



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN ZONAS INTERVENIDAS Y NO INTERVENIDAS EN LA COMUNIDAD ANCESTRAL ARMERO, CANTÓN QUITO, 2023

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniera Ambiental

AUTORA: GABRIELA FERNANDA CARRIÓN CURIMILMA

TUTOR: EDWIN FABIAN BERSOSA VACA

Quito - Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Gabriela Fernanda Carrión Curimilma con documento de identificación N° 1751330315 manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 14 de agosto del año 2023

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Gabriela', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat abstract.

Gabriela Fernanda Carrión Curimilma
1751330315

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Gabriela Fernanda Carrión Curimilma con documento de identificación No. 1751330315, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Trabajo Experimental: “Evaluación de concentración de carbono orgánico en zonas intervenidas y no intervenidas en la Comunidad Ancestral Armero, Cantón Quito, 2023.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de agosto del año 2023

Atentamente,



Gabriela Fernanda Carrión Curimilma
1751330315

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Edwin Fabián Bersosa Vaca con documento de identificación N° 1709204141, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN ZONAS INTERVENIDAS Y NO INTERVENIDAS EN LA COMUNIDAD ANCESTRAL ARMERO, CANTÓN QUITO, 2023, realizado por Gabriela Fernanda Carrión Curimilma con documento de identificación N° 1751330315, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de agosto del año 2023

Atentamente,



Dr. Edwin Fabián Bersosa Vaca, M. Sc

1709204141

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza que siempre le he pedido, permitiéndome seguir adelante con un buen estado de salud y fortaleza, por siempre proteger a mi familia y que estén conmigo en todos los días de esfuerzo

Este trabajo está dedicado a mis padres Freddy y Margarita por formar parte de mi trayectoria y son el motor principal de mi vida, ustedes me ayudaron en cada proceso de mi vida, dedicándome de su cariño y tiempo, apoyándome siempre en mis estudios y gracias a todo el amor, consejos y dedicación que me han compartido, hoy en día el logro es mío y suyos.

A mi hermano Wladimir quien me ayudo siempre con consejos y conocimiento en mi trayectoria de estudio, y estuvo en todo el proceso de este trabajo, fue el actor principal para seguir luchando en mi trabajo y conseguir mis objetivos, siempre acompañándome en mis nuevas ideas y logros.

A Shoselyn por siempre estar conmigo en los momentos buenos y malos, y siempre dándome su apoyo en este trabajo, fortaleza y esperanza para continuar con esta trayectoria y por siempre apoyarme y creer en mí.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres por la dedicación y esfuerzo hacia mi persona, por darme la oportunidad de seguir con mis estudios para lograr cumplir mis metas, por cada consejo para seguir con mis objetivos, por cada apoyo y amor por su parte.

A mi hermano por siempre apoyarme en cada uno de mis obstáculos, por darme sabiduría y conocimiento en cada uno de mis trayectos de estudio, siempre me apoyo en la carrera universitaria, le agradezco siempre lo me apoyo y me seguirá apoyando.

Al Señor Antonio Vega por brindarnos el apoyo durante el proceso del presente trabajo, y proporcionar información importante, para poder continuar de manera estable nuestros objetivos.

A mi tutor Dr. Edwin Fabian Bersosa por darnos consejos y conocimientos para seguir adelante con mi trabajo y con su cuidadosa voluntad que permitió mejorar en reconocer el esfuerzo dispuesto, reconociendo su trabajo como docente y tutor. Y a todos mis amigos que me ayudaron a salir adelante, Shoselyn, Daniela, Dayana, Jenny, Paz, Jhon y Cesar.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	1
1.2. Delimitación	3
1.3. Puntos de muestreo	3
1.3.1. Sector 1	4
1.3.2. Sector 2	6
1.3.3. Sector 3	8
1.4. Preguntas de Investigación	10
1.5. Objetivos	10
1.5.1. Objetivo General	10
1.5.2. Objetivos Específicos	10
1.6. Hipótesis	10
1.6.1. Hipótesis Nula	10
1.6.2. Hipótesis Alternativa	10
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	11
2.1. Páramo	11
2.1.1. Paramo No Intervenido	11
2.1.2. Paramo Intervenido	12
2.1.3. Paramo alterado	12
2.1.4. Paramo muy Alterado	12
2.2. Importancia del suelo	12
2.3. Retención del Agua	13
2.4. Actividades Antropogénicas	13
2.4.1. Agricultura	14
2.4.2. Ganadería	14
2.4.3. Turismo (Senderismo)	14
2.4.4. Pastoreo	14
2.5. Servicios ecosistémicos	15
2.5.1. Servicios ecosistémicos de aprovechamiento (SEA)	15
2.5.2. Servicios ecosistémicos de regulación (SER)	15
2.5.3. Servicios ecosistémicos culturales (SEC)	15

2.5.4.	Servicios ecosistémicos de soporte (SES).....	16
2.6.	Valoración de los Servicios Ecosistémicos	16
2.7.	Carbono Orgánico	17
2.8.	Materia Orgánica del Suelo (MOS).....	18
2.9.	Paramo y el Cambio Climático.....	18
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1.	Tipo de Investigación	19
3.1.1.	Descriptiva	19
3.1.2.	Diseño estadístico.....	19
3.1.3.	Equipos de Investigación	20
3.2.	Formulación y Recolección de Encuestas	21
3.3.	Variables.....	23
3.3.1.	Variables Independientes	23
3.3.2.	Variables Dependientes.....	23
3.4.	Protocolos.....	23
3.4.1.	Delimitación de los puntos de muestreo.....	23
3.4.2.	Metodología	24
3.4.3.	Determinación de pH y Conductividad	26
3.4.4.	Determinación de la humedad gravimétrica, densidad aparente y porosidad.....	26
3.4.5.	Densidad Aparente	27
3.4.6.	Porcentaje de Humedad Gravimétrica.....	27
3.4.7.	Humedad Volumétrica	27
3.4.8.	Porcentaje de Porosidad	28
3.4.9.	Materia Orgánica del Suelo.....	28
3.4.10.	Carbono Orgánico del Suelo.....	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1.	Parámetros analizados	29
4.1.1.	pH.....	29
4.1.2.	Conductividad	31
4.1.3.	Densidad Aparente	32
4.1.4.	Humedad Volumétrica	34
4.1.5.	Humedad Gravimétrica	35
4.1.6.	Porcentaje de Porosidad	36
4.1.7.	Materia Orgánica.....	38
4.1.8.	Carbono Orgánico	39
4.2.	Resultados de las Encuestas	40
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50

5.1. Conclusiones 50

5.2. Recomendaciones 51

6. BIBLIOGRAFÍA..... 52

7. ANEXOS 54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Servicios Ecosistémicos	16
Tabla 2. Enfoques de los servicios ecosistémicos	17
Tabla 3. Tratamientos y Repeticiones para el diseño estadístico	20
Tabla 4. Coordenadas de los puntos de muestreo	24
Tabla 5. Materiales en la Fase de Campo.....	24
Tabla 6. Materiales y equipos en la Fase de Laboratorio	26
Tabla 7. Resultados de los Parámetros	29
Tabla 8. Análisis Estadístico ANOVA para el pH	30
Tabla 9. Análisis Estadístico ANOVA para la Conductividad	31
Tabla 10. Análisis Estadístico ANOVA para la Densidad Aparente (Da).....	32
Tabla 11. Análisis Estadístico ANOVA para la Humedad Volumétrica	34
Tabla 12. Análisis Estadístico ANOVA para el porcentaje de Humedad Gravimétrica	35
Tabla 13. Análisis Estadístico ANOVA para el porcentaje de porosidad.....	36
Tabla 14. Análisis Estadístico ANOVA para el porcentaje de Materia orgánica	38
Tabla 15. Análisis Estadístico ANOVA para el carbono orgánico	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de muestreo de suelo en la Comunidad Ancestral Armero.....	3
Figura 2. Senderismo (Turismo)	4
Figura 3. Actividad Ganadera	4
Figura 4. Pajonal	5
Figura 5. Bosque Nativo	5
Figura 6. Cultivos de papas	6
Figura 7. Ovejas	6
Figura 8 . Páramo (Pajonal)	7
Figura 9. Quinual	7
Figura 10. Cultivos de maíz	8
Figura 11. Llamas de la comunidad	8
Figura 12. Pajonal y Flora natural.....	9
Figura 13. Paramo y su flora.....	9
Figura 14. Ubicación de encuestas realizadas	21
Figura 15. pH	30
Figura 16. Conductividad.....	32
Figura 17. Densidad aparente por sectores	33
Figura 18. Resultados de Humedad Volumétrica	34
Figura 19. Resultados de Porcentaje de Humedad gravimétrica.....	36
Figura 20. Resultados de porcentaje de Porosidad.....	37
Figura 21. Resultados de porcentaje de MO	38
Figura 22. Porcentaje de Carbono Orgánico	40
Figura 23. Pregunta 1	40
Figura 24. Pregunta 2	41
Figura 25. Pregunta 10	41
Figura 26. Pregunta 4	42
Figura 27. Pregunta 5	43
Figura 28. Pregunta 6	43
Figura 29. Pregunta 7	44
Figura 30. Pregunta 8	44
Figura 31. Pregunta 9	45
Figura 32. Pregunta 7	45
Figura 33. Pregunta 11	46
Figura 34. Pregunta 12	46
Figura 35. Pregunta 13	47
Figura 36. Pregunta 14	47
Figura 37. Pregunta 15	48
Figura 38. Pregunta 16	48
Figura 39. Pregunta 17	49
Figura 40. Pregunta 18	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Recolección de Muestras	54
Anexo 2. Muestras Recolectadas	54
Anexo 3. Cilindros de Muestreo	54
Anexo 4. Materiales de laboratorio	54
Anexo 5. Equipo: Estufa	54
Anexo 6. Equipo: Horno de Mufla.....	54
Anexo 7. Equipo: Balanza analítica	55
Anexo 8. Desecador	55
Anexo 9. Zona No Intervenida.....	55
Anexo 10. Zona Intervenida (Ganadería).....	55
Anexo 11. Aplicación de Encuestas a la Comunidad.....	55

RESUMEN

El presente estudio tuvo como principal objetivo evaluar las concentraciones de carbono orgánico en los suelos intervenidos como no intervenidos de la Comunidad Ancestral Armero, ubicada en el Cantón Quito. Además, se enfocó en realizar una valoración exhaustiva de los servicios ecosistémicos presentes en dicha comunidad, con el fin de obtener un conocimiento detallado de las variaciones en las concentraciones en los diferentes sectores analizados.

Este estudio se llevó a cabo de manera experimental, utilizando el método del cilindro para la recolección de muestras durante la fase de campo. En cada repetición, se obtuvieron un total de 15 muestras, las cuales posteriormente fueron homogeneizadas y combinadas en 12 muestras compuestas representativas de los lugares analizados. Estas muestras compuestas fueron sometidas a un análisis exhaustivo para determinar diversos parámetros físico-químicos, entre ellos el pH, la conductividad, densidad aparente, porosidad, humedad volumétrica y gravimétrica, materia orgánica y carbono orgánico del suelo.

Los suelos no intervenidos, como los bosques nativos y pajonales, exhiben resultados más altos en términos de materia y carbono orgánico. Esto se debe por las propiedades meteorológicas favorables y a la acumulación de materia orgánica, así como a su descomposición, lo cual resulta fundamental en estos suelos no intervenidos.

A través de las encuestas realizadas, se reveló que el 75% de la población tenía un desconocimiento acerca de la "Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelos". Sin embargo, expresaron su interés en conocer más acerca de esta legislación. Respecto al conocimiento sobre la importancia del carbono orgánico en el ecosistema de los páramos, se observó que un 63% de los encuestados no estaban familiarizados con este tema, mientras que el 37% restante ya tenía conocimiento sobre dicha importancia.

El análisis estadístico realizado indicó que los niveles de carbono orgánico del suelo intervenido son iguales a la de un suelo no intervenido, los valores no son tan significativos en la cantidad del carbono orgánico.

Palabras Clave: Carbono orgánico, materia orgánica, servicios ecosistémicos, Bosque nativo, paramo, suelo intervenido, suelo no intervenido.

ABSTRACT

The main objective of this study was to evaluate the concentrations of organic carbon in the intervened and non-intervened soils of the Armero Ancestral Community, located in Quito Canton. In addition, it focused on carrying out an exhaustive evaluation of the ecosystem services present in this community, in order to obtain a detailed knowledge of the variations in the concentrations in the different sectors analyzed.

This study was carried out experimentally, using the cylinder method for sample collection during the field phase. In each repetition, a total of 15 samples were obtained, which were subsequently homogenized and combined into 12 composite samples representative of the analyzed sites. These composite samples were subjected to an exhaustive analysis to determine various physicochemical parameters, including pH, conductivity, bulk density, porosity, volumetric and gravimetric moisture, organic matter and soil organic carbon.

Undisturbed soils, such as native forests and grasslands, exhibit higher results in terms of organic matter and organic carbon. This is due to the favorable climatic properties and the accumulation of organic matter, as well as its decomposition, which is fundamental in these undisturbed soils.

Surveys revealed that 75% of the population was unaware of the "Organic Law on Land Use, Land Use and Soil Management". However, they expressed interest in learning more about this legislation. Regarding knowledge about the importance of organic carbon in the moorland ecosystem, it was observed that 63% of the respondents were not familiar with this topic, while the remaining 37% were already aware of its importance.

The statistical analysis performed indicated that the organic carbon levels of the intervened soil are equal to that of a non-intervened soil, the values are not as significant in the amount of organic carbon.

Keys words: Organic carbon, organic matter, ecosystem services, native forest, paramo, disturbed soil, undisturbed soil

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

En Ecuador, los suelos de vegetación natural tienen altas tasas de conversión y ofrecen una variedad de usos posteriores. El impacto de algunos de estos cambios en los suelos aún no se conoce bien. El carbono orgánico del suelo es uno de tantos servicios que ayudan a regular el clima, ya que es un parámetro que contribuye a la capacidad de retención de agua en el suelo, mantiene la fertilidad, reduce los procesos de erosión y previene la emisión de los (GEIs) gases de efecto invernadero, el suelo es un reservorio de carbono que beneficia en los distintos parámetros de la tierra. (López, 2016)

Los servicios eco-sistemáticos son significativos dentro de las funciones naturales, y cumplen con brindar beneficios para los seres vivos, el aporte que ofrece el suelo a los servicios ecosistémicos se puede catalogar en cuatro grupos distintos como el hábitat, producción, regulación e información, estos servicios no cuentan con una cuantificación estable. En 50 años los ecosistemas han cambiado frecuentemente por consecuencia de las actividades antropogénicas, se han incrementado cambios por actividad agrícola en América del Sur, reportando expansiones de 441 a 607 millones de hectáreas.(López, 2016)

Actualmente el uso de los valores del suelo ha aumentado en diversas actividades, como la ganadería, agricultura, minería, entre otras, perturbando de los servicios que se encuentran dentro de los ecosistemas. Existe un impacto directo cuando el uso del suelo cambia frecuentemente en la provisión de los servicios ecosistémicos de la tierra, afectando la producción de alimentos y madera, el reciclaje ecológico, la regulación del clima y la biodiversidad.(Castañeda-Martín & Montes-Pulido, 2017)

El carbono orgánico existente en el suelo, la biodiversidad y la conservación del suelo influyen significativamente en los servicios ecosistémicos que dependen el uso de la tierra, la materia prima, el paisaje, y tipo de suelo existente y son proporcionados mediante los procesos químicos, biológicos y geológicos que ocurren en varias escalas. La pérdida de Carbono Orgánico

en el Suelo (COS) es por consecuencia de las actividades antrópicas dentro de los ecosistemas andinos, por pastizales y cultivos, debilitando la cobertura vegetal y la protección del suelo, reduciendo significativamente las a cantidades de carbono orgánico en los suelos. (Castañeda-Martín & Montes-Pulido, 2017)

En la Comunidad Ancestral Armero, se ha conformado para la protección de los páramos y el cuerpo hídrico existente que abastece de agua a la propia comunidad, las actividades que se llevadas a cabo dentro de la comunidad son de ganadería, agricultura y senderismo, también los pajonales naturales, que se sirven de los servicios ecosistémicos donde se aprovechan regulación y las propiedades existentes. Los inconvenientes existentes dentro de los páramos son las intervenciones de las acciones humanas que realizan distintas actividades que han cambiado el suelo y es evidente, dañando los servicios de los ecosistemas, y se disminuye la capacidad de retener el agua y el carbono orgánico existente en la zona, contando también los distintos impactos ambientales que se puede dar alrededor de la comunidad.

