



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

“INFLUENCIA DE LA INTERVENCIÓN EN LOS SUELOS DEL PÁRAMO DE NAVAG-CHIMBORAZO EN EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA”

Trabajo de titulación:

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: GERALDINE MICAELA PAZMIÑO RODRÍGUEZ.

DIRECTORA: DRA. MAGDY MILENI ECHEVERRIA GUADALUPE

Riobamba – Ecuador

2020

©2020, Geraldine Micaela Pazmiño Rodríguez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Geraldine Micaela Pazmiño Rodríguez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 31, enero del 2020

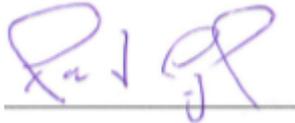
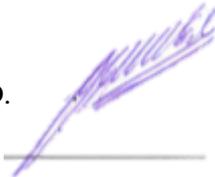


Geraldine Micaela Pazmiño Rodríguez

CI: 172411764-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal de trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, “**INFLUENCIA DE LA INTERVENCIÓN EN LOS SUELOS DEL PÁRAMO DE NAVAG- CHIMBORAZO EN EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA**”, realizado por la señorita: **GERALDINE MICAELA PAZMIÑO RODRÍGUEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
DR. ROBERT ALCIDES CAZAR RAMIREZ PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2020-01-31
DRA. MAGDY MILENI ECHEVERRIA GUADALUPE PhD. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACION		2020-01-31
ING. MARCELA YOLANDA BRITO MANCERO MIEMBRO DE TRIBUNAL		2020-01-31

DEDICATORIA

A Dios por brindarme fortaleza y sabiduría para superar cada prueba puesta en mi vida académica.

A mis padres Pedro y Margarita por ser mi guía, mi apoyo moral para ver cristalizada mi meta, por haberme inculcado valores, amor y disciplina.

A mis hermanos Jonathan, Pablo y María por ser mis compañeros de vida, cómplices de mis alegrías y tristezas.

A la Familia Cajas Puma por brindarme su cariño y acogerme como su hija.

Geraldine

AGRADECIMIENTO

A mi creador, Dios, porque sin él nada fuera posible, por haberme dado fuerzas en los momentos que pensaba desistir por la complejidad de la carrera y el pasar lejos de casa que hizo que esto fuera una prueba de mayor sacrificio.

Debo agradecer a las personas que han intervenido de manera positiva en el transcurso de mi vida. A mis amados padres por ser mi guía, por haberme formado con amor, principios, valores y disciplina que hoy en día se ven reflejados en la persona que me he convertido, que lucha por sus ideales. Les estoy eternamente agradecida por la confianza entregada para que cumpla cada una de mis metas propuestas.

A mis hermanos Pablo y Jonathan quienes me han guiado, aconsejado para no claudicar en mi meta, a mi hermana María Mercedes, por ser mi mayor cómplice de alegrías, tristezas, ser el más grande deseo que tuve de niña hecho realidad y mi motivo de superación para poder ser su guía. A la Familia Cajas Puma por acogerme en su hogar como una hija, convirtiéndose en mi segunda familia, por brindarme su apoyo, cariño incondicional, compartir vivencias que siempre quedaran guardadas en mi corazón.

A mi querida Escuela Superior Politécnica Chimborazo por haberme formado como profesional y despertar en mí el interés científico. A mis docentes por compartirme su conocimiento, paciencia y motivación en especial a mi directora del trabajo de titulación Dra. Magdy Echeverría por su tiempo, consejos y al GIDAC por el asesoramiento durante el desarrollo de esta investigación y con ello concluir satisfactoriamente el trabajo de titulación.

Geraldine

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Bases teóricas.....	7
1.2.1 <i>Páramo</i>	7
1.2.2 <i>Suelo</i>	7
1.2.3 <i>Suelos de Páramo.</i>	7
1.2.4 <i>Cambios de Uso de Suelo</i>	7
1.2.5 <i>Almacenamiento de Materia Orgánica del suelo</i>	8
1.2.6 <i>Degradación del páramo</i>	8
1.2.7 <i>Análisis Físico Químico de Suelos</i>	8
1.3. Bases conceptuales	14
1.3.1 <i>Suelos de Páramo.</i>	14
1.3.2 <i>Suelos de páramo no intervenidos</i>	14
1.3.3 <i>Suelos de páramo intervenidos</i>	14
1.3.4 <i>Materia orgánica.</i>	14

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO.....	15
2.1.	Tipo de Investigación.....	15
2.2.	Diseño de la Investigación.....	15
2.3.	Identificación de variables.....	15
2.3.1	<i>Variable Dependiente:</i>	15
2.3.2	<i>Variable Independiente:</i>	15
2.4.	Matriz de consistencia.....	16
2.5.	Operacionalización de las variables.....	17
2.6.	Localización del Estudio.....	17
2.7.	Población de estudio.....	19
2.8.	Tamaño de la muestra.....	19
2.9.	Delimitación del Área de Estudio.....	20
2.10.	Método de muestreo.....	21
2.10.1	<i>Muestreo de suelo</i>	22
2.10.2	<i>Muestreo de Densidad Aparente</i>	23
2.11	<i>Técnicas de recolección de datos</i>	23
2.11.1	<i>Análisis de Densidad Aparente y Porcentaje de Humedad</i>	23
2.11.2	<i>Análisis de pH y Conductividad</i>	24
2.11.3	<i>Análisis de Color</i>	24
2.11.4	<i>Análisis de Textura</i>	24
2.11.5	<i>Análisis de Materia Orgánica</i>	25
2.12.	Modelo Estadístico	26

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	27
3.1.	Análisis de Resultados.....	45
3.1.1	<i>Densidad Aparente</i>	45
3.1.2	<i>Humedad</i>	46
3.1.3	<i>pH</i>	47

3.1.4	<i>Conductividad</i>	49
3.1.5	<i>Color</i>	50
3.1.6	<i>Textura</i>	51
3.1.7	<i>Materia Orgánica</i>	52
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES		66
BIBLIOGRAFIA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación de los suelos.....	10
Tabla 2-1:	Clasificación de texturas.....	27
Tabla3-1:	Calificación de los suelos según su conductividad eléctrica	27
Tabla 4-1:	Evaluación de los suelos de acuerdo a su pH.....	28
Tabla 1-2:	Matriz de consistencia	17
Tabla 2-2:	Operacionalización de las variables.....	17
Tabla 3-2:	Descripción de litologías del suelo del páramo de Navag	17
Tabla 4-2:	Descripción de texturas de suelo a la sensación del tacto.....	41
Tabla 5-2:	ANOVA para el DCA.....	42
Tabla 1-3:	ANOVA del contenido de materia orgánica en los suelos no intervenidos.....	53
Tabla 2-3:	ANOVA del contenido de materia orgánica en los suelos intervenidos	53
Tabla 3-3:	Prueba analítica de Tukey del contenido de materia orgánica de suelos	54
Tabla 4-3:	ANOVA del contenido de materia orgánica en los suelos con los factores	60
Tabla 5-3:	Primer mejor ANOVA del contenido de materia orgánica en los suelos	60
Tabla 6-3:	Segundo mejor ANOVA del contenido de materia orgánica en los suelos	61
Tabla 7-3:	Tercer mejor ANOVA del contenido de materia orgánica en los suelos.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Código Munsell: Matiz, brillo y croma.....	23
Figura 1-2:	Mapa de ubicación de la parroquia Cajabamba y Columbe.....	32
Figura 2-2:	Mapa de ubicación de litologías en el páramo de Navag.....	35
Figura 3-2:	Método de muestreo de suelos por conglomerados.....	36
Figura 4-2:	Método de muestreo de suelo por parcelas	36
Figura 1-3:	Mapa de ubicación de puntos de muestreo en el páramo de Navag.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1-3:	Resultados del análisis de densidad aparente según la intervención	45
Gráfica 2-3:	Resultados del análisis de humedad en cada litología según la intervención... ..	47
Gráfica 3-3:	Resultados del análisis de pH en cada litología según la intervención.....	48
Gráfica 4-3:	Resultados del análisis de conductividad según la intervención.	49
Gráfica 5-3:	Resultados del análisis de color de las litologías	50
Gráfica 6-3:	Resultados del análisis de textura en las litologías.....	51
Gráfica 7-3:	Resultados del análisis de materia orgánica de la litología Tc	54
Gráfica 8-3:	Resultados del análisis de materia orgánica de la litología T1-3.....	55
Gráfica 9-3:	Resultados del análisis de materia orgánica de la litología KPCY	55
Gráfica 10-3:	Resultados del análisis de materia orgánica de la litología Qc.....	56
Gráfica 11-3:	Resultados del análisis de materia orgánica de la litología Pls.....	57
Gráfica 12-3:	Resultados del análisis de materia orgánica y la profundidad.	60
Gráfica 13-3:	Resultados del análisis de materia orgánica y el piso altitudinal.....	61
Gráfica 14-3:	Resultados del análisis de materia orgánica e intervención.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** AVAL DE LA INVESTIGACIÓN.
- ANEXO B.** PERMISO EMITIDO POR EL MAE.
- ANEXO C.** ANÁLISIS DE PLAGIO.
- ANEXO D.** EVIDENCIA FOTOGRÁFICA.

RESUMEN

En el presente estudio, se determinó la influencia de la intervención en el contenido de materia orgánica (MO) en los suelos de la zona del páramo de Navag – Chimborazo. Se identificaron 24 puntos de estudio, mediante muestreo por conglomerados, distribuidos en cinco diferentes litologías: terrazas - ceniza (Tc), terrazas 1-3 (T1-3), lutita (KPYC), tobas (Qc) y tobas - andesita (Pls); obteniendo 144 muestras de suelo. En el laboratorio se realizaron análisis físico-químicos y contenido de MO por el método de ignición. Los parámetros que influyen significativamente en el contenido de MO son: altitud, intervención, pH y profundidad; la altitud es directamente proporcional a la MO, mientras que la profundidad y el pH son inversamente proporcionales al contenido de MO. Los suelos no intervenidos tienen un rango de pH de 4-6, y un porcentaje de MO de aproximadamente 5.5% (105.66 ton/ Ha de C); el pH de los suelos intervenidos es 6 y poseen cerca de 15% de MO (219.26 ton/ Ha de C); la conductividad eléctrica de los suelos se encuentra en el rango de 0 – 2 dS/m (no salinos). Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existen diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre suelos de páramo intervenidos y no intervenidos. Se recomienda socializar con las comunidades inmersas en la zona de estudio para crear conciencia sobre el cuidado de los ecosistemas de páramo.

Palabras clave: <CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES> <BIOTECNOLOGIA>
<INGENIERIA AMBIENTAL> <SUELOS DE PÁRAMO NO INTERVENIDOS> <SUELOS DE PÁRAMO INTERVENIDOS> <MATERIA ORGÁNICA>

REVISADO

06 FEB 2020

Ing. Jhonatan Parroto Uquillas, M.
ANALISTA DE BIBLIOTECA



SUMMARY

In the current study, the influence of the intervention on the content of organic matter (OM) in the soils of the Navag - Chimborazo moorland area was determined. Twenty-four study points were identified, by cluster sampling, distributed in five different lithologies: terraces (ash) (Te), terraces 1-3 (Tl-3), shale (KPYC), tuffs (Qc), and tuffs - andesite (Pls); obtaining 144 soil samples. In the laboratory, physical-chemical analyzes and OM content were carried out by the ignition method. The parameters that significantly influence the content of OM are altitude, intervention, pH, and depth; the altitude is directly proportional to the OM, while the depth and pH are inversely proportional to the OM content. The non-intervened soils have a pH range of 4-6, and a percentage of OM of approximately 5.5% (105.66 ton / Ha of C); the pH of the intervened soils is six, and they have about 15% of OM (219.26 ton / Ha of C). The electrical conductivity of soils is in the range of 0-2 dS/m (not saline). Therefore, the null hypothesis is rejected, and it is concluded that there are significant differences in the organic matter content between intervened and non-intervened moorland soils. It is recommended to socialize with immerse communities in the study area to raise awareness about the care of the moorland ecosystems.

Keywords: <EXACT AND NATURAL SCIENCES> <BIOTECHNOLOGY>
<ENVIRONMENTAL ENGINEERING> <LAND FLOORS NOT INTERVENED> <LAND FLOORS INTERVENED> <ORGANIC MATTER>



INTRODUCCIÓN

El páramo es un ecosistema poco conocido y de vital importancia ya que está íntimamente relacionado con los servicios ecosistémicos de captación de agua y sumidero de carbono, generalmente estos suelos presenta una combinación de ceniza volcánica y materia orgánica (MO) que pueden llegar a variar según la altitud; cuanto mayor es la altitud, los suelos llegan a ser rocosos y poseen bajo contenido de MO por ende baja retención de agua (Llambí et al., 2012, p. 8) pero la acumulación de MO en los suelos de páramo se debe al lento proceso de descomposición del material vegetal, por las bajas temperaturas (Suárez & Medina, 2001, p. 158).

El páramo es frágil, y desafortunadamente, vulnerable frente a aquellas prácticas que provocan cambios en la biodiversidad provocando alteraciones en las coberturas nativas de páramo y usos del suelo; las prácticas como la agricultura, reforestación y ganadería, que además realizan la quema de paja para rebrotar paja tierna y así alimentar el ganado han sido los principales motivos de intervención en los páramos de la provincia de Chimborazo (Hofstede, et al, 2003, p. 102).

Cuando la vegetación es quemada y el suelo pisoteado por el ganado, se modifica la composición y estructura florística (Hofstede, 1995, p. 112; Suárez & Medina, 2001, p. 159) por ende los suelos pierden sus características físicas nativas (Poulenard et al., 2001, p. 186). Además, el carbono que se encuentra almacenado en los suelos de páramo se descubre y se libera a la atmósfera en forma de CO₂, que es un precursor del calentamiento global.

Según Hofstede, et al (2003, p. 102) el ecosistema de páramo en el año 2003 cubría un poco más de 1.2 millones de hectáreas, es decir el 5% del territorio ecuatoriano; mientras que Salazar (2017, p. 5) establece que para el año 2015 se tenía una superficie de 454347 Ha de páramo en el territorio ecuatoriano, el mismo que para el 2017 disminuyó a 332418 Ha de páramos teniendo una diferencia de 121929 Ha, lo que significa que el páramo cubre el 2.69 % del territorio nacional.

Específicamente en el año 2003 la provincia de Chimborazo poseía 652706 Ha de páramo en su área provincial (Hofstede, et al, p. 102) y para el año 2011 tiene un total de 246.801 Ha de extensión en paramos (Beltrán, 2011, p. 15). Así se evidencia la disminución de la extensión de los páramos debido a los cambios de uso de suelo de cobertura vegetal nativa de herbazal de páramo a otros usos de suelo como ganadería, agricultura y berbecho ;específicamente en la provincia de Chimborazo el avance de la intervención de los páramos desencadena una serie de impactos ambientales que deterioran el suelo, debido a los altos niveles de erosión y reducción de la capacidad productiva de los suelos.

JUSTIFICACIÓN

En el cantón Colta el ecosistema de páramo resulta de gran importancia por los servicios ambientales que brinda como la regulación hídrica y el almacenamiento de carbono atmosférico que ayuda a controlar el calentamiento global (GADM Colta, 2018, p. 94); además el páramo es hogar de una gran diversidad de plantas y animales lo que proporciona a este ecosistema de una importancia ecológica relevante (Ayala, 2014, p. 46).

Debido a la pérdida de prácticas culturales ancestrales amigables con el ambiente, falta de una política adecuada de ordenamiento y distribución de la tierra, entre otras, se evidencia un inadecuado uso del páramo predominando actividades de agricultura y pastoreo intensivos, quemadas, entre otros (GADM Colta, 2018, p. 94). Aunque no se ha cuantificado el efecto diferenciado de diversas actividades antrópicas, se conoce que un páramo sin disturbios tiene mayor capacidad de almacenar agua que uno que ha sido pastoreado o quemado (GADM Colta, 2018, p. 95). Actualmente el cantón Colta, ocupa 83.382,19 ha de superficie intervenida

Por lo expuesto anteriormente se identificó la necesidad de determinar la materia orgánica de los suelos intervenidos y no intervenidos del páramo del Navag como una base sólida de orientación a mantener el desarrollo sostenible en la subcuenca del río Chambo para preservar un equilibrio de producción, conservación de los bienes y servicios que es capaz de producir este territorio, ya que por su posición geográfica contiene áreas donde se ubican importantes usuarios del recurso suelo como son los agricultores de las parroquias Cajabamba y Columbe, del cantón Colta, provincia de Chimborazo.

El páramo de Navag se encuentra influenciado con actividades antrópicas como el paso de la Vía Panamericana Sur lo cual modifica la materia orgánica contenida en los suelos de este páramo, además se encuentra actividades agrícolas, forestales y ganaderas desde las zonas cercanas a la carretera hasta el límite inferior del páramo lo que ha motivado paulatinamente un avance significativo de la frontera agrícola y consecuentemente la pérdida de la cobertura vegetal originaria dividiendo el suelo de paramo de Navag en intervenido y no intervenido.

Actualmente los estudios que relacionen el contenido de materia orgánica en suelos de páramo intervenidos y no intervenidos están en discusión, sin evidencia o muestran poca o nada información de esta relación. La línea de investigación a la que se rige el presente estudio según lo establece la Facultad de Ciencias es la Gestión de Ambiente y Territorio, la misma que se desarrolló con el Grupo de Investigación para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC-CEAA

ESPOCH) dentro del programa “Soil Organic Carbon Evaluation and Sequestration in Ecuadorian Paramo Ecosystems”, el cual brindó el apoyo y asesoría técnica y logística, de su equipo multidisciplinario.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar la influencia de la intervención en los suelos del páramo de Navag-Chimborazo en el contenido de materia orgánica.

Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades físicas-químicas de los suelos intervenidos y no intervenidos del páramo de Navag.
- Cuantificar el contenido de materia orgánica en muestras de suelos de páramo de Navag no intervenidos.
- Determinar el contenido de materia orgánica en muestras de suelos de páramo de Navag intervenidos.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Hipótesis Nula:

No existe diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre los suelos de páramo intervenido y no intervenido.

Hipótesis de Trabajo:

Existe diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre los suelos de páramo intervenido y no intervenido.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Los andosoles son suelos propios del páramo (Alvarado & Forsythe, 2005, p. 87), entre las propiedades físico químicas de estos suelos destaca la densidad aparente promedio de 0.95 g/cm^3 , mientras que Llambí, et al. (2012, p. 146) menciona que suelos de páramo son de baja densidad considerando que los rangos típicos oscilan entre los $0.4 - 0.8 \text{ g/cm}^3$, por otra parte el pH de los suelos de páramo varía de ácido a ligeramente ácido debido a que contiene una marcada concentración de cationes básicos y minerales volcánicos (Poulenard et al., 2001, p. 192).

