



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA QUÍMICA**

**“ESTIMACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN EL  
SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO ANDINO DE YASIPAN  
Y ATILLO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Presentado para optar al grado académico de:**

**QUÍMICA**

**AUTOR/ES: DUCHE GUAMAN VANESSA BRIGITH**

**LLUGSA PAREDES MAYRA ELIZABETH**

**DIRECTORA: DRA. MAGDY M. ECHEVERRÍA PhD.**

**RIOBAMBA- ECUADOR**

**2020**

**©2020, Vanessa Brighith, Duche Guaman y Mayra Elizabeth, Llugsa Paredes.**

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 del Autor.

Nosotras, VANESSA BRIGITH DUCHE GUAMAN y MAYRA ELIZABETH LLUGSA PAREDES, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnico de Chimborazo.

Riobamba, 30 de enero 2020.



---

Vanessa Brigith Duche Guaman

CI: 060483648-6



---

Mayra Elizabeth Lluga Paredes

CI: 180497114-9

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS**

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, “**ESTIMACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO ANDINO DE YASIPAN Y ATILLO**”, realizado por las señoritas: Vanessa Brighth Duche Guaman y Mayra Elizabeth Lluga Paredes, ha sido revisado minuciosamente 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marlene García. Mg. <b>PRESIDENTA DEL TRIBUNAL</b>		<u>30/01/2020</u>
Dra. Magdy M. Echeverría PhD. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		<u>30/01/2020</u>
Ing. Andrés Beltrán Dávalos <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>		<u>30/01/2020</u>

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiar mi camino, darme salud, fuerza y sobre todo sabiduría en transcurso de mi vida y en mi formación como persona.

A mis padres Segundo y Pastora, por su amor, confianza, consejos, valores y principios que me han inculcado, por su apoyo incondicional a pesar de las dificultades hemos salido adelante juntos en el transcurso de la vida.

A mi hermana Alexandra por ser mi motivo a salir adelante que con su amor y su cariño siempre estuvo conmigo, a mis sobrinos Elián y Bianca quienes son mi inspiración y cuñado Luis por su apoyo durante este proceso.

**Vanessa**

A Dios, centro de mi existencia, por haberme permitido tener a mi lado una familia, que gracias a su apoyo incondicional pude cumplir un logro más en mi vida.

A mis padres, Julio y María, a mi hermano Cristian que día tras día lucharon por mi bienestar, brindándome amor, comprensión, paciencia, por estar a mi lado durante mi vida estudiantil siempre velando por mi bienestar y educación, siendo mi soporte en todo momento, depositando su confianza en cada reto que se me presentaba dándome fuerza y valor para seguir adelante.

**Mayra**

## AGRADECIMIENTO

A mis padres Segundo y Pastora, hermana Alexandra por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente todos estos años. A mis padrinos, tíos, primos y amigos por sus consejos brindados.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitir formarme como profesional y la Facultad de Ciencias y Escuela de Ciencias Químicas.

A mi tutora Dra. Magdy Echeverría por permitir realizar el trabajo de investigación en el grupo de Investigación GIDAC.

Al Ing. Andrés Beltrán como miembro de nuestra tesis, de igual manera al Ing. Carlos Bonilla, Ing. José Luis Herrera, Ing. Franklin Cargua, Ing. Jorge Ilbay, Ing. Diego Damián, Ing. Bryan Barragán, por compartir sus conocimientos para desarrollar el presente trabajo.

**Vanessa**

Mis más sinceros agradecimientos, gratitud y cariño a mis padres Julio y María por el esfuerzo que hicieron por darme una profesión, gracias por los sacrificios y paciencia que demostraron todos estos años.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitir formarme como profesional y la Facultad de Ciencias y Escuela de Ciencias Químicas.

A mi tutora Dra. Magdy Echeverría por permitir realizar el trabajo de investigación en el grupo de Investigación GIDAC.

Al Ing. Andrés Beltrán como miembro de nuestra tesis, de igual manera al Ing. Carlos Bonilla, Ing. José Luis Herrera, Ing. Franklin Cargua, Ing. Jorge Ilbay, Ing. Diego Damián, Ing. Bryan Barragán, por compartir sus conocimientos para desarrollar el presente trabajo.

**Mayra**

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Antecedentes.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2. Bases Teóricas.....</b>	<b>7</b>
<i>1.2.1. Cambio Climático.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.2. Gases de efecto invernadero.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.4. Ecosistema de Páramo.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.4.1. Tipos de Páramos en Ecuador.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.4.2. Tipos Páramos en la provincia de Chimborazo.....</i>	<i>9</i>
<i>1.2.5. Servicios ecosistémicos.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2.6. Suelo.....</i>	<i>13</i>
<i>1.2.6.1. Componentes del suelo.....</i>	<i>13</i>
<i>1.2.6.2. Suelo de páramo.....</i>	<i>14</i>
<i>1.2.6.3. Química del suelo.....</i>	<i>14</i>
<i>1.2.6.4. Materia orgánica del suelo.....</i>	<i>14</i>
<i>1.2.7. Geologías en el lugar de estudio.....</i>	<i>15</i>
<i>1.2.8. Propiedades del suelo.....</i>	<i>17</i>
<i>1.2.8.1. Propiedades físicas.....</i>	<i>17</i>
<i>1.2.8.2. Propiedades químicas.....</i>	<i>17</i>
<i>1.2.9. Carbono.....</i>	<i>18</i>

1.2.9.1.	<i>Ciclo del carbono</i> .....	18
1.2.9.2.	<i>Secuestro del carbono</i> .....	18
1.2.10.	<i>Carbono en la vegetación</i> .....	19
1.2.11.	<i>Método para la determinar carbono</i> .....	19
<b>1.3.</b>	<b>Bases Conceptuales</b> .....	<b>20</b>
<b>1.4.</b>	<b>Bases legales</b> .....	<b>22</b>

## CAPITULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1</b>	<b>Área de estudio</b> .....	<b>24</b>
<b>2.2.</b>	<b>Población y muestra</b> .....	<b>26</b>
2.2.1.	<i>Población</i> .....	26
2.2.2.	<i>Muestra</i> .....	26
<b>2.3.</b>	<b>Tipo y diseño de la investigación</b> .....	<b>27</b>
2.3.1.	<i>Por el método de Investigación (Tipos de datos a Analizar)</i> .....	27
2.3.1.1.	<i>Cuantitativa</i> .....	27
2.3.1.2.	<i>Correlacional</i> .....	27
2.3.1.3.	<i>Deductivo</i> .....	28
<b>2.4.</b>	<b>Variables</b> .....	<b>28</b>
2.4.1.	<i>Diseño Experimental</i> .....	29
2.4.2.	<i>Selección de la muestra</i> .....	29
<b>2.5.</b>	<b>Metodología</b> .....	<b>30</b>
2.5.1.	<i>Métodos y técnicas</i> .....	31
2.5.1.1.	<i>Métodos</i> .....	31
2.5.1.2.	<i>Técnicas</i> .....	37
2.5.2.1.	<i>Suma de cuadrados de tipo III: marginal y ortogonal</i> .....	48
2.5.2.2.	<i>Prueba de Normalidad de Anderson – Darling</i> .....	50
2.5.2.3.	<i>Prueba de Wilcoxon Prueba Kruskal-Wallis</i> .....	50
2.5.3.	<i>Mariales y equipos</i> .....	51



