β = Diversidad beta

La composición florística se determinó mediante las familias, géneros y especies registradas en cada una de las parcelas. La variación de la composición florística fue analizada mediante escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS). Este análisis nos permitió evidenciar la distribución espacial de grupo de parcelas en dos ejes de ordenamiento realizado en el programa Qeco (Di Rienzo et al., 2010) La diferencia florística fue comprobada mediante análisis de similitud ANOSIM ($P < 0,05$) de Bray Curtis.

La diversidad fue analizada mediante la riqueza y abundancia de especies (Número de especies por parcela), tomando datos de abundancia en campo insertándolos en una base de datos (Excel). Se realizó la prueba de normalidad de Kruskal Wallis obteniendo resultados que nos son normales, posterior a ello se analizó los índices diversidad alfa, Shannon y Simpson; la riqueza hace referencia al número de especies registradas en cada parcela. Los índices fueron calculados mediante la composición florística y su abundancia su análisis se realizó en el programa estadístico Past. Estas variables se compararon entre los dos sitios de estudio utilizando la prueba de t Student. Estas comparaciones fueron realizadas en el programa estadístico Infostat (Di-Rienzo et al., 2017). Además, se realizó un análisis de especies indicadoras por parcelas en el programa RStudio, y una categorización de las especies tomando en cuenta la abundancia de ambos sitios de estudio. Con los resultados obtenidos de riqueza, abundancia se realizó un análisis en curvas de acumulación considerado cada una de las parcelas en los dos sitios de estudio respecto a su riqueza este análisis se realizó en el programa R Pubs (Kindt 2017).

5.2.2. Metodología para el Objetivo 2

- Determinar la densidad aparente (DA), pH, materia orgánica del suelo (MOS),

conductividad eléctrica (CE) e infiltración del agua en el suelo en páramos intervenidos con pastoreo y no intervenidos.

Las muestras de suelo fueron sometidas a tres diferentes métodos, con la finalidad de calcularlas características físicas y químicas del suelo.

Se utilizó la metodología planteada por Sosa, (2015), para calcular el pH y CE. Dentro de cada parcela fueron tomadas 2 muestras de suelo, con los intervalos de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm de profundidad. Además, cada muestra fue recolectada en una funda plástica, debidamente etiquetada con un peso de 0,5 a 1 kg.

Luego, las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos, donde se pesó 0,5 g de suelo y se diluyó en 10 ml de agua destilada durante 15 minutos, luego se pasó en el papel filtro, hasta obtener 5 ml de líquido mezclado y filtrado. Finalmente, el pH fue medido con el potenciómetro y para la CE se utilizó el electrodo. El método de Rojas (2008) fue utilizado; para determinar la densidad aparente (DA) y materia orgánica (MO) del suelo. En el centro de cada parcela se tomó una muestra, para lo cual se utilizó cilindros de 10 cm de diámetro. Luego las muestras fueron llevadas a los laboratorios de suelo para realizar el respectivo proceso de cernido, pesado y de secado en la estufa. Luego las muestras fueron pesadas y procesadas, para obtener los valores correspondientes.

En el caso de la infiltración del suelo se usó el infiltrometro de minidisco, el cual se colocó en el suelo para posterior a ello, tomar el tiempo donde el agua se filtra en el suelo; se usó la fórmula:

$$F = \text{variación de altura} / \text{variación del tiempo}$$

Los valores obtenidos fueron registrados en una base de datos (Excel), posterior a esto se realizó un análisis y elaboración de gráficos en R Student y en Excel.

5.2.3. Metodología para el objetivo 3

- Explorar la relación existente entre parámetros edáficos y la vegetación.

Se tomaron los datos de las variables del objetivo uno y dos. Para determinar la

correlación de la composición florística (número de familias, géneros y especies) con las propiedades del suelo (Materia Orgánica, Densidad Aparente, Infiltración, PH, Conductividad Eléctrica) en el páramo intervenido como en el páramo no intervenido. Este análisis de correlación fue realizado en el programa estadístico R Student.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Composición florística y diversidades (objetivo 1)

Comparar la composición florística, diversidad y abundancia de especies vegetales en páramos herbáceos intervenidos y no intervenidos ubicados en áreas protegidas.

Composición florística

Considerando los individuos herbáceos, se registró un total de 21 familias botánicas, 55 géneros y 56 especies en toda el área de estudio. De estas, 31 especies se encuentran en páramos no intervenidas y 35 en páramos intervenidas, teniendo en común el total de 10 especies que se encuentran tanto en áreas no intervenidas como en intervenidas (tabla4).

Tabla 4. *Numero de familia, género y especies registradas en el sitio de estudio.*

Localidad	Número de familias	Numero de géneros	Número de especies
Páramo Intervenida	14	33	35
Páramo no intervenida	15	30	31

Es importante recalcar que no existen registros de estudios realizados en la zona donde se llevó el presente trabajo. Sin embargo, en un estudio realizado por Caranqui et al., (2016) Se encontró resultados similares con un total de 20 familias, 36 géneros

y 46 especies distribuidas en las 9 zonas de muestreo en el Chimborazo, en este registro se toma en cuenta especies leñosas y herbáceas. mientras que en el estudio realizado en los páramos de Shaglli fue directamente a especies herbáceas.

La ordenación espacial de las parcelas estudiadas, basadas en la composición florística y su abundancia presento disimilitud observado mediante el NMDS (Escalonamiento multidimensional no métrico) (Figura 2). Esto se puede observar en el primer eje, mediante la agrupación hacia la derecha de las parcelas ubicadas en el páramo no intervenido y a la izquierda en el páramo intervenido. Esta ordenación fue validada mediante el análisis de similitud que demostró diferencias estadísticas en la composición de especies entre los sitios de estudio (ANOSIM; $P=0,001$)

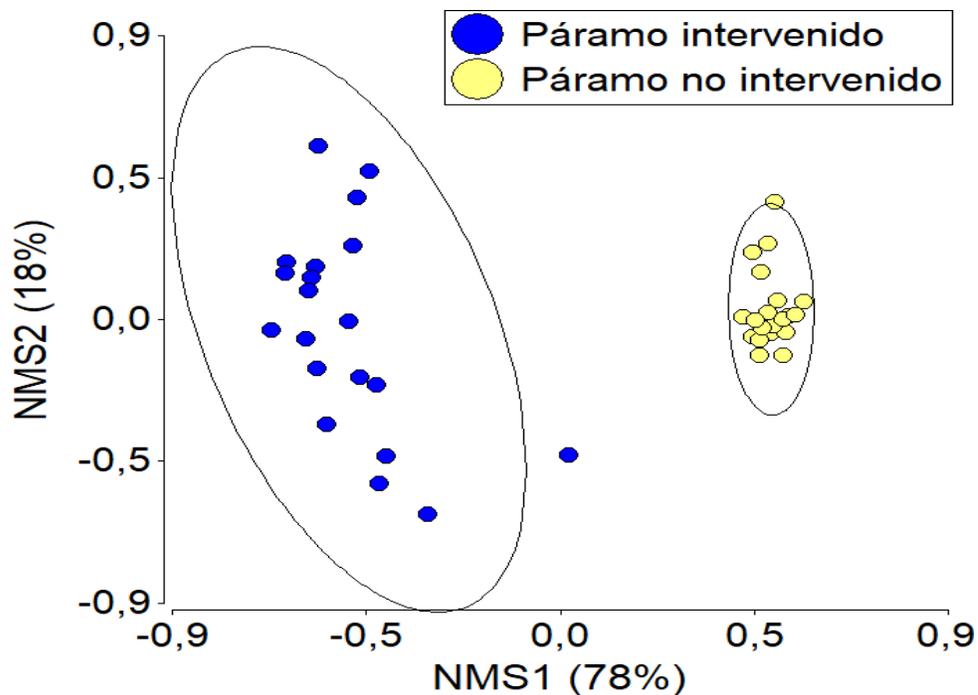


Figura 2. Escalamiento multidimensional no métrico (Bray-Curtis) para medición de similitud en la composición florística en los dos sitios de estudio áreas intervenidas y áreas no intervenidas en las comunidades de Puculcay y Huertas (Shaglli).

Especies Exclusivas y compartidas entre los dos sitios de investigación

En las paramos intervenidas se encuentra el mayor número de especies (35), a diferencia del páramo no intervenida que presente un menor número de especies (31). Se registro una similitud de 10 especies compartidas en los dos sitios de investigación (figura 3), siendo estas: *Calamagrostis steyermarkii*, *Eryngium humile*, *Hypochaeris sessiliflora*, *Paspalum bonplandianum*, *Rumex acetosella*, *Gentianella jamesonii*, *Calamagrostis intermedia*, *Bulbostylis juncooides*, *Gentianella rapunculoides*, *Baccharis genistelloides*.

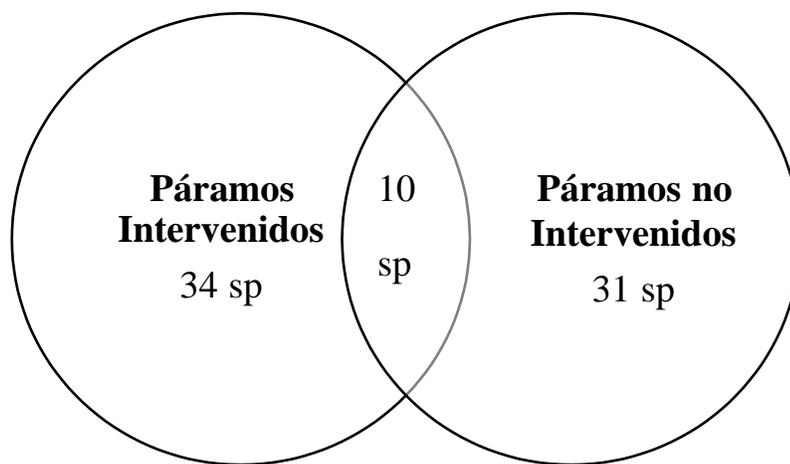


Figura 3. Diagrama de especies exclusivas y compartidas entre los dos sitios de investigación.