Debido a las bajas temperaturas características de los andes andinos la acción descomponedora de los organismos saprofitos es más lenta haciendo que se acumulen grandes cantidades de materia orgánica (Llambí et al., 2012, p. 24), conforme disminuye la materia orgánica, se incrementa la densidad aparente (Leyva, et al, 2018, p. 40) la misma que indica el nivel compactación del suelo, que infiere en la dificultad del desarrollo radicular de la cobertura vegetal (Cuya, 2018, p. 2).

Basado en lo que afirma Nerhot, et al (2018, p. 3791) que a medida como aumenta la profundidad disminuye en el contenido de materia orgánica por la disposición en los primeros 15 cm del suelo por la mayor acción de bacterias y hongos descomponedores de materia orgánica, haciendo que se concentre en los primeros centímetros del suelo, además la materia orgánica actúa como elemento cromógeno produciendo oscurecimiento en el horizonte donde se encuentre (Porta, et al, 2013, p. 151)

Nerhot, et al (2018, p. 3791) afirma que a medida como aumenta la profundidad disminuye en el contenido de materia orgánica por la disminución de la actividad microbiana, mientras Mogollón (2015, p. 6) establece que el pH tiene una relación inversamente proporcional con la altitud y Echeverría, et al, (2017, p. 32-36) el contenido de materia orgánica es directamente proporcional a la altitud. Rodríguez, (2015, p. 45) menciona que si el valor de la conductividad es inferior a 2 dS/m no es necesario determinar el contenido de los diferentes cationes y aniones, porque infiere que estos suelos tiene presencia de buena vegetación.

Navarro García & Navarro Blaya, (2014, p. 51) establece que el suelo virgen tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica y mayor tamaño de los poros, si el uso de la tierra tiene un buen manejo favorecerá al proceso de infiltración, en caso contrario, cuando la tierra este sometida a un uso intensivo por animales o sujeto al paso constante de vehículos, la superficie se compacta y se vuelve impermeable.

Benavides, et al, (2015, p. 28) afirma que los suelos de páramo tienden a disminuir su contenido de materia orgánica según el grado de erosión y laboreo, al realizar estas actividades se compacta el suelo y disminuye la actividad microbiana reduciendo la descomposición de la materia orgánica vegetal que se encuentra en la superficie. Leyva, et al (2018, p. 40) menciona que en suelos cultivados hasta los 30 cm de profundidad la densidad aparente varió desde 1.06 a 1.46 g/cm³.

Zuñiga, et al. (2013, p. 7), al realizar un estudio de cuantificación de carbono orgánico del suelo de ecosistemas de alta montaña con intervención y sin intervención de Colombia, confirma que la intervención en los ecosistemas de alta montaña disminuye el contenido de materia orgánica y degrada la estructura presente en el suelo, además que los cambios que sufre el uso del suelo para realizar agricultura disminuye su cobertura y existe el peligro de que gran parte del carbono se descomponga y escape a la atmosfera.

El estudio realizado por Villarroel, et al., (2017, p. 46) afirma que mientras mayor sea la presencia de materia orgánica en los suelos mayor será la presencia de carbono orgánico total; basándose en los análisis realizados donde obtuvo que la relación entre carbono orgánico y materia orgánica para la parcela medianamente conservada es 0.99 relación fuerte positiva mientras que para la parcela intervenida es de 0.84, además se demostró que la conservación de la cobertura vegetal nativa ayuda a mantener las características del suelo alto-andino favoreciendo al almacenamiento de agua y fijación de carbono.

1.2. Bases teóricas

1.2.1 Páramo

Los páramos presentan altos niveles de diversidad y endemismo de especies y son importantes los servicios ecosistémicos como la regulación hidrológica y almacenamiento de carbono (Benítez et al., 2019, p. 28), se caracteriza por poseer pajonales, humedales, rosetales, arbustales y pequeños bosquetes y por su clima frío y húmedo además es muy frágil a los cambios en el uso de su tierra (Mena & Hofstede, 2006, p. 92).

1.2.2 Suelo

Es uno de los principales componentes del planeta, que consiste en capas compuestas de materia orgánica, minerales, agua y aire; depende de la combinación de la flora, fauna y material parental del que proviene para inferir en las propiedades químicas, biológicas y físicas que posee. (Vargas, 2009, p. 9)

1.2.3 Suelos de Páramo.

Los suelos de páramo se caracterizan por regular y almacenar el agua proveniente de las precipitaciones y del descongelamiento de la nieve que pueden encontrarse en los nevados; gracias a la flora nativa y a lenta descomposición de materia orgánica que se acumula en una capa gruesa y otorga colores negros al suelo, además el suelo es retenido por la red de raíces de la cubierta vegetal propio de los páramos que en conjunto se mantienen en buen estado. (Mena, et al, 2000, p. 12)

1.2.4 Cambios de Uso de Suelo

Los estudios de cambio del uso de suelo, valoran la velocidad en la que la zona en estudio se deforesta, establecen la extensión geográfica y deduce las causas sociales, económicas y/o físicas que provocan los cambios. (Bocco, et al, 2001, p. 19-22)

Algunos autores mencionan que existe pérdida de bosques debido al aumento de la actividad agrícola en zonas que anteriormente no fueron agrícolas, la tala de árboles y la expansión de la actividad ganadera. (Ruiz & Herrera, 2011, p. 117-119)

1.2.5 Almacenamiento de Materia Orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo (MOS) se acumula en la parte superior del suelo específicamente en el horizonte A (Gallardo, 2016, p. 54), donde se agrupa todos los constituyentes orgánicos del suelo; donde la mayoría de funciones de los suelos están condicionadas por el tipo y cantidad de MOS que contenga, ayuda a la estructuración del suelo, movimiento del agua y densidad aparente, además que la fracción coloidal de la MOS se comporta como anfótero y permite el almacenamiento de nutrientes para las plantas, así como el amortiguamiento de los cambios de pH en el suelo, cabe destacar que la MOS es una de las fuentes de energía metabólica para la fauna del suelo y los microorganismos (Porta, et al, 2008, p. 179).

1.2.6 Degradación del páramo

La importancia del páramo es incalculable por los servicios ecosistémicos que presta pero aunque sean ecosistemas frágiles el ser humano ha interferido en este ecosistema para incrementar laboreo, cultivos y agricultura, Poulenard et al., (2001, p. 186) indica que el principal factor de la degradación del páramo es la degradación antrópica, cabe destacar que la agricultura destruye significativamente la biodiversidad y por ende tiende a disminuir drásticamente el contenido de materia orgánica, que se convierte en uno de los indicadores de la calidad del suelo (Gallardo, 2016, p. 55).

1.2.7 Análisis Físico Químico de Suelos

1.2.7.1 Análisis de Color

El color se debe a elementos cromógenos que contiene cada horizonte de un suelo, además refleja la composición, así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción del suelo; la matriz del suelo de cada horizonte se debe registrar en condiciones de humedad (o en ambas condiciones, seco y húmedo cuando fuera posible) usando las notaciones para matiz, valor y croma como se da en la Carta o en Tabla de Colores de Suelo Munsell (Vargas, 2009, p. 34)

El color se codifica utilizando tres parámetros básicos:

— Matiz: Expresa la longitud de onda dominante en la radiación reflejada. Se designa por medio de una o dos letras mayúsculas: R (rojo), YR (amarillo-rojizo), Y (amarillo), GY (amarillo verdoso), G (verde), BG (verde azulado), B (azul), PB (azul púrpura), P (púrpura). Los matices más comunes en los suelos van del R (rojo) al amarillo (Y). (Porta, et al, 2008, p.131)

— Brillo (albedo) (Intervalo de 1 a 8). Corresponde a la ordenada en una página de las Tablas. Expresa la proporción de radiación reflejada respecto a la radiación incidente. Es función del contenido de humedad, por lo que al describir un color deberá indicarse si se hace en una muestra seca o bien tras añadirle agua. Un valor 0 corresponde al color negro y el 10 al blanco. (Porta, et al, 2008, p. 132)

— Croma (1 a 8): Corresponde a la abscisa. Expresa la pureza relativa del color y corresponde a la intensidad del color espectral dominante o saturación cromática. A mayor pureza mayor cromas. (Porta, et al, 2008, p. 132)

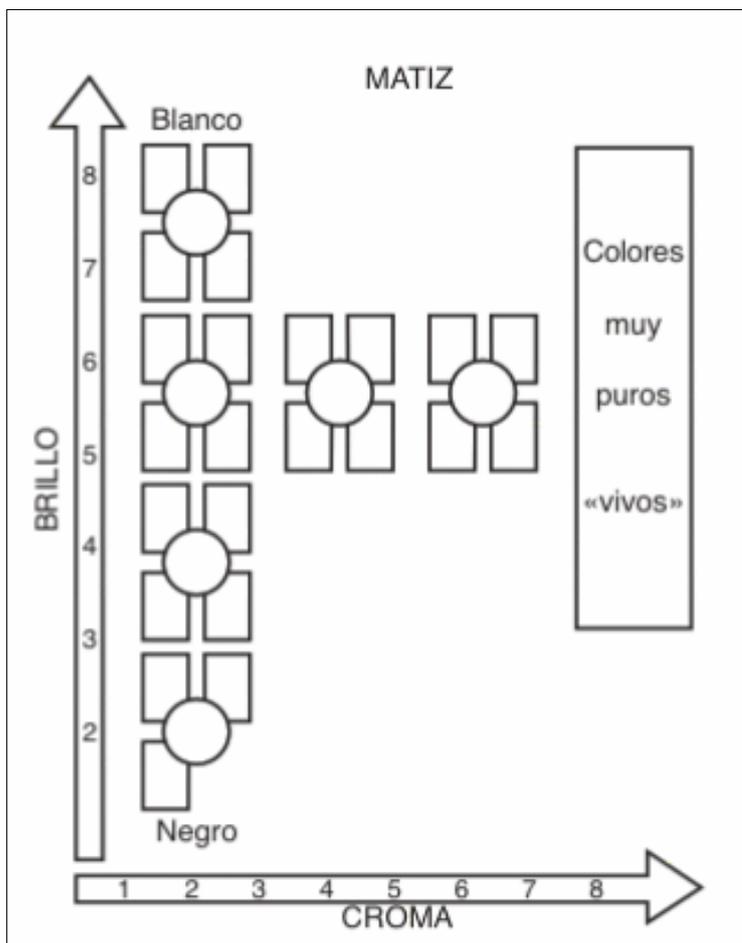


Figura 1-1. Código Munsell: Matiz, brillo y cromas

Fuente: (Porta, et al, 2008, p. 132)

1.2.7.2 Análisis de Textura.

La textura es el porcentaje de arena, arcilla y limo que contiene el suelo (Vargas, 2009, p. 45); se relaciona con propiedades importantes como: aireación, drenaje, retención de humedad, fertilidad,

susceptibilidad a la erosión, permeabilidad, plasticidad, facilidad de laboreo (Porta, et al, 2008, p. 124; Llambí et al., 2012, p. 192).

La estimación de las clases texturales en campo se puede realizar por pruebas simples y sintiendo los constituyentes del suelo, para lo cual la muestra debe estar en un estado húmedo a débilmente mojado, previamente se debe remover las gravas u otros constituyentes >2mm. Los constituyentes tienen la siguiente sensación:

-Arcilla: se adhiere a los dedos es cohesivo, es moldeable, tiene una alta plasticidad y tiene una superficie brillante luego de apretar entre los dedos.

-Limo: se adhiere a los dedos, no es pegajoso, es débilmente moldeable, tiene una superficie áspera y rasposa luego de apretarlo entre los dedos y una sensación harinosa.

-Arena: no se puede moldear, no se adhiere a los dedos y se siente muy granuloso (Vargas, 2009, p. 26)

Tabla 1-1: Clasificación de los suelos

GRANULOMETRÍA	FRACCIONES	
Denominación	Denominación	Diámetros (m)
Departamento Agricultura EE. UU (USDA)	Arena muy gruesa	2000> >1000
	Arena gruesa	1000> >500
	Arena media	500> >250
	Arena fina	250> >100
	Arena muy fina	100> >50
	Limo	50> >2
	Arcilla	2>
Sistema Internacional	Arena gruesa	2000> >200
	Arena fina	200> >20
	Limo	20> >2
	Arcilla	2>
Sistema Europeo	Arena gruesa	2000> >600
	Arena media	600> >200
	Arena fina	200> >60
	Limo grueso	60> >20
	Limo medio	20> >6
	Limo fino	6> >2
	Arcilla gruesa	2> >0.6
	Arcilla media	0.6> >0.2
	Arcilla fina	0.2>

Fuente: (Navarro Blaya & Navarro García, 2013, p. 24)

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Las múltiples combinaciones de porcentajes de arena, limo y arcilla que pueden darse se han agrupado en unas pocas clases texturales, 12 según los criterios USDA (Porta, et al, 2008, p. 124)

Tabla 2-1: Clasificación de texturas

Clase Textural	Rango (%) en el contenido		
	Arena	Limo	Arcilla
Arenosa	100 – 85	15 – 0	10 – 0
Arenosa franca	90 – 70	30 – 0	15 – 0
Franco arenosa	85 – 43	50 – 0	20 – 0
Franca	52 – 23	50 – 32	27 – 7
Franco limosa	50 – 0	87 – 50	27 – 0
Limosa	20 – 0	100 – 80	12 – 0
Franco arcillo arenosa	80 – 45	28 – 0	35 – 20
Franco arcillosa	45 – 20	53 – 15	40 – 27
Franco arcillo limosa	20 – 0	73 – 40	40 – 27
Arcillo arenosa	67 – 45	20 – 0	55 – 35
Arcillo limosa	20 – 0	60 – 40	60 – 40
Arcillosa	45 – 0	40 – 0	100 – 40

Fuente: (Vargas, 2009, p. 27)

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

1.2.7.3 Conductividad Eléctrica

La determinación de la conductividad eléctrica se utiliza normalmente para indicar la concentración total de sales solubles; que determinan la presencia de una serie de combinación de cationes (Ca, Mg, Na, K) y de aniones (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, etc.), su determinación permite caracterizar los suelos en función a su salinidad (Porta, et al, 2008, p. 242).

Tabla 3-1: Calificación de los suelos según su conductividad eléctrica

Categorías	CE promedio (dS/m)	Características
No salino	<2	Ningún cultivo es afectado
Ligeramente salino	2-4	Afectado los cultivos sensibles
Salino	4-8	Afectados muchos cultivos
Fuertemente salino	8-16	Posibles sólo cultivos tolerantes
Extremadamente salino	>16	Muy pocos cultivos son posibles

Fuente: (Porta, et al, 2013, p. 245)

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

1.2.7.4 pH

El grado de acidez o basicidad de los suelos expresa la actividad de los iones hidrogeno en la solución del suelo (Vargas, 2009, p. 42). El pH del suelo por sí mismo no ejerce influencia directa sobre las plantas, su principal influencia es biológica al afectar a los microorganismos del suelo, químicamente su influencia determina la disponibilidad o fijación de algunos nutrientes del suelo necesario para las plantas (Porta, et al, 2013, p. 306).

Tabla 4-1: Evaluación de los suelos de acuerdo a su pH

Evaluación	pH
Extremadamente ácido	<4,5
Muy fuertemente ácido	4,5 – 5,0
Fuertemente ácido	5,1 – 5,5
Medianamente ácido	5,6 – 6,0
Ligeramente ácido	6,1 – 6,5
Neutro	6,6 -7,3
Medianamente básico	7,4 – 7,8
Básico	7,9 – 8,4
Ligeramente alcalino	8,5 – 9,0
Alcalino	9,1 – 10,0
Fuertemente alcalino	>10,0

Fuente: (Porta, et al, 2013, p. 307)

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

1.2.7.5 Densidad Aparente

La densidad aparente del suelo se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco (105°C), el cual incluye tanto sólidos como los poros reflejando la porosidad total del suelo (Vargas, 2009, p. 51). La calidad del suelo se puede determinar con la densidad aparente, los valores bajos indican una condición porosa del suelo beneficiosa para los cultivos; mientras que los valores altos indican un ambiente pobre para el crecimiento radicular, produce aireación reducida e impermeabilidad (Rojas & Peña, 2012, p. 1; Vargas, 2009, p. 52)

1.2.7.6 Materia Orgánica.

La materia orgánica del suelo está compuesta por la fracción del suelo sumamente descompuesta, oscura y de naturaleza coloidal conocida como humus y también por las raíces y la parte área de las plantas que se consideran como restos no humificados; el contenido de materia orgánica total

del suelo representa alrededor del 3-5% en peso, dentro de este porcentaje, el 85-90% está representado por el humus y una pequeña parte por los restos no humificados, por tanto en la práctica no es necesario diferenciar el humus de la materia orgánica. (Navarro Blaya & Navarro García, 2013, p. 111)

La materia orgánica modifica las características del suelo por ejemplo disminuye la erosión, incrementa la aireación por ende la capacidad de almacenamiento de agua e incrementa la capacidad de intercambio catiónico (Fernandez & Leiva, 2003, p. 47).

Ciertos usos del suelo pueden disminuir de forma drástica el contenido de materia orgánica del suelo. Las causas principales que desencadenan este proceso son: la agricultura intensiva y la quema de los residuos de las cosechas in situ (Gallardo, 2016, p. 56).

1.2.7.7 Determinación de Materia Orgánica por Calcinación

Se obtiene por la calcinación a elevadas temperaturas de todos los compuestos orgánicos del suelo, para posteriormente y por diferencia de peso calcular los contenidos perdidos de compuestos orgánicos (Moreno & Ibañez, 2017)

1.3. Bases conceptuales

1.3.1 Suelos de Páramo.

Los suelos de páramo son los mayores sumideros de carbono del planeta, que se somete a altas humedades y climas fríos, que influye a que la descomposición de materia orgánica sea lenta, por lo que se acumula una capa gruesa de suelo orgánico.

1.3.2 Suelos de páramo no intervenidos

Los suelos de páramo no intervenidos son los que se encuentran en las zonas identificadas como páramo, posee flora y fauna nativa característica del mismo que se mantiene inalterada, por lo que no ha sido intervenido por el ser humano.

1.3.3 Suelos de páramo intervenidos

Los suelos de páramo intervenidos son aquellos que se han visto afectados por la acción humana que han afectado a los ecosistemas nativos donde el pajonal ha desaparecido, alterando las características naturales del suelo.

1.3.4 Materia orgánica.

Material vegetal o animal que con la ayuda de organismos saprofitos se descompone totalmente y aporta con nutrientes importantes al suelo

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de Investigación

Por el método de investigación cuantitativa, según el objetivo aplicada, según el nivel de profundización en el objeto de estudio correlacional, según la manipulación de variables cuasi experimental, según el tipo de inferencia inductiva, según el periodo temporal transversal. (Hernández Sampieri et al. 2014; Patten and Newhart 2018)

2.2. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es cuasi experimental.

2.3. Identificación de variables

2.3.1 Variable Dependiente:

Materia Orgánica.