### **CAPITULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
<b>3.4.</b>	<b>Estadísticos descriptivos .....</b>	<b>53</b>
<b>3.4.1.</b>	<i>Estadísticos descriptivos del suelo .....</i>	<i>53</i>
<b>3.4.2.</b>	<i>Estadístico descriptivo de Biomasa Aérea .....</i>	<i>63</i>
<b>3.4.3.</b>	<i>Estadístico descriptivo de Biomasa de Subterránea .....</i>	<i>64</i>
<b>3.5.</b>	<b>Análisis estadístico- ANOVA de Carbono de Suelo.....</b>	<b>65</b>
<b>3.1.1.</b>	<i>Gráficos de Efectos de los Factores Significativos .....</i>	<i>67</i>
<b>3.6.</b>	<b>Análisis estadístico- ANOVA de Carbono Orgánico de Biomasa Aérea .....</b>	<b>70</b>
<b>3.6.1.</b>	<i>Gráficos de Efectos de los Factores Significativos de Biomasa Aérea .....</i>	<i>71</i>
<b>3.7.</b>	<b>Análisis estadístico- ANOVA para Carbono Orgánico de Biomasa Subterránea.....</b>	<b>73</b>
<b>3.7.1.</b>	<i>Gráficos de Efectos de los Factores Significativos de Biomasa Subterránea .....</i>	<i>74</i>
<b>3.8.</b>	<b>Comparación entre COT de Biomasa Aérea, Biomasa Subterránea y Suelo .....</b>	<b>75</b>
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>79</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Tipos de páramos existentes en Chimborazo .....	9
<b>Tabla 2-1:</b> Descripción de Geologías .....	15
<b>Tabla 3-1:</b> Comportamiento de Carbono en Biomasa.....	19
<b>Tabla 4-1:</b> Extensión de los ecosistemas de páramos en los Andes .....	21
<b>Tabla 1-2:</b> Permeabilidad, área de extensión de la zona de muestreo, parcelas .....	30
<b>Tabla 2-2:</b> Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH.....	40
<b>Tabla 3-2:</b> Clases de textura de suelos .....	45
<b>Tabla 4-2:</b> Caracterización del suelo de acuerdo a sus contenidos de materia orgánica (bajo, medio o alto) .....	46
<b>Tabla 5-2:</b> Cálculo de Tabla ANOVA.....	50
<b>Tabla 1-3:</b> Resumen descriptivo de los factores Conductividad de Suelo Húmedo y Seco .....	59
<b>Tabla 2-3:</b> Estadístico de Prueba para Carbono de Suelo .....	65
<b>Tabla 3-3:</b> Mejor ANOVA .....	66
<b>Tabla 4-3:</b> ANOVA de Carbono Orgánico de Biomasa Aérea .....	70
<b>Tabla 5-3:</b> Mejor ANOVA para Biomasa Aérea .....	71
<b>Tabla 6-3:</b> ANOVA para Carbono Orgánico de Biomasa Subterránea.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Distribución de los páramos en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú .....	21
<b>Figura 1-2:</b>	Colocar las coordenadas en el Geoposicionador.....	31
<b>Figura 2-2:</b>	Muestra de suelo.....	32
<b>Figura 3-2:</b>	Perforación con el barreno y recolección de muestras de suelo .....	34
<b>Figura 4-2:</b>	Toma de muestras con cilindros .....	35
<b>Figura 5-2:</b>	Cuadro 50 x 50 para la toma de muestra de biomasa.....	36
<b>Figura 6-2:</b>	Toma de muestras de biomasa subterránea (raíces).....	37
<b>Figura 7-2:</b>	Peso de Biomasa aérea (paja).....	39
<b>Figura 8-2:</b>	Peso de las raíces en la balanza analítica .....	40
<b>Figura 9-2:</b>	Medición de pH.....	41
<b>Figura 10-2:</b>	Medición de conductividad .....	42
<b>Figura 11-2:</b>	Medición de color.....	43
<b>Figura 12-2:</b>	Muestras de suelo secas.....	43
<b>Figura 13-2:</b>	Tamizado de muestras de suelo .....	44
<b>Figura 14-2:</b>	Análisis de Materia orgánica, por el método de ignición.....	47

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b>	Composición de un suelo normal.....	13
<b>Gráfico 2-1:</b>	Composición del suelo de páramo .....	13
<b>Gráfico 1-2:</b>	Mapa Zona de estudio Yasipan y Atillo dentro de la Parroquia Cebadas .....	24
<b>Gráfico 2-2:</b>	Estructura del Conglomerado.....	33
<b>Gráfico 1-3:</b>	Mapa de los puntos de Muestreo.....	53
<b>Gráfico 2-3:</b>	Estadístico descriptivo de la Profundidad de las muestras .....	54
<b>Gráfico 3-3:</b>	Descriptivo estadístico del Piso Altitudinal .....	55
<b>Gráfico 4-3:</b>	Estadístico descriptivo de la Densidad Aparente del Suelo .....	56
<b>Gráfico 5-3:</b>	Estadístico descriptivo del pH del Suelo Húmedo y pH del Suelo Seco .....	57
<b>Gráfico 6-3:</b>	Estadístico descriptivo del Color de las muestras .....	60
<b>Gráfico 7-3:</b>	Estadístico descriptivo de la Textura del suelo .....	61
<b>Gráfico 8-3:</b>	Estadístico descriptivo del Porcentaje de Carbono Orgánico del Suelo .....	62
<b>Gráfico 9-3:</b>	Estadístico descriptivo del Porcentaje de Carbono Orgánico de Biomasa Aérea .....	63
<b>Gráfico 10-3:</b>	Estadístico descriptivo del Porcentaje de Carbono Orgánico de Biomasa Subterránea .....	64
<b>Gráfico 11-3:</b>	Efectos del Lugar .....	67
<b>Gráfico 12-3:</b>	Efectos del factor Profundidad.....	68
<b>Gráfico 13-3:</b>	Efectos del factor Piso Altitudinal .....	69
<b>Gráfico 14-3:</b>	Efectos del factor Piso Altitudinal .....	71
<b>Gráfico 15-3:</b>	Contenido de Carbono Orgánico de Biomasa Subterránea con respecto al Lugar ..	74
<b>Gráfico 16-3:</b>	Comparación entre COT de Biomasa Aérea, Biomasa Subterránea y Suelo .....	76

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO**

**ANEXO B. TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO**

**ANEXO C. ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO**

**ANEXO D. QUEMA DE PÁRAMOS**

**ANEXO E. PERMISOS DEL MAE**

**ANEXO F. REPORTE DEL URKUND**

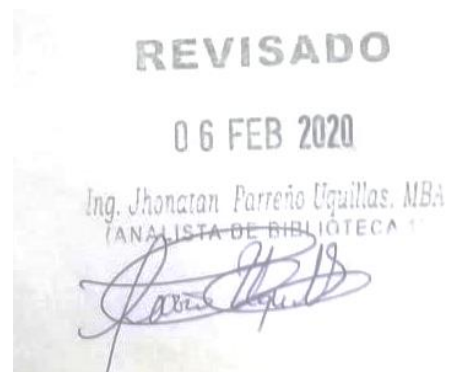
## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>C:</b>	Carbono
<b>CE:</b>	Conductividad eléctrica
<b>pH:</b>	Potencia de hidrógeno
<b>CO:</b>	Carbono Orgánico
<b>COS:</b>	Carbono Orgánico del Suelo
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Dióxido de carbono
<b>COT:</b>	Carbono Orgánico Total
<b>Da:</b>	Densidad Aparente
<b>ESPOCH:</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<b>GIDAC:</b>	Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente Y Cambio Climático
<b>GEI:</b>	Gases de efecto invernadero
<b>GPS:</b>	Geoposicionador
<b>GTP:</b>	Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador
<b>LOI:</b>	Loss on ignition (perdida por ignición)
<b>MAE:</b>	Ministerio del Ambiente del Ecuador
<b>MO:</b>	Materia orgánica
<b>m.s.n.m:</b>	Metros sobre nivel del mar
<b>n:</b>	Tamaño de muestra

## RESUMEN

El cambio climático es un problema que va en aumento por la liberación de los gases de efecto invernadero hacia la atmósfera. El presente estudio realizado en Yasipan y Atillo es para estimar la cantidad de Carbono Orgánico Total (COT) en el Suelo a dos profundidades de 0-30cm y 30-60cm (protocolo GIDAC) y Biomosas: aérea (paja) y subterránea (raíz de paja) mediante un muestreo factorial fijo balanceado complementario al azar, con 72 puntos de monitoreo, a 4 altitudes que van desde 3400 a 4200m.s.n.m, se tomaron 4 muestras: 2 de biomasa(paja y raíz de paja) y 2 de suelo, las cuales se analizaron mediante el método Loss Ignition para suelo y por pérdida de humedad para biomosas. El análisis realizado por el modelo estadístico ANOVA con Suma de cuadrados tipo III nos indica que los valores del COT de suelo son significativos en el factor profundidad, piso altitudinal y lugar de estudio; para Biomasa Aérea el piso altitudinal y Biomasa Subterránea el lugar de investigación. El COS en Atillo es 12% en Yasipan 2,5%, con respecto a la profundidad se halla 0-30cm (7,5%) y de 30-60cm (8,5%), en la altitud 4000 a 4200 m.s.n.m tiende a un incremento de COT (11%). Ya que los valores de COT en relación a la profundidad se podría indicar que son relativamente cercanos, pero su diferencia estadística es significativa. Se rechaza la hipótesis nula, por tanto, el contenido de COT en Biomasa en Atillo y Yasipan es alto en comparación al contenido de COT del suelo de los dos lugares. Este estudio permitió comprender que el suelo de Páramo Andino y biomosas son sumideros de carbono naturales contribuyendo a mitigar el cambio climático.