La presencia de altos niveles de carbono orgánico en la vegetación natural se debe a varios factores, como el tipo de cobertura vegetal y la densidad de raíces. Estos factores contribuyen a una mayor protección de las superficies del suelo. La flora natural ejecuta un papel crucial en la protección del suelo al reducir la cantidad de materia orgánica que entra en él y acelerar la tasa de descomposición de los residuos vegetales. Como consecuencia, este proceso puede dar lugar a una degradación rápida de la materia orgánica de los organismos vivos. y, en consecuencia, a una disminución del carbono presente en el suelo.(Castañeda-Martín & Montes-Pulido, 2017)

Por tal motivo, el presente trabajo experimental, se realizó con el propósito de evaluar las concentraciones en porcentaje del carbono orgánico por medio de análisis físicos-químicos existente en zonas intervenidas y no intervenidas en el páramo y en las actividades de agricultura y ganadería, identificando y valorando los servicios ecosistémicos de la zona.

1.2. Delimitación

Comunidad Ancestral Armero se encuentra ubicado en el cantón Quito, parroquia Belisario Quevedo en la Provincia de Pichincha, conformada por 71 habitantes ubicados en las colinas de la montaña mama Cruz Loma, vecino del Barrio Teresa Silva y Miraflores, la comunidad posee de ecosistemas como Paramos Andinos y Bosque Siempre Montano, situada desde los 3000 a los 4500 metros sobre el nivel del mar. (Ordóñez & Ortega, 2022)

La comunidad está delimitada al norte con la quebrada “Vascones” y las instalaciones del proyecto turístico del “Teleférico”, al sur con el bosque del Seguro social y la quebrada “Armero”, al este con el Barrio Armero y la Facultad de Cultura Física de la Universidad Central del Ecuador y al oeste con la montaña “Cruz Loma” y las laderas del volcán Ruco Pichincha.

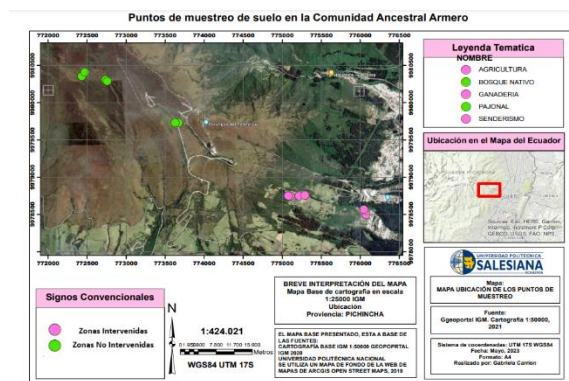
El presente trabajo se lo llevo a cabo desde marzo del 2023 a julio del 2023, basándose directamente de los objetivos planteados de la propuesta de investigación, periodo designado al análisis completo de los parámetros propuestos.

1.3. Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo dentro de la comunidad Ancestral Armero se puede observar en la Figura 1., donde se identifican los puntos intervenidos y no intervenidos de acuerdo con los tres sectores seleccionados.

Figura 1.

Puntos de muestreo en la Comunidad Ancestral Armero



Nota: Ubicación de las zonas de muestreo dentro de la Comunidad Ancestral Armero. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.1. Sector 1

1.3.1.1. Senderismo

Se practica el senderismo (turismo), no se encontraron viviendas y plantas como hierba (*Cynodon dactylon*) y plantas de eucalipto (*Eucalyptus spp*). Este sector se encuentra a una altura de 3489 m.s.n.m.

Figura 2.

Senderismo (Turismo)



Nota: Zona intervenida en el sector uno que se realiza actividades de senderismo. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.1.2. Ganadería

Se encuentra a una altura de 3585 m.s.n.m, se evidencio presencia de ganado vacas (*Bos taurus*), existen hierbas (*Cynodon dactylon*) y eucaliptos (*Eucalyptus spp*), no existen viviendas.

Figura 3.

Actividad Ganadera



Nota: Actividad ganadera que se realiza dentro de la comunidad. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.1.3. Pajonal

Dentro de este sector no existen actividades de ganadería ni de agricultura, se encuentra solo pajonal con varios tipos de gramíneas propia del sector, a una altura de 4000 m.s.n.m.

Figura 4.

Pajonal



Nota: Sector de pajonal que se encuentran varios tipos de herbáceas. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.1.4. Bosque Nativo

El sector se encuentran plantas nativas del lugar como *Stipa* y *Baccharis* , no existen actividades antrópicas y está a una altura de 4044 m.s.n.m,

Figura 5.

Bosque Nativo



Nota: Flora nativa dentro del ecosistema del páramo. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.2. Sector 2

1.3.2.1. Agricultura

En el sector existen viviendas con cultivos de papa (*Solanum tuberosum*), y presencia de animales domésticos como los perros (*Canis lupus familiaris*), se encuentra ubicado a una altura de 3375 m.s.n.m. y su pendiente es muy elevada.

Figura 6.

Cultivos de papas



Nota: Cultivos de papa dentro de la comunidad. (Elaborado por la Autora, 2023).

1.3.2.2. Ganadería

El lugar se encuentra a una altura de 3409 m.s.n.m, cuenta con una gran cantidad de ovejas (*Ovis orientalis aries*) en sector con una pendiente grande y un corral de madera, para el ganado de ovejas.

Figura 7.

Ovejas



Nota: Ovejas pertenecientes a un comunero del sector. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.2.3. Pajonal

Dentro de esta zona no intervenida, no se evidencia presencia de viviendas con varios tipos de gramíneas, se encontraban colchones de agua (*Plantago rígida*). Este sector está ubicado a una altura de 4000 m.s.n.m

Figura 8 .

Páramo (Pajonal)



Nota: Páramo no intervenido con pajonal y colchones de agua. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.2.4. Bosque Nativo

La zona presenta tierra más suelta, y con presencia de varios quinual (*Polylepis racemosa*), a una altura de 3990 m.s.n.m.

Figura 9.

Quinual



Nota: Plantas nativas propias del páramo como el quinual. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.3. Sector 3

1.3.3.1. Agricultura

Se encuentra ubicada a una altitud de 3109 m.s.n.m, se desarrollan actividades de agricultura, y presencia de varias viviendas de los comuneros del lugar, que mantienen cultivos de maíz (*Zea mays*), y la presencia de perros (*Canis lupus familiaris*).

Figura 10.

Cultivos de maíz



Nota: Cultivos de maíz en la localidad. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.3.2. Ganadería

El sector se encuentra a una altitud de 3109 m.s.n.m, se desarrollan las actividades de crianza de llamas (*Lama glama*) y a sus alrededores existen plantas de frutales (Rutaceas, Rosaceas).

Figura 11.

Llamas de la comunidad



Nota: llamas que se encuentran en la comunidad. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.3.3. Pajonal

El sector de análisis se encuentra ubicado a una altura de 4069 m.s.n.m no existe intervención por parte de ser humano, con varios tipos de gramíneas, y un pequeño chaquiñán.

Figura 12.

Pajonal y Flora natural



Nota: Sector de pajonal y flora propia del páramo sin intervención humana. Elaborado por la Autora, 2023.

1.3.3.4. Bosque Nativo

Este sector está ubicado a una altitud de 4071 m.s.n.m, es una zona no intervenida, con vegetación propia de zona como el quinal (*Polylepis racemosa*) y *Dimorphotheca Jucunda* (*Dimorphotheca jucunda*).

Figura 13.

Paramo y su flora



Nota: Bosque nativo del páramo que está conformada por varias especies de flora. Elaborado por la Autora, 2023.

1.4. Preguntas de Investigación

- ¿Qué actividades antrópicas pueden influir en las concentraciones de carbono orgánico en los suelos del páramo?
- ¿Existen diferencias de concentraciones de carbono orgánico en los suelos intervenidos por actividades antropogénicas y suelos no intervenidos?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Evaluar la concentración de carbono orgánico del suelo en zonas intervenidas y no intervenidas, a través del análisis de sus propiedades físico-químicos y del tipo de uso de los suelos en la comunidad ancestral Armero, cantón Quito, 2023.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Identificar el uso que se le da al suelo mediante encuestas aplicadas a la población habitante en la zona de estudio, para la determinación de su influencia en el nivel de carbono orgánico en el suelo.
- Determinar el grado de afectación en el suelo intervenido y no intervenido, mediante el análisis de los resultados obtenidos con las encuestas y análisis físico-químicos.
- Identificar los servicios ambientales del sector, mediante el análisis de resultados de las variables evaluadas y de encuestas realizadas en la comunidad.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis Nula

Las concentraciones de carbono orgánico existentes en el suelo intervenido son iguales a la de un suelo no intervenido dentro de la comunidad.

1.6.2. Hipótesis Alternativa

Las cantidades de carbono orgánico existentes en el suelo intervenido no son iguales a la de un suelo no intervenido dentro de la comunidad.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. *Páramo*

El páramo está ubicado a altitudes de 3.000 y 5.000 (m.s.n.m) metros sobre el nivel del mar entre los límites de las nieves perpetuas y bosque cerrado, es considerado un ecosistema neotropical que se ubica a lo largo de las cordilleras en altitudes, extendiéndose entre 111° Norte y 81° Sur de latitud. El páramo es considerado como una zona de montaña andina, que posee con un clima frío y está conformado de pajonal. (Mena Vásconez et al., 2011)

La biodiversidad existente dentro de los “Andes tropicales” está representada de plantas endémicas con el 6,7% y 5,7% de especies de vertebrados. Además, los páramos andinos son significativos para el buen manejo de gestión de los recursos hídricos, donde su función principal está en la regulación, recolección, mantención y suministro del recurso del agua, y esto sucede por las características de humedad alta, morfología de ciertas especies de flora, baja evapotranspiración y la materia orgánica en el suelo. Dentro de estos ecosistemas representan una importante fuente grande de sumideros de carbono orgánico (CO), y esta almacenada seis veces más de (CO) que en los bosques tropicales. (Chungo Morocho & Chungo, 2019)

La vegetación de este ecosistema es “no uniforme”, es decir que está conformada por una variedad de vegetales distintos, en el Ecuador los páramos están ubicados en las zonas altas de la Cordillera de los Andes, lo cual su límite inferior varía depende de los factores existentes como las actividades antropogénicas, clima y suelo. Dentro del país el 5% está conformada por páramos aproximadamente de 12 650 kilómetros cuadrados y el 10% de su flora se la considera representativa del Ecuador. (Mena Vásconez et al., 2011)

2.1.1. **Paramo No Intervenido**

Los sitios que no se han intervenido, ni se ha modificado por las actividades humanas y no existe ninguna alteración de flora y fauna, es decir que no se han introducido vegetales exóticos y especies de animales que no son propios del entorno. (Carúa Cola et al., 2008)

2.1.2. Paramo Intervenido

Sitios intervenidos por actividades humanas, especialmente en el área de pastoreo, entre las intervenciones se encuentra actividades antropogénicas como la agricultura, ganadería, minería, pastoreo, quema y senderismo. Estas intervenciones han ocasionado un incremento de escorrentía y la erosión del suelo, disminuyendo la conductividad hidráulica y la repelencia de agua por la formación de suelos hidrofóbicos.

2.1.3. Paramo alterado

Paramos alterados por la plantación de especies no nativas o exóticas, que no pertenecen al ecosistema y sucede por diversos factores como la jardinería, silvicultura o la agricultura. Como consecuencia de alterar los ecosistemas de los páramos, las especies introducidas llegan a competir con especies nativas del lugar por recursos de luz solar, agua y nutrientes, alterando los procesos ecológicos o las especies no nativas pueden remplazar por completo a las especies propias del lugar cambiando la estructura y composición de la vegetación afectando a la estabilidad del ecosistema. (Cáceres Andrade, 2019)

2.1.4. Paramo muy Alterado

Presentan grandes cambios en la cobertura vegetal, pérdida de biodiversidad, degradación del suelo y alteraciones en los ciclos hidrológicos, estos cambios son debido a las actividades humanas, por la introducción de maquinaria agrícola y el suelo es al descubierto al 100%. Estas alteraciones pueden tener consecuencias graves para la provisión de servicios ecosistémicos, como la regulación del agua y la conservación de la biodiversidad. (Llambí et al., 2012a)

2.2. *Importancia del suelo*

El suelo posee de varias propiedades físicas como la densidad aparente baja, que está relacionado con el contenido de carbono orgánico. Este suelo del páramo posee de una conductividad hidráulica y tiene la capacidad de la retención de agua, y esto sucede porque es de baja densidad aparente y tiene una estructura abierta y porosa. El funcionamiento del suelo desarrolla estabilidad y funcionamiento de los ecosistemas del páramo, por mantener estable la retención y regulación del agua, el almacenamiento de carbono orgánico posee de nutrientes y participa en los ciclos biogeoquímicos. Además, que comprende de un hábitat y diversidad biológica amplia. Los suelos del páramo, en general, se originan a partir de materiales volcánicos

y presentan propiedades distintivas. Estos suelos se caracterizan por su alta humedad y un rango de pH entre 3,9 y 5,4. Por otro lado, el suelo paramuno se destaca por su contenido rico en humus y una acidez significativa.(Granados Ortiz et al., 2005)

2.3. *Retención del Agua*

Los páramos desempeñan un papel fundamental en la regulación de la hidrología regional, ya que actúan como "fabricas" de agua y "esponjas" para su almacenamiento. Estos ecosistemas son la fuente principal de agua potable para el consumo humano, desempeñando un papel vital en la provisión de agua dulce. Además, se consideran la "cuna" del sistema hídrico de los neotrópicos, ya que son los puntos de origen de numerosos ríos y corrientes que alimentan a ecosistemas más bajos. La conservación de los páramos es esencial para asegurar la continuidad de estos servicios hidrológicos y garantizar el suministro de agua para las comunidades y la biodiversidad que dependen de ellos. (Camacho, 2014)

2.4. *Actividades Antropogénicas*

Según (Roldán Villanueva, 2021) Las actividades antropogénicas se refieren a las acciones llevadas a cabo por los seres humanos que tienen un impacto en el medio ambiente y afectan a las comunidades naturales. Un ejemplo de estas actividades es la producción agrícola, que modifica los patrones de habitabilidad y altera el entorno donde se llevan a cabo actividades de extracción, producción y comercio.