Riqueza e índice de diversidad

La riqueza promedios de especies de los sitios de estudio muestran, estadísticamente diferencia entre los dos sitios de estudio. Siendo el área intervenida la que presenta mayores valores; con un rango de 24,15 de paramos no intervenidos y 16,85 paramos intervenidos (figura 4)

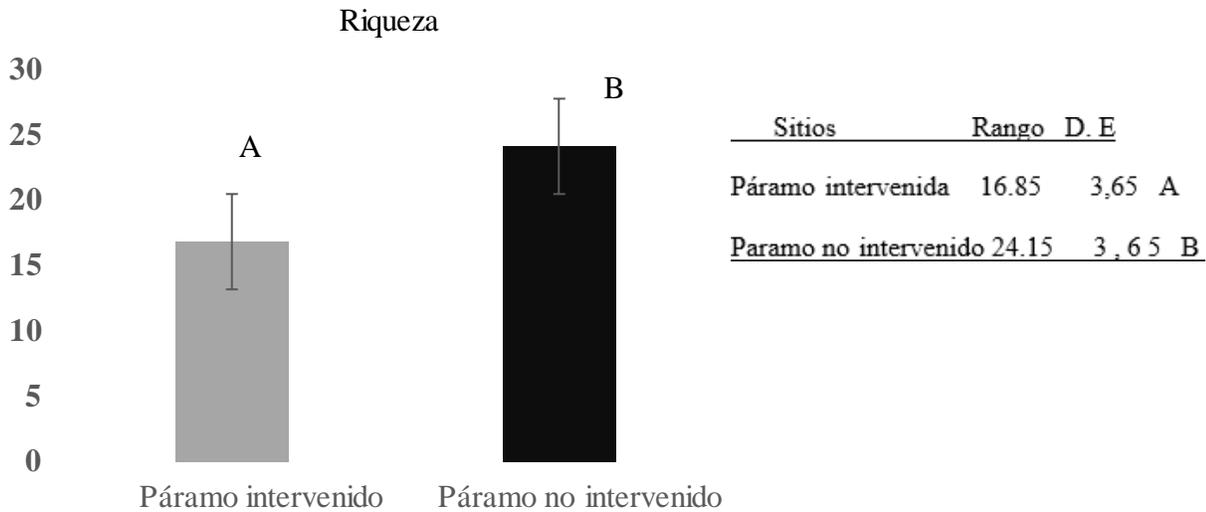


Figura 4. Promedio de riqueza de especies \pm error estándar en el sitio de estudio registrados en 40 parcelas de 100m² en páramos intervenidos y no intervenidos

Los datos de los índices de Shannon y Simpson no presentaron normalidad. Para el caso del índice de Shannon en el sitio de estudio de páramos no intervenidos presento mayores valores ($1,41 \pm 0,21$) en comparación con el páramo intervenido ($0,98 \pm 0,21$) con una diferencia estadística significativa entre los dos sitios de estudio ($p=0.09$) (figura 5b). Mientras que en el índice de Simpson se obtuvo valores mayores en páramos no intervenidos ($0,57 \pm 0,04$) en comparación del páramo intervenido ($0,49 \pm 0,04$) cuya variación no presento diferencia significativa ($p=0,057$) (figura 5a).

a). Índice de Simpson en especies.

b). Índice de Shannon

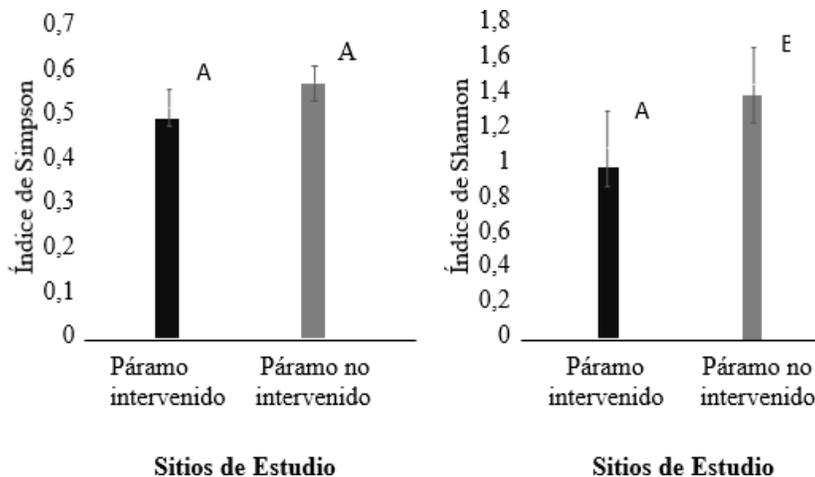


Figura 5. Medias (\pm desviación estándar) para los índices de Shannon, Simpson..

Los resultados obtenidos en relación a abundancia (Tabla 5), tanto en páramos intervenidos como no intervenidos, las familias con mayor dominancia son Asteraceae seguida de Poacea. Un estudio realizado por Caranqui et al., (2016) en Chimborazo, nos muestra resultados similares al presente estudio, donde dominan principalmente *Calamagrostis* (Poaceae) y *Hypochaeris sessiliflora* (Asteraceae). *Trifolium repens* fue la especie con mayor dominancia en los páramos intervenidos, la que es una especie introducida usada comúnmente para pastoreo y que se encuentra en esta zona de páramo por su adaptación y tolerancia a altas precipitaciones.

Estos resultados son consistentes con lo reportado por Rivera (2014) quien afirma que la especie tolera suelos húmedos en altitudes de 4.000 m s.n.m. *Azorella pedunculata* fue la segunda especie con mayor abundancia la cual es perteneciente a la familia Apiaceae. Esta es una especie de almohadilla propia de los páramos, su abundancia es relevante por su gran cantidad de individuos. Los resultados concuerdan con Abad, (2015) quien describe que *Azorella* es una especie muy común en varios ambientes, se trata de plantas dispuestas en almohadillas muy compactas y grandes de hasta 2 metros de diámetro siendo habituales en los páramos del Ecuador.

En el caso de los páramos no intervenidos, al analizar la abundancia, la especie que exhibe los valores más altos es *Azorrella multifida*, perteneciente a la familia Apiaceae. Esta especie es considerada como almohadillas de paramo. La siguiente especie fue *Hypochaeris sessiliflora* una planta arosetada con tallo diminuto o acaule perteneciente a la familia Asterácea. Resultados similares fueron obtenidos por Cevallos & Medina (2022) en su estudio realizado en el páramo del Antisana. De acuerdo con Martínez (1993) *Azorrella multifida* representa una planta principalmente andino-patagónica, dominante en distintos ambientes de las cordilleras andinas (Calviño et al., 2019).

Inmediatamente por debajo de plantas de Asteraceae, la familia Poaceae está representada por tres géneros y cuatro especies, entre las que destaca el género

Calamagrostis por su significativa dominancia y coberturas que superan la mitad de la cobertura total en cada parcela estudiada. De acuerdo con lo reportado por Barreno (2013), las especies más ampliamente distribuidas en los páramos del pajonal son las pajas de los géneros: *Calamagrostis*, *Festuca* y *Stipa*. Estas especies poseen facilidad adaptativa a lugares intervenidos, matizadas por manchas boscosas en sitios protegidos de arbustos de géneros como *Valeriana*, *Chuquiraga*, *Arcytophyllum*, *Pernettya* y *Brachyotum*. Con el paso del tiempo, estas especies pioneras van siendo reemplazadas por otras, o simplemente disminuyen su cobertura sin desaparecer por completo.

De acuerdo con lo reportado por Barreno (2013), las especies más ampliamente distribuidas en los páramos del pajonal son las pajas de los géneros: *Calamagrostis*, *Festuca* y *Stipa*. Estas especies poseen facilidad adaptativa a lugares intervenidos, matizadas por manchas boscosas en sitios protegidos de arbustos de géneros como *Valeriana*, *Chuquiraga*, *Arcytophyllum*, *Pernettya* y *Brachyotum*. Con el paso del tiempo, estas especies pioneras van siendo reemplazadas por otras, o simplemente disminuyen su cobertura sin desaparecer por completo.