2.3.2 Variable Independiente:

Intervención del suelo.

2.4. Matriz de consistencia

Tabla 1-2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>El páramo de Navag se encuentra influenciado con actividades antrópicas como el paso de la Vía Panamericana Sur y el avance de la frontera agrícola lo cual modifica la materia orgánica contenida en los suelos de este paramo. Los asentamientos de zonas agrícolas, forestales y ganaderas se expanden desde las zonas bajas hacia las zonas altas según la accesibilidad y el tipo de suelo que se adapte para las actividades ya sean agrícolas, forestales y ganadería.</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar la influencia del carbono orgánico según la intervención en el suelo del páramo de Navag</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL:</p> <p>No existe diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre los suelos de páramo intervenido y no intervenido.</p>	<p>VARIABLE</p> <p>INDEPENDIENTE:</p> <p>Intervención de suelos.</p> <p>INDICADORES:</p> <p>% Suelos Intervenidos y % Suelos no Intervenidos.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>La concentración de materia orgánica en los suelos de páramo intervenido se deteriora según las actividades agrícolas, forestales y ganaderas en las zonas cercanas a la carretera lo que ha motivado paulatinamente un avance significativo de la frontera agrícola y consecuentemente la pérdida de la cobertura vegetal originaria.</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>Analizar las propiedades físicas de los suelos de paramo de Navag intervenido y no intervenido.</p> <p>Cuantificar el contenido de carbono orgánico en muestras de suelos de paramo de Navag no intervenidos</p> <p>Determinar el contenido de carbono orgánico en muestras de suelos de paramo de Navag intervenidos.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>Existe diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre los suelos de páramo intervenido y no intervenido.</p>	<p>VARIABLE</p> <p>DEPENDIENTE</p> <p>Materia Orgánica</p> <p>INDICADORES:</p> <p>pH, conductividad, color, textura, densidad aparente, humedad y contenido de materia orgánica</p>

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

2.5. Operacionalización de las variables

Tabla 2-2: Operacionalización de las variables

VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	INSTRUMENTO
VARIABLE INDEPENDIENTE: Intervención del suelo.	Suelo intervenido es aquel en el que se desarrollan actividades fuera de su estado natural. Suelo no intervenido es aquel en que se conserva en su estado natural.	Número de litologías	Arc Map
VARIABLE DEPENDIENTE: Materia Orgánica	La materia orgánica del suelo (MOS) se acumula en la parte superior del suelo específicamente en el horizonte A (Gallardo, 2016, p. 54) que a su vez es el producto de la descomposición del material vegetal y animal que se deposita en la parte superior de suelo y que lo realizan los organismos saprofitos	pH, conductividad, color, textura, densidad aparente, humedad y contenido de materia orgánica	pHmetro Conductímetro Balanza Estufa Mufla

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

2.6. Localización del Estudio

La zona de estudio se encuentra considerado el páramo de Navag, además se consideró los territorios de las parroquias de Cajabamba y Columbe que pertenecen a la Subcuenca del Río Chambo que se desarrolla dentro del proyecto “Soil Organic Carbon Evaluation and Sequestration in Ecuadorian Paramo Ecosystems”; que se encuentran en la región interandina a una altura media de 3212 msnm y 3110 msnm respectivamente, encontrándose al sur occidente de la Ciudad de Riobamba a 38 Km, en la Vía Riobamba – Cuenca (GADPR Columbe, 2015) . El área de estudio abarca una superficie de 41547.702 ha.

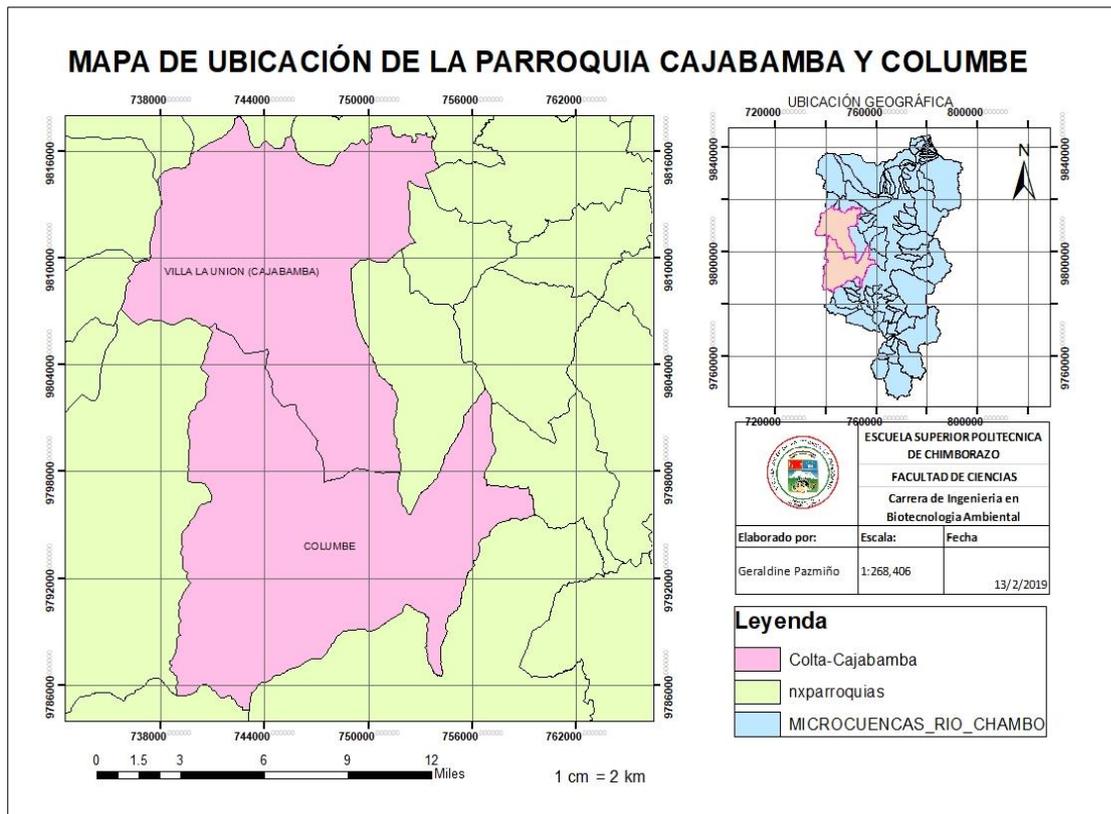


Figura 1-2. Mapa de ubicación de la parroquia Cajabamba y Columbe

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Precipitación

La precipitación media anual de la zona de estudio es de 687, 35 mm (GADM Colta, 2018, p. 64).

Temperatura media

La temperatura del aire es importante debido a las variaciones que experimentan en el crecimiento, desarrollo y productividad de los cultivos agrícolas; la zona de estudio presenta una media de 13.5° C (GADM Colta, 2018, p. 66).

Geología:

La zona de estudio está ubicada en la Sierra centro, formando parte de la Cordillera Occidental la misma que consiste de bloques oceánicos alóctonos que se acrecieron contra el margen de la Placa Sud Americana durante el Cretácico Tardío – Eoceno” (Hughes & Pilatasig, 2002; Jaillard, 2004; Spikings, 2005; Vallejo, 2006). Las Formaciones geológicas que afloran en la zona de estudio son:

Formación Yunguilla (KPCY)

Localmente se encontró lutitas, arcillolitas grises violáceas, con pátinas de óxido, moderadamente meteorizadas, silicificadas, y fracturadas con relleno de cuarzo lechoso y presencia de calcita. Las lutitas se encuentran fuertemente fracturadas y plegadas. La red de drenaje es paralela marcada por control estructural con dirección N-S, NE-SW, se encuentra representada principalmente por relieves montañosos que exhiben cimas con formas redondeadas a agudas, con taludes de pendientes moderadas a abruptas (GADM Colta, 2018, p. 23).

Volcánicos Sicalpa (Pls)

Corresponden a depósitos mayores de tobas, aglomerados y en menor cantidad lavas andesíticas. Las tobas se encuentran en gran parte del cantón, aflorando tobas cristalinas cementadas y mayormente tobas arenosas, blanquecinas, blandas sin cementación. Aglomerados con clastos subangulosos a sub-redondeados de roca volcánica, cementada, los clastos se encuentran en una relación del 50% con la matriz, del tipo limo arenosa tobácea. La roca es masiva, poco fracturada y meteorizada. Las geoformas más representativas dentro de esta formación son los relieves volcánicos colinados medios a muy altos (GADM Colta, 2018, p. 23).

Formación Cangagua (Qc)

Este material está distribuido en todo el cantón, en algunos casos intercalados con tobas en capas decimétricas a métricas. La cangagua es vesicular café oscuro, húmeda, con presencia de líticos en bajo porcentaje, lentes de lapilli y arena gruesa (GADM Colta, 2018, p. 23)

2.7. Población de estudio

Suelo intervenido y suelo no intervenido del páramo de Navag.

2.8. Tamaño de la muestra

$$n = \frac{N * p * q * Z^2}{(N - 1) * e^2 + p * q * Z^2} \quad \text{Ec. 1-2}$$
$$n = \frac{41547.702 * 0.5 * 0.95 * 1.96^2}{(41547.702 - 1) * 0.05^2 + 0.5 * 0.95 * 1.96^2}$$
$$n = 72.86$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

N= área total de la zona de muestreo (Ha)

Z= nivel de confianza

p= porcentaje de la población que tiene el atributo deseado

q= porcentaje de la población que tiene el atributo deseado =1-p)

e= error de estimación máximo aceptado. (Aguilar-Barojas, 2005)

2.9. Delimitación del Área de Estudio

El estudio se realizó en las parroquias Columbe y Cajabamba pertenecientes al cantón Colta sector páramo de Navag con una superficie de 41547.70 Ha. Las litologías que se muestran en la Tabla 3-2 se seleccionaron utilizando la cartografía proporcionada por el (Instituto Geográfico Militar, 2016) y la cobertura vegetal para ecosistema del Ecuador continental (MAE, 2012) y así conocer con exactitud el área correspondiente a las zonas intervenidas y no intervenidas.

El tamaño de muestra es: 72.86 parcelas permanentes de monitoreo; (73); considerando que cada tres parcelas conforman un conglomerado, se obtuvo el valor total de 24 conglomerados.

Dentro de cada parcela permanente de monitoreo se evaluaron 5 subparcelas, tomando de ellas una muestra compuesta a dos profundidades (0-30 y 30-60) cm (Echeverría, Mur y Lindao, 2017, p. 32-36); con un total de 144 muestras considerando la intervención en el ecosistema herbazal de páramo.

Para la estratificación se procedió a establecer el peso de los estratos según la litología del suelo y según la intervención de los suelos en nuestra área de estudio.

Tabla 3-2: Descripción de litologías del suelo del páramo de Navag.

ID	Símbolo	Litología	Formación Geológica	Superficie (Ha)	Conglomerado	Intervención
1	Tc	terrazas: ceniza (2 fase)	cangahua	1008.24867	2	Intervenidas/ No Intervenidas
2	T1-3	terrazas (1-3)		1306.59783	2	Intervenidas/ No Intervenidas
3	KP CY	lutita, chert, conglomerado, caliza, grauvaca y conglomerado, andesita	F.yungilla	4884.03247	2	Intervenidas/ No Intervenidas

4	Qc	tobas	cangagua	9182.08829	4	Intervenidas/ No Intervenidas
5	Pls	tobas, andesitas	volcánicos sicalpa	24219.5524	14	Intervenidos/ No intervenidas

Fuente: Instituto Geográfico Militar

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

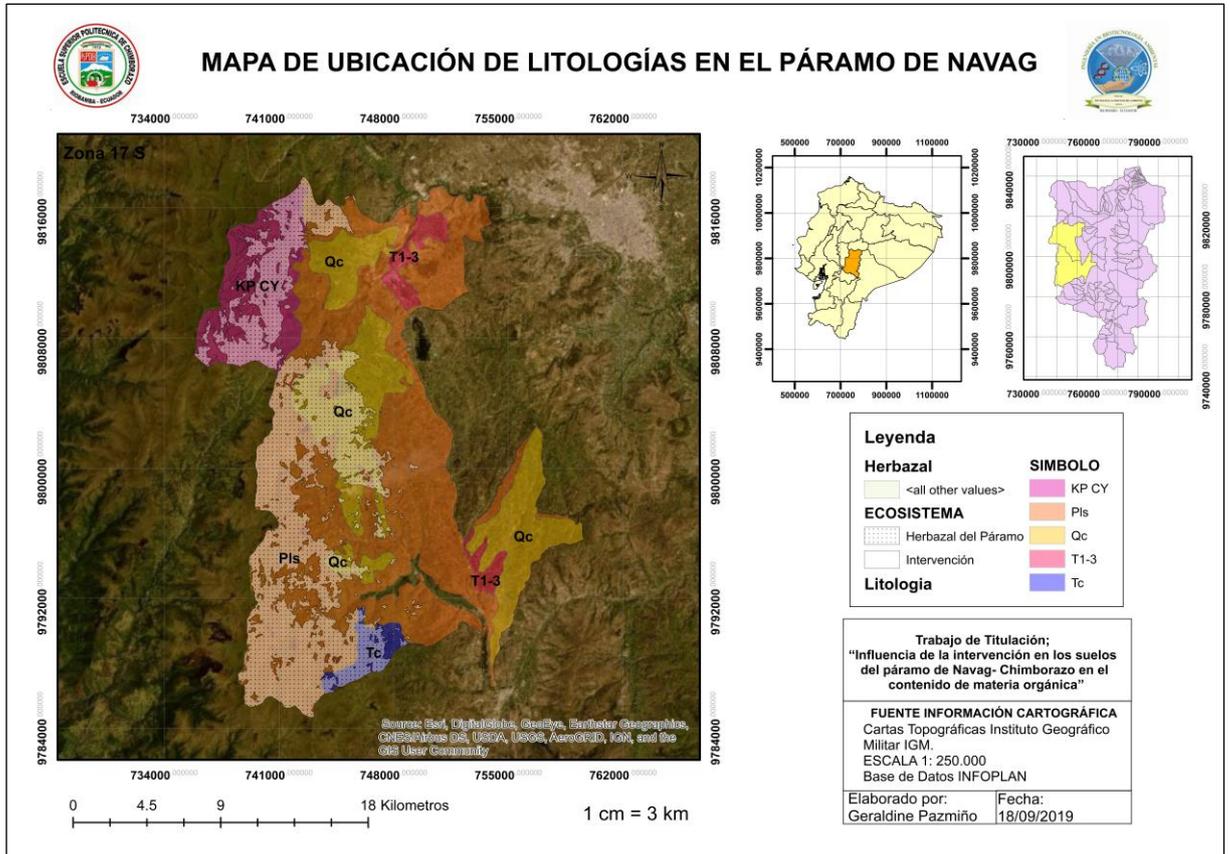


Figura 2-2. Mapa de ubicación de litologías en el páramo de Navag.

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

2.10. Método de muestreo

Se utilizó el método de muestro por conglomerados establecido por (Ministerio del Ambiente & ONU-REDD+, 2012, p. 11) donde se especifica que un conglomerado es conformado de tres parcelas en forma de L, como se muestra en la figura:

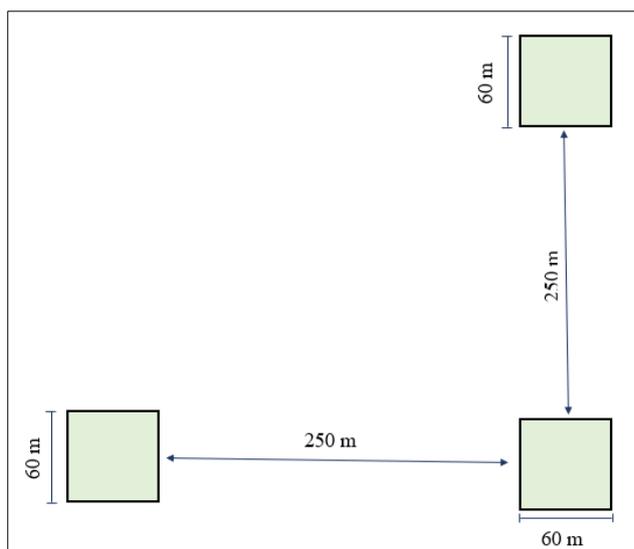


Figura 3-2. Método de muestreo de suelos por conglomerados

Realizado por: Geraldine Pazmiño

Fuente: (Ministerio del Ambiente & ONU-REDD+, 2012, p. 11)

2.10.1 Muestreo de suelo

Dentro de cada parcela de 60 x 60 m se estableció una subparcela de 20 x 20m para realizar el muestreo de suelo donde se tomaron 5 puntos en forma de x como se muestra en la figura:

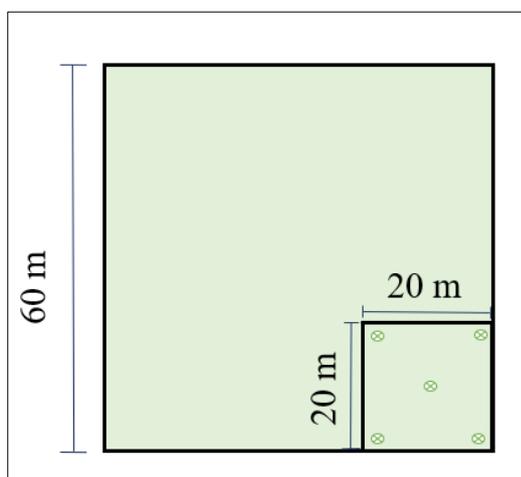


Figura 4-2. Método de muestreo de suelo por parcelas

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Fuente: (Ministerio del Ambiente & ONU-REDD+, 2012, p. 11)

Para realizar la extracción de las muestras se retira la cobertura vegetal y se limpia la superficie del suelo. El barreno se coloca de forma vertical para comenzar con el muestreo hasta llegar a las profundidades de 0 – 30 cm y 30 – 60 cm.

Posteriormente se retiró el barreno y se eliminó el excedente de los lados para evitar contaminar la muestra, mientras que lo que se encuentra dentro del barreno se ubica en una funda para homogenizar con las muestras de los cinco puntos muestreados en la parcela; posteriormente se seleccionó una muestra compuesta representativa de 1 kg por el método del cuarteo. La muestra se transfiere a una funda hermética previamente etiquetada y se traslada al laboratorio añadir

2.10.2 Muestreo de Densidad Aparente

Se realizó por el método del cilindro de volumen conocido (Gabriels & Lobo, 2016, p. 45), se procedió a realizar una calicata de 60 cm de profundidad, se introdujo un cilindro en la sección de 0-30 cm de forma manera perpendicular a la calicata, hasta que esté completamente lleno tal como se encuentra en el campo sin disturbar, las muestra se envolvió con film transparente para contener la humedad del suelo y se identifica el cilindro que se usó con la muestra; el proceso se repite en la sección de 30-60 cm.