También se introducen las actividades antrópicas, que a través de diversos cambios en el uso del suelo han provocado la erosión, dando lugar a la pérdida de diversas propiedades físicas y químicas del suelo, entre las que se encuentran algunas de las actividades antrópicas: agricultura, minería, pastoreo, etc. La destrucción de los bosques nativos provoca una rápida pérdida de carbono de la biomasa y la consiguiente pérdida de carbono del suelo. Cuando el suelo se utiliza con fines agrícolas, las prácticas de cultivo determinan la cantidad de carbono secuestrado. (Pinos et al., 2021)

2.4.1. Agricultura

La actividad agrícola en el páramo genera un gran impacto en el suelo, que comienza desde la preparación del terreno y durante este proceso, se elimina toda la vegetación y se invierte el suelo, lo que resulta en su superficial desecación y liberación de nutrientes. Los cultivos no pueden preservar el suelo de la erosión causada por el agua y el viento de la misma manera que lo hace la flora autóctona del páramo. Este factor aumenta el riesgo de pérdida de suelo y la degradación de este, lo cual plantea desafíos para la sostenibilidad a largo plazo de la actividad agrícola en el páramo. (Estupiñán et al., 2009)

2.4.2. Ganadería

La actividad ganadera en los páramos puede tener efectos negativos en la diversidad y salud de estos ecosistemas frágiles. Algunas de las complicaciones y disminuciones asociadas con la ganadería en los páramos incluyen la degradación del suelo, alteración de los ciclos de nutrientes y la pérdida de hábitats y fragmentación del paisaje. La ganadería descontrolada y excesiva en los páramos puede resultar en la degradación de los suelos, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ciclos naturales. Es fundamental implementar prácticas de manejo sostenible y regulaciones adecuadas para mitigar estos impactos y preservar la integridad de los páramos como ecosistemas valiosos. (Romo-Rojas & Romo, 2022)

2.4.3. Turismo (Senderismo)

La degradación ambiental por el mal gestionamiento dentro de las actividades del turismo, ocasionando daños directamente al medio ambiente, especialmente por el pisoteo por senderos no autorizados o el uso excesivo de bicicletas, la alteración de los hábitats naturales pueden llevar a la degradación del suelo, ocasionando la pérdida de biodiversidad y la erosión. La generación de residuos que no son gestionados de buena manera pueden llegar a dañar las propiedades de la calidad del agua, la vegetación y los usos de los páramos. (GIZ, 2020)

2.4.4. Pastoreo

La resistencia de los suelos en los páramos es baja, lo que significa que son fácilmente compactados e impactados por la actividad humana y animal, como el pisoteo del ganado, que resulta en la pérdida de su capacidad para retener agua. Esta compresión del suelo daña la estructura del suelo y la vegetación autóctona, provocando un aumento en la erosión y pérdida del suelo. El pastoreo excesivo reduce la disponibilidad de alimento para la fauna nativa y afecta la

biodiversidad de la flora. Además, la protección natural del suelo disminuye, dejándolo expuesto al sol y haciéndolo más vulnerable a la erosión causada por el viento y el agua. Para evitar estos impactos negativos, es fundamental implementar prácticas de pastoreo controladas y sostenibles, así como medidas de conservación que promuevan la recuperación de los suelos y la protección de la biodiversidad en los páramos. (De Bièvre et al., n.d.)

2.5. *Servicios ecosistémicos*

Los servicios se obtienen a partir de los ecosistemas en el páramo, representando una importancia a nivel hidrológico, biológico, económico, social y cultural, brindando beneficios y servicios a las personas y seres vivos en general de manera indirecta o directa. Son esenciales para el bienestar humano y la conservación del ecosistema. Existe una variedad de servicios que se pueden clasificar en diversas categorías en base a cuatro lineamientos funcionales. (Pinos-Morocho et al., 2021)

2.5.1. Servicios ecosistémicos de aprovechamiento (SEA)

Beneficios a partir de la obtención de los recursos naturales y productos alimenticios derivados de los ecosistemas, así como recursos necesarios como el agua, madera y recursos genéticos. (Pinos-Morocho et al., 2021)

2.5.2. Servicios ecosistémicos de regulación (SER)

Intervienen en la regularización de los procesos naturales en los ecosistemas, especialmente en el almacenamiento del carbono orgánico y mantienen el equilibrio de estos, benefician al ser humano con un medio ambiente saludable. (Pinos-Morocho et al., 2021)

2.5.3. Servicios ecosistémicos culturales (SEC)

Relacionados con el bienestar cultural de las personas dentro del ecosistema, prácticas tradicionales (recreación y turismo), valores espirituales e identidad de comunidades, son las más interesadas en proteger y mantener al ecosistema del páramo en equilibrio. (Pinos-Morocho et al., 2021)

2.5.4. Servicios ecosistémicos de soporte (SES)

Engloban al funcionamiento y mantenimiento de los ecosistémicas, y son complicados de identificar e intervienen en la producción de más servicios ecosistémicos como reciclaje de nutrientes, formación de suelo y la producción primaria. (Pinos-Morocho et al., 2021)

Estos servicios ecosistémicos cuentan con los beneficios que pueden brindar a las personas, dentro de las cuatro categorías se puede observar la percepción ambiental del ecosistema del páramo y de sus respectivos servicios. (Tabla 1)

Tabla 1.

Servicios Ecosistémicos

Categoría	Beneficios
Servicios ecosistémicos de aprovechamiento (SEA)	Plantas medicinales, recurso del agua, uso de madera (leña), paja, alimentos
Servicios ecosistémicos de regulación (SER)	Buena calidad del aire, regulación y saneamiento del agua.
Servicios ecosistémicos culturales (SEC)	Belleza escénica, Fauna, Flora, Patrimonio, Tranquilidad, Identidad del sitio.
Servicios ecosistémicos de soporte (SES)	Formación y caracterización del suelo, reciclaje y almacenamiento de nutrientes, Fotosíntesis.

Nota. Categoría de los Servicios Ecosistémicos y sus beneficios. Fuente: (Rincón Ruíz et al., 2014)

2.6. *Valoración de los Servicios Ecosistémicos*

Relacionado con la Gestión Integral de la Biodiversidad, es un proceso donde el monitoreo es constante y se ejecutan ideas y propuestas de conservación de la biodiversidad a través de su planificación. Trata de buscar un valor económico a los beneficios que los ecosistemas brindan a los humanos, al momento de que asigna un valor económico a estos servicios, se busca concienciar sobre su importancia y promover decisiones informadas en la gestión de los recursos naturales.(Rincón Ruíz et al., 2014)

Tabla 2.

Enfoques de los servicios ecosistémicos

Enfoque	Definición
Valoración Directa	Este enfoque implica la evaluación del valor monetario de los bienes y servicios producidos por los ecosistemas.
Valoración Indirecta	La valoración de los beneficios no comerciales proporcionados por los ecosistemas. Esto puede incluir la valoración de la belleza escénica, los beneficios recreativos y el bienestar psicológico que se obtiene al disfrutar de la naturaleza.
Valoración de opción	Valoración de los beneficios futuros que podrían derivarse de la conservación de un ecosistema.
Valoración de existencia	valor asignado al simple conocimiento de la existencia de un ecosistema, incluso si no se obtienen beneficios directos de él. Esto puede reflejar el valor intrínseco y ético que se le otorga a la conservación de la naturaleza.

Nota: enfoques utilizados para la valoración de los Servicios Ecosistémicos. Fuente: (Rincón Ruíz et al., 2014)

2.7. Carbono Orgánico

El carbono orgánico juega un papel fundamental en el suelo y se presenta en varias formas, como restos no muy alterados de plantas, animales y microorganismos, así como en forma de humus y compuestos densos con una composición cercana al carbono. Cuando los suelos tienen condiciones aeróbicas, una parte importante del carbono que ingresa al suelo es lábil y se mineraliza rápidamente y una pequeña fracción se acumula como humus estable.

La determinación del carbono orgánico ha recibido una atención considerable en el análisis del suelo debido a su importancia para la fertilidad. La materia orgánica del suelo es particularmente importante para la fertilidad porque afecta varias propiedades del suelo y también posee de un papel importante como fuente de nutrientes para las plantas, como nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) y otros oligoelementos. (Garcia & Ballesteros, 2005)

2.8. *Materia Orgánica del Suelo (MOS)*

La materia orgánica La acumulación de diversos procesos de meteorización en conjunto con una abundante vegetación en el lugar ha llevado a una alta concentración de materia orgánica, lo que resulta en una fertilidad natural notable. Esta riqueza en materia orgánica se traduce en una elevada cantidad de residuos orgánicos presentes en el suelo. Uno de los atributos más distintivos de esta materia orgánica es su estabilidad contra la descomposición. Estos factores en conjunto contribuyen a crear un entorno propicio para el desarrollo y sustento de la diversa vida vegetal y microbiana, lo que a su vez influye positivamente en la salud y vitalidad del ecosistema. Es crucial comprender y valorar la importancia de esta estabilidad y fertilidad natural en el mantenimiento del equilibrio ecológico y considerar estas características como fundamentales en la planificación y manejo adecuado de los recursos naturales de la zona.(Aguilera S, 2000)

2.9. *Paramo y el Cambio Climático*

Los páramos, como resultado del paso del tiempo, han experimentado los efectos descritos en el libro "Cambio Climático". Este documento señala que dichos efectos han generado alteraciones en el ciclo hidrológico, incluyendo fluctuaciones de temperatura, lo cual ha provocado una redistribución temporal y espacial de los recursos hídricos. Estos cambios afectan principalmente a las zonas altas de las cordilleras, debido a su mayor exposición al medio ambiente debido a sus características físicas y biológicas.(Llanos & Escandón, 2016)

El cambio climático es consecuencia del incremento de la temperatura promedio global y sigue siendo uno de los mayores desafíos ambientales que enfrenta la humanidad. Esta situación se origina por el aumento de gases de efecto invernadero, resultado del continuo incremento de la actividad humana. Lamentablemente, el tiempo ha avanzado demasiado debido a la explotación

indiscriminada de recursos y la falta de consideración de las consecuencias de dicho impacto y contaminación por parte de las grandes economías.

El suelo es el carbono más grande que se puede encontrar, porque mientras está dentro del suelo, logra lograr una armonía entre la proporción de carbono orgánico que entra y sale. El suelo intacto es una gran reserva de agua en su estado saludable, a diferencia de lo que sucede cuando el suelo se encuentra alterado puede liberar grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera. (Castañeda & Montes-Pulido, 2017)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de Investigación

3.1.1. Descriptiva

En el área de estudio, se empleó una metodología de investigación descriptiva con el propósito de ofrecer una descripción precisa y objetiva de las principales características de interés. En el caso particular del estudio realizado en la Comunidad Ancestral Armero, se llevó a cabo una descripción detallada de las áreas de suelo intervenido y no intervenido, con el objetivo de determinar las concentraciones de carbono orgánico presentes en el suelo. Este estudio se considera descriptivo debido al uso de encuestas para cuantificar el estado actual del uso del suelo y sus beneficios para la comunidad. Además, se analizaron los servicios ecosistémicos utilizados y se procedió a su valoración, empleando un enfoque de diseño observacional. (De Gavilánez Luna, 2021)

3.1.2. Diseño estadístico

El experimento que se llevó a cabo y la comparación de los resultados obtenidos se realizarán mediante un análisis de varianza (ANOVA) utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA). (Martinez, 2015)

Este estudio nos ayudó a determinar los parámetros físico-químicos relevantes, así como a identificar las actividades antrópicas presentes en la zona de estudio. La formación de bloques nos permitió reducir el error experimental al eliminar la contribución de fuentes de variación conocidas en las unidades experimentales.

En el marco del diseño de bloques completos al azar (DBCA), se aplicó cuatro tratamientos dependiendo del uso del suelo. Cada tratamiento será replicado tres veces (bloques), y en cada tratamiento se tomarán 15 muestras. Estas muestras fueron homogeneizadas para poder obtener una muestra compuesta. La obtención de las muestras se realizó mediante el método del cilindro. Las repeticiones se llevaron a cabo tanto en áreas de suelo no intervenido como en áreas de suelo intervenido, con dos repeticiones para cada tipo de cobertura.

Tabla 3.

Tratamientos y Repeticiones para el diseño estadístico

Repeticiones	Agricultura/Senderismo	Ganadería	Pajonal	Bosque Nativo
Repeticón 1	x	x	x	x
Repeticón 2	x	x	x	x
Repeticón 3	x	x	x	x

Nota: Tratamientos por sectores y sus respectivas repeticiones. Elaborado por la Autora, 2023.

3.1.3. Equipos de Investigación

Los datos recogidos de la comunidad Ancestral Armero, se obtuvieron por medio de análisis de laboratorio, tomando en cuenta los puntos de muestreo en las zonas intervenidas (ganadería, agricultura y senderismo) y zonas no intervenidas (pajonal y bosque nativo) fueron analizadas con los siguientes equipos de laboratorio:

- *pH metro:* este equipo de laboratorio ayuda a identificar el pH del suelo analizado y su conductividad respectiva, de la marca METTLER TOLEDO, la medición del pH del suelo es crucial debido a su impacto en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Dado que muchos nutrientes alcanzan su máxima solubilidad en un rango de pH entre 6 y 7, es fundamental mantener dicho rango para asegurar una adecuada absorción de nutrientes por parte de las plantas. (Delgado et al., 2007)

- *Balanza granataria o de precisión:* se determinó el peso de las muestras para sus respectivos análisis en esta balanza de 220 gramos de precisión. (Longa, 2019) afirma que este instrumento es utilizado para medir de forma exacta los pesos deseados de las muestras.

- *Estufa:* equipo de laboratorio que permite secar y esterilizar las muestras analizadas y recipientes de vidrio, dentro del equipo se mantiene en una temperatura mayor para poder eliminar toda la humedad posible.

- *Mufla:* se colocan las muestras de estudio, que permite la calcinación de estas, por el beneficio de que este equipo logra llegar temperaturas extremadamente altas que se utiliza además para el secado de sustancias, fundición y procesos. (Fernández-Betancourt, 2013)

- *Desecador:* su funcionamiento principal es desecar toda la humedad existente de las muestras, gracias a la ayuda de los desecantes que preservan la humedad, y actúan como selladores, donde es muy baja la densidad de las partículas, para después se puede tener el peso deseado de las muestras. (Forsythe, 1975)

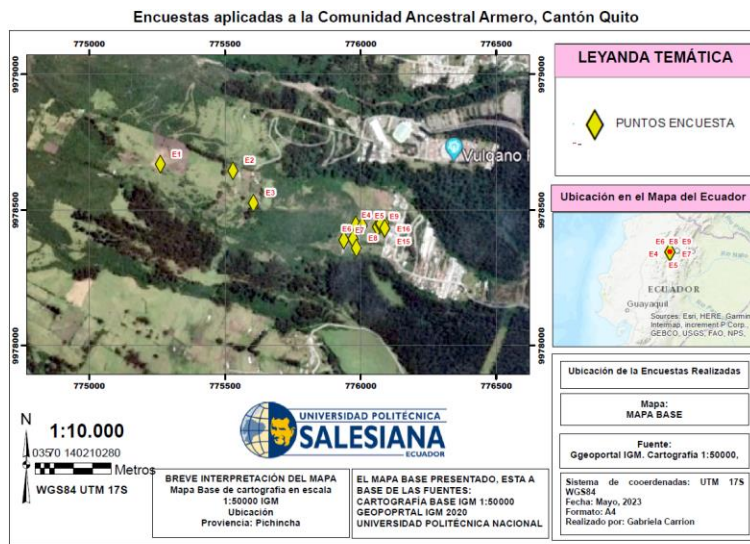
- *Plancha de agitación:* permite tener un control preciso de temperatura, y una homogeneización de las muestras líquidas con baja viscosidad, proporcionando uniformidad dentro de los análisis físico-químico. (Kalstein France, 2021)

3.2. *Formulación y Recolección de Encuestas*

El estudio se lo aplicó en la comunidad Ancestral Armero, identificando los tres sectores de muestreo, aplicando las respectivas repeticiones dentro de la comunidad. La comunidad está conformada por 24 casa y 71 habitantes, información obtenida por parte del presidente de la comunidad, además afirmo que la gran parte de los comuneros no saben residir en la comunidad por motivos laborales y distinguidas adversidades.

Figura 14.

Ubicación de encuestas realizadas



Nota: Encuestas realizadas dentro de la Comunidad Ancestral Armero. Elaborado por la Autora, 2023.

Para la aplicación de encuestas con preguntas cerradas, se realizó primero con la formulación de las preguntas relacionado a los temas de los sumideros de carbono orgánico, la importancia de los suelos de los páramos para la comunidad, la importancia y utilización de los servicios ecosistémicos. Para ello las preguntas se aplicaron a los habitantes de la comunidad Ancestral Armero, luego fueron analizadas, todo esto se realizó con la determinación de la muestra.

$$\text{Tamaño de la Muestra} = \frac{z^2 * p * (1 - p)}{e^2} \div 1 + \left(\frac{z^2 * p * (1 - p)}{e^2 * N} \right)$$

Donde

N: Tamaño de la población

E: margen de error en decimales

Z: puntuación z

P: nivel de confianza deseado

Con el tamaño de la muestra se determinó cuantas encuestas aplicar a la comunidad con los 71 habitantes de esta, aplicando un margen de error del 8% y un nivel de confianza del 80%, considerando que la puntuación tiene un valor de 1.28 aplicando la metodología de (SurveyMonkey, 2018)

$$\text{Tamaño de la Muestra} = \frac{(1.28)^2(0.80)(1 - 0.80)}{(0.08)^2} \div 1 + \left(\frac{(1.28)^2(0.80)(1 - 0.80)}{(0.08)^2(24)} \right) = 15.13 \approx 16$$

3.3. Variables

Dentro del trabajo se presentan variables dependientes e independientes, identificando las actividades que se realizan en los suelos de los páramos dentro del área de estudio, clasificando las variables de la siguiente manera:

3.3.1. Variables Independientes

Uso del suelo del páramo como el pajonal, y las actividades antrópicas como la ganadería y agricultura.