Tabla 5. *Especies indicadoras de cada sitio: Páramo intervenido (1), Páramo no intervenido (2).*

Especies	Familia	Tipo de páramo	IVS	p-value
<i>Azorella pedunculata</i>	Apiaceae	1	0,59	0,01
<i>Bidens andicola</i>	Asteraceae	1	0,55	0,02
<i>Chenopodium murale</i>	Amaranthaceae	1	0,50	0,03
<i>Chrysactinium acaule</i>	Asteraceae	1	0,63	0,01
<i>Cotula Mexicana</i>	Asteraceae	1	0,67	0,00
<i>Lepidium didymium</i>	Brassicaceae	1	0,50	0,04
<i>Lolium perenne</i>	Poaceae	1	0,81	0,00
<i>Oxalis stricta</i>	Oxalidaceae	1	0,63	0,00
<i>Plantago major</i>	Plantaginaceae	1	0,59	0,01
<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	1	0,84	0,00
<i>Trifolium repens</i>	Fabaceae	1	1,00	0,00
<i>Veronica persica</i>	Plantaginaceae	1	0,59	0,01
<i>Azorella multifida</i>	Apiaceae	2	0,89	0,00
<i>Baccharis genistelloide</i>	Asteraceae	2	0,68	0,03
<i>Bulbostylis juncooides</i>	Cyperaceae	2	0,77	0,00
<i>Calamagrostis intermedia</i>	Poaceae	2	1,00	0,00
<i>Calamagrostis steyermarkii</i>	Poaceae	2	0,69	0,02
<i>Castilleja integrifolia</i>	Orobanchaceae	2	0,95	0,00
<i>Chuquiraga jussieui</i>	Asteraceae	2	0,84	0,00
<i>Diplostephium ericoide</i>	Asteraceae	2	0,89	0,00
<i>Disterigma empetrifolium</i>	Ericaceae	2	0,92	0,00
<i>Eryngium humile</i>	Apiaceae	2	0,87	0,00
<i>Festuca parviflora</i>	Poaceae	2	0,55	0,02
<i>Gentionella cerastioides</i>	Gentianaceae	2	0,92	0,00
<i>Gentionella jamesonii</i>	Gentianaceae	2	0,71	0,00
<i>Gunnera magellanica</i>	Gumeraceae	2	1,00	0,00
<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	Asteraceae	2	0,92	0,00
<i>Lupinus Tauris</i>	Fabaceae	2	0,95	0,00
<i>Oritrophium peruvianum</i>	Asteraceae	2	0,97	0,00
<i>Pernettya prostrata</i>	Ericaceae	2	0,97	0,00
<i>Rumex acetosella</i>	Polygonaceae	2	0,89	0,00
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	Cyperaceae	2	0,84	0,00
<i>Valeriana Rigida</i>	Caprifoliaceae	2	0,95	0,00

<i>Viola odorata</i>	Violaceae	2	0,74	0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	Asteraceae	2	0,97	0,00

De la misma manera se puede observar en la (figura 6) donde nos presenta los resultados anteriores de la (tabla5) representado en grafico de categorización según la coloración respecto a la abundancia en cada sitio de estudio.

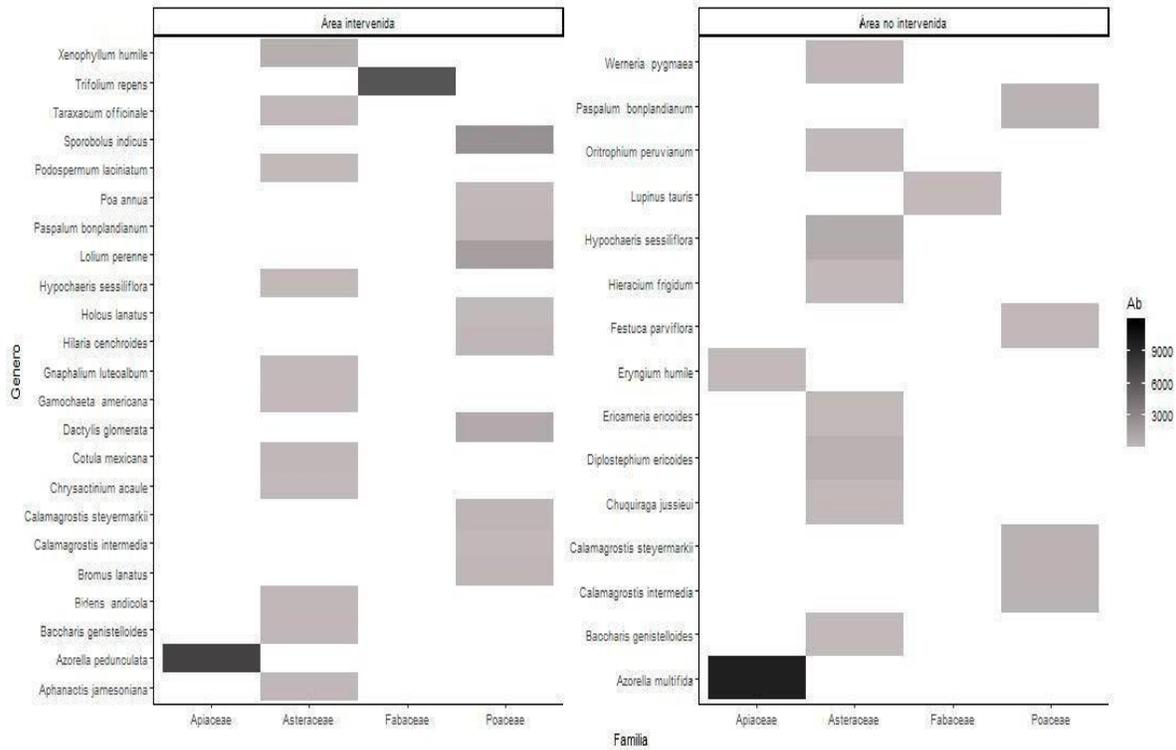


Figura 6. Abundancia de especies vegetales según familias botánicas en los dos escenarios de estudio.

Existe una mayor dominancia de especies en áreas no intervenidas. De acuerdo a datos obtenidos en la diversidad beta, se puede decir que existe un 23 % de similitud entre especies del área no intervenida y área intervenida. En la diversidad gama o diversidad florística de las 2 áreas de estudio, nos muestra un 81 %; es decir, la diversidad de especies en, toda la comunidad (tabla6).

Tabla 6. Cálculos de diversidad beta y gama

	Páramo no intervenido	Paramo Intervenido
--	-----------------------	--------------------

Diversidad Beta	0,2318
Diversidad gama	0,811408919

Se puede evidenciar en las curvas de acumulación por parcelas una riqueza más alta de especies desde la parcela 1 en adelante en el páramo no intervenida (figura 7B), donde nos muestra la estabilidad de número de especies a lo largo del número de parcelas registradas. En cuanto al páramo intervenido (figura 7A), la estabilidad es menores decir se estabiliza desde la parcela 9 en adelante. La curva nos muestra resultados similares respecto al número de individuos por parcela teniendo más estabilidad en páramos no intervenidos (figura 7D), respecto al páramo intervenido (figura 7C)

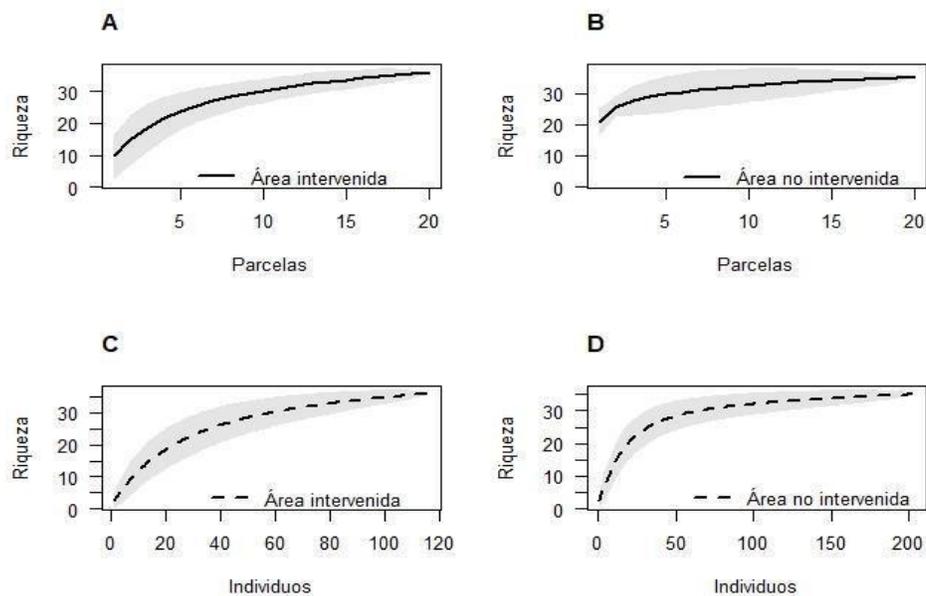


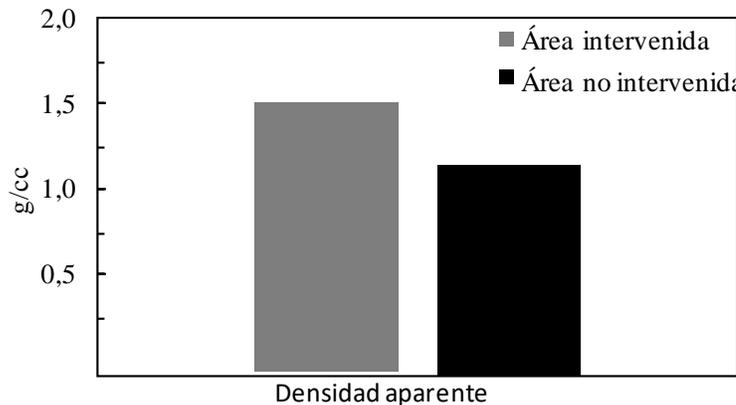
Figura 7. Curvas de acumulación de especies en relación a las parcelas registradas.

6.2. DA, MO, pH, CE, Infiltración del suelo (objetivo 2)

Determinar la densidad aparente DA, pH, materia orgánica del suelo (MOS), conductividad eléctrica (CE) e infiltración del agua en el suelo en páramos intervenidos con pastoreo y no intervenidos.