**Palabras claves:** <PÁRAMO ANDINO>, <CARBONO ORGÁNICO TOTAL>, <SUELO>, <BIOMASA>, < PISO ALTITUDINAL>



## SUMMARY

Climate change is a problem that is increasing due to the release of greenhouse gases into the atmosphere. The present study carried out in Yasipan and Atillo is to estimate the amount of Total Organic Carbon (TOC) in the soil at two depths of 0-30cm and 30-60cm (GIDAC protocol) and Biomass: aerial (straw) and underground (root of straw) through a randomized complementary fixed factorial sampling, with 72 monitoring points, at 4 altitudes ranging from 3400 to 4200 meters above sea level, 4 samples were taken: 2 biomass (straw and straw root) and 2 soil, which were analyzed using the Loss Ignition method for soil and loss of moisture for biomass. The analysis carried out by the statistical model ANOVA with sum of squares type III indicates that the values of the TOC of soil are significant in the depth factor, altitudinal floor and place of study; for Biomass Area the altitudinal floor and Underground Biomass the research site. The COS in Atillo is 12% in Yasipan 2.5%, concerning the depth it is 0-30cm (7.5%) and 30-60cm (8.5%), at altitude 4000 to 4200 meters above sea level to an increase in TOC (11%). Since the TOC values to depth could indicate that they are relatively close, but their statistical difference is significant. The null hypothesis is rejected, therefore, the TOC content in biomass in Atillo and Yasipan is high compared to the TOC content of the soil in both places. This study allowed us to understand that the soil of Paramo Andino and Biomass are natural carbon sinks contributing to mitigate climate change.

**KEYWORDS:** <PARAMO ANDINO>, <TOTAL ORGANIC CARBON>, <SOIL>, <BIOMAS>, <ALTITUDINAL FLOOR>.





## INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un problema que se observa claramente en los tiempos actuales, este cambio representa un problema importante que la sociedad deberá resolver para la conservación de la vida en la tierra, para llegar a mitigar el cambio climático se requiere un estudio minucioso de las formas y dinámicas que se encuentra el carbono en los suelos de páramos (Burbano, 2018, p.84).

Páramo Andino se refiere a ecosistemas de alta montaña que van desde los 3000 hasta los 4800 m.s.n.m, brinda servicios ambientales (fuente de agua), servicios climáticos (aumento de la temperatura y nubosidad) y la captura del carbono en los suelos y biomasa. El suelo es uno de los elementos principales que sustenta la vida en la Tierra, por lo tanto, se dice que la vida está directamente relacionada con el suelo, este ha sido estudiado por varios años de tal manera que en la actualidad se ha observado cambios que amenazan el lugar. El suelo es un reservorio de carbono orgánico de igual forma mayor fuente de CO<sub>2</sub> atmosférico este se produce mediante un proceso llamado respiración de suelo y la biomasa es un elemento que se conoce poco de tal manera que se le conoce a la vegetación que está por encima o por debajo de la superficie del suelo, existen pocos estudios que le relacionen a la biomasa directamente con el páramo andino (Burbano, 2018, p.86).

De los 72 puntos de monitoreo por barrenación se recolecto 144 muestra de suelo en total a diferentes profundidades 0-30cm y 30-60cm, también se obtienen muestras de biomasa subterránea (raíz) tomando muestras de 30x10cm de volumen de suelo y para la recolección de la biomasa aérea (paja) se toma una muestra de paja mediante un cuadro de madera de 50x50cm. Se realizó los análisis físico-químicos en el laboratorio pH, conductividad, color, textura y carbono orgánica total por el método Loss Ignition para suelo y para biomasa por el método por pérdida de humedad.

Según el análisis estadístico los valores de contenido de Carbono Orgánico Total están directamente relacionadas con el lugar de estudio, la profundidad y piso altitudinal indicando que para estas variables los valores son significativos para explicar el porcentaje de Carbono Orgánico de Suelo, así mismo considerando el piso altitudinal en los 3800 a 4000 m.s.n.m que es significativo para el contenido de carbono orgánico para biomasa aérea (paja), siendo también el lugar una variable significativa para el contenido de carbono orgánico para la biomasa subterránea (raíz)

Los datos obtenidos demuestran que el mayor contenido de CO se encuentra en biomasa aérea (paja) una cantidad media en biomasa subterránea (raíz) y en menor cantidad en el suelo, este estudio permite comprender que tanto el suelo de páramo como la biomasa, son sumideros de carbono naturales contribuyendo a mitigar el cambio climático.

## **Problema**

La pérdida de Carbono Orgánico está dando como resultado la degradación de suelo, mediante estudios se observó el cambio en las propiedades físicas (humedad, textura, color y densidad) y químicas (pH, conductividad y carbono orgánico), identificando las causas propias existentes del lugar de estudio, como aumento de la ganadería y quema de paja estas actividades liberan el CO<sub>2</sub> aumentando los gases de efecto invernadero que son los responsables de la degradación de la atmósfera y por lo tanto el efecto del cambio climático, considerando que una parte de la zona de estudio mencionada está dentro del área protegida del Parque Nacional Sangay.

En los sectores de estudio Yasipan y Atillo la quema de la vegetación (paja) genera un problema que no permite la regeneración natural de la vegetación nativa, pérdida de la biodiversidad, contaminación del agua y degradación del suelo, también es un problema en la zona alta y baja de la montaña debido al aumento del ganado donde los pobladores buscan mejorar la calidad del pasto para el consumo de los animales domésticos de esta zona; la quema de la paja se ha convertido en la principal amenaza de estos páramos andinos, por lo tanto, disminuye la captura de carbono orgánico en los suelos, como consecuencia el contenido de carbono orgánico en el perfil de la superficie empieza a perder sus propiedades.

¿Cuál es la estimación de carbono orgánico que existe en el suelo y biomásas del Páramo Andino de Yasipan y Atillo de la parroquia Cebadas?

## **Justificación**

Los páramos son importantes para la vida porque sus principales funciones: la mitigación y adaptación del cambio climático, la concentración del carbono orgánico en el suelo, gran fuente de agua dulce ya que son ideales para recoger filtrar y regular el agua que llega por las lluvias, neblinas y deshielos, posee una biodiversidad única que otros ecosistemas no tienen, absorber y almacenar el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de las emisiones gaseosas producidas por las diferentes actividades humanas, la disminución de espacio del páramo representaría una reducción de absorción, esto significaría un problema al observar el aumento de los efectos del cambio climático que atraviesa el planeta Tierra en los tiempos actuales (Mena, 2009, p.507). Sin embargo, Yasipan y Atillo son páramos vulnerables ya que se encuentra en la entrada del Parque Nacional Sangay, en donde se realiza quemadas

de pajonal, pastoreo y la deforestación en la actualidad está llevando al deterioro del suelo, agua y vegetación.

Los suelos de páramo son almacenes de carbono y también una gran fuente de CO<sub>2</sub> atmosférico, estos suelos tienen concentración de materia orgánica que se pueden encontrar a diferentes profundidades, al igual que la biomasa vegetal (área y subterránea) también es un sumidero de este elemento. (Medina, 1999, p.57).

Por lo tanto, se llevó a cabo la presente investigación que tiene como objetivo principal estimar el contenido de carbono orgánico total en el suelo y biomasa de Páramo Andino en los sectores Yasipan y Atillo, ubicados en la Parroquia Cebadas, Cantón Guamote, Provincia Chimborazo.

El Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) realiza este tipo de estudio, determina el almacenamiento de carbono orgánico en los suelos de páramos mediante la medición y monitoreo de la cantidad de materia orgánica, utilizando diferentes metodologías cualitativas como cuantitativas.

El estudio realizado puede ser utilizado como reportes locales e internacionales sobre la obtención del contenido de carbono presente en los páramos, este dato ayudara en la toma de decisiones en la conservación y manejo de los recursos del sector (agua, suelo y vegetación natural) a mediano y largo plazo y de igual manera plantea buscar opciones de mitigación y adaptación al cambio climático en los ecosistemas del páramo de los sectores de Yasipan y Atillo

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Estimar la cantidad de carbono orgánico total en suelo y biomasa del Páramo Andino en Yasipan y Atillo, ubicados en la parroquia Cebadas, Cantón Guamote

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la cantidad de carbono orgánico en muestras de suelo de Páramo Andino, por el método LOI en Yasipan y Atillo.
- Determinación la cantidad de carbono orgánico en biomasa de Páramo Andino en Yasipan y Atillo.
- Comparar el contenido de carbono orgánico presente en el suelo y biomasa del Páramo Andino de Yasipan y Atillo.