2.11. Técnicas de recolección de datos

2.11.1 Análisis de Densidad Aparente y Porcentaje de Humedad

Se determinó la densidad aparente usando la metodología del cilindro de volumen conocido (Maurette, et al, 2012, p. 4) que consistió en colocar la muestra contenida dentro del cilindro en una canasta previamente tarada (PC), luego pesar la muestra de suelo húmedo (PH) y ponerla a secar a 105 ° C durante 24 horas, pasado este tiempo se procede a pesar nuevamente la muestra para registrar el peso seco (PS) y obtener la densidad aparente del suelo con esta ecuación:

$$DA = \frac{PS-PC}{V} \quad \text{Ec. 2-2}$$

DA=Densidad Aparente

PS=peso seco

PC=peso tarrina

V= Volumen conocido del cilindro previamente calibrado

El contenido de humedad se basa en el peso del suelo secado en estufa y se expresa en unidades de masa por unidad de volumen:

$$\%H = \frac{PH-(PS-PC)}{PH} * 100 \quad \text{Ec. 3-2}$$

Donde:

%H= Porcentaje del contenido de humedad.

PH=Peso húmedo.

PS=peso seco.

PC=peso tarrina.

2.11.2 Análisis de pH y Conductividad

En base al método del potenciómetro establecido en la norma UNE 77305 (AENOR, 1999, p. 6) se utilizó la relación 1:2 (suelo, agua). Se pesó 20 g de muestra de suelo en la balanza analítica y se añadió 45 ml de agua destilada, se agitó vigorosamente por 15 min para posteriormente dejarlo reposar durante 5 minutos e introducir el electrodo del pHmetro Accumet R Fisher Scientific, tomar nota de los datos obtenidos. Para determinar la conductividad se utilizó el método del conductímetro para lo cual las muestras estuvieron 24 h en reposo; pasado este tiempo se procedió a medir la conductividad con el electrodo del Lenway 4510 Conductivity.

2.11.3 Análisis de Color

El color de los suelos se determinó bajo el Sistema de Notación Munsell (Domínguez et al., 2012, p. 141) que se escribe en anotación taquigráfica en donde se combinan tres parámetros de color: tono, luminosidad y saturación (T L/S), para lo cual se comparó un parte de la muestra con las tablas de Munsell para identificar su colorimetría, considerando que se debe evitar la incidencia directa de los rayos solares para evitar alteración de los datos.

2.11.4 Análisis de Textura

Se utilizo la metodología de identificación de texturas por la sensación al tacto (Vargas, 2009, p. 27) para lo cual se recolectó con una muestra de suelo fresco no superior a 50 g, posteriormente se humedeció la muestra hasta obtener una consistencia de masilla para que sea trabajable, esta masilla se coloca entre le pulgar y el índice, lentamente se presionó el pulgar hacia arriba de forma de una cinta, con los resultados observados se difiere según la tabla 2-4 a que textura pertenece según la sensación al tacto.

Tabla 4-2: Descripción de texturas de suelo a la sensación el tacto.

Predominio de factores	Sensación al tacto
Arena	Áspera, granos sueltos.
Arenoso franco	Al tacto es áspero, pero con la sensación de presencia de partículas más finas.
Franco arenosa	Al principio la textura aparece suave, pero a medida que se frota, empieza a dominar una sensación arenosa.
Franco	Los terrones pueden ser firmes. Cuando se pulveriza, la sensación al tacto no es ni suave ni áspera.
Franco limoso	Los agregados son muy firmes, pero se pueden romper bajo presión moderada. Los terrones son de firmes a duros.
Franco arcilloso	Agregados muy firmes y duros, resistentes a dejarse romper con la mano. Presenta una sensación áspera al tacto.
Limos	Sedosa, agregados de consistencia dura muy resistentes a dejarse romper con la mano.
Arcilla	Adherente o plástica.

Fuente: (FAO, 2009)

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

2.11.5 Análisis de Materia Orgánica

La metodología utilizada para determinar materia orgánica del suelo es la calcinación o LOI (Aguilar, 2019, p. 18), que cuantifica directamente el contenido de materia orgánica por la diferencia de peso de una muestra de suelo al someterla a elevadas temperaturas.

Se procedió a pesar 5 g de suelo seco en crisoles previamente tarados, para ponerlos dentro de la estufa por 24 horas a 105 ° C hasta obtener peso constante; se coloca dentro del desecador para enfriar las muestras, posteriormente pesar. Se coloca dentro de la mufla las muestras a 360 ° C durante 2 horas, de igual manera las muestras se dejan enfriar en el desecador, para pesar y registrar el ultimo peso en el cuaderno de resultados.

Para obtener el porcentaje de materia orgánica se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%MO = \frac{(P3-P4)}{(P3-P1)} * 100 \quad \text{Ec. 4 -2}$$

Donde:

%MO= Porcentaje de materia orgánica

P3= Peso en estufa a una temperatura de 105°Cpor 24 horas

P4=Peso en mufla a una temperatura de 360°C por 2 horas

P1= Peso crisol

2.12. Modelo Estadístico

Para analizar el contenido de materia orgánica en los suelos intervenidos y no intervenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA), que indica si los valores medios de las litologías de estudio son significativamente diferentes; en el caso de cumplir, se realiza un análisis Tukey para determinar que litología posee diferencia verdadera (Gutiérrez & De la Vara, 2015, p. 65) el análisis de varianza en el diseño completamente al azar (DCA) es probar la hipótesis de igualdad de los tratamientos con respecto a la media de la correspondiente variable de respuesta:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

La cual se puede escribir en forma equivalente como:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = \tau$$

$$H_A: \tau_i \neq 0 \text{ para algún } i$$

Si se acepta H_0 se confirma que los efectos sobre la respuesta de los k tratamientos son estadísticamente nulos (iguales a cero), y en caso de rechazar se estaría concluyendo que al menos un efecto es diferente de cero.

Tabla 5-2: ANOVA para el DCA.

FV	SC	GL	CM	Fo	Valor- p
Tratamientos	$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$k - 1$	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{k - 1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	P (F > Fo)
Error	$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$	$N - k$	$CM_E = \frac{SC_E}{N - k}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_j} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$N - 1$			

Fuente: (Gutiérrez y De la Vara, 2015, p. 69)

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Donde:

Y_i = Suma de las observaciones del tratamiento i .

Y = Media de las observaciones del i -ésimo tratamiento

$Y_{..}$ = Suma total de las $N = n_1 + n_2 + \dots + n_k$

$Y_{..}$ = Media global o promedio de todas las observaciones

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La litología es un indicador que manifiesta el material parental de cada tipo de suelo. Cada litología contiene como mínimo dos conglomerados de muestreo para comparar entre suelos intervenidos y no intervenidos, pero en el desarrollo de los muestreos la litología T1-3 cuenta exclusivamente con áreas intervenidas, siendo esta litología la única en la que no se realiza una comparación de los resultados según la intervención, mientras que en la litología Tc encontramos intervención con pastizales de cerramiento a una altitud de 4000 msnm, siendo de gran interés para el estudio ya que la intervención había comenzado hace aproximadamente tres años y se puede evidenciar como paulatinamente se pierde las propiedades físico químicas naturales del páramo, el estudio realizado por (Hernández, 2018, p. 23) manifiesta la importancia del uso de las unidades litológicas como sistema de evaluación y monitoreo del carbono orgánico distribuido en un amplio rango espacial, considerado en un mismo tipo de estrato.



MAPA DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO EN EL PÁRAMO DE NAVAG

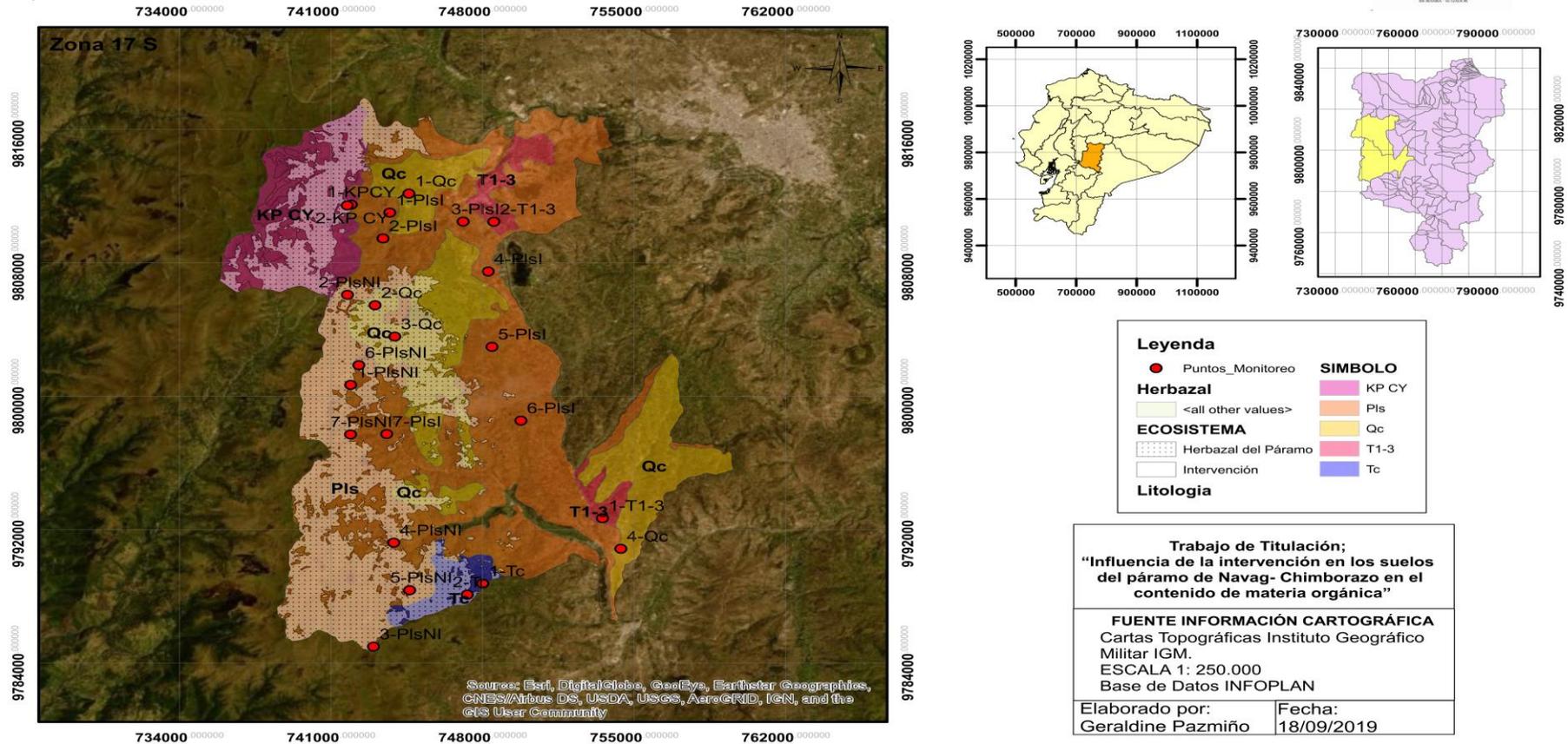


Figura 3-1. Mapa de ubicación de puntos de muestreo en el páramo de Navag.

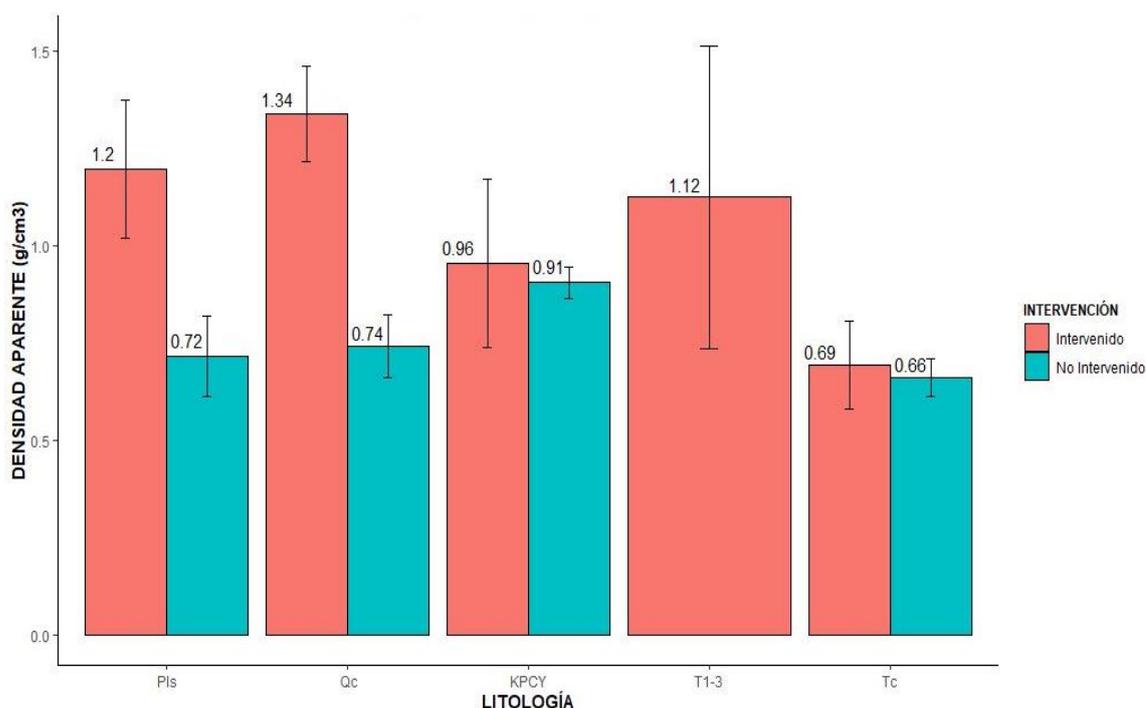
Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

3.1. Análisis de Resultados.

3.1.1 Densidad Aparente

La densidad aparente del suelo es un parámetro muy importante en la calidad de los suelos ya que describe la compactación del suelo, según la relación de sólidos y espacio poroso.

La relación de la densidad aparente (D_a) con las cinco litologías indicada en la gráfica 1-3, muestra una relación homogénea para suelos no intervenidos siendo la litología KPCY con 0.91 g/cm^3 la de mayor D_a que contrasta con lo mencionado por Alvarado & Forsythe, (2005, p. 87) que los andosoles son suelos propios del páramo tienen una densidad aparente promedio de 0.95 g/cm^3 como límite máximo; mientras que la litología Tc con 0.66 g/cm^3 presenta menor D_a ; según Llambí et al., (2012, p. 146) los suelos de páramo son de baja densidad considerando que los rangos típicos oscilan entre los $0.4 - 0.8 \text{ g/cm}^3$.



Gráfica 1-3. Resultados del análisis de densidad aparente en las litologías según la intervención.

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Mientras que la D_a media de los suelos intervenidos muestra una relación heterogénea siendo la litología Qc con 1.34 g/cm^3 la que contiene mayor D_a y la litología Tc con 0.69 g/cm^3 la que contiene menor D_a debido que este conglomerado se ubica a 4000 msnm como lo indica la tabla 1-3 donde el grado de intervención es mínima y se conserva aún la densidad aparente característica de los suelos andosoles.

Leyva, et al (2018, p. 40) menciona que en suelos cultivados hasta los 30 cm de profundidad la densidad aparente varió desde 1.06 a 1.46 g/cm³; los valores tienden a aumentar con la profundidad del suelo a causa de la disminución de la actividad biológica que se desarrolla en el horizonte A (Alvarado & Forsythe, 2005, p. 93).

En los perfiles de suelo, conforme disminuye la materia orgánica, se incrementa la densidad aparente (Leyva, et al, 2018, p. 40) la misma que indica el nivel compactación del suelo, que infiere en la dificultad del desarrollo radicular de la cobertura vegetal (Cuya, 2018, p. 2).

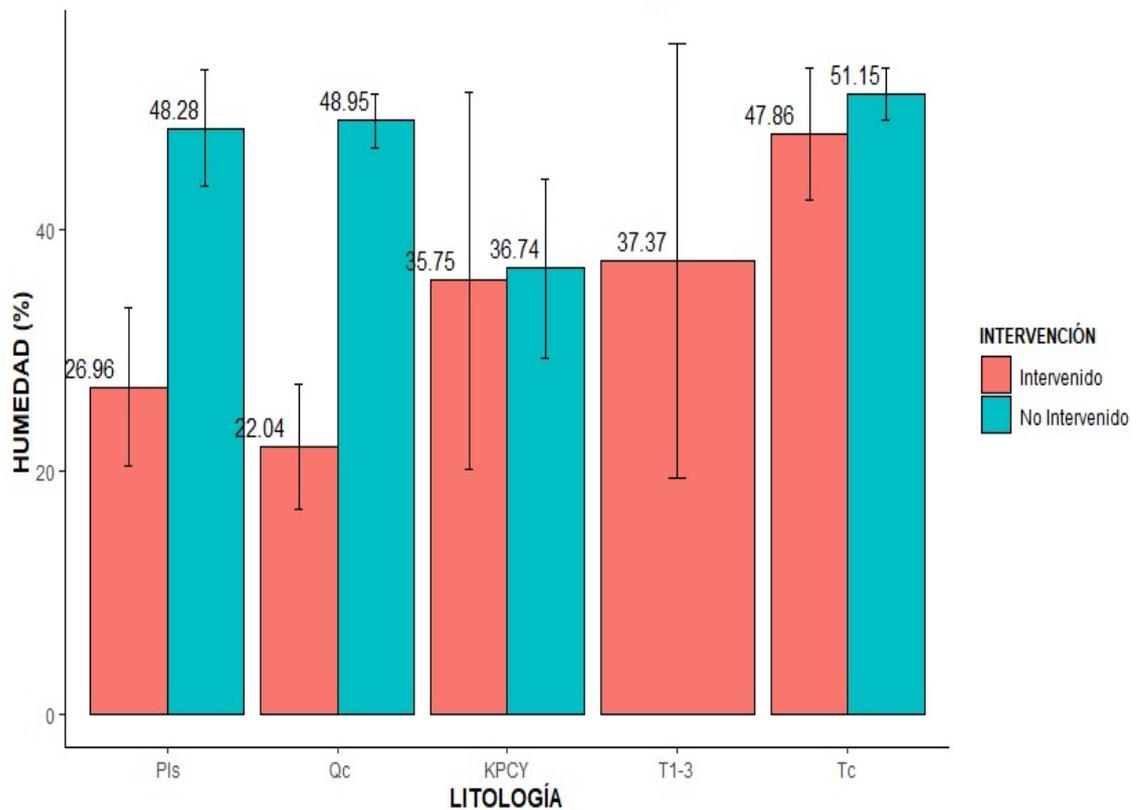
La densidad aparente del suelo depende del grado de intervención del mismo; los suelos escasamente intervenidos tienen una baja resistencia a la penetración es decir una baja densidad aparente (Achim, 1995, p. 103), mientras que el incremento de la intensidad de intervención implica alteración de la Da debido al mayor pisoteo por los animales de pastoreo, uso de maquinaria agrícola e incremento en frecuencia de labranza para cultivos, provocando un mayor grado de compactación en los primeros 15 cm, que restringe el crecimiento radicular e inhibe el movimiento del agua y aire; ocasionando pérdida en la productividad (Benavides, et al, 2015, p. 33).