3.3.2. Variables Dependientes

- pH
- Conductividad
- Densidad aparente
- Porcentaje de Humedad gravimétrica
- Porcentaje de porosidad
- Porcentaje de humedad
- Materia orgánica del suelo
- Porcentaje de carbono orgánico

3.4. Protocolos

En la investigación, se identificaron varios puntos y sitios dentro de la comunidad ancestral de Armero, en función de los sectores identificados para su análisis de carbono orgánico y la materia orgánica. Estos lugares incluyen áreas intervenidas, como las destinadas a la agricultura, ganadería y senderismo, así como áreas no intervenidas, como el bosque nativo y el pajonal. Se llevaron a cabo cuatro tratamientos en cada sector con dos áreas intervenidas y dos no intervenidas, y en cada punto de muestreo se recolectaron 15 submuestras para formar una muestra compuesta, obteniendo finalmente 12 muestras compuestas. El objetivo era evaluar la cantidad de carbono orgánico presente en dichas muestras.

3.4.1. Delimitación de los puntos de muestreo

Se llevó a cabo la selección de los puntos de muestreo mediante la comunicación directa con los comuneros, con el objetivo de obtener su autorización para acceder a su comunidad y a las respectivas áreas de terreno. Se optó por elegir tres sectores distintos, cada uno con actividades de

intervención humana diferentes. Se solicitó la colaboración de los comuneros para identificar las zonas de páramo, se recolectaron muestras en tres sectores que presentaban vegetación natural y pajonal sin intervención humana. En cada uno de estos sectores, se realizaron cuatro repeticiones tanto en las áreas intervenidas como en las no intervenidas. Cabe resaltar que los sectores seleccionados variaron en altitud o sector para cada zona (Tabla 4).

Tabla 4.

Coordenadas de los puntos de muestreo

Sector	Muestra	Altitud	Coordenada "X"	Coordenada "Y"
Sector N°1	Pajonal	4000	772736	9980309
	Bosque Nativo	4044	772758	9980290
	Ganadería	3485	775102	9978750
	Senderismo	3489	775078	9978752
Sector N°2	Pajonal	4000	773627	9979733
	Bosque Nativo	3990	773671	9979735
	Ganadería	3409	775216	9978752
	Agricultura	3375	775288	9978761
Sector N°3	Pajonal	4069	772472	9980407
	Bosque Nativo	4071	772431	9980356
	Ganadería	3109	776073	9978500
	Agricultura	3109	776045	9978568

Nota: Coordenadas de los puntos de muestreo por sector y tipo de zona. Elaborado por la Autora, 2023.

3.4.2. Metodología

3.4.2.1. Fase de campo

Tabla 5.

Materiales en la Fase de Campo

Materiales	Equipos
Azadón	GPS (celular)
Pala	
Balde de 5 galones	

Anillos de muestreo
Fundas ziploc
Guantes de nitrilo
Cinta masking
Flexómetro
Cooler
Marcador permanente
Tijeras
Espátula

Nota: Materiales utilizados durante la fase de campo dentro de la comunidad. Elaborado por la Autora, 2023.

Las muestras tomadas en las zonas intervenidas como las no intervenidas. En la zona de páramo no intervenida se encontró bosque nativo y pajonal, mientras que en la zona de páramo intervenida se observaron actividades humanas como ganadería, agricultura y senderismo. Los sectores se clasificaron para su análisis, distinguiendo entre las zonas de intervención y no intervención, y se procedió a la recolección de muestras. Para ello, se removió la capa superficial del suelo (aproximadamente 1-3 centímetros), se limpió un área de 40 x 40 centímetros con un azadón y una pala. Se utilizó un cilindro de muestreo, que se introdujo en el suelo previamente limpiado con la ayuda de un martillo. Luego, se retiró la muestra del suelo con una pala, eliminando el exceso de tierra y raíces. Se tomaron 15 muestras por cada tratamiento de cada sector, lo que sumó un total de 180 muestras. Cada muestra fue empaquetada en fundas ziploc y etiquetada según el sector, la zona intervenida o no intervenida, y el número de muestra correspondiente. Este procedimiento fue realizado a base de las recomendaciones y protocolos establecidos por (N.W, 2012).

3.4.2.2. Fase de laboratorio

Tabla 6.

Materiales y equipos en la Fase de Laboratorio

Materiales	Equipos	Reactivos
Crisol de 100 ml	Estufa	Agua destilada
Pinzas de crisol	Balanza analítica	
Vasos de precipitación de 50 ml	Balanza granataria	
Pipeta de 10 ml	Horno de mufla	
Imán Agitador	Desecador	
Brocha	pH-metro	
Espátula	Plancha de agitación	

Nota: Materiales y equipos utilizados durante la fase de Laboratorio. Elaborado por la Autora, 2023.

3.4.3. Determinación de pH y Conductividad

Para la medición de pH y conductividad, primero se procedió a tamizar la muestra hasta obtener 20 gramos de la misma pesado en la balanza de precisión, se colocó en un vaso de precipitación de 50 mililitros y se realizó la relación 1:2, que consiste en poner 20 gramos de muestra con 40 mililitros de agua destilada con la ayuda de una pipeta, posteriormente la muestra fue colocada en la plancha de agitación y con ayuda de un imán agitador se dejó 15 minutos de mezcla para que la muestras se pueda homogenizar correctamente, se dejó reposar durante 5 minutos y se procedió a medir el pH y conductividad en el pH metro (METTLER) y se registraron los datos. (Beretta et al., 2014)

3.4.4. Determinación de la humedad gravimétrica, densidad aparente y porosidad

Para determinar estas tres variables se realizó el proceso de recolección de las muestras con los cilindros de muestreo, primero se taro los crisoles de 100 ml y posteriormente se pesó 15 gramos de cada una de las muestras, se etiqueto correctamente y se las sometió a sobresaturación con la ayuda de la estufa, a una temperatura de 105° C por el periodo de 48 horas, pasado este tiempo se retiraron las muestras y se las coloco en el desecador para eliminar toda la humedad del suelo,

luego se llevaron las muestras para pesarlas nuevamente en la balanza de precisión y se anotaron los resultados.

Dentro de este proceso se determinaron los pesos fue: la muestra después de salir de la estufa se pesó y se le considera como el valor del peso del suelo húmedo (Mh), después se la metió al desecador y después del secado se volvió a pesar y se obtuvo el valor del peso del suelo seco (Ms). Con estos datos se determinó el peso real húmedo y seco respectivamente.

- Peso real húmedo

$$\text{Peso Real Húmedo} = \text{Peso Húmedo} - \text{Peso del crisol}$$

$$Msh = Mh - Mc$$

- Peso real seco

$$\text{Peso Real Seco} = \text{Peso Seco} - \text{Peso del crisol}$$

$$Mss = Ms - Mc$$

3.4.5. Densidad Aparente

Con los respectivos valores del peso real húmedo y seco se procedió a calcular la densidad aparente (Da) con el peso real seco en gramos y el volumen del cilindro muestreador en centímetros cúbicos, para obtener el volumen del cilindro a partir del peso de este se realiza la siguiente relación de 1 gramo = 1 centímetro cubico. (INEN, 2013)

$$Da = \frac{Mss (g)}{V(cm)^3}$$

3.4.6. Porcentaje de Humedad Gravimétrica

(Rodolfo C, n.d.) Afirma que la humedad gravimétrica es la cantidad de agua presente en relación con el peso total de una muestra de suelo, sedimento u otro material. Se expresa típicamente como un porcentaje.

$$Hg\% = \left(\frac{Msh(g) - Mss(g)}{Mss(g)} \right) * 100$$

3.4.7. Humedad Volumétrica

Para el cálculo de la humedad volumétrica, se lo calcula con la multiplicación de la humedad gravimétrica (Hg) con la densidad aparente (Da) del suelo. Con la siguiente formula. (García Centeno, 2017)

$$Hv = Hg * Da$$

3.4.8. Porcentaje de Porosidad

Este parámetro del suelo se determina utilizando la densidad aparente y la densidad real del suelo. La densidad real (D_r) es un valor estándar para todos los suelos según la (FAO, n.d.), establecido en 2.65 g/cm^3 . El cálculo de la humedad gravimétrica se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$PT = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) * 100$$

3.4.9. Materia Orgánica del Suelo

El cálculo de la materia orgánica del suelo se realizó por las diferencias de pesos mediante la ecuación adaptada por Davies (1974), es un método formulado por “Davies (1974) y Schulte & Hopkins (1996)”. (Martínez et al., 2017)

Los pesos necesarios para el cálculo de la MOS, se determinaron de la siguiente manera, se taro los crisoles de 100 ml y se registró como peso 1, se calibro la balanza de precisión y se pesaron 15 gramos de muestra en el crisol y se registró como peso 2, posteriormente las muestra fueron llevadas a la estufa por 24 horas a una temperatura de 105°C y al desecador, registrando el peso 3, y por último el peso 4 se lo obtiene metiendo las misma muestras al horno de mufla por dos hora 360°C , aplicando la siguiente formula se determinó la materia orgánica:

$$MO = \left(\frac{PS_{105} - PS_{cal}}{PS_{105} - PS_{crisol}}\right) * 100$$

Donde:

MO: Materia orgánica del suelo

PS_{105} : Peso de la Muestra a 105° con el peso del crisol en gramos

PS_{cal} : Peso de la Muestra calcinada a 360° con el peso del crisol) en gramos

PS_{crisol} : Peso del crisol de porcelana de 100 ml en gramos

3.4.10. Carbono Orgánico del Suelo

Para el cálculo del COS se utilizó el factor de Van Benmelen de “1.724”, que es la suposición de que la materia orgánica del suelo compuesta en un 58% de carbono dando la relación de la siguiente manera: ($1/0.58= 1.724$). Para el cálculo del carbono orgánico del suelo se utilizó la ecuación de (Vela Correa et al., 2012)

$$\%COS = \frac{\%MO}{1.724} \text{ ó } \%COS = (MO * 0.58)$$

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. *Parámetros analizados*

En la Tabla 7 se puede observar los resultados de los parámetros analizados en la fase de laboratorio, como el pH, conductividad, densidad aparente, humedad volumétrica, porcentajes de humedad gravimétrica, porosidad, materia y carbono orgánicos.

Tabla 7.

Resultados de los Parámetros

		Ph	Conductividad	Densidad aparente	Humedad Volumétrica	% Humedad gravimétrica	% Porosidad	% Materia orgánica del suelo	% Carbono orgánico
SECTOR 1	Ganadería	5,94	5,35	0,13	0,05	4,51	95,17	14,06	8,15
	Senderismo	6,58	35,6	0,11	0,25	25,19	95,68	10,98	6,36
	Pajonal	6,02	8,15	0,13	0,0025	0,25	95,13	8,58	4,97
	Bosque Nativo	5,52	27,1	0,10	0,13	13,23	96,14	17,52	10,15
SECTOR 2	Ganadería	5,55	24	0,13	0,03	3,47	94,98	11,41	6,61
	Agricultura	5,56	6,07	0,16	0,02	2,45	93,99	4,80	2,78
	Pajonal	5,46	18,69	0,14	0,0042	0,42	94,65	7,25	4,20
	Bosque Nativo	5,23	29,2	0,09	0,01	1,20	96,77	37,58	21,77
SECTOR 3	Ganadería	5,68	2,99	0,17	0,02	1,70	93,61	3,50	2,03
	Agricultura	6,43	5,19	0,17	0,01	0,94	93,59	4,44	2,57
	Pajonal	6,33	13,21	0,15	0,04	3,52	94,48	8,23	4,77
	Bosque Nativo	6,37	8,07	0,08	0,51	51,41	96,85	16,34	9,47
	Promedio	5,89	15,30	0,13	0,09	9,02	95,08	12,06	6,99
	Desviación Estándar	0,45	11,19	0,03	0,15	15,17	1,11	9,24	5,35

Nota: Resultados de todos los parámetros analizados en el laboratorio, con su respectivo promedio y desviación estándar. Elaborado por la Autora, 2023.

4.1.1. pH

Los valores del pH varían dependiendo de las áreas intervenidas y no intervenidas. En el sector uno, los resultados indican que las zonas intervenidas presentan una acidez moderada y ligeramente ácida. Por otro lado, las zonas no intervenidas muestran una acidez ligeramente ácida en el pajonal y moderadamente ácida en el bosque nativo.

En el sector dos, las propiedades del suelo son medianamente ácidas tanto en el pajonal como en el bosque nativo. En contraste, en las zonas no intervenidas, el suelo tiene una valorización ácida. Finalmente, en el sector tres se identificaron suelos medianamente ácidos y ligeramente ácidos. En las zonas no intervenidas, los suelos también son ligeramente ácidos.

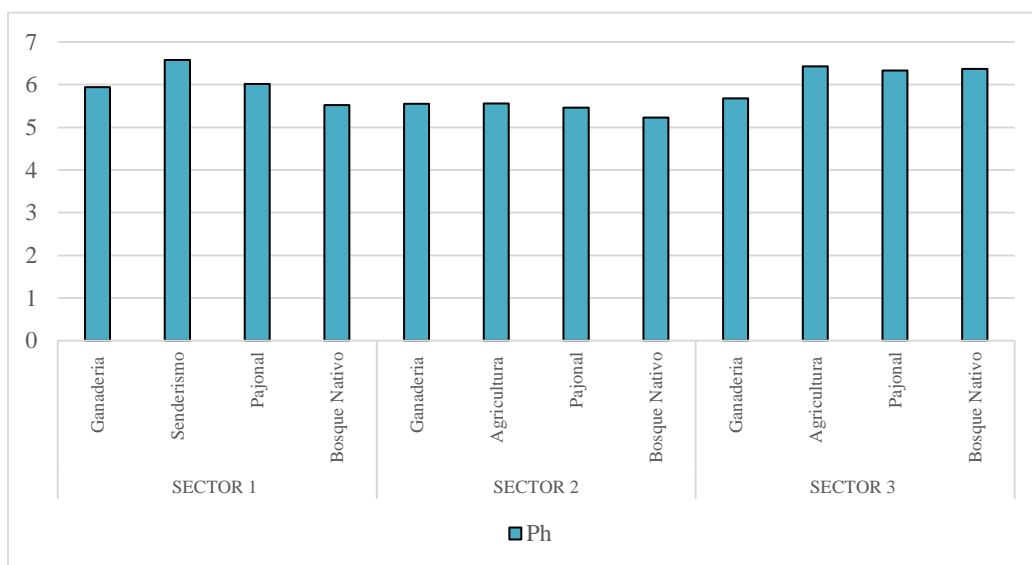
Tabla 8.

Análisis Estadístico ANOVA para el pH

	Df	Sum.Sq	Mea.Sq	F.value	Pr(>F)
Tratamiento	1	0.0420	0.0420	0.301	0.6029
Repetición	2	1.2275	0.6138	4.402	0.0666
Tratamiento: Repetición	2	0.1310	0.0655	0.470	0.6463
Residuals	6	0.8366	0.1394		

Nota: Resultados del ANOVA del pH en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

Los resultados del ANOVA permiten interpretar que no existen diferencias significativas en las mediciones de pH entre los diferentes usos de suelo y los distintos sectores analizados dentro de la comunidad. Tanto los suelos intervenidos (ganadería, agricultura, senderismo) como los suelos no intervenidos (pajonal y bosque nativo) muestran datos similares de pH. Esto lleva a aceptar la hipótesis nula para ambos factores y su interacción.