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis Nula**

- No existe una diferencia significativa entre la cantidad de carbono orgánico presente en el suelo del páramo andino con la cantidad de carbono orgánico existente en la biomasa de Atillo y Yasipan

### **Hipótesis Alternativa**

- Existe una diferencia significativa entre la cantidad de carbono orgánico presente en el suelo del páramo andino con la cantidad de carbono orgánico existente en la biomasa de Atillo y Yasipan.

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes

Los páramos forman parte de una eco-región neotropical de altura, se encuentra distribuido a lo largo de los Andes húmedos entre Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela llegando hasta Costa Rica y Panamá. Los páramos tienen una principal importancia para millones de personas que representa una variedad de significados y valores; territorios sagrados para los pueblos indígenas, actividades económicas, hábitat de las especies del lugar, espacios de servicios ambientales (principalmente agua), sus servicios climáticos (el aumento de la temperatura y nubosidad) y como función principal del suelo de los páramos la captura del carbono en los suelos y biomasa (Hofstede, et al., 2014, p.8)

El páramo andino se conoce como un ecosistema importante por los servicios que presenta: la regulación hídrica, acumulación de carbono orgánico en la biomasa en la materia orgánica que están presentes en el suelo (Echeverría, et al., 2013, p.10).

El suelo de páramo es un elemento poco conocido y subvalorado, donde su comportamiento es primordial para la actividad de las funciones del páramo, lo cual el uso de suelo del ecosistema alto andino es un factor determinante del cambio del área que cubre el paisaje de este lugar (Vega,2000, pp.5-47).

La cobertura vegetal biomasa (área –paja) demuestra que es un indicador del estado de degradación y/o conservación ambiental en un área específica (Cargua, et al., 2018, p.1).

Según estudios realizados la altitud es uno de los factores significativos en medida que el piso altitudinal es más alto el contenido de carbono orgánico va aumentando y el contenido de carbono más bajo da en los rangos inferiores (Echeverría, et al., 2013, p.7).

En el Ecuador los páramos abarcan una extensión de 12.650km<sup>2</sup> aproximadamente, en el cual habitan cerca del medio millón de personas. Estos páramos brindan servicios ambientales debido a sus características ecológicas únicas, pero por acciones del hombre como la quema, pastoreo entre otras están destruyendo esta zona ecológica natural. El páramo genera servicios ambientales como

almacenamiento de agua y el almacenamiento de carbono atmosférico que ayuda evitar el cambio climático (GTP, 2008, p.27).

El río principal de la Cuenca del Río Chambo es el Río Chambo, se considera desde el Inicio del Río Yasipan que uniéndose con el Río Ozogoché, forman el Río Cebadas, el agua que desciende al unirse con el Río Guamote llevando el nombre de Río Chambo, hasta la unión con el Río Patate, por lo tanto, el Río Chambo cuenta con 30 afluentes en total (Bautizo, 2012, p.35).

El paso interandino es caracterizado por poseer suelos de origen volcánico por que el Ecuador cuenta con volcanes activos y no activos en la cordillera de los Andes, representando menos del 1% del área de la superficie, demostrando un contenido alto en humedad y buena capacidad de retención, baja densidad aparente, esto es gracias al alto contenido de carbono orgánico en los suelos. Los suelos de la cordillera andina poseen sustancias carbónicas tales como biomasa microbiana, restos vegetales y animales en descomposición todo esto está presente en el área de estudio del Parque Nacional Sangay (Cargua, et al, 2018, p.409).

Los suelos de cenizas volcánicas contienen grandes cantidades de materia orgánica del suelo (MOS) por unidad de área, de tal forma, que forman fuentes importantes o sumideros del dióxido de carbono del gas del efecto invernadero. Los suelos se convierten en carbono neto fuente o sumidero con el cambio climático y uso de la tierra de acuerdo con la estabilidad de MOS en contra de la descomposición que está influenciado por los mecanismos de estabilidad del suelo (F.H. Tonnejcka,2010, p.392).

Las diferentes actividades del ser humano, por ejemplo, la ganadería disminuye el contenido de carbono que almacena el páramo, por otro lado, la eliminación de la vegetación nativa reduce la entrada de materia orgánica en suelos y aumenta la tasa de descomposición de residuos vegetales. Otro motivo es la agricultura proporciona desintegración y emisión de carbono almacenado en el suelo (Castañeda, et al., 2017, p.216).

El contenido de la materia orgánica (MO) del suelo da un dato muy importante para el estudio de la dinámica del carbono (C) de esta manera permite valorar los efectos y cambios que sufre el suelo por los diferentes usos que se le da. El carbono orgánico total (COT) es el elemento que se produce por la mayor cantidad de la materia orgánica que se encuentre en el suelo, de tal manera es importante y necesario tener métodos precisos y rápidos para la cuantificación del COT (De Vos, et al., 2005, p.161)

El método de calcinación o pérdida de peso por ignición (LOI), permite cuantificar el contenido de MO a partir de diferencias gravimétricas, después de ser sometida la muestra a elevadas temperaturas

durante un tiempo determinado. LOI se ha dicho que es menos costoso, la cual permite realizar monitoreos del contenido de MO del suelo (Rosell, et al., 2001, pp. 311-322).

Las concentraciones de carbono en el suelo (%C) son significativamente a mayor rango altitudinal encontrando más contenido de Carbono orgánico. Con respecto a las unidades geológicas y pisos altitudinales se ha encontrado poca información de cómo se almacena el carbono orgánico de acuerdo a estas variables (Minaya, et al, 2016, p.593)

Por lo general, los estudios de carbono en suelo de páramo son pocos, a pesar que es muy importante en la dinámica del carbono de la tierra. Sería importante utilizar diferentes medidas de carbono en la profundidad, de igual manera realizar estimaciones de carbono en las turberas, sitios deforestados para ver qué posibilidades existe en este ecosistema de la reducción de gases de efecto invernadero (Castañeda, et al, 2017, p.219).

## **1.2. Bases Teóricas**

### ***1.2.1. Cambio Climático***

El cambio climático se define como un cambio del clima de manera directa o indirectamente a la actividad que realiza la humanidad, altera a la composición de la atmosfera mundial, que produce cambios al clima natural y se ha podido observar con el pasar de los tiempos que no es igual. El sistema de cambio climático es un sistema complejo e interactivo, formado por la atmosfera, la superficie terrestre, la nieve y el hielo, los océanos y otros de cámaras de agua y los seres vivos. Es decir, este sistema está constantemente evolucionando por sus propiedades dinámicas internas y los factores externos denominado forzamiento. La radiación solar es la fuente de energía principal del sistema climático, consecuente a ello se produce directa o indirectamente al clima (Le Treut H, 2007, p.19).

En los últimos 65 millones de años, el sistema climático del planeta Tierra ha experimentado cambios seguidamente, pasando por varios periodos extremos de frio con capas de hielo continental a casquetes polares (Zachos, et al., 2001, p.19).

El cambio climático en general es uno de los problemas ambientales que afronta la sociedad a nivel mundial de tal manera, que trae consigo el aumento de la temperatura a medio planeta, como consecuencia del incremento de origen antrópico de los gases de efecto invernadero (GEI), el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, metano CH<sub>4</sub> y óxido de nitrógeno N<sub>2</sub>O (Burbano, 2018, p.84), cuya función de almacenar

el carbono en la dinámica del suelo es muy importante y con el pasar de los años hasta llegar a décadas ira cambiando hasta llegar a un preocupación mundial por la presencia de este fenómeno (Vela, et al., 2012, pp. 18.30).

### ***1.2.2. Gases de efecto invernadero***

Los gases de efecto invernadero (GEI) son gases atmosféricos que atrapan la radiación emitida por la tierra, con el tiempo se encuentra en un equilibrio entre el consumo y la producción presentándose en concentración atmosférica relativamente constante. La concentración de estos gases ha aumentado en el último siglo como consecuencia principal es por el consumo de combustibles fósiles (en su mayor parte de CO<sub>2</sub>) y por la parte de la productividad silvoagropecuaria (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) estos contribuyen más del 25% al efecto invernadero (Janssens, 2017, pp. 17-12-14), la quema de residuos agrícolas contribuye al acumulamiento de GEI, llevando carbono del suelo hacia la atmosfera en forma de anhídrido carbónico (Ruiz, 2015, p.17).