3.1.2 Humedad

Los suelos de páramo se caracterizan por estar relacionados por los servicios ecosistémicos que prestan como el almacenamiento de carbono, materia orgánica, y agua, este último se debe a la capacidad de infiltración del suelo que permite el ingreso del agua en la estructura del suelo, que ayuda que el suelo tenga una mejor captación, percolación, almacenamiento y uso de la humedad en el suelo; la humedad del suelo depende principalmente de la textura, profundidad, actividad biológica y materia orgánica (Galindo, et al, 2017, p. 25).

En la gráfica 2-3 se evidencia que los suelos de páramo no intervenidos son los que contienen mayor contenido de humedad y menor desviación estándar, en la litología Pls existe una diferencia significativa de 21.31% entre los suelos intervenidos y no intervenidos; mientras que en la litología Qc varía con el 26.91 % en el contenido de humedad en relación a los suelos intervenidos, las litologías Pls y Qc en los suelos no intervenidos tienen gran retención de humedad así como un elevado contenido de materia orgánica según menciona Navarro García & Navarro Blaya, (2014, p. 51) el suelo virgen tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica y mayor tamaño de los poros, si el uso de la tierra tiene un buen manejo favorecerá al proceso de infiltración, en caso contrario, cuando la tierra este sometida a un uso intensivo por animales o sujeto al paso constante de vehículos, la superficie se compacta y se vuelve impermeable, con una cubierta vegetal natural aumenta la capacidad de infiltración y

en caso de terreno cultivado, depende del tratamiento que se le dé al suelo, la cubierta vegetal densa favorece la infiltración y dificulta el escurrimiento superficial del agua, una vez que la lluvia cesa.



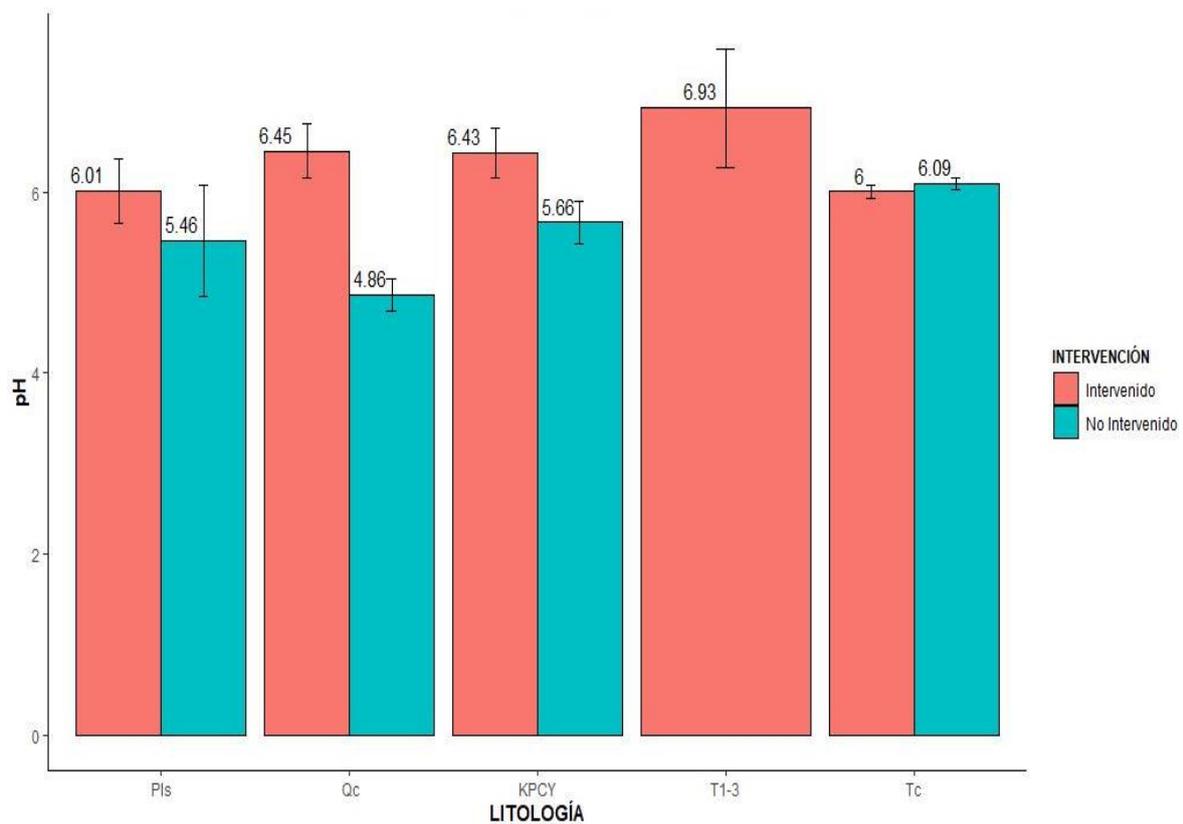
Gráfica 2-3. Resultados del análisis de humedad en cada litología según la intervención.

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

3.1.3 pH

El pH es una de las variables más relevantes en los suelos, por la afectación directa en la absorción de los nutrientes realizado por las plantas y la resolución de los procesos químicos que se producen en él (Porta, et al , 2013, p. 306).

Los resultados de pH de la investigación se muestran en el gráfico 3-3 donde se observa que el pH de la litología Tc de suelos intervenidos y no intervenidos es de 6.01 y 6.09 respectivamente identificándose como medianamente ácidos siendo un intervalo adecuado para la mayoría de cultivos, lo que concuerda con lo mencionado por Poulenard et al., (2001, p. 192) que los suelos que contienen cantidades significativas de cenizas volcánicas varía el pH de 5.7 a 6.5 siendo un pH bastante alto y al mismo tiempo contiene una marcada concentración de cationes básicos y minerales volcánicos; los suelos orgánicos poseen una alta capacidad buffer que evita el cambio brusco de pH, si llegase a cambiar sería a largo plazo (Ginés & Mariscal-Sancho, 2002, p. 3)



Gráfica 3-3. Resultados del análisis de pH en cada litología según la intervención.

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

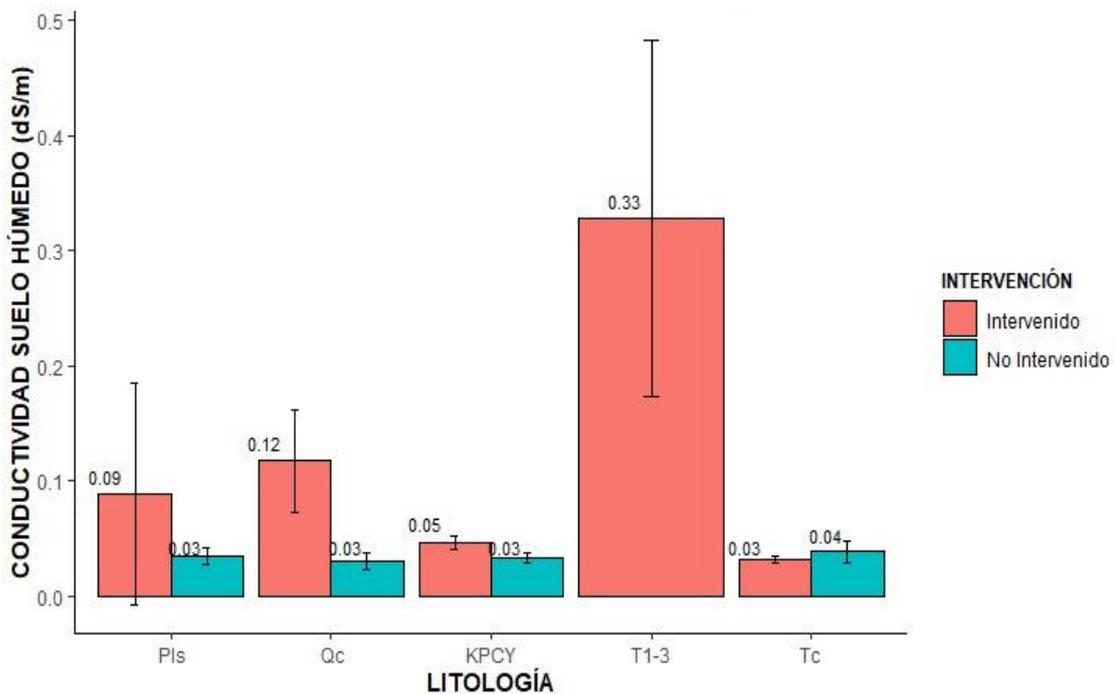
El pH de los suelos intervenidos del estudio que varía de 6.00 a 6.43 considerado como pH ligeramente ácido, siendo un suelo apto para las zonas con intervención por la asimilación de nutrientes para los cultivos en donde influye el pH, el cual proporciona mejores condiciones de disponibilidad de los mismos (Ginés & Mariscal-Sancho, 2002, p. 8; Porta, et al, 2013, p. 307)

El pH de suelos intervenidos de la litología T1-3 es de 6.93 que se caracterizan como suelos neutros según (Porta, et al, 2013, p. 307) y se caracterizan como suelos con mínimos efectos tóxicos y un medio óptimo para la mayoría de cultivos.

En las zonas no intervenidas el pH varía de muy fuertemente ácida (4.86) a medianamente ácido (5.66) basado en lo mencionado por Lis-Gutierrez, et al, (2019, p. 16) los suelos andinos son extremadamente ácidos a moderadamente ácidos, con baja y muy baja capacidad de intercambio de cationes (CEC). Los grupos carboxílicos y fenólicos que contiene la materia orgánica de los suelos andinos se comportan como ácidos débiles y provoca la disminución del pH del suelo (Martínez, et al, 2008, p. 74), siendo la acidez una característica de los suelos del páramo, mientras el contenido de materia orgánica aumenta el pH tiende a disminuir.

3.1.4 Conductividad

La determinación de la conductividad permite caracterizar a los suelos según su salinidad (Porta, et al, 2008, p. 242); en este estudio se presentó una conductividad <2 dS/m como se refleja en el gráfico 4-3 en donde los valores más altos se encuentran en los suelos intervenidos y los valores bajos en los suelos no intervenidos, debido a la porosidad y buen drenaje en estos suelos se realiza un lavado de aniones; mientras que en los suelos intervenidos se aplican abonos y fertilizantes inorgánicos que influye directamente a este parámetro, como indica Rebolledo, (2017, p. 15) se infiere que estos suelos no tienen salinidad por el uso de los fertilizantes y pueda afectar el crecimiento de los cultivos, ya que la conductividad se encuentra dentro de los rangos considerados como un suelo no salino. Rodríguez, (2015, p. 45) menciona que no es necesario determinar el contenido de los diferentes cationes y aniones si el valor de la conductividad es inferior a 2 dS/m, porque se deduce que estos suelos tienen presencia de buena vegetación, además concuerda con la normativa ambiental vigente establecido en el Acuerdo Ministerial 097, en la Norma de calidad del suelo en la que establece como límite permisible 200 μ S/cm (Núñez, 2015, p. 34)



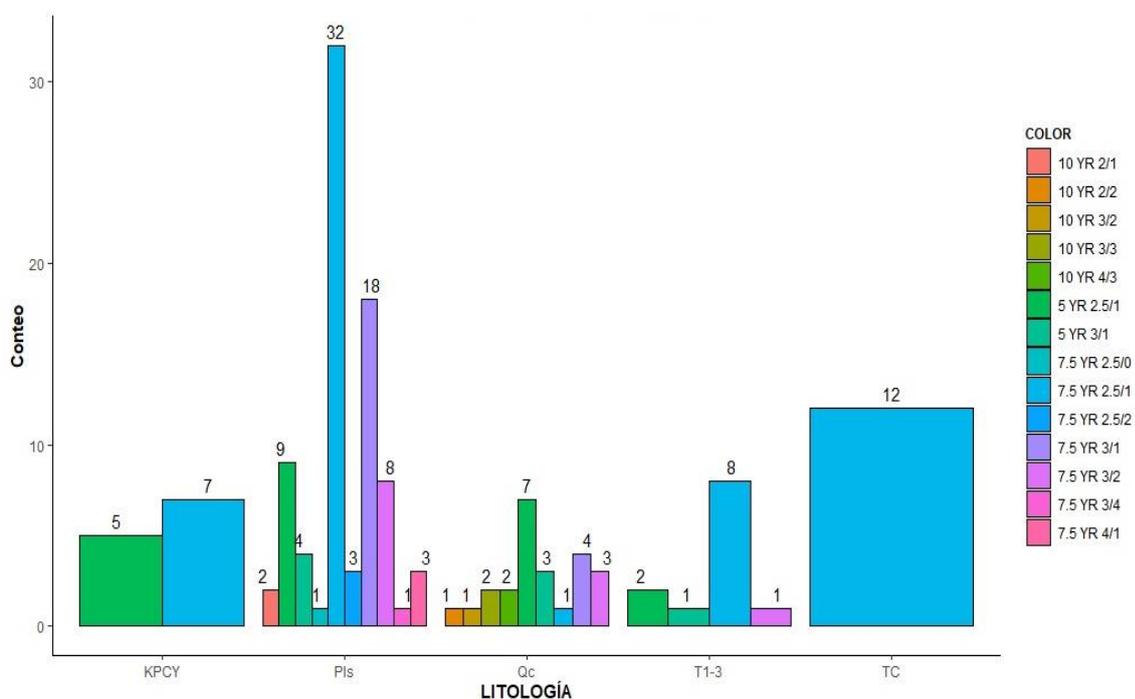
Gráfica 4-3. Resultados del análisis de conductividad en cada litología según la intervención.

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

La materia orgánica y la salinidad son propiedades que dependen en gran medida del uso de suelo y las prácticas agrícolas (Porta, et al, 2013, p. 324); los suelos bajos en contenido de materia orgánica tiene una elevada conductividad eléctrica (Machado, 2015, p. 21)

3.1.5 Color

El color del suelo es importante como una característica de diagnóstico del tipo de suelo, según la gráfica 5-3 los suelos intervenidos y no intervenidos muestreados se ubican dentro de la nomenclatura de Munsell en el matiz 5YR, 7.5 YR y 10 YR, en la luminosidad y saturación oscura de cada uno de los matices, según Andrades, et al, (2015, p. 15) cuando se identifica el color de un suelo utilizando las tablas de Munsell el negro o tonos oscuro denota el contenido de materia orgánica; en el estudio ‘‘Propiedades morfológicas de los suelos asociadas a los ecosistemas de Páramo, Nariño, Sur de Colombia’’ los suelos de páramo presentaron una coloración más oscura, por la mayor acumulación de materia orgánica en el suelo (Zúñiga U, et al., 2018, p. 190). La materia orgánica actúa como elemento cromógeno produciendo oscurecimiento en el horizonte donde se encuentre (Porta, et al, 2013, p. 151). La acumulación de materia orgánica procedente de la muerte y descomposición de organismos vivos (hojas, raíces, microorganismos y pequeños animales) les confiere a los horizontes superiores de los suelos unos colores más oscuros que los que presentan los materiales más profundos (Navarro Blaya & Navarro García, 2013, p. 76).

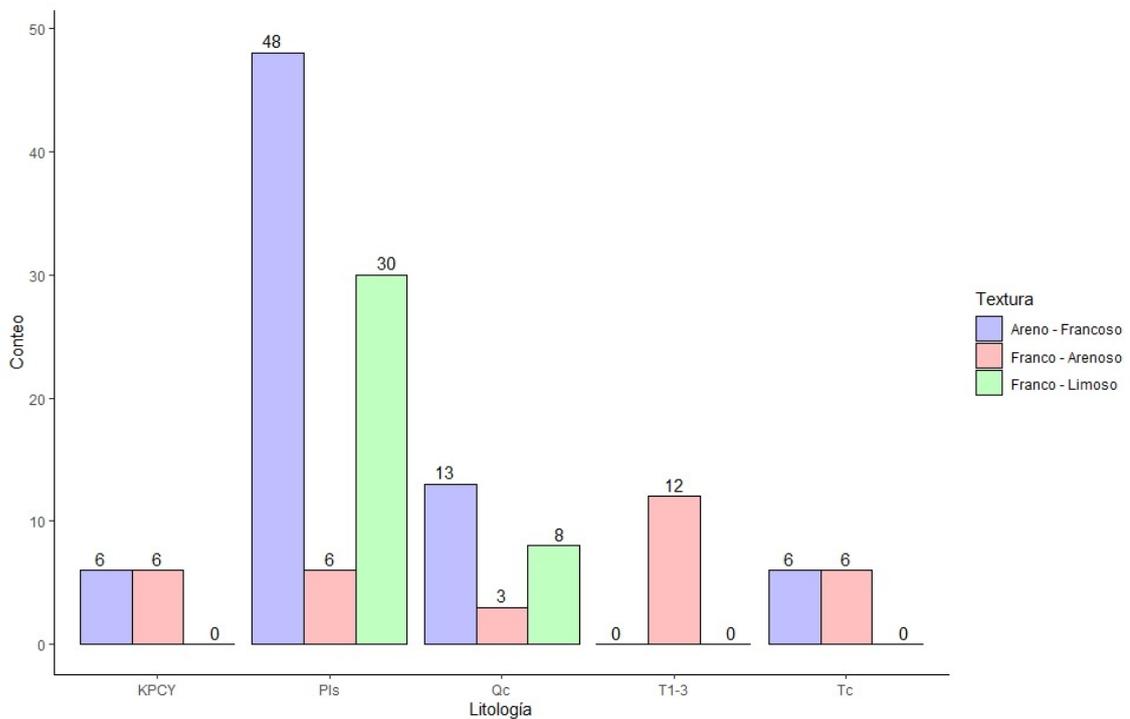


Gráfica 5-3. Resultados del análisis de color de las litologías

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

3.1.6 Textura

La textura en los suelos del páramo de Navag que indica la gráfica 6-3 predomina con el 51 % de tipo Areno francoso, seguido con el 26 % de tipo Franco limoso y 26% de tipo Franco arenoso, corroborando lo que menciona Llambí, et al., (2012, p. 202) que la textura del suelo no depende del contenido de materia orgánica, además que su variación depende del grado de meteorización así como del tipo y tamaño de las partículas de los materiales formadores. Carúa et al., (2008, p. 34) realizó un estudio donde se determinó la clase textural de suelos de páramo no intervenidos, intervenidos, alterados y muy alterados donde la textura para los casos mencionados es franco arenoso.



Gráfica 6-3. Resultados del análisis de textura en las litologías.