Figura 15.*pH*

Nota: Datos de pH en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

Las cargas pueden ser variables y dependen del pH de los suelos en los páramos, ya que este último influye en la capacidad de intercambio catiónico. El pH de los suelos del páramo puede variar considerablemente según la ubicación geográfica y las características específicas del suelo en cada lugar. En general, estos suelos tienden a ser ácidos, con valores de pH bajos, generalmente en el rango de 4,5 a 6,5. (Podwojewski & Poulénard, 2000)

4.1.2. Conductividad

La capacidad del suelo para conducir electricidad depende de su contenido de agua y arcilla, así como de la presencia de iones intercambiables, los cuales pueden conducir la corriente eléctrica y afectar la fertilidad del suelo.

Tabla 9.

Análisis Estadístico ANOVA para la Conductividad

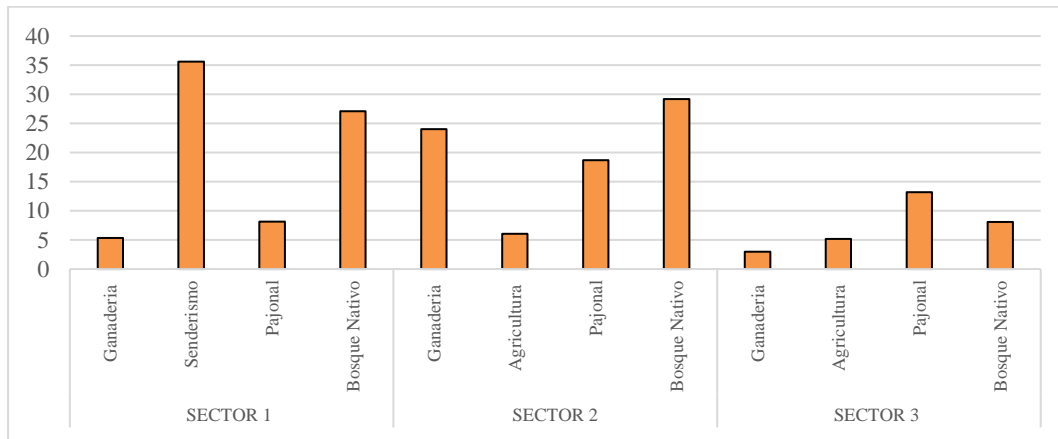
	Df	Sum.Sq	Mea.Sq	F.value	Pr(>F)
Tratamiento	1	125.7	125.7	1.995	0.2075
Repetición	2	378.3	189.2	3.003	0.1248
Tratamiento: Repetición	2	495.4	247.7	3.931	0.0811
Residuals	6	378.0	63.0		

Nota: Resultados del ANOVA de la conductividad en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

Los resultados obtenidos en la Tabla 9. fueron analizados mediante un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%. Se observó que para los distintos factores de tratamiento (uso de suelo), el p-valor fue de 0.2075. Además, para el factor de las repeticiones, se obtuvo un valor de 0.1248, y para la interacción de ambos factores, se obtuvo un valor de 0.0811. Todos estos valores son mayores que el nivel de significancia de 0.05, lo que indica que no existen diferencias significativas, aceptando la hipótesis nula.

Figura 16.

Conductividad



Nota: Datos de conductividad en zonas intervenidas y no intervenidas que varían en cada sector y por cada zona. Elaborado por la Autora, 2023.

La baja conductividad eléctrica en los suelos de páramo se debe a la escasa presencia de sales disueltas y a un pH bajo que tiende hacia la acidez. Estas condiciones están relacionadas con la elevada altitud de los páramos y la limitada cantidad de nutrientes y minerales presentes en el suelo. (Simón et al., n.d.)

4.1.3. Densidad Aparente

La densidad aparente (Da) permite evaluar la calidad del suelo, y se concreta como la relación entre la masa de suelo seco y su volumen. Los páramos andinos se caracterizan por tener baja densidad aparente, alta capacidad de retención de agua y gran contenido de materia orgánica.

Tabla 10.

Análisis Estadístico ANOVA para la Densidad Aparente (Da)

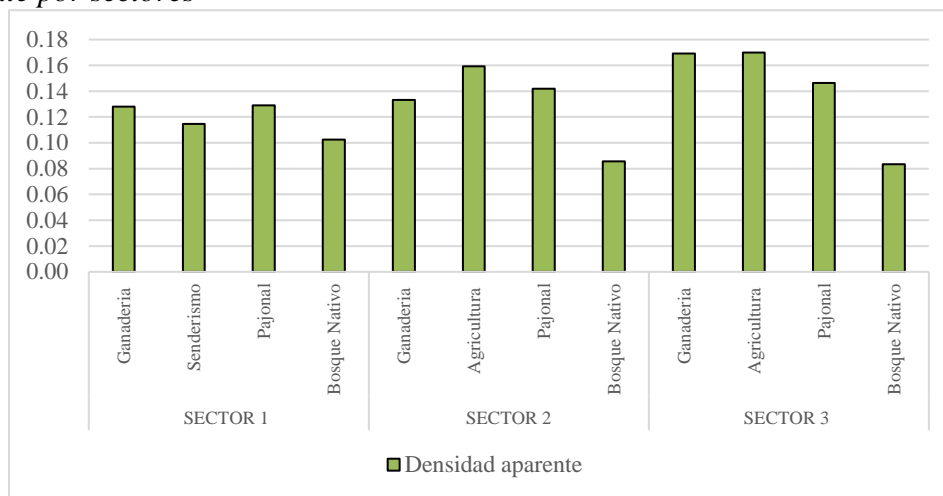
	Df	Sum.Sq	Mea.Sq	F.value	Pr(>F)
Tratamiento	1	0.0015	0.0015	1.287	0.300
Repetición	2	0.0011	0.0006	0.496	0.632
Tratamiento: Repetición	2	0.0001	6.82e-5	0.060	0.942
Residuals	6	0.0068	0.0011		

Nota: Resultados del ANOVA de la densidad aparente en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

Los resultados del análisis estadístico de la Tabla 10. permiten interpretar que no existen diferencias significativas en la densidad aparente entre los diferentes usos de suelo y los distintos sectores analizados dentro de la comunidad. Tanto los suelos intervenidos (ganadería, agricultura, senderismo) como los suelos no intervenidos (pajonal y bosque nativo), se acepta la hipótesis nula para ambos factores y su interacción.

Figura 17.

Densidad aparente por sectores



Nota: Datos de DA en zonas intervenidas y no intervenidas que existen diferencias por sector y por uso de suelo. Elaborado por la Autora, 2023.

La densidad aparente de los páramos se caracteriza por ser baja, con valores generalmente entre 0.4 y 0.8 g/cm³. Incluso se han encontrado valores excepcionalmente bajos, llegando a 0.13 g/cm³. Es importante destacar que los suelos con presencia de minerales tienen densidades más altas, oscilando entre 1.1 y 1.8 g/cm³, lo que representa una marcada diferencia en comparación con los suelos de páramo. (Llambí et al., 2012). Los análisis de los resultados obtenidos del suelo del páramo de la Comunidad muestran que los valores de densidad aparente varían en los tres diferentes sectores en zonas intervenidas, presentando diferentes promedios. En el primer sector, el promedio de densidad aparente es de 0.11 g/cm³, en el segundo sector es de 0.13 g/cm³, y en el tercer sector es de 0.14 g/cm³.

4.1.4. Humedad Volumétrica

Tabla 11.

Análisis Estadístico ANOVA para la Humedad Volumétrica

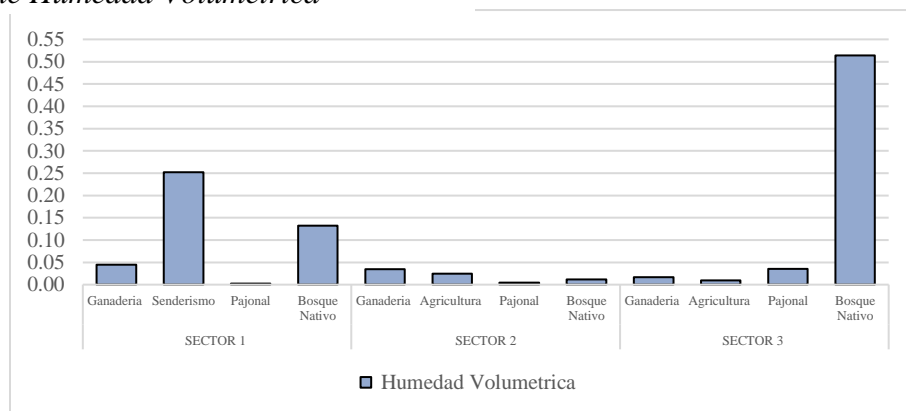
	Df	Sum.Sq	Mea.Sq	F.value	Pr(>F)
Tratamiento	1	0.0541	0.0541	2.384	0.174
Repetición	2	0.0332	0.0166	0.731	0.520
Tratamiento: Repetición	2	0.0298	0.0149	0.657	0.552
Residuals	6	0.1361	0.0227		

Nota: Resultados del ANOVA de la humedad volumétrica en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

Los resultados del análisis estadístico de la Tabla 11. indican que no hay diferencias significativas en la humedad volumétrica entre los diferentes usos de suelo y los distintos sectores analizados dentro de la comunidad. Esto significa que tanto los suelos que han sido intervenidos para la ganadería, la agricultura y el senderismo, como los suelos no intervenidos como el pajonal y el bosque nativo, presentan resultados similares en cuanto a humedad volumétrica se refiere. Además, la hipótesis nula para ambos factores y su interacción fueron aceptadas.

Figura 18.

Resultados de Humedad Volumétrica



Nota: Datos de la Humedad Volumétrica en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que, en distintos lugares, las condiciones de humedad volumétrica son diferentes. Los diversos estudios conocidos sugieren que esta humedad es variable y está influenciada por varios factores, como la cantidad de lluvia, la altitud y el tipo de vegetación presente en la zona. De manera general, se ha observado que los suelos de los páramos tienen una capacidad alta para retener agua debido a su estructura porosa y su abundante materia orgánica, como es en el caso del sector tres en el bosque nativo. Los valores específicos de humedad volumétrica en los distintos páramos del Ecuador están disponibles en los estudios publicados en la literatura científica. (Daza Torres et al., 2014) afirma que, durante el estudio, se encontró que en los suelos de vegetación nativa se retuvo una humedad del 80% a capacidad de campo, lo cual es similar a lo que se ha reportado en los páramos del Ecuador. Sin embargo, se observó que los suelos de páramo del Ecuador utilizados para cultivos retienen un 50% de humedad a una tensión de 1,500 kPa, mientras que en el estudio se encontró un valor de retención del 20%. Esto indica posibles procesos de degradación en los suelos estudiados.

4.1.5. Humedad Gravimétrica

Tabla 12.

Análisis Estadístico ANOVA para el porcentaje de Humedad Gravimétrica

	Df	Sum.Sq	Mea.Sq	F.value	Pr(>F)
Tratamiento	1	540.8	540.8	2.384	0.174
Repetición	2	331.7	165.9	0.731	0.520
Tratamiento: Repetición	2	298.0	149.0	0.657	0.552
Residuals	6	1361.2	226.9		

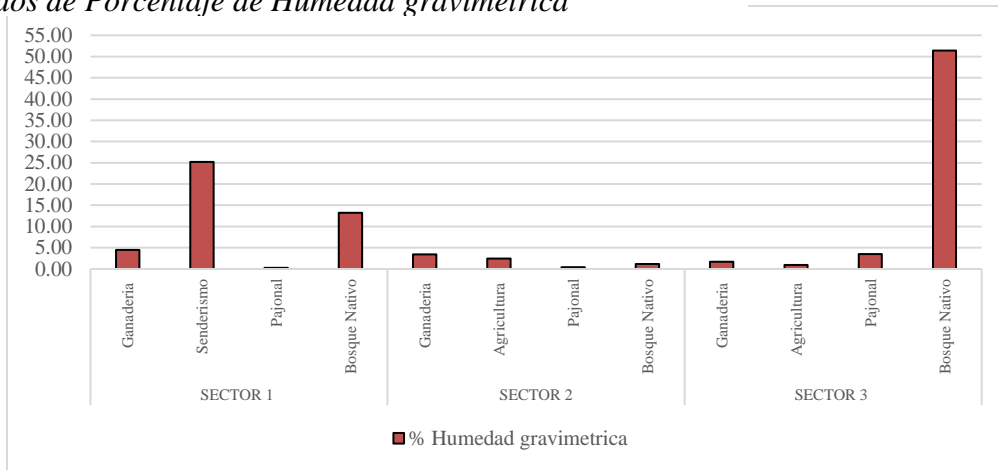
Nota: Resultados del ANOVA de la humedad gravimétrica en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

Los resultados obtenidos en la Tabla 12. fueron analizados mediante un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%. Se observó que para los distintos factores de tratamiento (uso de suelo), el p-valor fue de 0.174. Además, para el factor de las repeticiones, se obtuvo un valor de 0.520, y para la interacción de ambos factores, se obtuvo un valor de 0.552. Todos estos valores

son mayores que el nivel de significancia de 0.05, lo que indica que no existen diferencias significativas, aceptando la hipótesis nula.

Figura 19.

Resultados de Porcentaje de Humedad gravimétrica



Nota: Datos del porcentaje de Humedad Gravimétrica en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

4.1.6. Porcentaje de Porosidad

Tabla 13.

Análisis Estadístico ANOVA para el porcentaje de porosidad

	Df	Sum.Sq	Mea.Sq	F.value	Pr(>F)
Tratamiento	1	2.087	2.0867	1.287	0.300
Repetición	2	1.609	0.8044	0.496	0.632
Tratamiento: Repetición	2	0.194	0.0972	0.060	0.942
Residuals	6	9.728	1.6213		

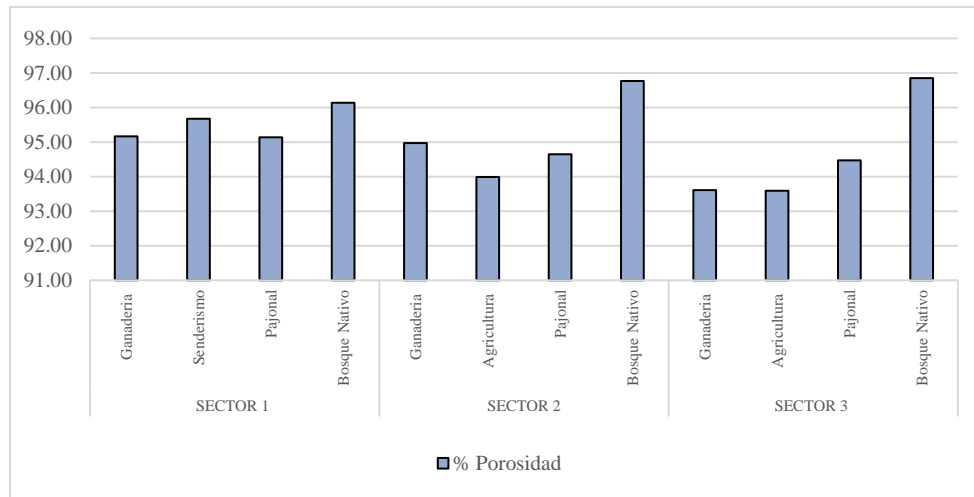
Nota: Resultados del ANOVA del porcentaje de porosidad en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

Los resultados obtenidos en la Tabla 13. del porcentaje de porosidad fueron analizados mediante un análisis de varianza con un nivel de significancia del 5%. Se observó que para los distintos factores de tratamiento (uso de suelo), el p-valor fue de 0.300. Además, para el factor de

las repeticiones, se obtuvo un valor de 0.632, y para la interacción de ambos factores, se obtuvo un valor de 0.942. Todos estos valores son mayores que el nivel de significancia de 0.05, lo que indica que no existen diferencias significativas, aceptando la hipótesis nula.

Figura 20.

Resultados de porcentaje de Porosidad



Nota: Datos del porcentaje de Porosidad en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

La porosidad del suelo dentro del ecosistema de los páramos, representan una gran porosidad y están entre los valores de 60% al 90% o incluso puede presentarse valores más altos, por eso la retención del agua es muy buena, como se pueden observar en los resultados de este presente trabajo en los tres diferentes sectores, tanto en zonas intervenidas como no intervenidas presentan un porcentaje de porosidad mayor al 90% pero no sobrepasa el 100%. (Llambí et al., 2012). Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede observar que todos los usos del suelo analizados presentan una porosidad promedio del 95,08%. Sin embargo, es importante destacar que este valor depende de diversos factores, tales como el tipo de suelo, la altitud y la vegetación presente.