### ***1.2.3. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)***

El dióxido de carbono, se libera como un compuesto residual en la combustión de la materia orgánica. Este gas ha sido tomado como criterio primordial a nivel mundial, por lo tanto, es un gas de efecto invernadero, la constante presencia en la atmósfera evita que el calor ingrese directamente a la tierra. La presencia del exceso del dióxido de carbono en la atmósfera es responsabilidad humana, porque la concentración ha aumentado masivamente desde la actividad de las industrias, que ha incrementado el nivel de temperatura media a la tierra, fenómeno a la cual se denomina calentamiento global (Ruiz, 2015, p.18).

### ***1.2.4. Ecosistema de Páramo***

Se define como un ecosistema natural de mayor altitud y mayor irradiación solar en el mundo, tiene una flora muy rica en comparación a los demás ecosistemas de alta montaña. Posee una diferencia de 20° entre el día y la noche, pero no hay diferencia entre “invierno y verano”. Se puede decir que seis de cada diez especies de plantas no se desarrollan en ningún otro bioma, esto le da un valor de importancia para los ecosistemas. Diversos páramos y sus similares en otros continentes tienen condiciones geológicas especiales (Hofsetede, et al., 2014, p.12).



“De acuerdo con la Ley de Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Ecuador define como *Páramo*”: es el ecosistema tropical alto andino que se extiende aproximadamente desde los Andes Septentrionales, entre el cual o potencial limita superior del bosque andino cerrado y la línea de nieve perpetua, caracterizado por una vegetación dominante no arbórea, que incluye los fragmentos de bosque nativo propio, al norte con una latitud de 3°00’ y a 3.500 m.s.n.m y al sur a 3.000 m.s.n.m.. El concepto “páramo” es un término tan complejo para definirlo. El páramo es un ecosistema, un paisaje, un bioma, un área geográfica, una zona de vida, un espacio de producción, incluso se puede decir que es un estado del clima (Hofsetede, et al., 2014, p.14).

#### 1.2.4.1. Tipos de Páramos en Ecuador

Los páramos en el Ecuador ocupan aproximadamente alrededor de 1.250.000ha de territorio a nivel nacional esto equivale a un 6% de territorio de ecosistema de páramo, de esta manera al país se reconoce como un sitio que contienen más páramos, por la extensión de territorio que ocupa. En el Ecuador se encuentra una altitud de 3.500m. como límite inferior, pero las condiciones geológicas, las climáticas y las antropológicas hacen que el límite varié mucho y se logre encontrar páramos desde los 2.800m, en especial al sur del país o también bosques cerrados que llegan hasta los 4.000m (Medina, 2001, pp.301-302)

Los páramos también pueden ser estudiados como unidad geológica análoga, con la variedad de ecosistema que posee de acuerdo a la existencia de los páramos se hallan diferentes formas, por ejemplo, los páramos secos y otros páramos húmedos, los cuales permite clasificarlos en diferentes tipos de páramos entre ellos (Hofsetede, et al., 2003, p.99).

#### 1.2.4.2. Tipos Páramos en la provincia de Chimborazo

**Tabla 1-1:** Tipos de páramos existentes en Chimborazo

Provincia	Tipo de páramo	Hectáreas
Chimborazo	Páramos de Pajonal	184.757
	Páramo Herbáceo de Almohadilla	3.660
	Páramo Seco	1.464
	Páramo sobre Arenales	2.666
	Superpáramo	2.148
	Áreas diferentes a páramo	458.012

Fuente: (Hofstede, et al., 2003, p.104)

**Páramos de Pajonal:** son los páramo más extenso, cubiertos por pajonal de varios géneros (especialmente *Calamagrostis*, *Festuca* y *Stipa*) combinadas por manchas boscosas en sitios protegidos con (*Polylepis*, *Buddleja*, *Oreopanax* y *Miconia*), también por arbustos de tipo *Valeriana*, *Chuquiraga*, *Arcytophyllum*, *Pernettya* y *Brachyotum* y pequeños franjas húmedas (pantanos) en lugares con drenaje insuficiente.

Los páramos de pajonal se hallan en casi todas las provincias del país donde hay presencia de este ecosistema y cubren un 70% de la extensión del ecosistema en el Ecuador. El ser natural le da la propiedad única de ser natural al páramo, debido a que nadie ha sembrado los pajonales y por esa razón el ecosistema es natural.

**Páramo Herbáceo de Almohadilla:** en este páramo el pajonal no domina, por lo cual es sustituido por plantas herbáceas que forman almohadillas que pueden llegar a cubrir hasta un 100% de la superficie total.

**Páramo Seco:** debido a las condiciones climáticas que se ve en el páramo, son potenciadas por la mano del humano, varias zonas presentan cambios en la disminución de la precipitación. El pajonal presente está dominado generalmente por *Stipa* y otro tipo de hierbas que resisten a la desecación por ejemplo *Orthrosanthus* y *Buddleja*.

**Páramo sobre Arenales:** estos páramos nacen en suelos arenosos, es el resultado de procesos erosivos intensos, como el páramo de Chimborazo los arenales así dan como resultado a un páramo seco pero la humedad es mayor y la falta de cobertura vegetal se puede decir que es debido a la erosión climática y antropogénica.

**Superpáramo:** las montañas que alcanzan altitudes de 4.200 metros y las condiciones climáticas son similares a las tundas templadas, donde las plantas son más resistentes al frío, la desecación fisiológica y el viento pueden sobrevivir y el suelo presenta áreas descubiertas.

Y una cierta parte de Áreas diferentes a páramo que están incluidas en el ecosistema.

(Hofsetede, et al., 2003, pp.100-101).

### **1.2.5. Servicios ecosistémicos**

#### **a) Aprovechamientos hídricos**

La capacidad que tiene el páramo para almacenar y regular agua ha sido estudiada por varias ocasiones (Harden, 2006, pp. 249-263). Debido a la dificultad de extraer el agua del subsuelo, estas aguas de escorrentía son las más aprovechadas del páramo. Por esta razón cualquier cambio en el suelo puede ser afectado rápidamente en la sensibilidad del balance hídrico.

#### **b) El origen herbáceo del páramo**

El origen natural del carácter herbáceo, se ha considerado para el último máximo glacial hace aproximadamente 20.000 años, el escenario ambiental era mucho más frío y húmedo que la actualidad. En este tiempo abundan restos polínicos de la familia *Poaceae* y de *Plantago rigida*, de tal manera que el páramo ocupa por el borde forestal unos 700m más abajo que el actual en exposiciones norte, y unos 250m con exposiciones sur, considerando siempre la complejidad topográfica de la cordillera andina (Brunschön, 2010, pp.139-152).

Hace unos 16.200 años ocurrió un aumento de temperatura hecho que se evidencia en un ascenso de la superficie forestada y en la parte superior del bosque. Hace 8.500 años-4.300 años el dominio del páramo aumenta, las masas forestales disminuyen y se produce la extinción de algunos géneros *Polypodium*. Alrededor de 1.800 años atrás la superficie ocupa por páramo decrece ligeramente, similar a las que existen de hoy en día (Brunschön, 2010, pp.139-152).

#### **c) Necesidad de forestar**

La plantación forestal en el páramo, con el tiempo cada vez está en aumento la masa de forma sensible a partir de la década de 1960 materializándose con especies exóticas, por ejemplo, con el pino de Monterrey (*Pinus radiata*) o el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), las plantaciones de este tipo en el páramo se han justificado por la obtención de madera, producción de bienes y servicios, mano de obra, la utilización de tierras de baja productividad y el almacenamiento de carbono. Todos estos argumentos dan un valor de carestía a los páramos (Farley, 2007, pp.755-711).

Los efectos biofísicos de las reforestaciones preparan al páramo al incremento de la calidad y cantidad de agua, la mejora de la calidad de suelo, la protección frente a la erosión y el almacenamiento propio del carbono. Por ejemplo, se deduce que en suelos forestados con pinos retienen entre un 39% y en suelos con pajonal un 63% menos de agua, por lo tanto, existe el incremento de la evapotranspiración, mediante las hojas y en mayor cantidad el agua del subsuelo mediante las raíces (Farley,2004, pp.281-290).

#### *d) Fijación de carbono*

El páramo ha sido conocido como un gran sumidero de carbono, no mucho por la biomasa que posee, como por las formaciones edáficas que las albergan. Por lo tanto, el pajonal del páramo puede cuantificarse en unas 40tn/ha, como máximo, de materia seca, lo que corresponde a unas 20tn/ha de carbono. De tal manera que en el páramo los procesos de humificación son muy lentos, a causa de las bajas temperaturas, la alta humedad y la existencia de cenizas volcánicas, la densidad aparente del suelo es la propicia (Serrano, 2015, p. 383).