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Además Cai et al., (2016, p. 77) sugiere que las propiedades intrínsecas del suelo como la textura del suelo y el contenido mineral, regulan la estabilización de los aportes orgánicos de C por partículas finas del suelo; es decir que tal efecto se ejercería por diferencias en el contenido de arcilla (o arcilla + limo) y óxido de Fe- Al, pero Araujo, et al (2021, p. 99) realizaron un estudio de suelos en posiciones similares en el paisaje y bajo clima similar y vegetación, pero derivada de siete rocas diferentes, para evaluar el efecto del material original en la retención de COS, donde las altitudes > 890 msnm dieron como resultado un clima relativamente frío, donde la estabilización de la materia orgánica del suelo es más eficiente, se obtuvo que las concentraciones

y reservas de COS no fueron influenciadas por el contenido de arcilla y óxido de Fe-Al. Echeverría, et al (2012, p. 34) asegura que la meteorización de las partículas mejoran la retención del agua contribuyendo a la presencia de cobertura vegetal propia de la zona.

3.1.7 Materia Orgánica

La materia orgánica influye significativamente en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Navarro Blaya & Navarro García, 2013, p. 111).

Para validar los resultados se realizó un ANOVA DCA para el contenido de materia orgánica de suelos intervenidos y no intervenidos, en la tabla 1-3 se muestra el Anova correspondiente al contenido de materia orgánica para suelos no intervenidos del páramo de Navag

Se plantean las hipótesis para el contenido de materia orgánica:

$$H_0: \mu_{T1-3} = \mu_{Tc} = \mu_{KPYC} = \mu_{Qc} = \mu_{Pls}$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

El p-valor es 0.07938 es mayor al nivel de significancia establecido (0.05) no se rechaza la hipótesis nula es decir que no existe diferencias significativas en el contenido de materia orgánica en los suelos no intervenidos entre las litologías.

Tabla 1-3: Análisis de varianza del contenido de materia orgánica en los suelos no intervenidos

	Df	Sum Sq	F value	Pr(>F)
Litologías	3	49.6	2.367	0.07938
Error	62	433.1		
Total	67	482.7		

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Mientras que el ANOVA realizado para el contenido de materia orgánica de los suelos intervenidos del páramo de Navag se plantea las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_{T1-3} = \mu_{Tc} = \mu_{KPYC} = \mu_{Qc} = \mu_{Pls}$$

$$H_A: \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j$$

El p-valor es $< 2.2 \times 10^{-16}$ es menor al nivel de significancia establecido (0.05) por lo tanto se rechaza la hipótesis nula es decir que existe diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre las litologías.

Tabla 2-3: Análisis de varianza del contenido de materia orgánica en los suelos intervenidos

	Df	Sum Sq	F value	Pr(>F)
Litologías	4	609.48	48.39	< 2.2 e-16
Error	73	229.86		
Total	77	839.34		

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Posteriormente se realizó la prueba analítica de Tukey en donde se comprobó que litologías contienen diferencias significativas en el contenido de materia orgánica.

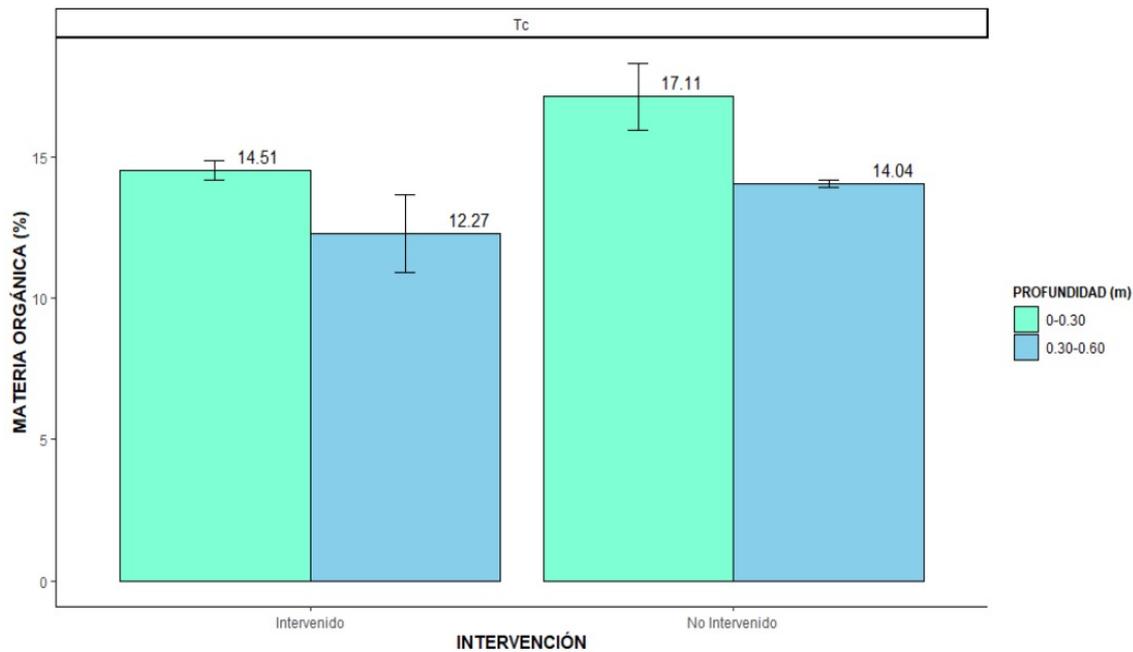
Tabla 3-3: Prueba analítica de Tukey del contenido de materia orgánica de suelos intervenidos.

	diff	lwr	upr	P adj
Qc-Pls	-0.002334165	-1.627007	1.6223385	1.0000000
KPCY-Pls	5.028617586	2.862387	7.1948478	0.0000001
T1-3 -Pls	-1.460806569	-3.085479	0.1638661	0.0984214
Tc- Pls	9.031084265	6.864854	11.1973145	0.0000000
KPCY - Qc	5.030951751	2.549223	7.5126803	0.0000026
T1-3 - Qc	-1.458472404	-3.484795	0.5678505	0.2700715
Tc- Qc	9.033418431	6.551690	11.5151470	0.0000000
T1-3 – KPCY	-6.489424155	-8.971153	-4.0076956	0.0000000
Tc- KPCY	4.002466679	1.136813	6.8681199	0.0018832
Tc – T1-3	10.491890834	8.010162	12.9736194	0.0000000

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Entre las litologías Qc-Pls, T1-3 -Pls, T1-3 – Qc las diferencias de las medias son no significativas es decir que en el contenido de materia orgánica la variación es mínima, para entender cómo se comporta cada litología se analizó cada una de ellas.

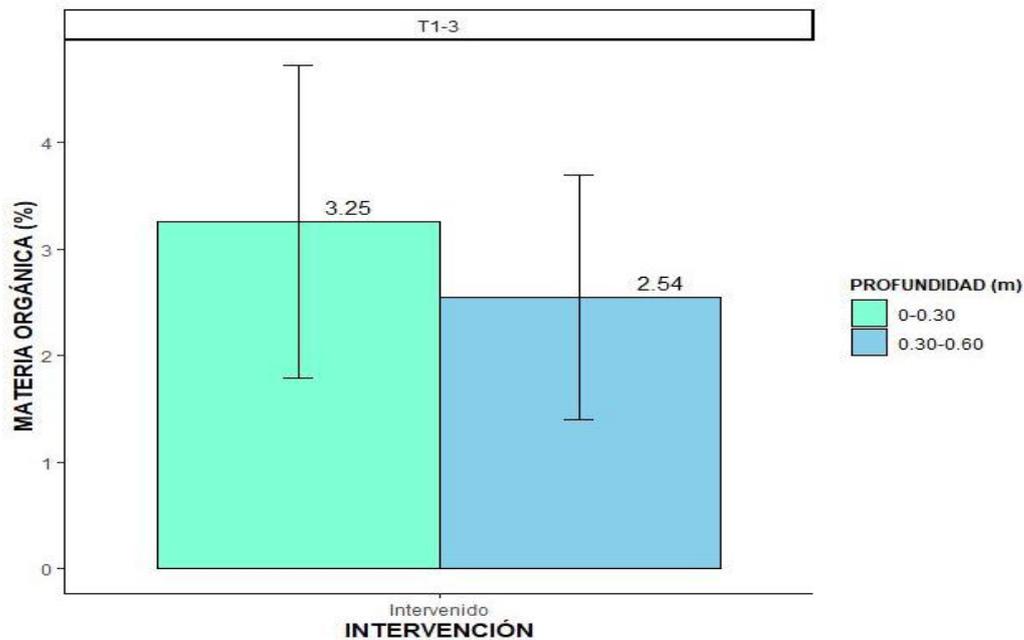
Como se observa en la gráfica 7-3 en la litología Tc el porcentaje de materia orgánica de los suelos (MOS) intervenidos es de 13.39% este valor se debe de la reciente intervención de este conglomerado por ganadería y por ende aún conserva las características del suelo del páramo, se puede evitar pensar que este valor sea por la materia orgánica proporcionada por las heces del ganado vacuno presente en el conglomerado de estudio; Cárdenas (2015, p. 69) afirma que las deyecciones de los animales superiores (vacas), son una fuente secundaria de materia orgánica para el suelo. El porcentaje de materia orgánica en los suelos no intervenidos es mayor en la sección de 0-0.30 m con 17.11% y disminuye a 14.04% en la sección de 0.30-0.60 m que además posee una mínima desviación estándar que nos indica que los conglomerados muestreados en su mayoría tienen ese porcentaje de materia orgánica a dicha profundidad.



Gráfica 7-3. Resultados del análisis de materia orgánica de la litología Tc

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

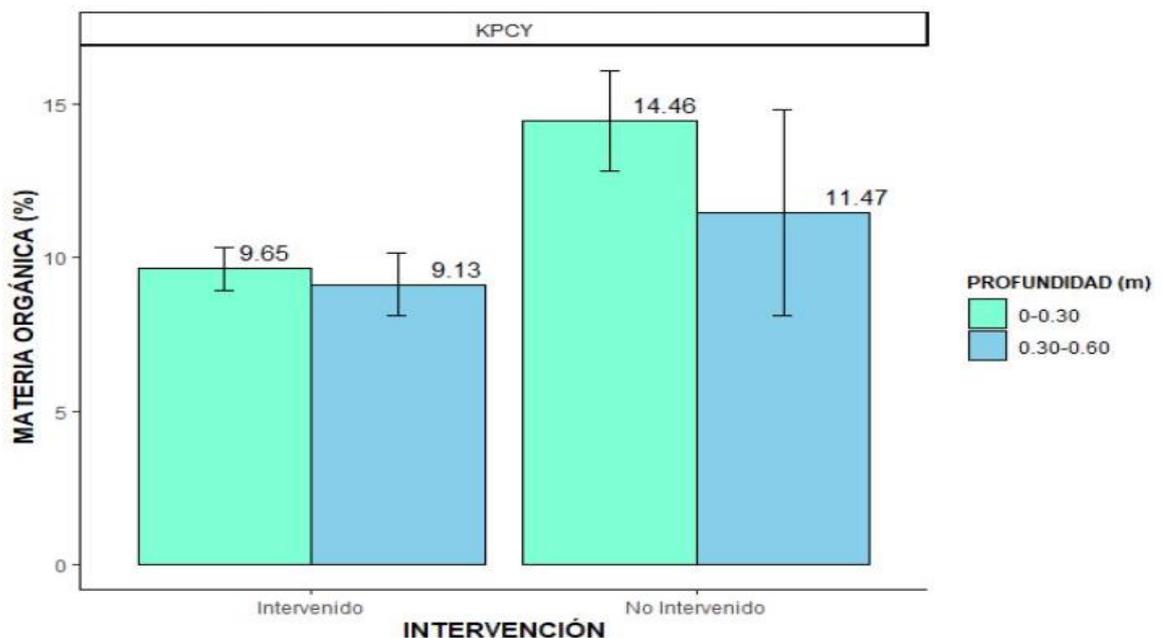
En la litología T1-3 se tiene únicamente suelos intervenidos que se evidencia en la gráfica 8-3 que en la sección de 0-0.30 m es mayor la concentración de materia orgánica que en la sección de 0.30-0.60 m, dentro de todos los resultados obtenidos a base de esta investigación la litología T1-3 que es la que tiene el menor contenido de materia orgánica, se descarta que este valor se deba al pH de este suelo, ya que tiene un pH de 6.92 que se considera como neutro y es bueno para suelos intervenidos por la asimilación de nutrientes para las plantas (Porta, López Acevedo y Poch, 2013, p. 307), se infiere que se deba al alto contenido de humedad (37.38%) de estos suelos ya que un mal drenaje frena la descomposición de la MOS por lo cual esta litología es usada netamente para ganadería debido a sus suelos que permanecen con alta humedad y las raíces de los cultivos no se desarrollarían en condiciones óptimas (Ortega & Sagado, 2001, p. 12).



Gráfica 8-3. Resultados del análisis de materia orgánica de la litología T1-3

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

En la gráfica 9-3 se evidencia que en la litología KPCY los suelos intervenidos poseen similar contenido de materia orgánica en las profundidades 0-0.30 y 0.30-0.60 m respaldando lo que menciona Nerhot, et al, (2018, p. 3797) que los suelos tienden a tener el mismo contenido de materia orgánica hasta los 60 cm por la erosión y compactación que se realiza en los suelos intervenidos en esta litología se interviene con ganadería intensiva.

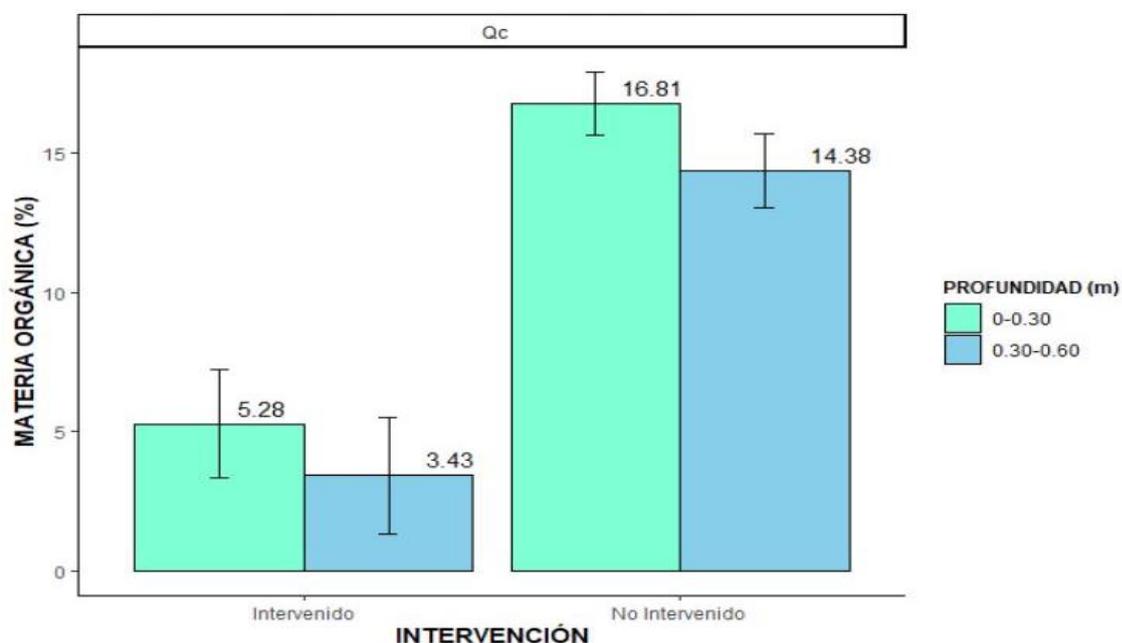


Gráfica 9-3. Resultados del análisis de materia orgánica de la litología KPCY

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Los suelos no intervenidos de la litología Qc son muy fuertemente ácidos y en los intervenidos son ligeramente ácidos y la acidez frena el crecimiento de bacterias, y el mayor desarrollo de los hongos haciendo que la descomposición de la materia orgánica del suelo sea más lenta y los productos finales son distintos en suelos ácidos (Porta, et al, 2013, p. 307); materia orgánica y causa degradación del territorio.

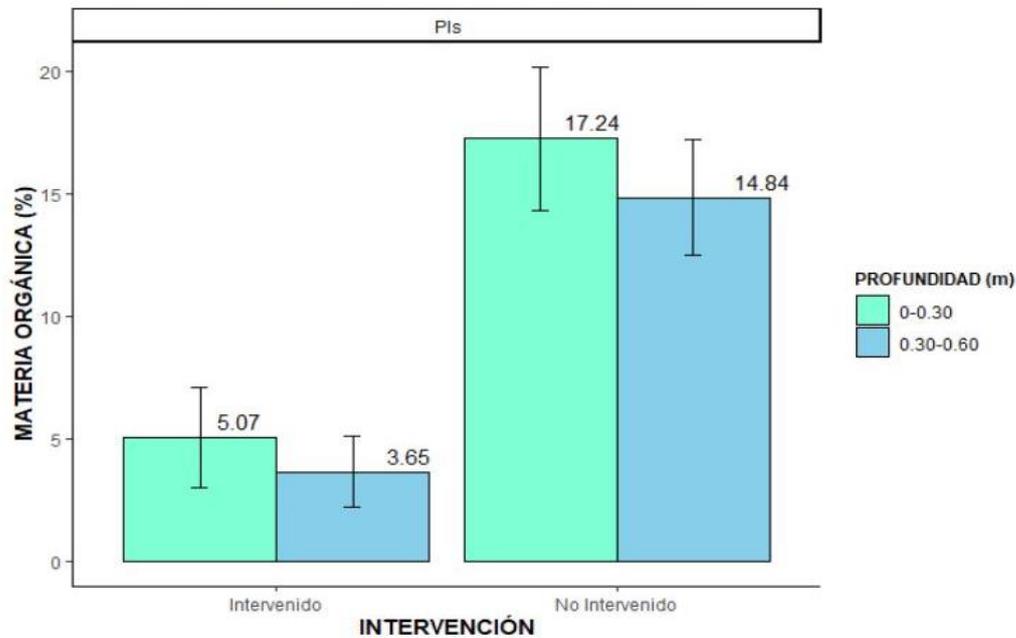
Como se muestra en la gráfica 10-3 los suelos intervenidos poseen un contenido de materia orgánica de 16.81% y 14.4%, a las profundidades de 0-0.30 m y 0.30-0.60 m según su respectiva profundidad que se mantiene dentro de la media del contenido de materia orgánica para los suelos no intervenidos aun considerando que estos suelos son ácidos contienen gran contenido de materia orgánica



Gráfica 10-3. Resultados del análisis de materia orgánica de la litología Qc

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

La litología Pls como se indica en la gráfica 11-3 es la que tiene mayor contenido de materia orgánica en los suelos no intervenidos y varía solo con el 2,4 % entre las dos profundidades, mientras que la diferencia entre los suelos intervenidos y no intervenidos en el rango de 0 – 0.30 m es de 12.17% por lo que se corrobora con lo establecido por Benavides, et al, (2015, p. 28) que los suelos de páramo tienden a disminuir su contenido de materia orgánica según el grado de erosión y laboreo, al realizar estas actividades se compacta el suelo y disminuye la actividad microbiana reduciendo la descomposición de la materia orgánica vegetal que se encuentra en la superficie.