- Densidad aparente

Existe una diferencia significativa ($P < 0,05$) de densidad aparente entre los páramos intervenidos y los páramos no intervenidos. Por ello, se observa que el valor promedio en los suelos de páramos no intervenidos es de 1,1 g/cm³; mientras, en páramos intervenidos se reporta un valor de 1,5 g/cm³ (Figura 8). Además, se halló grumos con rangos entre 0,95 y 1,18 g/cm³ en páramos no intervenidos, y gránulos desde 1,13 y hasta 1,96 g/cm³ en páramos intervenidos.



0,0

Figura 8. Valores de densidad aparente (DA) en páramos intervenidos con pastoreo y no intervenidos.

Los valores obtenidos en los páramos intervenidos se pueden deber al pastoreo. Según Taboada & Álvarez (2008), la variación de DA baja podría ser por efecto directo del pisoteo de animales en los páramos. Además, los resultados obtenidos son similares con lo reportado por Estupiñán, et al., (2009), en El Granizo de Cundinamarca – Colombia donde expusieron un incremento de la DA en páramos intervenidos (0,65 g/cm³), respecto de páramos no intervenidos (0,62 g/cm³). Lo mismo sucedió en una investigación realizada por Espinoza, et al., (2012) porque hubo un aumento de los valores (0,92 g/cm³) de DA en páramos intervenidos, mientras todo lo contrario sucede en los páramos no intervenidos (0,43g/cm³), y Quichimbo et al (2015), menciona que las densidades aparentes aumentan bajo coberturas antrópicas.

- pH y macronutrientes

Los resultados demuestran que hay una diferencia significativa ($P < 0,05$) del pH entre los páramos intervenidos y no páramos no intervenidos. Los valores de pH estiman una media estadística de 4,9 en el páramo intervenido; mientras, en páramo

no intervenido el valor corresponde a 5,2 (Figura 9).

Los suelos de los páramos son ácidos, de acuerdo a los datos obtenidos en esta investigación en los páramos. Esto concuerda con lo mencionado por Cárdenas, (2015), los suelos de los páramos son ácidos debido a los ácidos orgánicos que contienen y los valores promedio de pH de los suelos de páramo se encuentran dentro de 5 – 7.

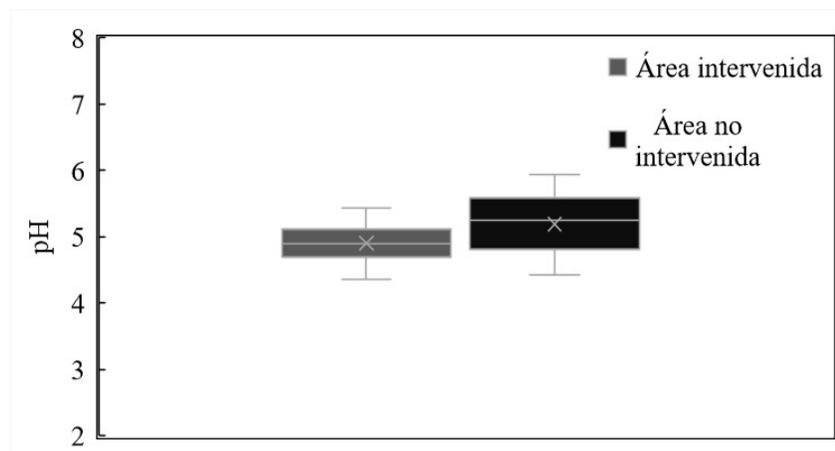


Figura 9. Valores de pH en páramos intervenidos con pastoreo y no intervenidos.

En los páramos intervenidos es mayor el fósforo y potasio en comparación con los páramos no intervenidos; mientras todo lo contrario sucede con el nitrógeno. Los macronutrientes presentaron los siguientes resultados: en páramos no intervenidos muestra porcentajes altos de N₂ (0,98% en promedio); mientras, los páramos intervenidos reportan un menor porcentaje de nitrógeno; en cuanto al K₂O, se evidencia valores medios de 14,2 mg/kg en páramos intervenidas, siendo mayor al de páramos no intervenidos (11,1 mg/kg). Los resultados de los valores de P₂O₅, se constata que el valor en páramos intervenidas (22,1 mg/kg) es mayor al de páramos no intervenidas (13,9 mg/kg).

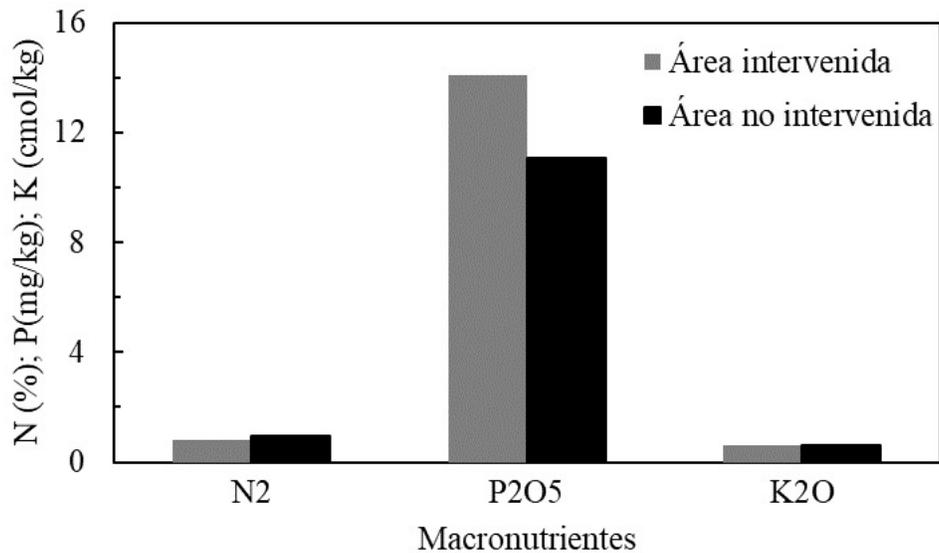


Figura 10. Valores de macronutrientes en páramos intervenidos con pastoreo y no intervenidos.

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerdan con lo mencionado por Estupiñán, et al., (2009) los macronutrientes en páramos no intervenidos tienen bajo contenido de fósforo a comparación de páramos invertidos, esto se podría deber a la intervención de los compuestos de hierro, aluminio y fauna del suelo, que favorecen los procesos de humificación. Mientras tanto, el potasio no se muestra diferencia entre sí, debido a la aplicación de fertilizantes en páramos intervenidos. Además, el humus (MO) incorporada por los agricultores contribuye enormemente a la fertilidad del suelo (Bermeo & Correa, 2020).

- Materia orgánica del suelo (MOS)

Los páramos no intervenidos tienen una diferencia significativa ($P < 0,05$) de materia orgánica del suelo (Figura 12) en comparación con los páramos intervenidos. En los páramos intervenidos, la materia orgánica del suelo es de 16,5%; mientras que, los páramos no intervenidos son de 21,0%. Esto es más evidente con el porcentaje más bajo de materia orgánica del suelo en los sitios de estudio, donde el 5,5% de páramos intervenidos es un porcentaje inferior al de páramos no intervenidos (20,7%) (Figura 11).

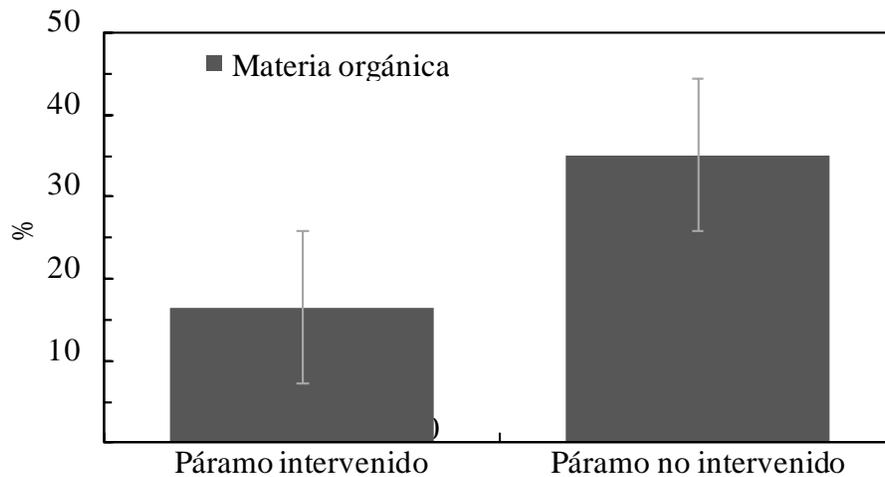


Figura 11. Porcentajes de materia orgánica del suelo (MOS) en áreas intervenidas con pastoreo y no intervenidas.

Varios estudios fortalecen nuestra investigación, donde MOS es mayor en los páramos no intervenidos. Los suelos pantanosos del páramo tienen una alta porosidad (Hernández, et al, 2009); Además, estos suelos contienen más de un 90% de materia orgánica, frente a los suelos de uso agrícola, que bien aireados generalmente contienen menos del 10% MOS (Pascual, et al., 2010; Etter et al., 2006). Según Morales et al., (2007) los microorganismos del suelo descomponen la materia orgánica en dióxido de carbono; el porcentaje más alto de carbono orgánico, es 11.92% para páramos no intervenidos; mientras, el valor más bajo fue de 7.69% (páramo intervenido) (Pinos et al., 2021).