4.1.7. Materia Orgánica

Tabla 14.

Análisis Estadístico ANOVA para el porcentaje de Materia orgánica

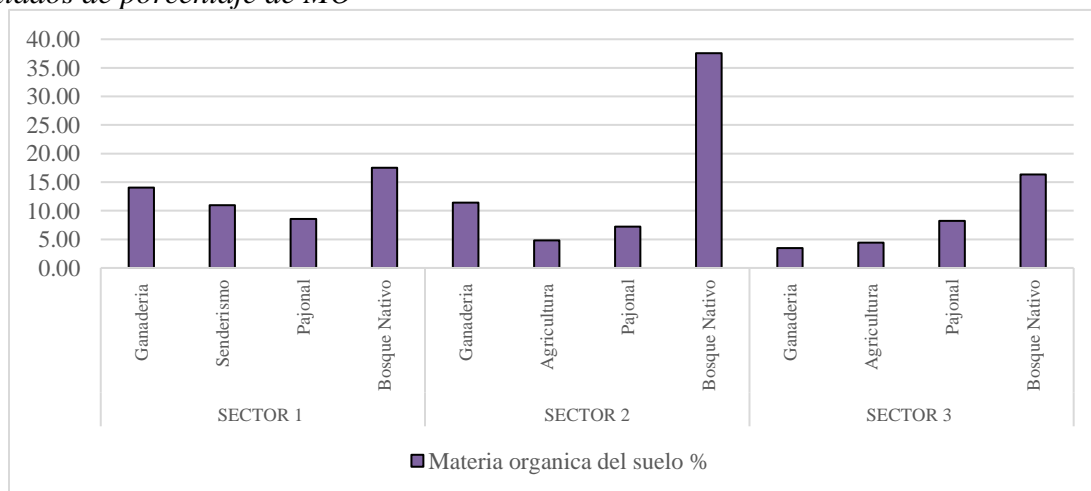
	Df	Sum.Sq	Mea.Sq	F.value	Pr(>F)
Tratamiento	1	2.087	2.0867	1.287	0.300
Repetición	2	1.609	0.8044	0.496	0.632
Tratamiento: Repetición	2	0.194	0.0972	0.060	0.942
Residuals	6	9.728	1.6213		

Nota: Resultados del ANOVA del porcentaje de materia orgánica en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

Los resultados del ANOVA permiten interpretar que no existen diferencias significativas en las mediciones del porcentaje de materia orgánica entre los diferentes usos de suelo y los distintos sectores analizados dentro de la comunidad. Tanto los suelos intervenidos (ganadería, agricultura, senderismo) como los suelos no intervenidos (pajonal y bosque nativo) muestran datos similares de materia orgánica. Esto lleva a aceptar la hipótesis nula para ambos factores y su interacción, como se puede observar en la Tabla 14.

Figura 21.

Resultados de porcentaje de MO



Nota: Datos del porcentaje de Materia orgánica y Carbono Orgánico en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

En un suelo normal, la materia orgánica representa aproximadamente el 50% de su composición, mientras que los minerales componen el resto. En estos suelos, la porosidad puede alcanzar valores de hasta el 90%, mientras que la cantidad de materia orgánica está comprendida entre el 1% y el 5%. No obstante, en los suelos de páramo, la porosidad puede ser aún mayor, llegando a alcanzar el 90% en volumen y espacio poroso. Además, en algunos suelos de turberas presentes en los páramos, los valores de materia orgánica pueden oscilar entre el 3% y el 44%, e incluso pueden ser aún más elevados. (Llambí et al., 2012). Es por eso por lo que, al realizar el análisis, se observó que en el primer sector el promedio de materia orgánica es del 12.79%, mientras que en el segundo sector es del 15.25% y en el tercero es del 8.13%. Es importante mencionar que la cantidad de materia orgánica en las zonas sin intervención es mayor que en los suelos intervenidos (por actividades como la agricultura y la ganadería).

4.1.8. Carbono Orgánico

Tabla 15.

Análisis Estadístico ANOVA para el carbono orgánico

	Df	Sum.Sq	Mea.Sq	F.value	Pr(>F)
Tratamiento	1	35.20	17.60	0.562	0.597
Repetición	2	59.95	59.95	1.915	0.216
Tratamiento: Repetición	2	32.08	16.04	0.512	0.623
Residuals	6	187.88	31.31		

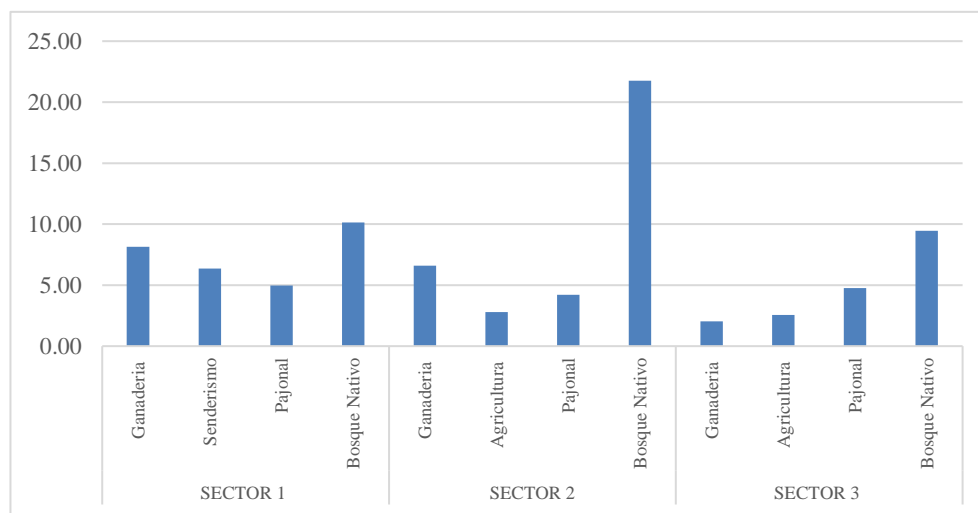
Nota: resultados del análisis estadístico ANOVA de los sectores y repeticiones del carbono orgánico en suelos intervenidos y no intervenidos. Elaborado por la Autora, 2023.

Los resultados de la Tabla 9, en la columna Pr(>F), en relación con los tratamientos, repeticiones y la interacción entre el tratamiento y la repetición con el carbono orgánico respectivamente, indicando los resultados para comprobar las hipótesis planteadas y determinar si se aceptan o rechazan las mismas, en función del valor de significancia del 5% o 0,05.

Indica que este valor es mayor que el nivel de significancia. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, lo que sugiere que las concentraciones de carbono orgánico son similares tanto en suelos intervenidos como en suelos no intervenidos. Este hallazgo se respalda con los resultados de las repeticiones, donde se obtuvo un p-valor de 0.216, y la interacción entre ambos tipos de suelo, que presentó un p-valor de 0.623.

Figura 22.

Porcentaje de Carbono Orgánico



Nota: Datos del porcentaje de Carbono Orgánico en zonas intervenidas y no intervenidas por cada sector analizado. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2. Resultados de las Encuestas

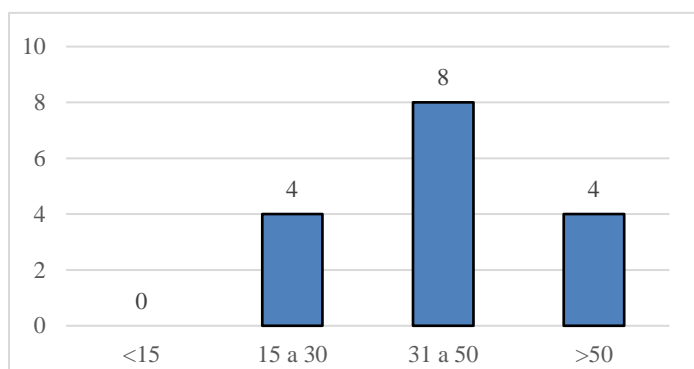
Se puede observar las gráficas de los resultados tabulados, encuestas aplicadas en la Comunidad Ancestral Armero, con sus respectivos porcentajes de cada una de las preguntas formuladas y aplicadas.

4.2.1. Pregunta 1. Edad

Los resultados obtenidos de la pregunta uno a partir de las encuestas, presentan que el 25% de la comunidad están en las edades de 15 a 30 años, el otro 25% está conformado por los jefes de hogares que tienen de 50 años en adelante y el 50% restante corresponde a las edades de 31 a 50 años.

Figura 23.

Pregunta 1



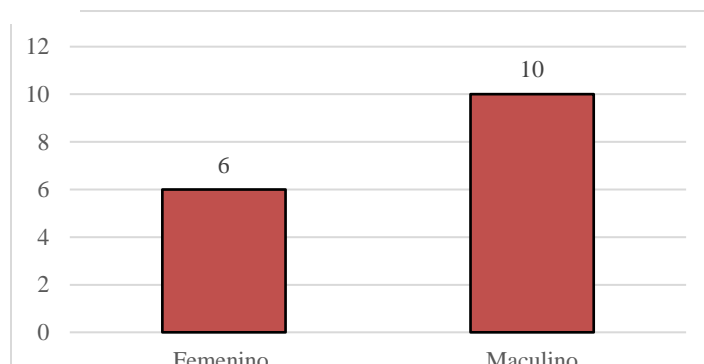
Nota: Resultados de la edad de los jefes de hogar. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.2. Pregunta 2. Género

El 63% de la comunidad corresponden a hombres como jefes de hogar, y el 37% restante pertenecen a las mujeres como jefes de hogar, resultados obtenidos mediante las encuestas aplicadas dentro de la comunidad.

Figura 24.

Pregunta 2



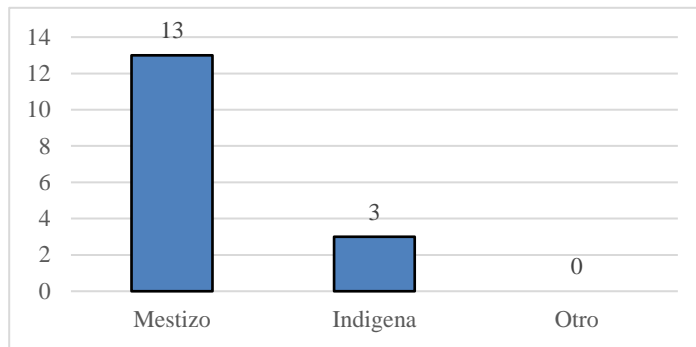
Nota: Resultados del género de los jefes de hogares de la comunidad. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.3. Pregunta 3. Autoidentificación

De los resultados obtenidos dentro de la pregunta tres el 81% de los jefes de hogar se autoidentifican mestizos, y en porcentaje menor se autoidentifican indígenas en un 19% de los jefes de hogar.

Figura 25.

Pregunta 10



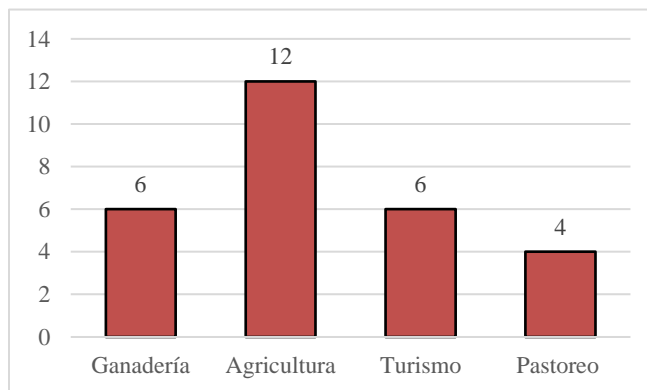
Nota: Resultados de cómo se autoidentifican los jefes de hogar. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.4. Pregunta 4. ¿Qué actividad económica realiza usted?

Dentro de la comunidad, un 43% de los comuneros se dedican a actividades agrícolas, mientras que un 22% se dedica a la ganadería. Además, un 21% se involucra en el turismo y el 14% restante se dedica al pastoreo. Estas diversas ocupaciones reflejan la diversidad de actividades económicas en la comunidad, brindando una base sólida para el desarrollo sostenible y la colaboración entre los miembros.

Figura 26

Pregunta 4



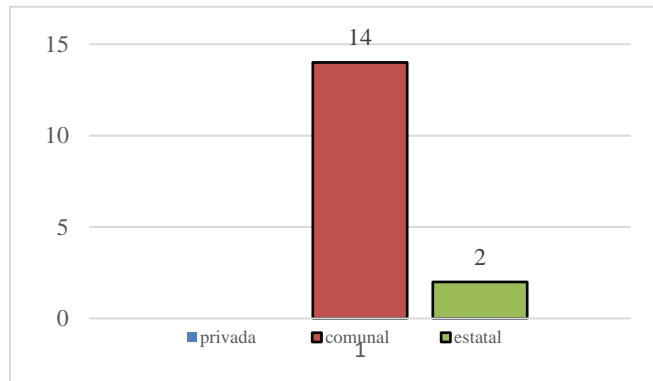
Nota: Se realiza más la actividad de agricultura. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.5. Pregunta 5. ¿Tiene conocimiento a quien le pertenece las fuentes hídricas que usa en sus actividades?

Según los resultados de la encuesta aplicada, se destaca un alto nivel de conocimiento sobre el tema de las fuentes hídricas en la comunidad. En concreto, un notable 87% de los encuestados afirma que las fuentes hídricas pertenecen a la comunidad, mientras que el 13% restante sostiene que estas fuentes son propiedad del estado. Es importante destacar que ningún comunero expresó que las fuentes hídricas no sean de carácter privado.

Figura 27.

Pregunta 5



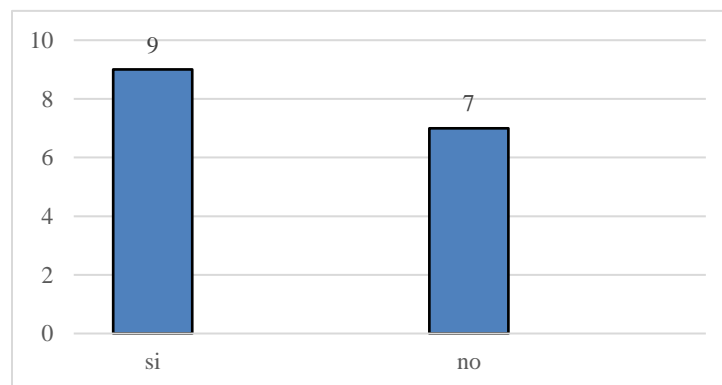
Nota: El agua pertenece a la comunidad. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.6. Pregunta 6. ¿Tiene conocimiento sobre el tema de las Buenas prácticas ambientales?

El 56% de los habitantes poseen de conocimientos sobre las buenas prácticas ambientales en las tierras de los páramos, con mayor concientización del cuidado y protección del ecosistema, mientras que el 44% no poseen conocimiento sobre las buenas prácticas ambientales.

Figura 28.

Pregunta 6



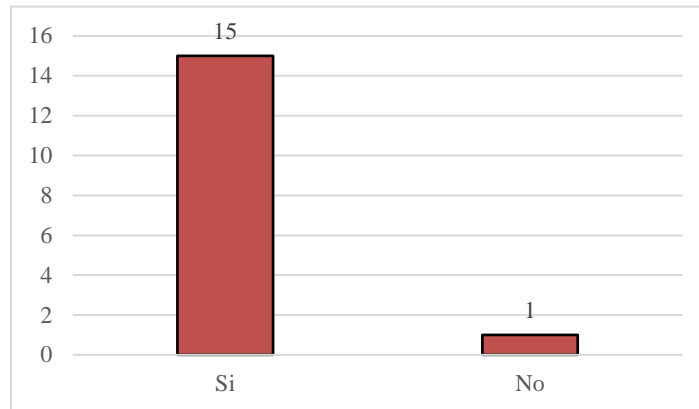
Nota: Conocimiento en prácticas ambientales. Elaborado por la autora, 2023.

4.2.7. Pregunta 7. ¿Le gustaría seguir algunas prácticas sustentables y sostenibles ambientales?

El interés de poder aprender sobre las practicas sustentables y sostenibles en la comunidad es del 94% de interés y 6% restantes no les gustaría aprender de estos temas sostenibles.