Gráfica 11-3. Resultados del análisis de materia orgánica de la litología Pls

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Se aplica un ANOVA con Suma de Cuadrados Tipo III, puesto que las combinaciones de niveles de todos los factores no se encuentran balanceados (tienen diferentes tamaños de muestra). Se analizan solamente los efectos principales, pues el análisis de los efectos secundarios, terciarios y demás, no generan una respuesta para el problema en estudio.

Planteamiento de Hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_n = \mu$$

$$H_1: \text{Al menos un } \mu_i \neq \mu_j, \text{ para todo } i \neq j$$

Estadístico de Prueba:

Tabla 4-3: ANOVA tipo III del contenido de materia orgánica en los suelos con los factores.

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	Grado de Significancia
(Intercept)	1.42	1	0.4540	0.50187	
Litologías	28.74	4	2.2945	0.06386	
Profundidad	115.43	1	36.8600	1.885e-08	***
Color	43.50	13	1.0686	0.39381	
Textura	26.62	2	4.2502	0.01669	*
Piso Altitudinal	137.04	3	14.5869	4.707 e-08	***
pH Húmedo	11.35	5	0.7247	0.60630	

pH seco	108.19	5	6.9095	1.224 e-05	***
Intervención	54.44	1	17.3846	6.146 e-05	***
Residuales	341.34	109			

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Nota: Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Los factores Profundidad, Textura, Piso Altitudinal, Intervención y pH seco son significativas, por lo tanto, explican el porcentaje de materia orgánica del páramo andino, mientras que los factores Color y pH Húmedo no generan cambios en la materia orgánica. En cuanto al factor Geología, tiene un valor p de 0.06 que resulta apenas significativo al 10%, razón por la que se procede a realizar un mejor ANOVA, eliminando las variables que no explican la materia orgánica del suelo.

Tabla 5-3: Primer mejor ANOVA del contenido de materia orgánica en los suelos con los factores.

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	Grado de Significancia
(Intercept)	24.13	1	7.6258	0.006608	**
Litologías	29.68	4	2.3445	0.058207	.
Profundidad	126.54	1	39.9879	3.986 e-09	***
Textura	26.91	2	4.2526	0.016305	*
Piso Altitudinal	263.08	3	27.7127	7.457 e-14	***
pH seco	125.96	5	7.9608	1.489 e-06	***
Intervención	58.77	1	18.5733	3.247 e-05	***
Residuales	401.88	127			

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Nota: Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

En el primer mejor ANOVA se determina que los factores Profundidad, Textura, Piso Altitudinal, Intervención y pH de Suelo Seco resultan significativos para la determinación de materia orgánica del suelo, mientras que el factor Geología aun resulta significativo 10%, motivo por el que se procede a aplicar otro mejor ANOVA, eliminando dicho atributo y observando si las conclusiones obtenidas tienen más singularidades.

Tabla 6-3: Segundo mejor ANOVA del contenido de materia orgánica en los suelos con los factores.

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	Grado de Significancia
(Intercept)	12.46	1	3.7836	0.053900	.
Profundidad	136.14	1	41.3258	2.203 e-09	***
Textura	13.67	2	2.0754	0.129616	
Piso Altitudinal	507.64	3	51.3658	<2.2 e-16	***
pH seco	136.51	5	8.2875	7.882 e-07	***
Intervención	34.89	1	10.5923	0.001445	**
Residuales	431.55	131			

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Nota: Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

En el segundo ANOVA, posterior a la eliminación del factor Geología, se observa a los factores Profundidad, Piso Altitudinal, pH de Suelo Seco e Intervención aún se mantienen como significativos, no obstante, el factor Textura ya no resulta significativo, por lo que se procede con su eliminación y la determinación de un nuevo mejor ANOVA.

Tabla 7-3: Tercer mejor ANOVA del contenido de materia orgánica en los suelos con los factores.

	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)	Grado de Significancia
(Intercept)	68.83	1	20.8587	1.115 e-05	***
Profundidad	138.71	1	41.4371	2.203 e-09	***
Piso Altitudinal	597.57	3	59.5029	<2.2 e-16	***
pH seco	149.04	5	8.9041	2.578 e-07	***
Intervención	37.53	1	11.2105	0.001058	**
Residuales	445.23	133			

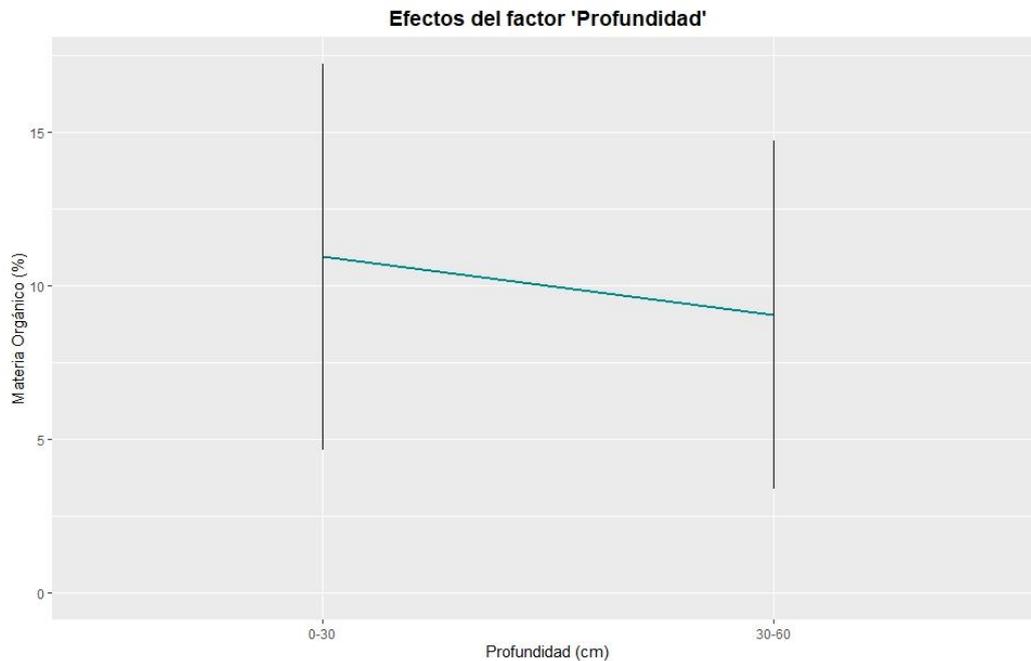
Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Nota: Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

En este último mejor ANOVA se define que los factores principales que explican el porcentaje de carbono orgánico del suelo son las variables Profundidad, Piso Altitudinal, pH de Suelo Seco e Intervención.

Basado en lo que afirma Nerhot, et al (2018, p. 3791) que a medida como aumenta la profundidad disminuye en el contenido de materia orgánica debido a que se deposita en los primeros 15 cm del suelo por la mayor acción de bacterias y hongos descomponedores de materia orgánica, haciendo que se concentre en los primeros centímetros del suelo; se puede observar en la gráfica

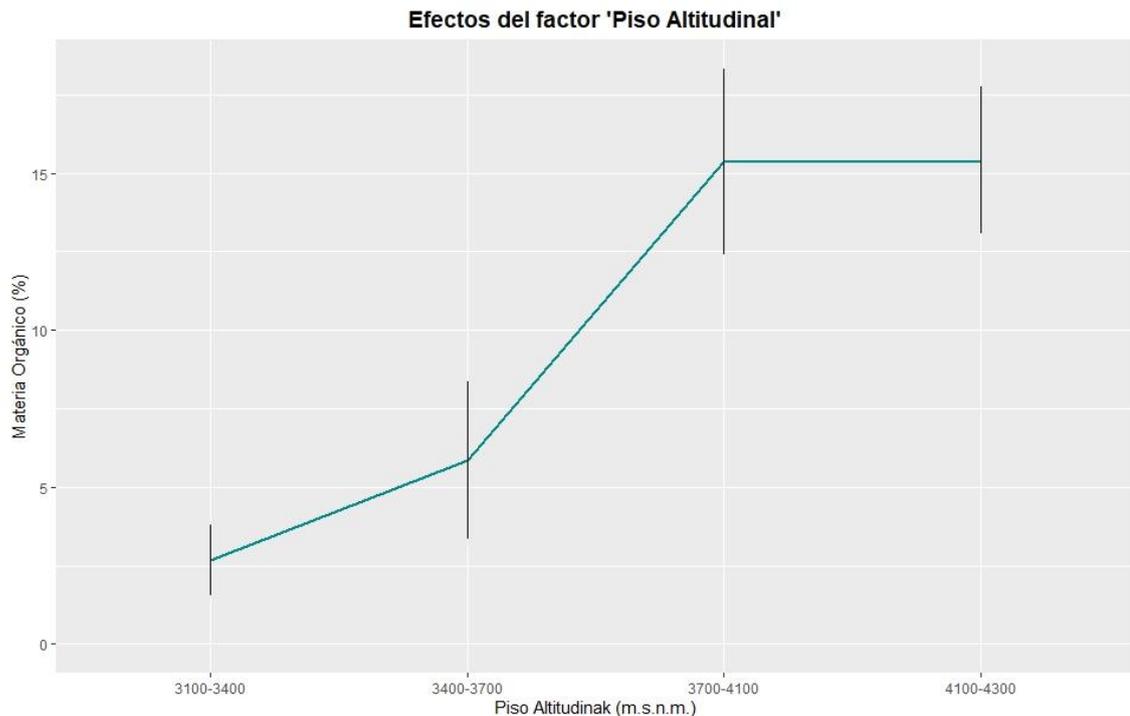
12-3 que a una profundidad de 0 a 30 cm tienen cerca de 11% de materia orgánica que equivale a 177.01 ton/ Ha de Carbono, mientras que a una profundidad de 30 a 60 cm se determina un porcentaje de 9 % de materia orgánica equivalente a 138.45 ton/ Ha de Carbono, cada nivel de profundidad cuenta con una dispersión de datos grande en relación a sus promedios.



Gráfica 12-3. Resultados del análisis de materia orgánica y la profundidad.

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

En cuanto a los pisos altitudinales se puede observar en la gráfica 13-3 una relación de crecimiento entre la altitud y el porcentaje de materia orgánica, observando un 2.5% de materia orgánica a una altura de entre 3100 y 3400 m.s.n.m. equivalente a 64.71 ton/ Ha de carbono, los siguientes 300 metros se observa un crecimiento de materia orgánica a cerca de un 6% es decir 122.87 ton/ Ha de carbono, pero, de 3700 a 4100 m.s.n.m. se define un gran crecimiento del porcentaje de materia orgánica llegando hasta cerca de 15.5% que es igual a 144.13 ton/ Ha de carbono y se estabiliza desde los 4100 hasta los 4300 m.s.n.m. con 215.24 ton/ Ha de carbono, siendo estos dos últimos niveles los que cuentan con mayor porcentaje de materia orgánica por ende de carbono, todos los niveles de altitud, con valores muy poco dispersos, es decir el contenido de materia orgánica aumenta al ir incrementando la altitud coincidiendo con establecido por Mogollón (2015, p. 275) y Echeverría, et al (2017, p. 32-36), que la materia orgánica es directamente proporcional a la altitud.

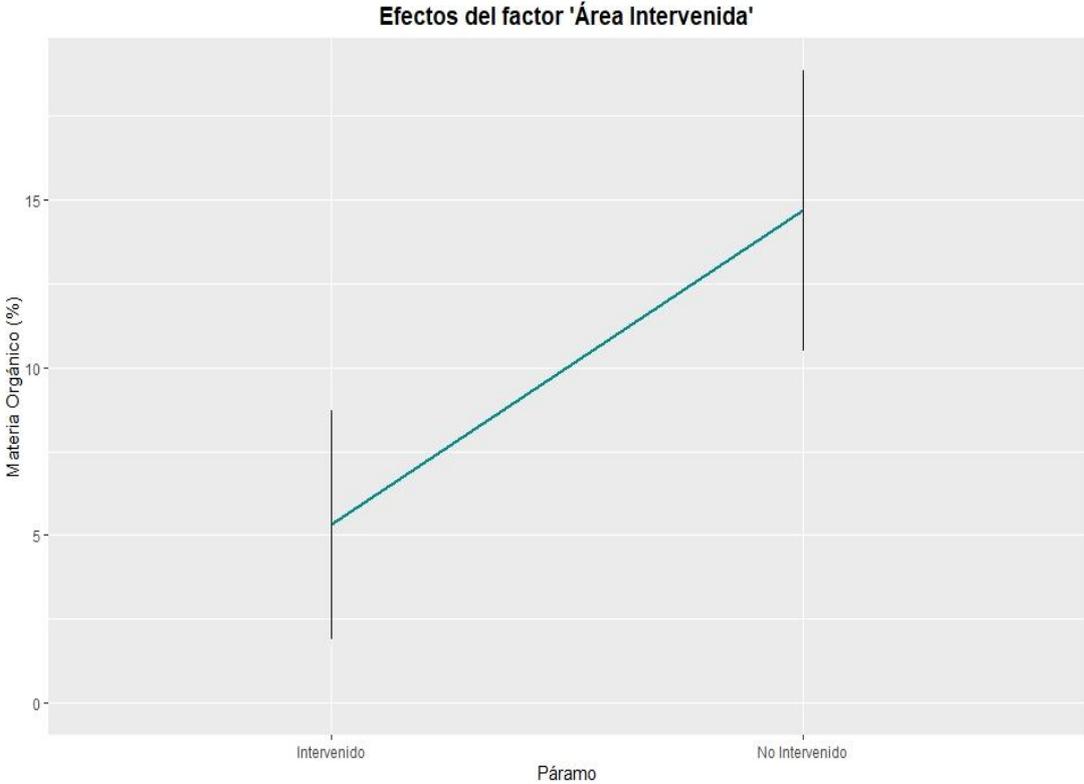


Gráfica 13-3. Resultados del análisis de materia orgánica y el piso altitudinal.

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

Referente al porcentaje de materia orgánica del suelo intervenido es aproximadamente un 5.5% de MO, mientras que, en suelo no intervenido, cuenta con cerca de 15% de MO como se muestra en la gráfica 14-3, lo que indica un cambio estadísticamente significativo. El porcentaje de suelo intervenido a suelo no intervenido tienen valores regularmente dispersos; los suelos intervenidos y no intervenidos difieren en su uso y vegetación que influye en el contenido de materia orgánica, Mogollón (2015, p. 278) plantea que el nivel de materia orgánica del suelo puede ser controlado según el tipo de vegetación y su influencia en la acumulación de MOS en el suelo; dependiendo de la cantidad, calidad de hojarasca que se deposite en el suelo y la velocidad de descomposición de la misma, en los suelos intervenidos cuentan con diferentes tipos de vegetación como: cultivos de maíz, quinua, plantaciones de eucalipto y en su gran mayoría son pastizales; mientras que en los suelos no intervenidos predomina la paja de páramo, además existe lenta descomposición del material vegetal por lo que se acumula una mayor cantidad de materia orgánica en suelos haciendo que los suelos de páramo sean grandes sumideros de carbono como lo menciona Lambí et al., (2012, p. 24) que debido a las bajas temperaturas características de los andes andinos la acción descomponedora de los organismos saprofitos es más lenta haciendo que se acumulen grandes cantidades de materia orgánica. Zuñiga et al., (2013, p. 7) confirma que la intervención en los ecosistemas de alta montaña disminuye el contenido de materia orgánica y degrada la estructura presente en el suelo, además que los cambios que sufre el uso del suelo para realizar agricultura

disminuye su cobertura y existe el peligro de que gran parte del carbono se descomponga y escape a la atmosfera.



Gráfica 14-3. Resultados del análisis de materia orgánica e intervención.

Realizado por: Geraldine Pazmiño, 2020

CONCLUSIONES

La intervención en los suelos del páramo de Navag – Chimborazo influye de manera significativa en el contenido de materia orgánica, por tanto se rechaza la hipótesis nula.

En la zona de estudio se identificaron cinco litologías para suelos intervenidos (T1-3, Tc, KPCY, Qc y Pls) y cuatro litologías (Tc, KPCY, Qc y Pls) para suelos no intervenidos. Las propiedades físico-químicas del suelo determinadas en el páramo de Navag: el pH va de muy fuertemente ácido (4.86) a medianamente ácido (6.09) en los suelos no intervenidos y para los suelos intervenidos encontramos suelos medianamente ácidos (6) hasta suelos neutros (6.93); la conductividad en los suelos es menor < 2 dS/m, la densidad aparente media es 1.01 g/cm^3 para suelos intervenidos mientras que los suelos no intervenido presentan una media de 0.80 g/cm^3 , además la humedad es mayor en los suelos no intervenidos (46.28%) que en los suelos intervenidos (33.99%), en conclusión existe alteración de las propiedades físico-químicas de los suelos naturales del páramo por la intervención.

El contenido de materia orgánica en suelos no intervenidos es cerca de 15% de MO, evidenciando que los suelos de páramo almacenan mayor cantidad de materia orgánica por las condiciones climáticas, la lenta descomposición orgánica; que a su vez ayuda a las propiedades físico químicas del suelo

El porcentaje de materia orgánica del suelo intervenido es aproximadamente un 5.5% de MO, denotando una disminución significativa de la misma afectando las propiedades físico-químicas, evidenciando distorsión en el pH, densidad aparente y humedad en comparación con los suelos no intervenidos, llegando a verse afectado el ecosistema de herbazal de páramo (4000 msnm una zona de ganadería intensiva), que causa pérdida de la flora nativa y disminuye el contenido de materia orgánica.

RECOMENDACIONES

Profundizar esta investigación enfocándose en determinar cómo cada intervención ha afectado en la pérdida de la materia orgánica en los suelos del páramo de Navag.

Socializar con las comunidades inmersas en la zona de estudio para crear conciencia sobre el cuidado de los ecosistemas de páramo.

Los resultados de esta investigación sean la base para que los organismos competentes tomen decisiones viables para el control y cuidado de los páramos, evitando el avance de la frontera agropecuaria e implementando medidas sustentables para el manejo del uso de suelo.

BIBLIOGRAFÍA

ACHIM, E. "Efecto del manejo sobre las propiedades físicas de suelos trumaos y rojo arcillosos", 1995, 16(2),, pp. 101-110.

AENOR. *Calidad del Suelo. Determinacion de pH.* 1999. Madrid: s.n.

AGUILAR-BAROJAS, S. "Fórmulas para el cálculo de la muenstra en investigaciones de salud". Redalyc [en línea], 2005, pp. 2-7. [Consulta: 14 noviembre 2019]. DOI ISSN:1405-2091. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>.