Además, los páramos tienen suelos con alta materia orgánica con ayuda del clima. El páramo tiene suelos andosoles y estos suelos contienen más del 8% de materia orgánica (Dercon, et al., 2000). Los andosoles son los que más fijan carbono orgánico en el suelo debido a su composición química; y también, guardan un alto contenido de materia orgánica (MO) (Robert et al. 2018); porque las bajas temperaturas provocan la disminución en la descomposición (Llanos & Escandón, 2016).

- Conductividad eléctrica (CE)

Los páramos no intervenidos muestran una diferencia significativa ($P < 0,05$) de salinidad en relación a los páramos intervenidos. En el estudio se tiene una

conductividad eléctrica de 0,47 mS/cm en páramos no intervenidos y 0,22 mS/cm en páramos intervenidos; además, es importante resaltar que las 40 parcelas estudiadas presentaron valores por debajo de 1 mS/cm; es decir, los páramos no presentaron problemas de salinidad (figura12).

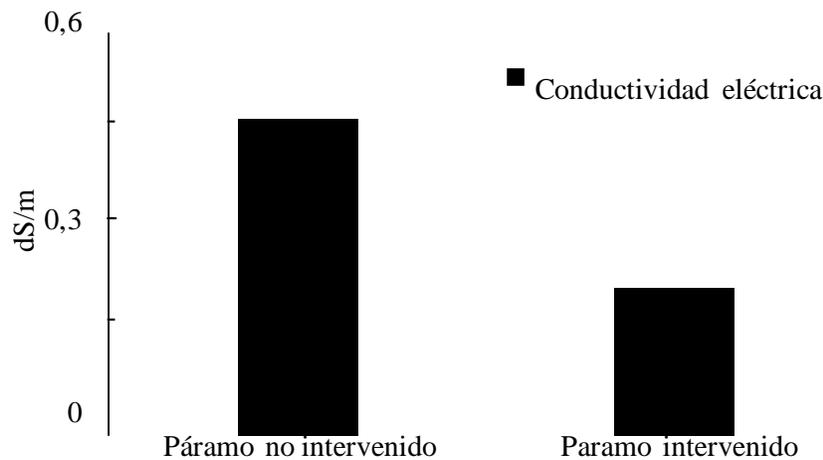


Figura 12. Valores de conductividad eléctrica (CE) en suelos de áreas intervenidas con pastoreo y no intervenidas.

Datos similares obtuvo Cisneros (2010), donde la conductividad eléctrica presente en los suelos de páramos fue entre 0.13 y 0.42 mS/cm. Romero, Santamaria & Zafra (2009), nos menciona que la conductividad eléctrica está asociada al contenido de materia orgánica; es decir, a mayor cantidad de materia orgánica, la conductividad eléctrica tiende a disminuir, pero en nuestro estudio fue todo lo contrario.

- Infiltración del agua

Los páramos intervenidos tienen una diferencia significativa ($P < 0,05$) de infiltración del agua (mm/s) en referencia a los páramos no intervenidos. La infiltración de agua es de 0,5 mm/s en los páramos no intervenidos; pero es mayor en los páramos intervenidos (1,1mm/s). Esto se puede explicar porque la retención de agua es especialmente significativa en los páramos no intervenidos; como resultado en los primeros 30 cm de profundidad, el agua ocupa el 61.7% del volumen total del suelo (Diaz et al.2005) (figura13).

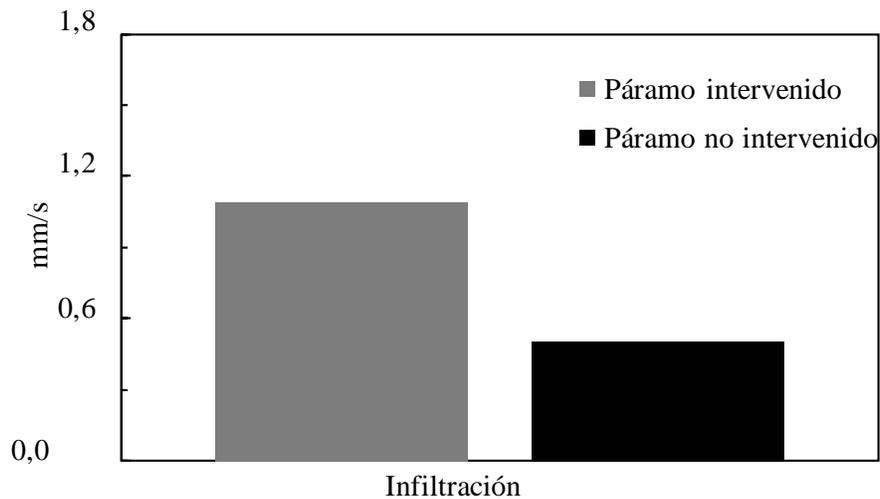


Figura 13. Valores de infiltración de agua en suelos de áreas intervenidas con pastoreo y no intervenidas.

Nuestros resultados no concuerdan con Arcos et al., (2010), que al medir la infiltración en un área con vegetación y otra sin vegetación, las tasas de infiltración son significativamente más altas cuando hay vegetación. Ni tampoco con Hernández et al., (2009), donde los lotes de ganadería y otro con vegetación nativa no presentaron diferencias significativas en la capacidad de infiltración, esto puede deber ser al poco tiempo que se tiene en pastoreo; porque, en los páramos no intervenidos hay una erosión de 5%, pero en páramos intervenidos puede llegar hasta un 35% (Verweij 1995).

Tabla 7. Promedio, SD y CV de las características físicas y químicas de los suelos en áreas intervenidas y áreas no intervenidas.

	Características físicas y químicas	Promedio	SD	CV
Área intervenida	pH	4,90	0,29	0,06
	Infiltración	1,09	0,34	0,31
	CE	0,22	0,10	0,47
	DA	1,51	0,22	0,15
	MOS	16,48	5,28	0,32
Área no	pH	5,19	0,45	0,09

intervenida	Infiltración	0,50	0,14	0,28
	CE	0,47	0,37	0,79
	DA	1,18	0,21	0,18
	MOS	35,09	17,82	0,51

Nota. Infiltración (mm/s); CE (dS/m); DA (g/cc); MOS (%). Desviación estándar (SD), Coeficiente de variación (CV)

6.3. Relación entre parámetros edáficos con la vegetación (objetivo 3)

Explorar la relación existente entre parámetros edáficos y la vegetación de acuerdo a los resultados obtenidos.

Existe una mejor correlación en los páramos intervenidos entre las características del suelo (pH, CE, DA, MOS e infiltración) y la vegetación (número de familias, géneros y especies). El número de familias tiene una mayor correlación negativa con la infiltración (-0.43) en los páramos no intervenidos; sin embargo, DA y MOS no muestra ninguna correlación con el número de familias; mientras, el número de familias muestra una correlación escasamente negativa con la infiltración (-0.25) en los páramos no intervenidos. En los páramos intervenidos, el número de géneros y especies muestran una mayor correlación (moderadamente negativa) frente a la infiltración (-0.52); mientras, el número de géneros y especies presentan una mayor correlación (moderada positiva) con la DA (0.61 y 0.58) en páramos intervenidos (Tabla 8).

Tabla 8. Coeficientes de correlación de Spearman entre los parámetros edáficos: familiagénero y especies.

Zona de estudio	Orden	pH	Infiltración	CE	DA	MOS
Área no intervenida	Familias	0,31	-0,43	0,13	0,00	0,00
	Géneros	0,30	-0,52	0,27	0,15	-0,06
	Especies	0,35	-0,52	0,27	0,12	-0,09
Área intervenida	Familias	0,20	-0,25	0,01	-0,02	-0,18
	Géneros	-0,18	-0,35	0,19	0,61	-0,40
	Especies	-0,18	-0,21	0,25	0,58	-0,36

Nota. Rango de relación: 0-0.25 nula o escasa; 0.26 – 0.50 débil; 0.51 – 0.75 entre moderada y fuerte; 0,76 - 1,00 entre fuerte y perfecta.

Una mejor correlación se encuentra entre el número de géneros y especies con la DA en los páramos intervenidos, esto se puede deber a la constante incorporación de abono. Nuestra investigación no concuerda con lo mencionado por Cerón & García en (2009), donde sostiene que la densidad aparente más baja, está en los suelos de páramos de pajonal porque se encuentra *Calamagrostis* y otros géneros como: *Castilleja* e *Hypochaeris*, los cuales conformando la biomasa de la macrofauna que se asocia a este tipo de lugares (figura 14).

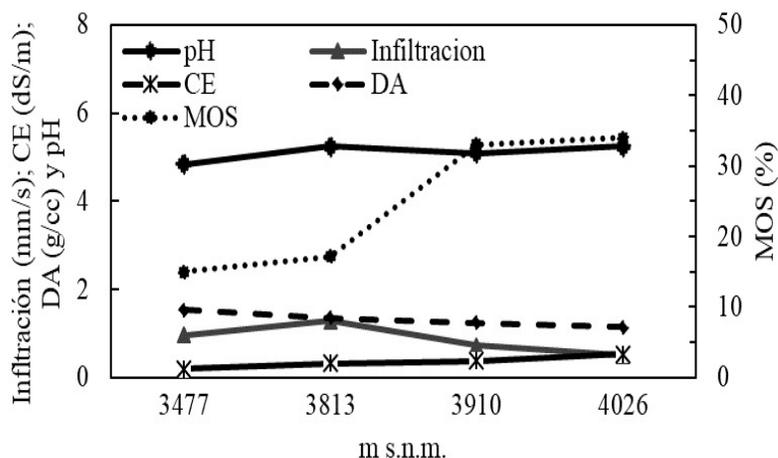


Figura 14. Valores de variables analizadas del suelo en áreas intervenidas y no intervenidas, en relación a diferentes altitudes.