#### *e) Aprovechamiento social*

A pesar de otros aspectos ambientales el páramo es un espacio social (Ramón,2002, pp.47-54) ;(Mena, 2004, p.54), es un espacio social que genera beneficios económicos, que ayudar a generar entidades y definir el territorio.

El cambio es muy visible en relación a las actividades primarias, donde se concentran la mayor parte de tierras de cultivo y aprovechamiento económicos (Campaña, 2005, p.25), donde se mira un cambio en el páramo y un aumento en la altitud de las tierras de labor y pastoreo. Por ese motivo existen cambios en la ocupación del suelo por la presencia de potreros o tierras de pastos para ganado vacuno y por la apertura de tierras para la agricultura, en el cual medran las diversas raíces y tubérculos adaptados a condiciones extremas.

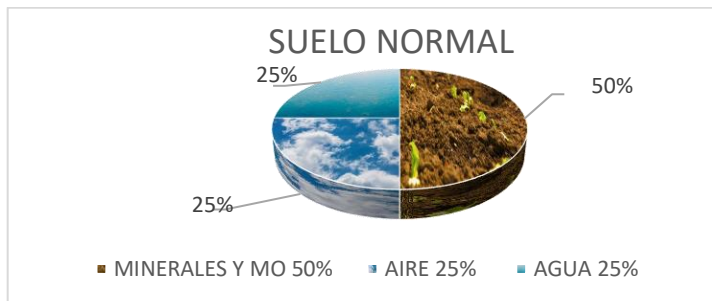
El páramo, además es escenario de aprovechamiento ganado vacuno. Otro carácter es la degradación ambiental por la sobrecarga ganadera, por la presencia de rumiantes salvajes y domésticos de cría extensa.

### 1.2.6. Suelo

El suelo es la capa superficial de la tierra es el resultado de la transformación de un lapso de tiempo, de un material geológico al que conoce como roca madre, por la influencia de varios procesos físicos, químicos y biológicos, generalmente constituye de partículas minerales, materia orgánica, agua y aire (Casas, 2011, p.11).

#### 1.2.6.1. Componentes del suelo

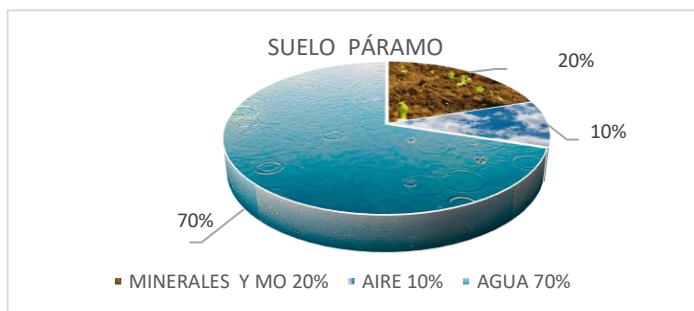
El suelo se considera que es un conjunto de un sistema disperso, constituido por tres fases (sólida-mineral y orgánica), (líquida-agua) y (gaseosa- aire), estos componentes pueden variar con el pasar del tiempo y del lugar a otro (Navarro, 2013, p.41).



**Gráfico 1-1:** Composición de un suelo normal

**Fuente:** (Borja, et al., 2012, p.194)

En el suelo normal, el 50% de su volumen corresponde a minerales y materia orgánica, el otro 50% constituye el espacio poroso el cual da el 25% de la mitad y el otro 25% al agua que ocupa el suelo.



**Gráfico 2-1:** Composición del suelo de páramo

**Fuente:** (Borja, et al., 2012, p.194)

Los suelos de páramos suelen llegar a un volumen de 70% del contenido agua, el 20% corresponde a los minerales y la materia orgánica que correspondería de 1 -3% presente en ello, y el valor de 10% puede llegar a tener el contenido de aire como espacio poroso.

#### *1.2.6.2. Suelo de páramo*

Los suelos de páramos se forman hace unos 10 000 años atrás con la meteorización de la roca descubierta de las últimas glaciaciones (Pleistoceno), donde los páramos estuvieron cubiertos de hielo en su totalidad. En lugares donde existe volcanismo activo el suelo se forma a partir de cenizas volcánicas, dándose a conocer como suelos jóvenes. También por las bajas temperaturas, el proceso de formación del suelo es tardío (Hofstede, et al., 2014, p.26).

El suelo del páramo, es generalmente de color oscuro, ya que esta aliada de manera fuerte con la materia orgánica (esta es mayor responsable de la alta capacidad para retener el agua), cuyo depósito se ve favorecido por las bajas temperaturas, formando fuertes complejos entre el mineral y la parte orgánica en el suelo (Borja, et al., 2012, p.194).

#### *1.2.6.3. Química del suelo*

La química de los suelos es muy importante para la nutrición de las plantas, química de los nutrientes, la fertilidad de suelos, los ciclos biogeoquímicos de los elementos, dinámica de los elementos químicos en el suelo, la meteorización biogeoquímica, procesos edafogénicos, los componentes inorgánicos y orgánicos, el comportamiento coloidal del suelo y las reacciones de superficie, las reacciones del suelo: acidez, basicidad y alcalinidad, la salinidad, procesos de oxidación, la contaminación y descontaminación de suelos (Navarro, 2013, p.54)

#### *1.2.6.4. Materia orgánica del suelo*

La materia orgánica del suelo (MOS), es la descomposición de residuos de plantas y animales en el suelo forma un proceso biológico básico en el cual el carbono es recirculado a la atmósfera como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), en cambio el nitrógeno (N) es mineralizado al amoníaco ( $\text{NH}_4^+$ ) y luego es oxidado a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), al igual que otros elementos asociados a ellos (P, S y varios nutrientes) surgen de forma que las plantas superiores necesiten. En este proceso, una cierta parte de carbono es similar por dentro del tejido microbiano (biomasa del suelo) y una parte es transformada a humus, una parte de este humus es mineralizada a la vez en consecuencia el contenido de materia orgánica

total es sostenido a un grado estable característico del suelo y de las situaciones de su manejo (Navarro, 2013, p.111).

### 1.2.7. Geologías en el lugar de estudio

El estudio de los suelos se realiza en diferentes disciplinas, lo cual la geología estudia el material sólido terrestre, que comprende la superficie y el material que está por debajo de la superficie del suelo (subterránea), de tal manera que la geología superficial define al material que está en el área superficial del suelo, la cual está generalmente constituida por sedimentos granulares sueltos (APA, 2019)

La actividad geológica que forma su vista existente, es por la exposición de erupciones volcánicas y terremotos que aún existen. Las cenizas volcánicas son producidas por las erupciones volcánicas andinas, cubren toda la parte norte del Ecuador hasta el sur de Cuenca y van evolucionando de acuerdo al clima y el área que está compuesta en ella (Hofstede, et al., 2003, pp.99-104).

Se tiene la presencia de las formaciones Tarqui, depósitos volcánicos del Sangay, serie volcánica, serie metaturbiditas, unidad paute y depósitos cuaternarios, el detalle se encuentra en el cuadro (1-1).

**Tabla 2-1:** Descripción de Geologías

ID	LITOLOGÍA	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	FORMACIÓN
1	AGLOMERADO,LAVA, DACITA	PT	<p>Aglomerado: es un material formado por varios fragmentos o sustancias arena, grava, rocas etc.) prensados entre sí.</p> <p>Lava: se refiere al magma extrudió cercanando a la superficie, desde la composición de maficas a muy acidas (basaltos, rísolitas) T° 900 A 1300°C</p> <p>Dacita: roca ígnea propia de los andes, extrusiva intermedia con el contenido de un 60% de sílice.</p>	F.TARQUI
			Depósitos Volcánicos Del Sangay: productos eruptivos del volcán, así como la erosión del mismo siendo estos la edad cuaternaria (>2.5 millones de años). De manera que se refiere a brechas piroclásticos, depósitos de avalanchas de escombros, niveles de cenizas	