AGUILAR, S. "Validación del método de calcinación en la determinación del contenido de la materia orgánica". Salud en Tabasco [en línea], 2018, pp. 2-8. [Consulta: 18 noviembre 2019].Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4154/aguilar-silva-sumiry-yuleysi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ALVARADO, A. & FORSYTHE, W. "Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica." *Agronomía Costarricense* [en línea], 2005, (Costa Rica), vol. 29 , pp. 85-94. [Consulta: 19 octubre 2019] ISSN 0377-9424. Disponible en: https://www.mag.go.cr/rev_agr/v29n01_085.pdf.

ANDRADES, M. et al. "Prácticas de edafología : métodos didácticos para análisis de suelos. Universidad de Rioja". *Material Didáctico, Agricultura y Alimentación.* [en línea], 2015, (España), 1(1), pp. 3-82. [Consulta: 30 octubre 2019] ISSN 0377-9424. Disponible en: <https://publicaciones.unirioja.es/catalogo/monografias/mdaa15.shtml>

ARAUJO, M.A. et al. "Soil parent material, texture and oxide contents have little effect on soil organic carbon retention in tropical highlands". *Geoderma* [en línea], 2017, 300 (1), pp. 1-10. [Consulta: 15 enero 2020] ISSN 0016-7061. DOI 10.1016/j.geoderma.2017.04.006. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.04.006>.

AYALA, L. Cuantificación del carbono en los paramos del parque nacional Yacuri Loja (Trabajo de titulación) (Tercer nivel). Universidad Nacional de Loja, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja (Loja-Ecuador). 2014. Pp. 45-52. [Consulta: 15 enero 2020]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/11686>.

BELTRÁN, K, et al. *Los páramos de Chimborazo. Un estudio socioambiental para la toma de decisiones. Gobierno autónomo descentralizado de Chimborazo.* Quito, Ecuador: 2011 ISBN 9978-990-8, pp 105-111.

BENAVIDES, E., et al. 2015. "Propiedades físicas y contenido de materia orgánica en diferentes usos del suelo en Samaniego, Colombia". *Agroforesteria Neotropical* [en línea], 2015, 5, pp. 27-41. [Consulta: 14 noviembre 2019]. Disponible en: <http://revistas.ut.edu.co/index.php/agroforesteria/article/viewFile/916/713>

BENÍTEZ, Á, et al. "Comunidades de briófitos terrestres relacionados con factores climáticos y topográficos en un páramo del sur de Ecuador". *Caldasia* [en línea], 2019 (Ecuador) vol. 41, (no. 2), pp. 370-379. [Consulta: 14 noviembre 2019] ISSN 0366-5232. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/334304478_Comunidades_de_briofitos_terrestres_relacionados_con_factores_climaticos_y_topograficos_en_un_paramo_del_sur_de_Ecuador

BOCCO, G., et al. "La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán . Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación". *Investigaciones Geográficas* [en línea], 2001 (Mexico), 13 (44), pp. 18-38. [Consulta: 14 enero 2020] Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n44/n44a3.pdf>.

CAI, A., et al. "Climate , soil texture , and soil types affect the contributions of fine- fraction-stabilized carbon to total soil organic carbon in different land uses across China." *Journal of Environmental Management* [en línea], 2016 (China), 172, pp. 2-9. [Consulta: 14 enero 2020]. ISSN 0301-4797. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.02.009>.

CALDERON, F. & PAVLOVA, M. *Metodologías para Análisis Químico de Suelos.* [en línea]. Buenos Aires- Argentina, 1999. [Consulta: 18 diciembre 2019]. Disponible en: http://www.drcalderonlabs.com/Metodos/Analisis_De_Suelos/MetodosQuimicosSuelos.htm.

CÁRDENAS, M. Evaluación de la calidad de los suelos de páramos intervenidos y no intervenidos en la comuna Monjas Bajo parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe (Trabajo de titulación) (Tercer nivel) [en línea] Universidad Politécnica Salesiana, Biotecnología de los Recursos Naturales [Consulta: 18 diciembre 2019]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/UPS-QT07111.pdf>.

CARÚA, J., et al. "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". [en línea], 2008, 2,

pp. 21. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43345.pdf>.

CÉSPEDES, C. Dinámica de la materia orgánica y de algunos parámetros fisicoquímicos en Molisoles, en la conversión de una pradera a cultivo foerstal en la región de Piedras Coloradas-Algorta (Trabajo de titulación) (Doctorado) [en línea]. Instituto Nacional Politécnico de Toulouse, Agronomía. Algorta (Algorta - Uruguay). 2007, pp. 1-287. [Consulta: 19 diciembre 2019]. Disponible en: <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000680/>.

CONANT, R., et al. "Pasture land use in the southeastern US: Implications for C sequestration". *Geoderma*, 1 (4) pp. 423-425.

CUYA, O. "La densidad aparente del suelo como indicador ecológico para la restauración de plataformas y campamentos petroleros en el bosque húmedo tropical". INGEPET [en línea], 2018, (Perú). 1(10), pp 2-5. [Consulta: 19 octubre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/329466167_La_densidad_aparente_del_suelo_como_indicador_ecologico_para_la_restauracion_de_plataformas_y_campamentos_petroleros_en_el_bosque_humedo_tropical_GSI-ME-OC-10-N_IX_INGEPET_2018.

DOMÍNGUEZ, J, et al. "Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos". *Revista de Ciencias Agrícolas* [en línea], 3(5), pp. 141-155. [Consulta: 14 noviembre 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n1/v3n1a10.pdf>

ECHEVERRÍA, M., et al. "Levantamiento de Línea base de cuatro humedales de la parroquia San Andrés, Chimborazo Proyecto Andes - II Etapa". *Perfiles* [en línea], 2012 (Ecuador) pp. 34. [Consulta: 14 enero 2020]. Disponible en: <http://ceaa.esPOCH.edu.ec:8080/revista.perfiles/Articuloshtml/Perfiles09Art8/Perfiles09Art8.xhtml>.

ECHEVERRÍA, M. et al. "Quantification of Organic Carbon Stored in the Soil in the Paramo of Igualata, Chimborazo Province- Ecuador". *American Journal of Modern Physics*, no. 2326-8867(2017), pp. 32-36.

FAO. *Portal de Suelos de la FAO*. [blog]. España, 2009. [Consulta: 14 octubre 2019] Disponible en: <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>.

FERNANDEZ, R. & LEIVA, M.J. *Ecología para la Agricultura*. Madrid, Madrid - España, Mundiprensa, 2003, pp 60-87.

GABRIELS, D. & LOBO, D. "Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo". Venesuelos [en línea], 2016, 14, pp. 37-48. [Consulta: 14 octubre 2019]. Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34741418/Gabriels_y_Lobo._Venesuelos._2006.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1537156410&Signature=Onwik%2F22n4JKSBAe7O428EFGHiU%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DEDICION_FI.

GADM COLTA. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Colta. 2018 . S.l.:

GADPR COLUMBE. Ubicación Columbe [en línea]. 2015 [Consulta: 14 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.columbe.gob.ec/index.php/la-parroquia/historia>.

GALINDO, D.S., et al. "Caracterización de Temperatura y Humedad de Suelos Agrícolas". Escuela Tecnológicas Instituto Técnico Central [en línea], 2017, pp 25-31. [Consulta: 14 noviembre 2019]. Disponible en: <https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/129/124>.

GALLARDO, J. "Suelos: algo más que la piel de la Tierra". *Tierra Agricultura*, 240 (2016), (Madrid), pp. 54-56

GINÉS, I. & MARISCAL-SANCHO, I. "Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo". Agro [en línea], 2002, (Bolivia) 3, pp. 1-9. [Consulta: 22 octubre 2019]. Disponible en: http://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MONO_2002_01.pdf.

GÓMEZ, J.C. Manual de Prácticas de Campo y del Laboratorio de Suelos. Servicio Nacional de Aprendizaje [en línea] , 2013, s.n., pp. 100. [Consulta: 18 diciembre 2019]. ISBN 8480142790. Disponible en: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf.

GONZÁLEZ, L., et al. "Simulación de los cambios de carbono orgánico del suelo en sistema de cultivo con higuera por el modelo RothC". Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [en línea], 2012, 47(11), pp. 1647-1654. [Consulta: 19 diciembre 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n11/47n11a12.pdf>.

GUTIÉRREZ, H. & DE LA VARA, R. *Análisis y diseño de experimentos*. Mexico: McGraw-Hil, 2015. ISBN 9789701065266, pp. 90-95.

HERNÁNDEZ, C. Estimación del secuestro de carbono edáfico en el ecosistema herbazal de páramo del territorio hídrico del Río Cebadas, Chimborazo, Ecuador (Trabajo de titulación) (Tercer nivel), [en línea]. Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería Ambiental, Riobamba (Riobamba - Ecuador). 2018. pp. 28-35. [Consulta: 20 noviembre 2019]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4491/1/UNACH-EC-ING-AMB-2018-0001.pdf>.

HOFSTEDE, R., et al. *Los Paramos del Mundo*. Quito- Ecuador: Global Pleatand, 2003. ISBN 9978-43-505-0. pp. 35-58

HOFSTEDE, R. "The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian páramo grasslands". *Plant and Soil* [en línea], 1995 (Colombia) , 173 (1), pp. 111-132. [Consulta: 25 septiembre 2019]. ISSN 0032079X. DOI 10.1007/BF00155524. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00155524>.

IBAÑEZ, J.J. *Algunas consideraciones para los Análisis de Suelos, Plantas y Aguas* [blog]. Madrid: Universo, 2010. [Consulta: 18 diciembre 2019]. Disponible en: <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2010/07/22/136708>.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. *Litologías del Ecuador* [blog]. 2016 [Consulta: 18 noviembre 2019] Disponible en: <http://www.igm.gob.ec/index.php/en/>.

LABAN, P, et al. "Biodiversidad de suelos y carbono orgánico en suelos: cómo mantener vivas las tierras áridas". *Iniciativa global para las tierras áridas*[en línea], 2018 (Suiza), pp 1-24. [Consulta: 18 diciembre 2019]. ISBN 9782831718910. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-004-Es.pdf>

LEYVA, S., et al. "Propiedades de los suelos en diferentes usos agropecuarios , Las Tunas , Cuba". *Ciencias Agrícolas* [en línea], 2018 (Cuba), 34 (1), pp. 36-47. [Consulta: 19 octubre 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/326072832_Propiedades_de_los_suelos_en_diferentes_usos_agropecuarios_Las_Tunas_Cuba.

LIS-GUTIERREZ, et al. "Soils and land use in the study of soil organic carbon in Colombian

highlands catena". *Auc Geographica* [en línea], 2019 (Colombia), 54,(1), pp. 15-23. [Consulta: 7 octubre 2019]. ISSN 0300-5402. Disponible en: <http://www.aucgeographica.cz/index.php/aucg/article/view/110>

LLAMBÍ, L.D., et al. *Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos* [en línea]. Quito-Ecuador: Condensan, 2012. [Consulta: 24 septiembre 2019]. ISBN 9789942115492. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56477.pdf>.

MACHADO, G. *Medida de la conductividad eléctrica aparente del suelo por inducción electromagnética y variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo* [en línea]. Universidad de Santiago de Compostela, Galicia-España, 2015. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=oAbR9_kHGnsC&pg=PA21&dq=conductividad+electrica+de+suelos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwie8YGD07XIAhWSrFkKHf9UCyAQ6AEIJzAA#v=onepage&q=conductividad eléctrica de suelos&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=oAbR9_kHGnsC&pg=PA21&dq=conductividad+electrica+de+suelos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwie8YGD07XIAhWSrFkKHf9UCyAQ6AEIJzAA#v=onepage&q=conductividad%20electrica%20de%20suelos&f=false).

MAE. Mapa de Vegetación del Ecuador Continental. [en línea]. 2012. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/mapa-de-vegetacion-del-ecuador-continental/>.

MARTINEZ, et al. "Carbono orgánico y propiedades del suelo". *J. Soil Sc. Plant Nutr* [en línea], 2008(Chile) , 8(1), pp. 68-96. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcsuelo/v8n1/art06.pdf>.

MAURETTE, S.J., et al. "Comparación de dos métodos para la determinación de la densidad aparente". *XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo* [en línea], 2012, (Buenos Aires). [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/comparacion-dos-metodos-determinacion-t31133.htm>.

MENA, P. & HOFSTEDE, R. "Los páramos ecuatorianos". *EcoCiencia* [en línea]. 2006, (Perú), pp. 91-109. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: [http://beisa.dk/Publications/BEISA Book pdfer/Capitulo 06.pdf](http://beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf).

MENA, P., et al. Los suelos del páramo [en línea]. 2da ed. Quito-Ecuador: Abda Yala, 2000 ISBN 9978045910. [Consulta: 6 noviembre 2019]. Disponible en: <https://es-static.z-dn.net/files/d5c/a9751b4293c82c26ef428db85b953254.pdf>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE & ONU-REDD. *Manual de Campo proyecto Evaluación Nacional Forestal y el programa nacional conjunto Bajo la cooperación del Programa «Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático»* [en línea]. 2012. S.l.: s.n. [Consulta: 6 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Manual-2012-Bosques-liviano-9.pdf>.

MOGOLLÓN, P. "Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal en la Península de Paraguaná, Venezuela". *Multiciencias* [en línea], 2015 (Venezuela), 15(3), pp. 271-280. [Consulta: 17 diciembre 2019]. ISSN 1317-2255. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/294431154_Carbono_organico_del_suelo_en_un_gradiente_altitudinal_en_la_Peninsula_de_Paraguana_Venezuela

MORENO, R. & IBAÑEZ, A. *Determinación de la materia orgánica y mineral de un suelo por calcinación* [en línea]. 2017. [Consulta: 6 octubre 2019] Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/82565>.

NAVARRO BLAYA, S. & NAVARRO GARCÍA, G. *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. 3ra. Madrid: 2013. ISBN 978-84-8476-656-5, pp. 123- 165

NAVARRO GARCÍA, G. & NAVARRO BLAYA, S. *Química Agrícola* [en línea]. 3era ed, Madrid: Libro Centro: 2014. [Consulta: 20 noviembre 2019]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=7x1fAAwAAQBAJ&pg=PA556&lpg=PA556&dq=un+ma+l+drenaje+frena+la+descomposición+de+la+MOS&source=bl&ots=0ov9q0PMUF&sig=ACfU3U3wWADySf7a8O_HK8bihBa7wciuhw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwinnPPclvblAhVMq1kKHbS5C04Q6AEwAHoECAkQAQ#v=onepa.

NERHOT, P.R. et. al.. Niveles de materia organica en distintos tipos de manejos. *Brazilian Journal* [en línea], 2018 (Brazil), 4 (7), pp. 3789-3800. Drenaje en suelos agricolas. Disponible en: <http://brjd.com.br/index.php/BRJD/article/view/404/345>.

ORTEGA, L. & SAGADO, L. *Drenaje en suelos agricolas*. [en línea]. Temuco: Mundi, 2001. [Consulta: 20 noviembre 2019]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/9696/CNR-0165.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

PORTA, J.et al. *Introducción a la edafología: uso y protección del suelo* [en línea]. Madrid:

Mundi-Pren, 2008, ISBN 978-84-8476-342-0. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/reader.action?docID=3175738&query=Introducci%25C3%25B3n%25Ba%25Bla%25Bedafolog%25C3%25ADa%253A%25Buso%25By%25Bprotecci%25C3%25B3n%25Bdel%25Buelo>.

PORTA, J., et al. *Edafología. Uso y protección de suelos*. 3^a edición. Madrid, España: Mundo y Prensa, 2013, pp. 135-149.

POULENARD, J., et al. "Runoff and soil erosion under rainfall simulation of Andisols from the Ecuadorian". *Catena* [en línea], 2001 (Ecuador), 45, pp. 185-207. [Consulta: 16 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816201001485>

RAMÍREZ, L.J., et al. "Estimación de la Huella Hídrica y de Carbono en los cultivos comunitarios de Quínoa (*Chenopodium quinoa wild*) correspondientes a la zona central de los andes ecuatorianos". *Anales Científicos* [en línea], 2017 (Ecuador), 78(2), pp. 173. [Consulta: 19 diciembre 2019]. ISSN 0255-0407. Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1054>

REBOLLEDO, S. Conductividad eléctrica y Salinidad [blog]. Colombia: Red agrícola, 2017. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.redagricola.com/cl/conductividad-electrica-salinidad/>.

RODRÍGUEZ, H. *Metodos de análisis de suelos*. 2015, Tercera ed. México: s.n. ISBN 978-607-17-2243-0.

ROJAS, J. & PEÑA, S. Densidad Aparente: Comparación de métodos de determinación en Ensayo de rotaciones en siembra directa. Centro Regional Chaco Formosa [en línea], 2012. [Consulta: 14 noviembre 2019]. Disponible en: www.inta.gov.ar/saenzpe.

RUIZ, V. & HERRERA, A.H. "Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo , en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua". *Ecosistemas* [en línea], 2011 (Nicaragua), 22(3). [Consulta: 14 enero 2020] DOI <https://doi.org/10.5377/farem.v0i11.1605>. Disponible en: <https://www.camjol.info/index.php/FAREM/article/view/1605/1406>.

SALAZAR, D. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC, 2017. ,

SUÁREZ, R. & MEDINA, G. "Vegetation structure and soil properties in Ecuadorian páramo

grasslands with different histories of burning and grazing". *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* [en línea], 2001, 33 (2), pp. 158-164. [Consulta: 25 septiembre 2019]. ISSN 15230430. DOI 10.2307/1552216. Disponible en:

<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/814>

USDA. Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo. [en línea], 1999. [Consulta: 18 diciembre 2019]. Disponible en:

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf.

VARGAS, R. *Guía para la descripción de suelos* [en línea]. Cuarta. Roma: 2009. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/esochsp/detail.action?docID=3202427&query=Gu%25C3%25B3n%2Bde%2Bsuelos>.

VILLARROEL, M., et al. "Almacenamiento de agua y fijación de carbono en reserva ecológica el ángel y su impacto en el uso del suelo". *Figempa: Investigación y Desarrollo* [en línea], 2017 , 1 (1), pp. 42-48. [Consulta: 29 septiembre 2019]. Disponible en: <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/54>

ZÚÑIGA, O., et al. "Assessment of the impact of anthropic activities on carbon storage in soils of high montane ecosystems in Colombia". *Agronomía Colombiana* [en línea], 2013 (Colombia), 31(1), pp. 112-119. [Consulta: 30 octubre 2019].ISSN 0120-9965. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652013000100014

ZÚÑIGA U., et al. Propiedades morfológicas de los suelos asociadas a los ecosistemas de Páramo, Nariño, Sur de Colombia. *Revista Terra Latinoamericana* [en línea], 2018 (Colombia), 36 (2), pp. 183. [Consulta: 29 septiembre 2019]. ISSN 2395-8030. DOI 10.28940/terra.v36i2.363. Disponible en: <http://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/363/392>.