- Correlación de DA y vegetación

A una altitud de 3477 m s.n.m. se mostraron los mejores resultados para la DA; en los 3813m s.n.m. se obtuvo una mayor infiltración del agua y el pH más alto en comparación con otras altitudes; mientras, la CE y MOS presentaron la cantidad y porcentaje más encumbrado a los 4026 ms.n.m.

Se reportan valores de DA de hasta a 1,3 g/cm³, siendo el de menor valor 0,95 registrado en la parcela AP07 y el mayor de 1,21 en la AP02 a una altitud promedio de 3.979 m s.n.m. además, la familia botánica con mayor riqueza son las Asteraceae, con un total de ocho géneros e igual número de especies; sin embargo, la especie *Azorrella multífida* presenta los datos más elevados en cuanto a la abundancia. En una altitud promedio de 3.940 m s.n.m., se evidenciaron dos parcelas con densidad aparente de 1,67 g/cm³ (suelo en proceso de compactación), y una mayor riqueza florística en la familia Asteraceae con un total de seis géneros e igual número de especies; mientras, la especie *Hypochaeris sessiliflora* es la más representativa en cuanto a abundancia. Al analizar los valores de DA a una altitud promedio de 3.522 m s.n.m (páramo intervenido), se obtiene como resultado que, el 75% de las zonas estudiadas son superiores a 1,35 g/cm³, siendo el máximo 1,96 g/cm³ y el mínimo 1,36 g/cm³; es decir, los suelos están sometidos a procesos de pérdida de su espacio poroso y donde cuya abundancia máxima corresponde a las especies *Sporobolus indicus* y *Lolium perenne*.

Según nuestros resultados *Azorrella multífida* es la especie más abundante a los 3.979; esto concuerda con Calviño, Fernández & Martínez, (2016) al mencionar que *Azorrella* es un género frecuente en páramos abiertos, entre los 3500-4600 m s.n.m.; y además, en los páramos herbáceos los arbustos y las pajas amacolladas desaparecen gradualmente a lo largo del gradiente de elevación y son reemplazados en importancia por los cojines, roseta caulescentes (Galeas & Guevara, 2012).

A los 3.940 se encontró una mayor abundancia de *Hypochaeris sessiliflora*, esto se puede deber porque, a esa altura el páramo ya tenía intervención; esta planta está presente en los páramos de pajonal seco y es frecuente en bordes de caminos despejados, terrenos pisoteados y algo nitrificados (Pulgar, et al, 2010).

A los 3.522 m s.n.m. se encontró una mayor abundancia de *Sporobolus indicus* y *Lolium perenne* y una DA alta porque esta parte del páramo es intervenida. *Sporobolus indicus* está presente en los pastos mejorados, pero es una hierba indeseable porque no es fuente de consumo por parte de los animales (Padilla et al., 2013); mientras, *Lolium perenne* es una especie introducida en los páramos porque se adapta en zonas entre 1.800 y 3.600 m s.n.m. y es muy utilizada para la alimentación del ganado (Villalobos & Sánchez 2010). Nuestros resultados de DA concuerdan con Cisneros & Ramírez (2015) al mencionar que, la densidad aparente se incrementa cuando el suelo es sometido a usos intensivos de agricultura y ganadería intensiva con pasto raigrás.

- Correlación de pH, MOS, CE y vegetación

De acuerdo a los resultados, se obtuvo un pH entre 4.4 y 5.9; sin embargo, a 3.813 m s.n.m. se obtuvo el pH más alto de 5.7 (promedio) en páramos intervenidos con *Lolium*; pero a 3.472 m s.n.m. se obtuvo como resultado 5,5% de materia orgánica del suelo en páramos intervenidos, siendo el porcentaje más bajo; la CE y MOS fue la más elevada en a los 4.026 m s.n.m.

Los resultados de pH son válidos porque los suelos de páramos son de origen volcánicos y presentan medidas de pH entre 3.9 y 5.4 (Días, Navarrete, & Suarez, 2005). Además, para el desarrollo de *Lolium* los suelos deben tener de mediana a alta fertilidad y un pH superior a 5.5 (Camarasa & Carta, 2013) y para *Trifolium repens* se debe evitar los suelos extremadamente alcalinos y los de textura suelta (Barletta et al., 2013). Sin embargo, la presencia abundante de *Lolium perenne*, *Bulbostylis juncoides* y *Trifolium repens* con el pastoreo pueden ser la causa para la baja MOS; es decir, la MOS presenta una elevada capacidad tampón, frente a cambios rápidos en la disponibilidad de nutrientes y en el pH (Zambrano, Apráez, & Navia 2014), lo cual aprovecharon los cultivos. La relación existe con entre MOS, CE y vegetación de nuestros resultados concuerda con lo mencionado por Cardenas (2015), cuando mayor sea el contenido de materia orgánica mayor debería ser la capacidad del mismo para conducir la electricidad, lo mismo que favorece a las especies como *Lolium perenne* y *Trifolium repens*

- Correlación de la infiltración del agua y vegetación

En los páramos intervenidos se obtuvo los valores más altos cuyo máximo es de 2,2 mm/s a una altura de 3.830 m s.n.m.; en contraste, el valor de 0,25 mm/s que representa la cifra más baja de infiltración, fue registrada a la altitud promedio de 3.966 m s.n.m. en páramos no intervenidos donde hay una fuerte abundancia de *Azorrella multifida*.

Estos resultados se pueden presentar porque los páramos no intervenidos podrían almacenar el agua, lo cual no permitiría la infiltración en el suelo; mientras en el los páramos intervenidos ocurriría lo contrario. Los principales servicios eco sistémicos del páramo (no intervenido) son el almacenamiento y la regulación del agua (Mena Vásconez & Hofstede, 2006; Cunalata et al., 2013; Lozano et al., 2013). Además, en este ecosistema destacan los bofedales, estos se desarrollan en lugares inundados o semi inundadas sobre suelos impermeables donde dominan las plantas almohadilladas (*Azorrella*) de alta productividad (Suárez Duque et al., 2016).

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Los páramos intervenidos y los páramos no intervenidos presentan unas diferencias claras de la vegetación y suelo; sin embargo, la vegetación mostró una correlación mayor con una característica del suelo tanto en los páramos intervenidos como los páramos no intervenidos.

En la investigación se pudo determinar, que los páramos no intervenidos presentaron una mayor abundancia de la especie *Azorrella multifida*, seguidamente de *Calamagrostis* que son especies dominantes propias de los páramos; además, se encontró una riqueza florística de 31 especies. Mientras, en los páramos intervenidos, se encuentra dominando la especie *Lolium*, que es una especie introducida más no propia del páramo; por otra parte, se ubicó una riqueza florística de 35 especies.

En los páramos no intervenidos se logró hallar que algunas propiedades del suelo eran buenas, y otras resultaron sobre salientes en los páramos intervenidos. Los

páramos no intervenidos tienen un mejor pH (5,2), CE (0,47) y MOS (21%) en relación a los páramos intervenidos que muestra un pH de 4,9, una CE de 0,22 y un porcentaje de MOS de 16%; sin embargo, las propiedades de infiltración (0,5mm/s) y DA (1,1 g/cm³) en los páramos no intervenidos fueron inferiores a los de páramos intervenidos que presentaron valores de 1,1 mm/s para infiltración y 1,5g/cm³ para DA.

Los suelos en el páramo son importantes para el crecimiento y desarrollo de la vegetación. En los páramos no intervenidos hubo una correlación moderada positiva, para el número de género (0,61) y especie (0,58) con respecto a la DA, siendo la mejor correlación en este caso. Mientras, en los páramos no intervenidos se destacó una correlación moderada negativa de -0,52 entre la infiltración y el número de géneros y especies.

La vegetación se encuentra totalmente relacionada con los suelos; por ello, donde se encuentran compactados los suelos debido al pisoteo del ganado, provocan la muerte de ciertas especies que no se adaptan a las condiciones de estos páramos intervenidos, ni resisten a los cambios indirectos que se han provocado, teniendo como consecuencia la pérdida de estas especies.

7.2.Recomendaciones

En el Ecuador existen páramos herbáceos, estos son amenazados por el hombre que es el principal destructor de estas zonas, porque no está consciente de la contribución que estos ecosistemas brindan, es importante que se ofrezca capacitaciones y socializaciones por parte de las entidades y organizaciones pertinentes sobre la importancia de cuidar cobertura vegetal y los suelos en los páramos andinos.

Realizar más estudios de estos ecosistemas, donde se involucren páramos intervenidos por cultivos, pastoreo y plantaciones de pino. Así mismo, comparar los resultados con un páramo no intervenido, para poder observar si existen alteraciones en la vegetación y el suelo por las nuevas actividades desarrolladas en estos sitios

8. BIBLIOGRAFIA

género *Azorella* presente en la sierra del sur ecuatoriano. Cuenca: DSpace.

Agostini, M. D., Monterubbianes, M., Studdert, G., & Maurette, S. (2014). Un método simple práctico para la determinación de densidad aparente. Buenos Aires: Scielo.

Aguirre, Torres, & Velasco. (2013). Guía de la restauración ecológica de los páramos. Quito:issuu.

Alarcon, Castillo, Cruz, Ramirez, & Salazar. (2005). Los páramos en el mundo. Quito:ISBN: 9978-43-505-0.

Alonía, M. (2005). Efectos de la producción agropecuaria en los suelos de los páramos: en el caso de guangafe. Quito: ISSN-1012-1498.