Figura 29.

Pregunta 7



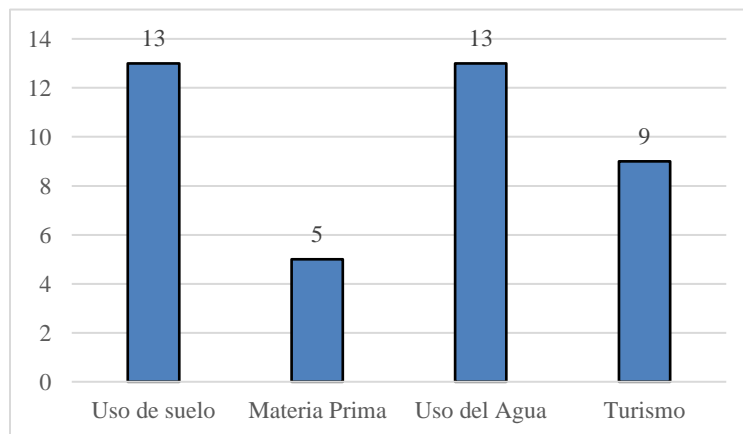
Nota: Aprendizaje de prácticas sustentables y sostenibles. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.8. Pregunta 8. De estos servicios naturales, ¿Cuáles benefician a su hogar?

El 33% se benefician del uso del agua, es un servicio esencial para toda la comunidad, el 32% utilizan el suelo del páramo, el 23% se benefician de las actividades del turismo y el 12% se ayudan de la materia prima.

Figura 30.

Pregunta 8



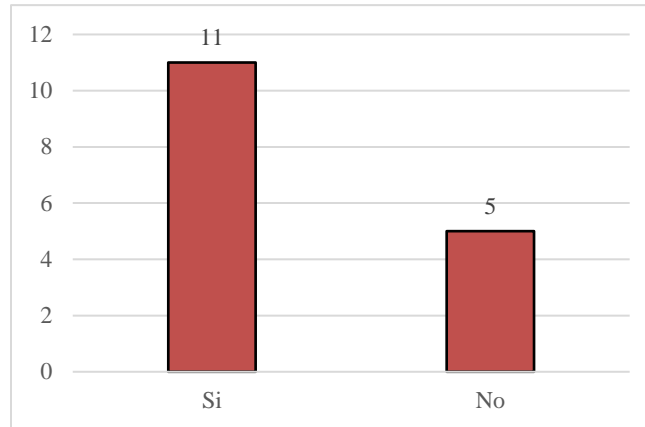
Nota: Beneficios naturales que brindan a la comunidad. Elaborado por la autora, 2023

4.2.9. Pregunta 9. ¿Cree usted que el deterioro del páramo es por la falta de cuidado y protección por parte de la comunidad?

Un 69% afirman que el daño que se ocasiona al páramo es por la falta de cuidado y protección por parte de la propia comunidad y el 31% dicen que no pasa por la falta de interés de la comunidad.

Figura 31.

Pregunta 9



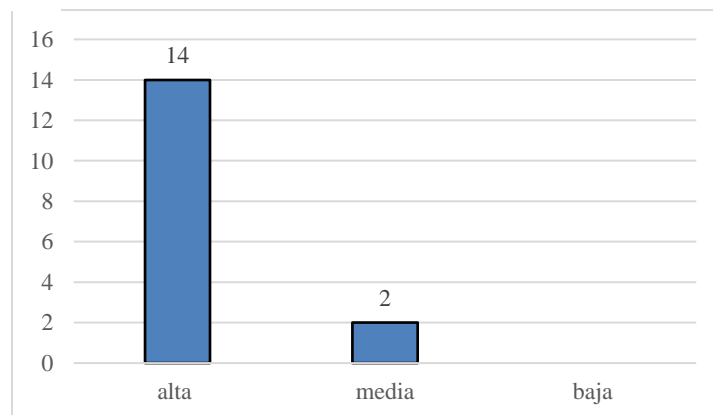
Nota: Deterioro del ecosistema del páramo. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.10. Pregunta 10. ¿Cómo considera la importancia del páramo?

El 87% de los comuneros consideran que el páramo es muy importante dentro de su comunidad, y el 13% le ponen una importancia media del páramo. Pero nadie consideró que el páramo no es importante.

Figura 32.

Pregunta 7



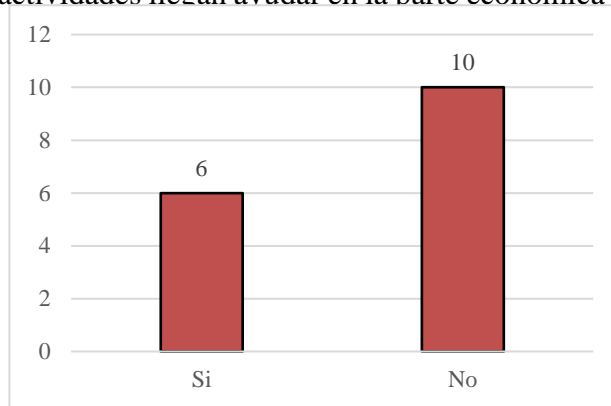
Nota: Importancia del páramo. Elaborado por la autora, 2023.

4.2.11. Pregunta 11. ¿Las actividades turísticas ayudan económicamente a su hogar?

Un 63% afirma que las actividades turísticas NO apoyan económicamente a sus hogares, y el 37%, corrobora que estas actividades llegan a ayudar en la parte económica dentro de sus hogares.

Figura 33.

Pregunta 11



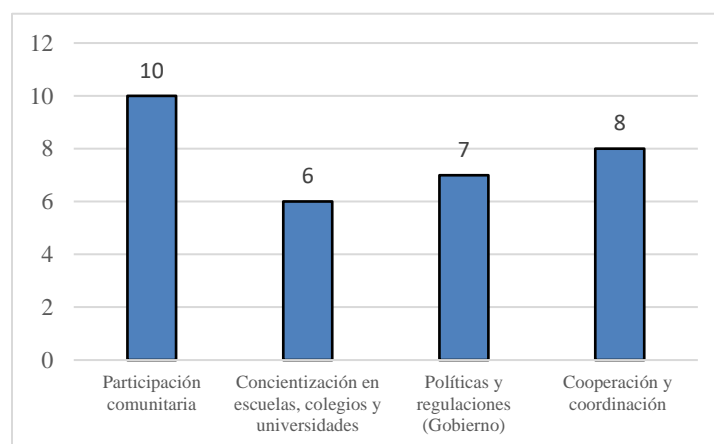
Nota: Actividades turísticas, Elaborado por la autora, 2023.

4.2.12. Pregunta 12. ¿Cuáles de estas actividades cree necesaria para proteger los servicios que brinda el páramo?

Un 32% dicen que la participación comunitaria, el 26% es por cooperación y coordinación, 23% por parte del gobierno y el 19% en concientización en la educación.

Figura 34.

Pregunta 12



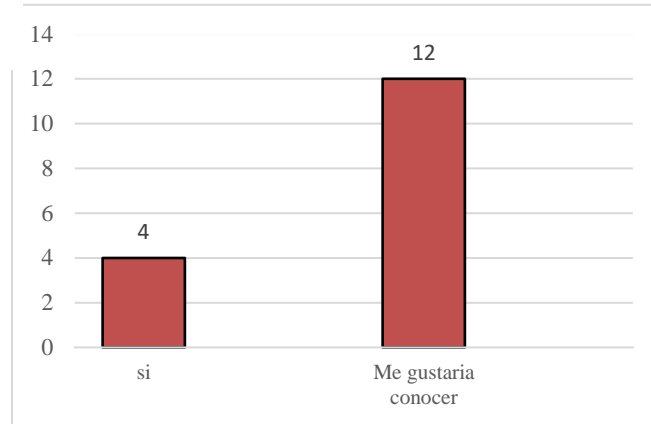
Nota: Servicios del ecosistema del Páramo. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.13. Pregunta 13. ¿Conoce usted sobre la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS)?

La mayoría de los comuneros desconocen el LOOTUGS y les gustaría conocer de la misma en un 75%, el 25 % ya conocían de la Ley Orgánica.

Figura 35.

Pregunta 13



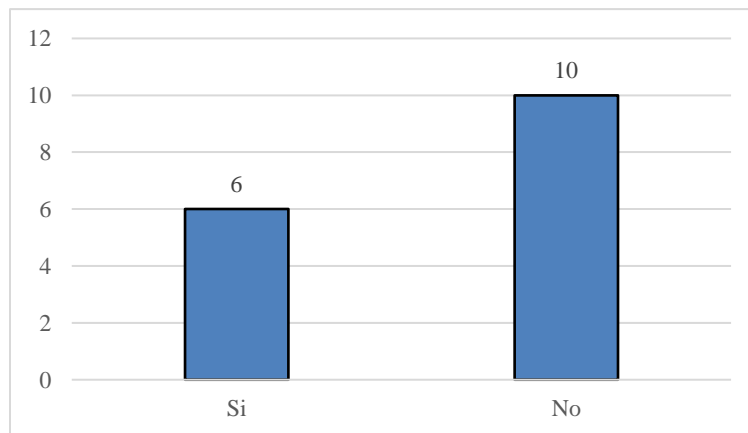
Nota: Conocimiento de LOOTUGS. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.14. Pregunta 14. ¿Conoce la importancia del carbono orgánico en el suelo dentro del ecosistema del páramo?

Un 63% afirman que NO conocen la importancia del carbono orgánico del suelo en los ecosistemas del páramo y el 37% si conocen sobre la importancia del carbono orgánico.

Figura 36.

Pregunta 14



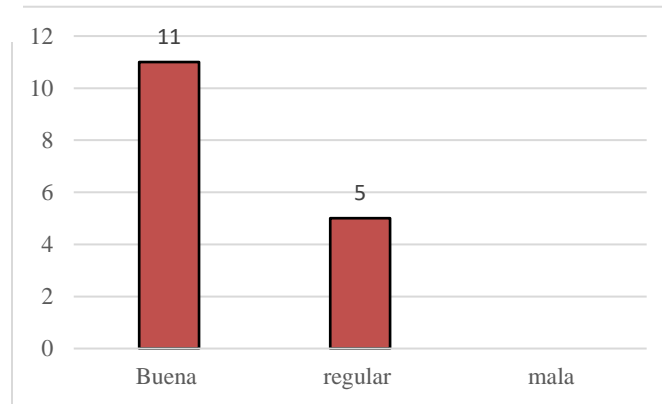
Nota: Importancia del Carbono Orgánico. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.15. Pregunta 15. ¿Cómo es la calidad de suelo en las distintas actividades que la realiza?

La calidad del suelo no es mala según los moradores, pero el 31% afirman que es regular y el 69% le consideran con una buena calidad para sus actividades.

Figura 37.

Pregunta 15



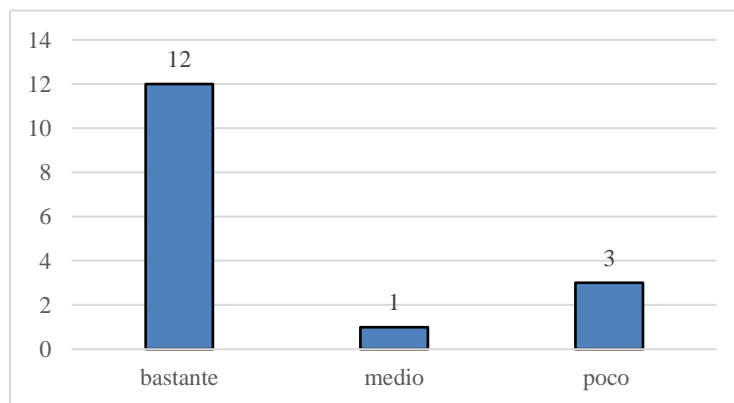
Nota: Actividades que utilizan el suelo. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.16. Pregunta 16. ¿En qué medida aprovechan los recursos del suelo?

El 75% de la población aprovechan regularmente los recursos del suelo, el 19% utilizan poco los servicios del suelo y el 6% no utilizan mucho de estas propiedades.

Figura 38.

Pregunta 16



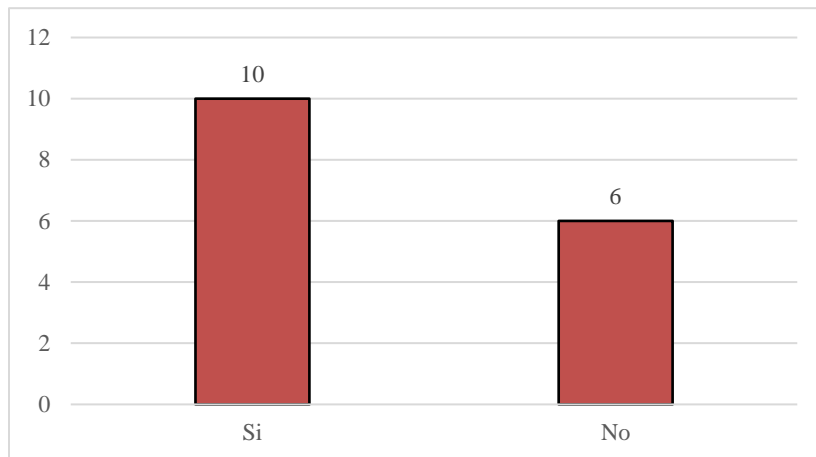
Nota: Servicios y propiedades del suelo. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.17. Pregunta 17. ¿Ha observado deficiencia en las propiedades del suelo como erosión o falta de fertilidad?

Un 62% de la comunidad afirman que, si observaron la deficiencia en las propiedades del suelo y la falta de fertilidad, el 38% no observaron daños al suelo.

Figura 39.

Pregunta 17



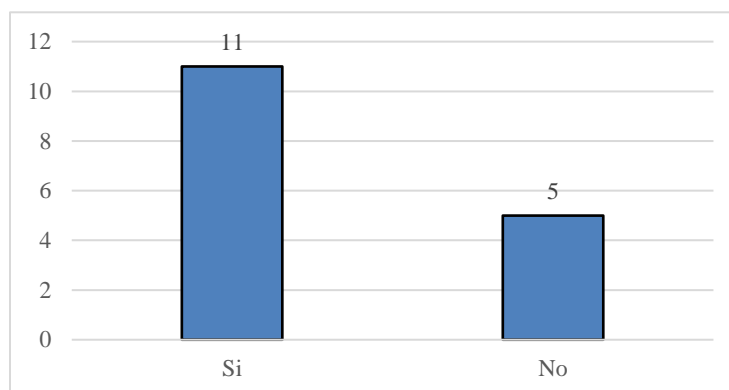
Nota: Deficiencia del suelo. Elaborado por la Autora, 2023.

4.2.18. Pregunta 18. ¿Ha implementado alguna técnica para evitar la degradación del suelo y cuál?

La implementación de técnicas para evitar la degradación del suelo lo realizan el 69% de los comuneros y el 31% no lo realizan, las técnicas utilizadas fueron generalmente el uso de abono (excremento del ganado) para evitar la degradación del suelo, a medida que ocupan de los servicios de este.

Figura 40.

Pregunta 18



Nota: Degradación del suelo. Elaborado por la Autora, 2023.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Tras efectuar una comparación exhaustiva de las concentraciones de carbono orgánico entre las zonas intervenidas y no intervenidas, se ha llegado a la conclusión de que no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los parámetros analizados. Estos resultados sólidos y consistentes corroboran que las concentraciones de carbono orgánico en suelos intervenidos por actividades agrícolas, ganaderas y senderismo son comparables a las presentes en suelos no intervenidos, como los del pajonal y el bosque nativo. Esta información es de gran relevancia en el contexto ambiental y contribuye al entendimiento de los efectos de diversas actividades humanas en el ciclo del carbono en el ecosistema estudiado. Continuar profundizando en estas investigaciones puede proporcionar valiosos conocimientos para la gestión y conservación de nuestros recursos naturales.