Continua

2	DEPOSITOS VOLCÁNICOS DEL SANGAY	Qvs	de la pilli (pómez), lahares secundarios flujos de lodo, flujos de lava cercanos al volcán	DEPOSITOS VOLCANICOS DEL SANGAY
3	DEPOSITOS GLACIARES	Dg	Depósitos Glaciares: se refiere a los depósitos productos de la actividad glaciaria (avance y retrocesos) durante el cuaternario (>2.5 millones de años) ya que en el Ecuador no se ha encontrado depósitos glaciares más antiguos. Entre estos encontrando morrenas, los tills glaciares, depósitos lacustres.	
4	ROCAS VOLCANICAS - SEDIAMENTARIAS Y LAVAS	Svs	Rocas Volcánicas: rocas volcánicas producto de la actividad volcánica primaria o de su erosión, consiste de lavas superficiales o subsuperficiales expresadas en flujos, diques, entre otras.  Rocas sedimentarias: rocas formados de los dendritos macroscópicos producto de la meteorización mecánica y química de otras rocas (ígneas, sedimentarias o metamórficas)  Lavas:	SERIE VOLCANICA
5	CUARCITAS MAZISAS	SSmc	Cuarcitas Mazisas: se refiere a afloramientos masivos de cuarcita, esta es una roca metaformica cuyo protolito (roca original previa) son principalmente arenas ricas en cuarzo	SERIE METATURBIDITAS
6	CUARCITAS BANDEADAS Y ESQUISTOS NEGROS	SSmc	Cuarcitas Bandeadas: presenta estratificación y cierto bandiamineto, este siendo debido a diferencias composicionales a un protolito original  Esquistos Negros: rocas metamórficas a altos grados (alto grado metamorfismo, expuesta a fuerte presiones y temperaturas)	SERIE METATURBIDITAS
7	CUARCITA, ESQUISTO, META VOLCANICA, FILITA.	J P	Cuarcita: rocas metamórficas formadas por cuarzo  Esquisto: roca metamórfica que presenta una estructura laminar  Meta Volcánica: rocas volcánicas metamorfizadas  Filita: roca metamórfica de grado medio, relativamente baja presión y temperatura cuyo protolito es sedimentario.  Meta Volcánica:	U.PAUTE

Continua



8		Lagunas Magdalena	Depósitos lacustres: despóticos en la lagunas, limos, arcillas	
---	--	-------------------	--	--

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019 ; Descripción citado por: ( Turbuck, et al., 2005)

### **1.2.8. Propiedades del suelo**

#### **1.2.8.1. Propiedades físicas**

Se puede describir que las propiedades físicas son tan importantes al igual que las químicas, en el comportamiento del suelo. De tal manera que estas propiedades con el pasar del tiempo hacen que condicionen en el comportamiento, funciones y usos del suelo que las características químicas, por lo tanto, estas resultan mucho más fáciles de cambiar que los defectos químicos.

- a) Textura:** su granulometría o textura, donde se establece tres fracciones de tamaño de partículas: arena, limo y arcilla. Se dice en porcentaje de fracción, se refiere a la masa de tierra fina (fracción de tamaño menor a 2mm).
- b) Densidad aparente (kg):** es la relación entre una masa de suelo seco y el volumen total que ocupa la muestra inalterada.
- c) Color:** depende a los elementos cromógenos que están formando en cada horizonte, básicamente al hierro, varia depende el estado de oxidación o el nivel de hidratación; así como la materia orgánica y componentes tales como el carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), yeso. arena entre otros.
- d) Estructura:** la composición centesimal de las partículas y la estructura de del suelo, que es la forma que tienen las partículas de agregarse entre sí y otro tipo de componentes del suelo tales como la materia orgánica.

(Navarro, 2013, p.51).

#### **1.2.8.2. Propiedades químicas**

Las propiedades químicas son aquellas que permiten reconocer las cualidades del suelo, que ocurre reacciones o cambios que alteran la composición y la actividad del suelo.

- a) pH:** potencial de hidrogeno, determina el nivel de adsorción de iones (H<sup>+</sup>) por las partículas del suelo y muestra si el suelo es alcalino o acido. Es un principal indicador en el medio de los nutrientes para plantas, interviniendo en la solubilidad, movilidad, disponibilidad, otros componentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo. El pH oscila entre 3,5(muy

ácidos) a 9,5 (muy alcalinos), <5,5 (muy ácidos) tiendo así la presencia de cantidades elevadas y tóxicas de aluminio y manganeso, >8,5 (muy alcalinos) suelen dispensarse. (FAO, 2019)

- b) Conductividad eléctrica (CE):** esta propiedad mide la capacidad que tiene el suelo de conducir corriente eléctrica al beneficiarse de las propiedades de las sales que tienen conductividad, por lo tanto, esta mide la concentración de sales solubles que están presentes en la solución del suelo (Intragri, 2001).

### ***1.2.9. Carbono***

El carbono es un elemento químico fundamental en los compuestos de naturaleza orgánica, este elemento circula entre los océanos, la atmósfera, el suelo y el subsuelo, en los cuales forman los depósitos, reservorios o almacenamiento de carbono (Burbano, 2018, p.85).

#### *1.2.9.1. Ciclo del carbono*

El ciclo del carbono empieza por la fijación del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico mediante la fotosíntesis que trabaja las plantas y algunos microorganismos. En la fotosíntesis el dióxido de carbono y el agua liberan oxígeno que se va directamente a la atmósfera. Una parte de los carbohidratos se ejecutan directamente para dar energía a la planta y el dióxido de carbono que se forma es liberada mediante las hojas y raíces. Una parte de lo que consumen los animales, también liberan el dióxido de carbono en procesos metabólicos. Las plantas y los animales ya muertos, por último son descompuestos por los microorganismos presentes en el suelo y por lo tanto el carbono de los tejidos se oxida si formando el dióxido de carbono y vuelve a la atmósfera (Burbano, 2018, p.85).

#### *1.2.9.2. Secuestro del carbono*

Es el proceso mediante el cual el anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ) de la atmósfera se transforma en carbono almacenado principalmente en el suelo y en la biomasa, de esta forma se queda inmovilizado en relación a la circulación biogeoquímica, durante mucho tiempo. El proceso de humificación hace que el carbono orgánico en el suelo sea incorporado por más tiempo, a causa del carácter de la firmeza del humus. De tal forma que se tiende a disminuir la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera y a disminuir el calentamiento global que asocia al cambio climático (Porta, et al., 2013, p.232).

### **1.2.10. Carbono en la vegetación**

El carbono en la vegetación es la suma del contenido de la biomasa aérea (paja) y el contenido de carbono en la biomasa subterránea (raíces) (Benjamín, 2001, p.8)

#### ***Biomasa***

**Tabla 3-1:** Comportamiento de Carbono en Biomasa

<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Biomasa por encima del suelo( aérea)</b>	La biomasa existencial viva por encima del suelo incluyendo el tronco, el tocón, las ramas, la corteza, semillas y las hojas.
<b>Biomasa por debajo del suelo (subterránea)</b>	La biomasa existencial viva (raíces), las pequeñas raíces menos de 2mm de diámetro están directamente excluidas por que no se puede diferenciar de manera rápida, de la materia orgánica del suelo u hojarasca.

Fuente: (FAO, 2019)

### **1.2.11. Método para la determinar carbono**

#### **Método de pérdida de carbono por ignición (LOI)**

El método de calcinación o pérdida de peso por ignición también se le denomina (LOI), que mide el contenido de materia orgánica (MO) a partir de diferencia gravimétrica luego de ser sometida a las muestras a elevadas temperaturas durante un determinado tiempo. Sin embargo, las altas temperaturas logran transportar a la volatilización de otros componentes del suelo, tales como el agua unida a la estructura cristalina de las arcillas, grupos hidroxilos en sesquióxidos y carbonatos, cuando estos componentes están presentes a una temperatura baja podrían resultar en una combustión incompleta de la MO (Dabadie, et al., 2018, p.148)

Otra posible causa podría ser por el secado incompleto del suelo, de tal forman que el aire contiene humedad higroscópica que lograría eliminarse mediante el secado previo de la muestra antes de someter a la ignición. Sin embargo, las dos fuentes mencionadas pueden minimizarse adecuando la temperatura y tiempo exacto (Chatterjee, et al.,2009, pp. 164-178).

El método de pérdida de peso por ignición determina el contenido de materia orgánica mediante una oxidación cuantitativa. Se coloca recipientes de porcelana de 30ml en una estufa a 750°C

aproximadamente durante un determinado tiempo los crisoles se enfrían en un desecador y se registra el peso (P1). Luego se pesa 5 gramos de muestra de suelo seco en la balanza analítica registrando el peso de la muestra. Posteriormente las muestras se secan en una estufa a 105°C durante 24 horas con el fin de eliminar la humedad, luego del tiempo determinando se saca las muestras y se coloca en un desecador hasta que alcance una temperatura ambiente, enseguida se pesan los crisoles y se registra como (P2). Finalmente se coloca la muestra en una mufla a 360°C durante 2 horas, terminado el tiempo se registra el peso final como (P3), este método se denomina LOI (Dabadie, et al., 2018, p.162).