Arcos, E. (2010). Influencia de la cobertura vegetal en la capacidad de infiltración de agua. Quito.

Ayala, Villa, Aguirre, & Mendoza. (2017). Cuantificación de carbono en los páramos del Parque Nacional Yasuni, Provincia del Loja y Zamora Chinchipe. Ecuador: CEDAMAZ. Balslev, & Luteyn. (1992). Influence of fire in the grass páramo vegetation of Ecuador. Pp. 151-170.

Barletta, Camarasa, Carta, Mendez, Perez, Scheneiter, & Varea. (2013). Abundancia de trébol rojo y trébol blanco en pasturas del centro y norte de la provincia de Buenos Aires. Buenos Aires Argentina: Redalyc.

Barreno. (2013). Paramos Andinos en el cambio climático. Quito: BBC.

Bregaglio, M., Pucheta, E., & Cabido, M. (2002). El efecto del pastoreo sobre la diversidad florística y estructural en pastizales de montaña del centro de Argentina. Scielo, 613-623.

Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2017). Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los sustratos para plantas.

Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., Leon, S., Romoleroux, K., Ortiz, E., Velástegui, A. (2009). Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador. Ecociencia.

Beltran, K., Salgado, S., Cuesta, F., Leon, S., Romeleroux, K., Ortiz, E., Velastegui, A. (2010). Distribución espacial, sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador. Scielo

Bermeo, C., & Correa, M. (2020). Determinación de carbono orgánico en el suelo andino de Ichubamba y Guargualla, parroquia Cebadas". Riobamba: Spoch.

Betancurt, J. A., & Varon, J. V. (2006). El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? Luna azul, 39-51.

Boton, S., & Moscoso, F. (2022). Determinación de los impactos en el protocolo

igac para la evaluación del efecto en el cambio de uso sobre las propiedades del suelo y los servicios ecosistémicos en el complejo de páramos altiplano Cundiboyacense.

Bogotá: Universidad de Santo Tomas.

Buytaert, W. (2007). Estrategias hídricas. Unesco.

Camarasa, & Carta, H. (2013). Abundancia de trébol rojo y trébol blanco en pasturas del centro y norte de la provincia de Buenos Aires

Calviño, C., Fernández, M., & Martínez, S. (2016). Las especies de azorella (Azorelloideae, Apiaceae) con distribución extra Argentina. Buenos Aires: Darwiniana, vol. 4, núm.1, 2016, pp.57-82.

Fernández, M., & Calviño, C. (2019). Nueva clasificación infragenérica de azorella (Apiaceae, Azorelloideae) y sinopsis del subgénero Andinae. San Isidro: Darwiniana, nueva serie 7(2): 289-304. Caguana, J., Román, D., Cevallos, J., & Roman, D. (2020). Estudio florístico en el ecosistema páramo de la quebrada Galgalán, comunidad de Atillo. Polo del conocimiento, 1020-1042.

Cararqui, J., Lara, N., Cushquicullma, D., Ezpinoza, V., & Atucuitipala, G. (2021). Caracterización florística en zonas con alto potencial de recarga hídrica del páramo de Ichubamba Yasepan. Chimborazo: Dialnet

Cardenas, M. (2015). Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comuna monjas bajo, parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

Camacho, M. (2013). Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. Universidad Central del Ecuador.

Carangui, J., Lozano, P., & Reyes, J. (2016). Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador. UTE, vol. 7, núm. 1, pp. 33-45

Ceron, P., & Garcia, H. (2009). Propiedades del suelo en bosque y pajonal; reserva natural pueblo viejo, Nariño, Colombia.

Cisneros, I., Chontasi, R., Morales, & Chicaiza. (2000). Plan de manejo ambiental. Cuenca

Chuncho, C., & Chuncho, G. (2019). Paramos del Ecuador, importancia y afectaciones unarevisión: Universidad Nacional de Loja.

Cevallos, S., & Medina, B. (2022). Composición y cobertura florística del páramo del Antisana en dos diferentes estados de conservación: páramo conservado y sobre pastoreado. Universidad Central Del Ecuador: Quito.

Cisneros, P. (2010). Línea base de suelos. Promas: Ecuador

Cisneros, P., & Ramirez, M. (2015). Determinación de anomalías causadas a las propiedades físicas, químicas e hidrofísicas, en los suelos de páramo en el sur del Ecuador, ocasionadas por alteraciones antrópicas. Universidad de Cuenca.

Cortes, D., Perez, J., & Camacho, J. (2013). Relaciones espaciales entre la conductividad eléctrica y algunas propiedades químicas del suelo. Scielo, 401-408.

Cunalata, C., Inga, C., Álvarez, G., Recalde, C. y Echeverría, M. (2013). Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y biomasa de los páramos de las comunidades: Chimborazo y sobo Ilinllin - Chimborazo, Boletín Grupo Español Carbón, 10-13.

Delgado, V., & Zarate, H. (2002). Páramos ecuatorianos, características de los páramos del sur, aspectos climáticos de los páramos, flora en los páramos. -Azuay y Cañar, p. 197- 226. Dias, M., Navarrete, J., & Suarez, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles. Bogotá, Scielo 0121-4993

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Pla, L., Vélchez, S., & Di Rienzo, M. J. (2010). Qeco Quantitative ecology software: A collaborative approach. Revista Latinoamericana de Conservación | Latin American Journal of Conservation, 1(1).

Di-Rienzo, Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2017). InfoStat: software estadístico 2017. Universidad Nacional de Córdoba, ARG

Etter, A., McAlpine, C., Pillar, D., & Posingham, H. (2006). Modelling the conversion of Colombia lowland.

Estupiñán, L., Gómez, J., Barrantes, V., Limas, L. (2009). Efecto de Actividades Agropecuarias en las Características del Suelo en el páramo El Granizo, (Cundinamarca - Colombia). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 12(2), 79-89.

FAO. (2015). Los suelos constituyen la base de la vegetación que se cultiva u ordenada para la producción de piensos, fibras, combustibles y productos medicinales

FAO. (2018). La seguridad alimentaria, fomentando la residencia climática en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición.

Fernández, C., Cely, G., & Serrano, P. (2019). Cuantificación de la captura de carbono y análisis de las propiedades del suelo en coberturas naturales y una plantación de pino en el páramo de Rabanal, Colombia. Scielo 2256-5442

Fraile, G. (2017). Estrategias de conservación en los páramos con participación comunitaria. Universidad nacional abierta y a distancia UNAD.

Forsythe, W. (2002). Parámetros ambientales que afectan la temperatura del suelo en turrialba, costa rica y sus consecuencias para la producción de cultivos. Agronomía Costarricense 26(1): 43-62.

Galeas, R., & Guevara, J. (2012). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito.

Gulh, E. (1982). Los Páramos circundantes de la Sabana de Bogotá. Su Ecología y su Importancia para el Régimen Hidrológico de la misma. Sabana.

Gutierrez, M. (2015). Carbono como indicador de degradación de la calidad del suelo bajo diferentes coberturas en el páramo de Guerrero. Bogotá Colombia.

Hernandez, F., Alba, F., Torrez, D., & Constanza, M. (2009). Efecto de actividades agropecuarias en la capacidad de infiltración de los suelos del páramo del Sumapaz. Cali

Hammen, T., Pabon, J., Gutierrez, H., & Alarcon, J. (1998). El cambio global y los ecosistemas de alta montaña. Colombia.

Henriquez, C., Ortiz, O., Largaespada, K., Portuguez, P., Vargas, M., Villalobos, P., & Gomez, D. (2011). Determinación de la resistencia a la penetración, al corte tangencial, densidad aparente y temperatura en un suelo cafetalero, Juan Viñas, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 35, 175-184 Hillel. (1971). Obtenido de Hillel, D. 1971. Soil and water. Physical principles and processes. Ed. Acad. Press. New York.

Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., J. U., Vásquez, A., & Cerra, M. (2014). Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo. UICN, Quito, Ecuador.

Hofstede, R. (1997). La importancia hídrica del páramo y aspectos de su manejo. Colombia. Hofstede, R. (2008). Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el Ecosistema paramo. Colombia.

Hofstede, R., Coppus, R., Mena, P., Segarra, P., Wolf, J., & Sevik, J. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador.

Izco, J., Pulgar, I., Aguirre, Z., & Santin, F. (2007). Scielo. Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. Lima. 1727-9933.

Jaramillo, R., & Chaves, C. (1999). Aspectos hidrológicos en un bosque y en plantaciones de café (*coffea arábica*) al sol y bajo sombra.

Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Scielo.

Keating P.L. 1999. Changes in páramo vegetation along an elevation gradient in southern Ecuador. *Journal Torrey Bot. Soc.* 126(2): 159-175

Llambí, L. D., Soto, A., Borja, P., Ochoa, B., Celleri, R., & Bievre, B. (2012). Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos, en los suelos del páramo.

Llanos, E., & Escandon, J. (2016). Almacenamiento de Carbono en el suelo bajo tres tipos de cobertura vegetal en los páramos andinos en la Cuenca del río Paute. Universidad de Cuenca.

Llambi, D. (2015). Estructura, diversidad y dinámica de la vegetación en el ecotono bosque- páramo: revisión de la evidencia en la cordillera de Mérida. Colombia. 2015;20 (3):5-19.

Lopez, E. I. (Junio de 2012). El cambio climático y gestión del páramo.

Camaren. Lozano. (2013). Diversidad distribución de los endemismos de Asteraceae Compositae en la flora del Ecuador. Puyo.