- Al llevar a cabo las encuestas aplicadas dentro de la Comunidad, se demostraron los diferentes usos del suelo de manera directa por parte de la población, identificando las actividades relacionadas al uso del suelo como son las prácticas agrícolas, ganaderas y turísticas. Además, las encuestas realizadas permitieron evaluar el nivel de conocimiento y la percepción de la comunidad sobre la importancia del carbono orgánico y sus implicaciones para la sostenibilidad ambiental. El 63% de los comuneros desconocen sobre la importancia del carbono orgánico existente.

- Por medio del análisis de los datos recopilados, se puede identificar el grado de afectación en el suelo tanto en las áreas intervenidas como no intervenidas. Los resultados obtenidos revelan diferencias significativas entre ambos casos. Las encuestas realizadas indican que las actividades antropogénicas llevadas a cabo por los pobladores no generan un impacto negativo en las propiedades del suelo. Pero en base a la información, se ha observado que la mayoría de los pobladores implementan técnicas para prevenir la degradación del suelo, y también utilizan abono para el ganado como una práctica beneficiosa para mantener la calidad del suelo en buen estado.

- Mediante el análisis de los resultados de las variables evaluadas y las encuestas, se obtuvo información que permitió identificar y valorar los servicios ambientales proporcionados

dentro del área de estudio, la provisión de las fuentes hídricas, el uso de la materia prima, los recursos del suelo y su protección contra la erosión, la conservación de la biodiversidad, de igual manera se evaluó la importancia para la comunidad local.

5.2. Recomendaciones

- Se sugiere considerar la adopción de técnicas alternativas de muestreo de suelo, así como ampliar el análisis de variables en el laboratorio, incluyendo la textura, para obtener una identificación más completa de las propiedades del suelo.
- Con el fin de promover la conservación de los servicios ambientales y fomentar una mayor conciencia sobre la importancia de los servicios ecosistémicos, se sugiere implementar una serie de charlas informativas y educativas. Estas charlas podrían dirigirse a la comunidad local, grupos de interés y autoridades pertinentes, abordando temas clave como la función de los servicios ecosistémicos.
- Se recomienda llevar a cabo estudios similares en diferentes ubicaciones de páramos, con el propósito de realizar una comparación exhaustiva de los resultados obtenidos. Esto permitirá obtener una visión más completa y representativa de las características y dinámicas presentes en diversos ecosistemas de páramo.
- Se sugiere establecer una comunicación efectiva y cercana con los comuneros con el objetivo de identificar con precisión los beneficios específicos que impactan positivamente en la comunidad. Al dialogar directamente con los miembros de la comunidad, será posible comprender sus necesidades, aspiraciones y percepciones sobre los beneficios que derivan de las iniciativas o proyectos en cuestión.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera S, S. M. (2000). *Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos*. 77–85. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121065>
- Beretta, A., Bassahum, D., & Musselli, R. (2014). ¿Medir el pH del suelo en la mezcla suelo: agua en reposo o agitando? *Agrociencia Uruguay*, 18(2), 90–94. <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v18n2/v18n2a10.pdf>
- Cáceres Andrade, J. F. (2019). *Los Páramos de la parte altoandina de la reserva de la biosfera Macizo del Cajas (Ecuador): Gestión para el mantenimiento de los servicios ecosistémicos*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Camacho, Mi. (2014). *Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*. 1(372). <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/anales.v1i372.1241>
- Carúa Cola, J., Proaño, M., Suarez, D., & Podwojewski, P. (2008). *DETERMINACIÓN DE RETENCIÓN DE AGUA EN LOS SUELOS DE LOS PÁRAMOS: ESTUDIO DE CASO EN LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN PEDRO, CANTÓN MEJÍA, PICHINCHA, ECUADOR* (P. Mena Vásconez, A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso B, G. Medina, N. Ochoa, & D. Ortiz, Eds.; EcoCiencia). Páramo. Órgano de Difusión del Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador (GTP).
- Castañeda, A., & Montes-Pulido, C. (2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Ciencias Agrarias*, 13(1), 210–221.
- Castañeda-Martín, A. E., & Montes-Pulido, C. R. (2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Ciencias Agrarias*, 13(1), 210–221.
- Chungo Morocho, C., & Chungo, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero*, 9(2), 71–83.
- Daza Torres, M. C., Hernández Flórez, F., & Triana, F. A. (2014). Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 67(1), 7189–7200. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42642>
- De Bièvre, B., Iñiguez, V., & Buytaert, W. (n.d.). Hidrología del páramo Importancia, propiedades y vulnerabilidad. *CONOCER PARA CONSERVAR*.
- De Gavilánez Luna, F. (2021). *Diseños y análisis estadísticos para experimentos agrícolas* (Díaz de Santos).
- Delgado, M., Vanegas, M., & Delgado, G. (2007). *Metrología Química I: Calibración de un pHmetro y Control de Calidad*.
- Estupiñán, L. H., Gómez, J. E., Barrantes, V. J., & Lima, L. F. (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. (n.d.). *Propiedades Físicas del Suelo*. Portal de Suelos de La FAO. Retrieved June 10, 2023, from <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Fernández-Betancourt, I. M. (2013). Control de temperatura para una mufla utilizando el PLC Moller EC4P-200. *Ingeniería Investigación Y Desarrollo*, 13(1), 8–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/1900771X.4071>
- Forsythe, W. (1975). *Manual de Laboratorio, Física de Suelos* (M. De la Cruz, Ed.; Corporación DArgentina, Vol. 25).
- García Centeno, L. J. (2017). *METODOLOGÍAS DE CAMPO PARA DETERMINAR PROFUNDIDAD, DENSIDAD APARENTE, MATERIA ORGANICA, INFILTRACIÓN DEL AGUA, TEXTURA Y pH EN EL SUELO* (K. A. Muñoz Mejía, Ed.; Grupo SEVEN).
- García, J., & Ballesteros, M. (2005). EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD PARA LA DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS. *REVISTA COLOMBIANA DE QUÍMICA*, 34.
- GIZ. (2020). *Turismo Sostenible en el Ecosistema Páramo* (J. Gutierrez, Ed.). https://www.bivica.org/files/5772_Turismo%20sostenible_15.12.2020.pdf
- Granados Ortiz, M. A., Navarrete González, J. D., & Suárez López, T. (2005). Páramos: Hidrosistemas Sensibles. *Revista de Ingeniería*, 22, 64–75.
- Kalstein France. (2021). *¿Qué es una Plancha de Calentamiento y Agitación?* Kalstein. <https://kalstein.ec/ques-una-plancha-de-calentamiento-y->

- agitacion/#:~:text=La%20plancha%20de%20calentamiento%20y,durante%20las%20titulaciones%2C%20lo%20que
- Llambí, L., Soto-W, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012a). *Ecología, Hidrología y Suelos de Páramos* (L. Llambí, M. Almeida, & P. Borja, Eds.; El Antebra). Proyecto Páramo Andino.
- Llambí, L., Soto-W, A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012b). Unidad 3. Los suelos del páramo. In *Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos* (El Antebra).
- Llanos, E., & Escandón, 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.
- Longa, C. (2019, July 19). *BALANZA DE PRECISIÓN LABORATORIO: USO, DEFINICIÓN, PRECIO, CARACTERÍSTICAS*. Materiales de Laboratorio.
- López, R. M. (2016). Servicios Ecosistémicos del suelo. *ECUADOR ES CALIDAD*, 4(1), 10–11.
- Martínez, C. (2015). *DISEÑOS EXPERIMENTALES RELACIONADOS CON UN SOLO FACTOR DE ESTUDIO*.
- Martínez, J. M., E Duval, M., M López, F., O Iglesias, J., & Galantini, J. (2017). Ajustes en la estimación de carbono orgánico por el método de Calcinación en molisoles del sudoeste bonaerense. *Ciencia Del Suelo*, 35(1), 181–187. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v35n1/v35n1a16.pdf>
- Mena Vásquez, P., Castillo, A., Flores, S., Hofstede, R., Josse, C., Lasso B, S., Medina, G., Ochoa, N., & Ortiz, D. (Eds.). (2011). *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado* (EcoCiencia).
- N.W, O. (2012). Toma de muestras de suelos para evaluar la fertilidad del suelo . *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal* , 1(1). <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/Toma-de-muestras-de-suelos-evaluacion-de-fertilidad-del-suelo-Walter-Osorio.pdf>
- Ordóñez, C., & Ortega, J. F. (2022, May 16). Ilaló y Pichincha: hitos del Distrito Metropolitano de Quito como geoparque mundial. *Instituto de La Ciudad de Quito*, 53–75.
- Pinos, D., Morales, O., & Duran, M. E. (2021). Suelos de páramo: Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales*, 55(2), 157–179.
- Pinos-Morocho, D., Morales-Matute, O., & Durán-López, M. E. (2021). Suelos de páramo: Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador. *CIENCIAS AMBIENTALES*, 55(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.15359/rca.55-2.8>
- Podwojewski, P., & Poulenard, J. (2000). Los Suelos de los Paramos del Ecuador . In *En Los Suelos del Páramo : Vol. Serie Páramo 5* (Abya Yala).
- Rincón Ruíz, A., Echeverry Duque, M. A., Piñeros Quiceno, A. M., Tapia Caicedo, C., David Drews, A., Arias Arévalo, P., & Zuluaga Guerra, P. A. (2014). *Valoración integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Aspectos conceptuales y metodológicos*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).
- Rodolfo C. (n.d.). *El Agua del Suelo*. Retrieved June 10, 2023, from <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/agua-edafica.pdf>
- Roldán Villanueva, O. A. (2021). Impacto de las Actividades Atrópicas en las Áreas Naturales Protegidas. *Revista Científica de Biología y Conservación*, 1(2), 18–32.
- Romo-Rojas, M. G., & Romo, E. C. (2022). Degradación de la vegetación de páramo por efecto de la ganadería en el Parque Nacional Llanganates, Ecuador. *Revista Verde de Agroecología e Desarrollo Sustentable*, 17(1), 27–34. <https://doi.org/10.18378/rvads.v17i1.9093>
- Simón, M., Peralta, ; Nahuel, & Costa, J. L. (n.d.). *RELACION ENTRE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA APARENTE CON PROPIEDADES DEL SUELO Y NUTRIENTES RELATIONSHIP BETWEEN APPARENT ELECTRICAL CONDUCTIVITY WITH SOIL PROPERTIES AND NUTRIENTS*.
- SurveyMonkey. (2018). *Calculadora del tamaño de muestra*. Momentive . <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>
- Vela Correa, G., López Blanco, J., & Rodríguez Gamiño, M. de L. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones Geográficas, Boletín Del Instituto de Geografía, UNAM*, 77, 18–30. <https://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n77/n77a3.pdf>

7. ANEXOS

Anexo 1.

Recolección de Muestras



Nota: Proceso de recolección de muestras.
Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 2.

Muestras Recolectadas



Nota: Metodología del cilindro. Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 3.

Cilindros de Muestreo



Nota: Material en la fase de campo.
Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 4.

Materiales de laboratorio



Nota: Materiales en la fase de laboratorio.
Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 5.

Equipo: Estufa



Nota: Estufa utilizada durante laboratorio.
Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 6.

Equipo: Horno de Mufla



Nota: Mufla utilizada durante laboratorio.
Elaborado por la Autora, 2023

Anexo 7.

Equipo: Balanza analítica



Nota: Equipo dentro del proceso de laboratorio. Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 8.

Desecador



Nota: Equipo dentro del proceso de laboratorio. Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 9.

Zona No Intervenido



Nota: Paramo, pajonal y bosque nativo. Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 10.

Zona Intervenido (Ganadería)



Nota: Ganadería dentro de la comunidad. Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 11.

Aplicación de Encuestas a la Comunidad



Nota: Encuestas ejecutadas a cada uno de los jefes de hogar. Elaborado por la Autora, 2023.

Anexo 12.

Estructura de la Encuesta

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL ENCUESTA				
Buenos días/tardes. Somos los estudiantes Gabriela Carrion y Shoselyn Tandazo de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, estamos realizando nuestro Trabajo de Titulación. El objetivo de esta encuesta es recopilar información valiosa sobre la percepción y la experiencia de la comunidad en relación con estos dos recursos fundamentales y buscamos conocer su opinión sobre la calidad del agua que llega a su hogar, así como su percepción sobre la conservación y el uso responsable del recurso del suelo. Le agradecerá que nos ayude contestando la siguiente encuesta, la cual es totalmente confidencial y tiene una duración aproximada de 5 a 10 minutos.				
Encuestador:		N. teléfono	N. encuesta	
DATOS GENERALES				
1. Nombre del jefe/a de hogar		2. Número de cédula		
3. Celular:		4. Teléfono de contacto:		
5. Correo Electrónico:		6. Localización geográfica (GPS): (E = este, N = norte, A = altitud)		
		II.	N.	A:
DATOS DE LA FAMILIA (que habita en la vivienda encuestada)				
Categoría. Miembro de la Familia	7. Edad	8. Estado civil Unión Libre, Casado, Soltero, Separado, Divorciado, Viudo	9. Autodeterminación Indígena, Mestizo, Blanco, Negro, Afro	10. ¿Qué nivel de instrucción tiene? Escuela, colegio, superior
Jefe/a				
Esposa(s)/conviviente				
Hija/o				
Hija/o				
Hija/o				
Hija/o				
Hija/o				
Yerno				
Nieta				
Padre				
Madre				
Sorosa				
Hermano				
Cuñado				
Otros parientes				
1. ¿Que actividad económica usted realiza?				
Agricultura		Criadería	Turismo	Otro:
Pastoreo		Deforestación	Quema	
CALIDAD DE AGUA				
2. ¿Que fuente de agua usa en sus actividades diarias?	3. ¿Considera que el agua que llega a su hogar es segura para el consumo humano?	4. ¿Usted conoce si las actividades que se realiza en la comunidad afecta a la calidad del agua?		5. ¿Que cantidad de agua llega a su hogar o actividad económica en litros al día?
Potable	Si	Si	Talvez	No
Rica		Menos de 100	Entre 200 y 300	No tiene acceso a agua potable
Poco	No	6. ¿Tiene conocimiento a quien le pertenece las fuentes hídricas que usa en sus actividades?		Entre 100 y 200
Quebrada	Quizas	Pública	Comunal	Entre 300 y 500
		7. ¿ Cree que se debe implementar un nuevo sistema de abastecimiento de agua en su comunidad y porque?		Si
				No
8. ¿Usted realiza algún pago por la utilización de agua en la comunidad?	9. ¿Tiene conocimiento sobre el tema de las Buenas prácticas ambientales?	10. ¿Le gustaría seguir algunas prácticas sustentables y sostenibles ambientales?		11. ¿Usted cree que las actividades que se realiza en la comunidad afecta a la calidad de agua?
Si	Si	Si		Si
No	No	No		No
SERVICIOS ECOSISTEMÁTICOS				
12. De estos servicios naturales, ¿Cuáles benefician a su hogar?	13. ¿Cree usted que el deterioro del páramo es por la falta de cuidado y protección por parte de la comunidad?	14. ¿Cómo califica la importancia del páramo?		16. ¿Cuáles de estas actividades cree necesaria para proteger los servicios que brinda el páramo?
Uso de suelo (alimento)	Si	Alta	Media	Baja
Materia Prima		Participación comunitaria	Políticas y regulaciones (Gobierno)	
Uso del Agua	No	15. ¿Las actividades turísticas ayudan económicamente a su hogar?		Cooperación y coordinación
Actividades recreativas (Turismo)	Cual:	Si	17. ¿Conoce la importancia del carbono orgánico en el suelo dentro del ecosistema del páramo?	
		No	Si	
			No	
RECURSO DEL SUELO				
18. ¿Conoce usted sobre la LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE SUELO (LOOTUGS)?		19. ¿Como determina la estabilidad del suelo dentro de sus actividades?		20. ¿Qué tanto utiliza los servicios y propiedades del suelo?
Si		Buena	Regular	Mala
		21. ¿Ha observado deficiencia en las propiedades del suelo como erosión o falta de fertilidad?		Distante
No		Si		Medio
		22. ¿Ha implementado alguna técnica para evitar la degradación del suelo y cual?		Muy Poco
Me gustaría conocer		No		Si
				No
				Cual:

Nota: Diseño de la encuesta aplicada dentro de la comunidad a los jefes de hogar. Elaborado por la Autora. 2023.