Lozano, P. (2009). Los tipos de bosque en el sur del Ecuador. Universidad estatal Amazónica

Lozano, P., Armas, A., & Machado, V. (2016). Estrategias para la conservación del ecosistema páramo en Pulinguí San Pablo y Chorrera Mirador, Ecuador. Scielo. Martínez, Susana Graciela. (1991). Revisión del género *Azorella*, (apiaceae). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

MAE. (2013). Sistema de clasificación de ecosistemas del Ecuador continental. Quito.

Marulanda, J., & Villa, J. (2015). Densidad aparente y concentración de materia orgánica en el suelo de un humedal de alta montaña. Belmira. . Vol.4, N°1

MECN - INB. 2015. Plantas de los páramos del Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad. Publicación Patrimonio Natural del Ecuador Nro. 2. Quito-Ecuador.

MENA, P. A., C. JOSSE & G. MEDINA (Eds.). 2000. Los Suelos del Páramo. Serie Páramo 5. GTP/Abya Yala. Quito.

Mena, P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. *Ecociencia*, 91-109.

Mena Vásconez, P., A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa y D. Ortiz (Eds.). 2011. Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. *EcoCiencia/Abya-Yala/ECOBONA*. Quito.

Merchan, M. (2016). Estudio del efecto de quemas recientes sobre el microclima del suelo en el páramo de la reserva ecológica el Ángel. Quito.

Minga, D., Ansaloni R., A. Verdugo y Ulloa Ulloa C. 2016. Flora del páramo del Cajas, Ecuador. Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco. Cuenca.

Molinillo, M., & Monasterio, M. (2002). Patrones de vegetación y pastoreo en ambientes de páramo. *Ecotropicos*.

Monguín, J., & Navarro, J. (2012). Infiltración y grupos hidrológicos de suelos en las laderas de los páramos (valladolid). *Universidad de Riajas. España. Dialnet*

Montaño, M., García, R., Ochoa, G., & Monroy, A. (2006). Relación entre la vegetación arbustiva, el mezquite y el suelo de un ecosistema semiárido en México. *Terra Latinoamericana*, vol. 24, núm. pp. 193-205 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.

Mora, M., Ríos, L., Lamos, L., & Armario, J. (2017). Impacto de la actividad ganadera sobre el suelo en Colombia. *Dialnet*.

Morales, J., & Estevez, J. (2006). El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? *Revista LunaAzul*, núm. 22, pp. 39-51 Universidad de Caldas Manizales, Colombia.

Moreno, C. (2012). Efectos de diferentes tipos de vegetación sobre la capacidad de infiltración de agua en suelos de páramo en la Reserva Privada Paluguillo (Ecuador). *Quito. Moreno, V., Catillo, O., Gama, L., Zavala, J., & Ortiz, M. (2017). Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. Scielo. Vol. 23, núm. 1: 91-109*

Pauli, H., Gottfried, M., Hohenwallner, D., Reiter, K., Casale, R., & Grabherr, G. (2003).

Manual para el trabajo de campo del proyecto GLORIA

Pacual, Izquierdo, & Vanegas. (2016). Materia orgánica del suelo, papel de los microorganismos. *Ciencias Ambientales 2° C*

Pascual, R., & Vanegas, S. (2007). Materia orgánica del suelo, papel de los microorganismos.

Pinos, D., Morocho, O., & Duran, M. (2021). Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador *Scielo. 1409-2158*

Podwojewsky, P., & Poulénard, J. (2000). En *Los Suelos del Páramo. Serie Páramo 5.GTP/ Abya Yala. Quito...*

Pinzon, A. (1993). Propiedades físicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Colombia. *Suelos Ecuatoriales*, 22-30.

Pinzon, A. (2021). Estudio de las propiedades físicas de los páramos de Guerrero, Neusa, Chingaza y Sumapaz. *Suelos Ecuatoriales 51 (1 y 2): 57-67*

Narváez Eraso, María Teresa (2008) *Sistemas de uso de biodiversidad asociados al ecosistema de Páramo de Chiles y sus áreas circundantes.*

Pulgar, I. Izco, J. & Jadan, O. (2010). Flora selecta de los pajonales de Loja. Ecuador. 978-9978-22-908-8.

Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Cardenas, I., Crespo, P., & Cerelli, R. (2015).

Research. Suelos Ecuatoriales. Cuenca. 42 (2), 138-153, 2012.

Rivera, D., & Rodriguez, C. (2011). Guía divulgativo de criterios para la delimitación de páramos de Colombia. Bogotá.

Rivera, M. (2014). Regeneración de la pradera artificial con la aplicación de enmiendas e incorporación de especies forrajeras nativas - naturalizadas e introducidas. Chimborazo. Spoch.

Romero, Santamaria, & Zafra. (2009). Bioingeniería y suelo: abundancia microbiológica, phy conductividad eléctrica bajo tres estratos de erosión Umbral Científico, pp. 67-74 Universidad Manuela Beltrán Bogotá, Colombia.

Robert, Rafael, "Water Capacity of Paramo Soils" (2018). Independent Study Project (ISP) Collection. 2782 Sanches, B., Ruiz, M., & Ríos, M. (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la Cuenca del río Maracay, estado Aragua. Scielo.

Sklenár, P., Luteyn, J., Ulloa, C., Jorgensen, P., & Dillon, M. (2005). Flora genérica de los páramos. Guía ilustrada de las plantas vasculares ilustrada de las plantas vasculares

Serrano, D., & Galárraga, R. (2015). El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento. Quito. Ecuador.

Suarez. (2016). Análisis del carbono secuestrado en humedales Altoandinos de dos áreas protegidas del Ecuador.

Taboada, & Alvarez. (2008). Fertilidad física de los suelos Taboada Alvarez. Buenos Aires.

Vargas, O., Premauer, J., & Cardenas, C. (2022). Efecto del pastoreo sobre la estructura de la vegetación en un páramo húmedo de Colombia. Ecotropicos 15(1):35-50

Vanegas, K., & Salazar, M. (2020). Nuevos registros de Pucciniales sobre Araceae, Bromeliaceae, Dryopteridaceae, Grossulariaceae, Juncaceae, Lamiaceae y Poaceae en páramos de Antioquia, Colombia. Scielo.

Verweij. (1995). Ecología, hidrología del suelo. Proyecto páramo andino.

Villegas, J. (2004). Análisis del conocimiento en la relación agua-suelo-vegetación para el departamento de Antioquia. Colombia. ISSN 1794-1237

Villalobos, & Sanchez. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. Vol. 34, núm. 1, 2010, pp. 43-52 Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica.

Zambrano, G., Apráez, J., & Navia, J. (2014). Relación de las propiedades del suelo con variables bromatológicas de pastos, en un sistema lechero de Nariño.

Zafra, Romero, & Maria, S. (2009). Bioingeniería y suelo: abundancia microbiana, pH y conductividad eléctrica bajo tres estratos de erosión umbral científico. 67-74 Universidad Manuela Beltrán Bogotá, Colombia

Hofstede, R., Segarra, P., & Mena, P. (2003). Los páramos del mundo del mundo. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global Peatland Initiative/NCIUCN/EcoCiencia. Quito.

ANEXOS



Anexo 1. Zona de estudio



Anexo 2. Toma de coordenadas e implementación de parcelas de estudio.



Anexo3. Implementación de parcelas



Anexo 4. Toma de muestras para análisis de suelos

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRODÓNOMICA
LABORATORIO DE FÍSICA DE SUELOS
ANÁLISIS DE PARÁMETROS DEL SUELO

Peso
Pregrado

RESPONSABLE: Jessico Haveli, Talyra Caceres, Favio Jimenez
FECHA: 11-08-2022 ORIGEN DE LA MUESTRA:

N°	Código muestra	pH	C.E. (mS/cm)	Código del crisol	Peso crisol (g)	Peso suelo seco (g)	Peso de suelo incinerado + crisol (g)
1	X 297 H			37	10,87	4,65	18,57
2	X 294 H			30	12,29	9,12	18,82
3	X 274 H			13	12,30	10,02	21,77
4	X 274 H			2	12,80	10,14	27,70
5	756 H			28	10,92	9,54	19,32
6	756 H			22	18,81	10,87	28,48
7	40 H			22	35,38	10,38	41,02
8	40 H			7	22,62	12,22	31,02
9	53 H			12-04	22,58	9,22	31,22
10	53 H			33	25,68	10,42	30,68
11	108 H			8	10,14	10,74	20,77
12	108 H			13	19,80	10,26	28,44
13	P39 H			12-04	21,36	2,73	23,21
14	P39 H			33	20,69	2,65	23,73
15	P39 H			6	10,32	9,36	16,42
16	P39 H			11	10,80	8,14	20,64
17	1932 H			2	14,11	10,15	27,70
18	1932 H			10	11,30	5,53	14,21
19	X 297 H			12	22,38	9,44	30,46
20	X 297 H			12-04	27,58	10,00	35,83
21	P39 H			33	26,67	4,67	32,13
22	P39 H			1	26,67	4,67	28,86
23	M097 H			12	32,38	5,80	34,23
24	M097 H			16	11,32	4,06597	15,60
25	A 164 H			11	10,82	6,80	15,70
26	A 8 H			9	10,80	10,24	23,24
27	A 8 H			13	19,81	10,38	23,27
28	P23 H			8	18,18	8,70	35,00
29	P23 H			8	10,72	6,43	15,67
30	P23 H						
31							

① D - B = E
② $\left(\frac{C - E}{C} \right) * 100 =$
MO %

Anexo 5. Datos de laboratorio de análisis de suelo



Anexo 6. *Conteo de plantas*