El estudio del método de LOI, para determinar la materia orgánica implica una destrucción climatizada de toda la materia orgánica presente en el suelo, LOI ha sido demostrado ser menos costoso que la combustión seca (De Vos, et al., 2005, p.161) esto facilita el uso para realizar monitoreo del contenido de MO en el suelo en cierto tiempo y forma.

### **1.3. Bases Conceptuales**

#### **Páramo Andino**

Los páramos en los Andes se extiende aproximadamente 2.155 km, desde el norte de la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia, hasta el norte del Perú. Se puede considerad como una suerte de islas confinadas a las cumbres de los volcanes y montañas andinas. Figura 1-1 (Luteyn,2001, p.11).

Los páramos son paisajes bioclimáticos desarbolados y fríos, frecuentemente localizados entre los 3.200m y 3.800m de altitud. Estos son propios de las montañas neotropicales de Costa Rica, Panamá y los Andes de Venezuela, Colombia, Ecuador y la parte Norte del Perú, los páramos de la cordillera de los Andes son ecosistemas de la parte alta de la montaña, con una gran cantidad de variedad de lagos y turberas. Donde la vegetación en su mayor parte se puede apreciar por extensas áreas de gramíneas naturales como el *Calamagrotis effusa*, gran cantidad de plantas arrosadas como el frailejón *Espeletia, sp*, una mezcla con otras especies como matorrales, donde ay una gran cantidad de arbustos de los géneros *Castilleja*, *Diplostephium*, *Hyperricum* y *Pentacalla* y una cierta cantidad de parches de bosques que llegar hasta los 10 m de altura como el *Polylepsis quadrijuga*, *Escallonia myrtelloides* y *Hesperomeles obtusi folia* (Pedraza ,2005, p.340).



**Figura 1-1:** Distribución de los páramos en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú

**Fuente:** (Llambí LD, 2014, p.10)

**Tabla 4-1:** Extensión de los ecosistemas de páramos en los Andes

País	Superficie páramos (km <sup>2</sup> )	Superficie páramos (%)
Colombia	14,087	33,9
Ecuador	13,933	33,6
Perú	11,096	26,7
Venezuela	2,405	5,8
<b>Total</b>	<b>41,521</b>	<b>100,0</b>

**Fuente:** (Condesan, 2014)

## Carbono Orgánico

Carbono orgánico es una medida de la cantidad total de carbono orgánico presente en el suelo. El interés en COS se establece que esta medida es un indicador de calidad de suelo. Por lo tanto, su variación puede tener implicaciones en procesos ambientales como en la fertilidad de suelo, erosión y flujos de gases de efecto invernadero (Stolbovoy, et al., 2007, p.1).

## **Suelo**

El suelo está compuesto por la mezcla de sólidos orgánicos e inorgánicos, aire agua y microorganismos en general. Todas estas fases están relacionadas entre ellas: la reacción de los sólidos perturba directamente al aire y al agua de la manera que desgasta los sólidos y los microorganismos que catalizan las reacciones que se presentan en el suelo (Bohn, 1993, p.15).

## **Biomasa**

Biomasa es la masa total de organismos vivos de un espacio definido, referente a una superficie o a un determinado volumen de suelo. La biomasa microbiana del suelo se dice que es la materia orgánica que está en forma de tejidos microbianos vivos, asociados a la rizosfera (Porta, et al., 2013, p.214)

### **1.4. Bases legales**

#### *Área protegida*

Atillo y Yasipan están en la entrada del parque Nacional Sangay, por lo tanto, es un área protegida que está formado por los ecosistemas que están desde la región amazónica hasta la sierra ecuatoriana. Esto fue creado mediante el Acuerdo Ministerial No. 190 del 16 de junio de 1975 como Reserva Ecológica Sangay. Luego el 26 de Julio de 1979 fue categorizado como Parque Nacional. El área que ocupa es de 502 067 hectáreas, la altura varía desde los 90 a 5 319 m.s.n.m. y está dividido entre las provincias de Morona Santiago, Tungurahua, Chimborazo y el Cañar. Al poseer una gran variedad de especies en flora y fauna también fue declarada como Patrimonio Natural de la Humanidad por la (UNESCO) en 1983. El Ministerio del Ambiente (MAE) cuida la conservación de este ecosistema que es importante para la vida (MAE, 2015).

Cierta parte del parque Nacional Sangay está dentro de la formación vegetal-ecosistema del bosque siempre verde montano bajo, sector norte y centro de la cordillera oriental y Herbazal lacustre montano alto (Sierra, 1999); (MAE, 2012)

### ***Políticas públicas***

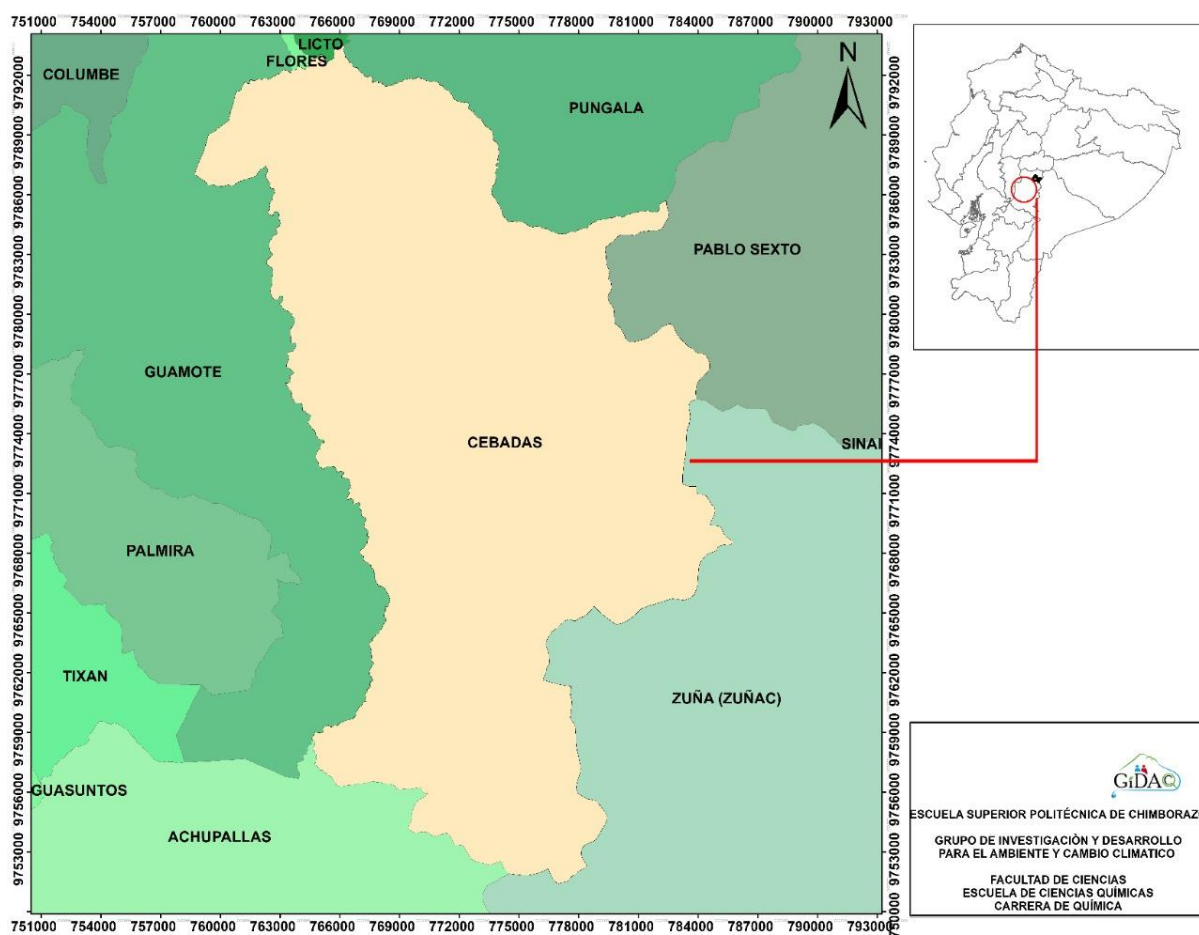
Posiblemente la mejor iniciativa internacional para la protección del páramo sea el Proyecto de conservación de la biodiversidad del páramo en los Andes del norte y centrales (PPA). Es una iniciativa que reúne a Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, estos se encuentran enmarcados por el Global Environmental Fund y administrado por el PNUMA. La Coordinación entre los países va a cargo del Consorcio para el desarrollo sostenible de la ecorregión andina (CONDESAN), al que se une el Instituto de Ciencias ambientales y ecológicas de los Andes, en Venezuela; el Instituto Alexander von Humboldt, en Colombia; EcoCiencia, en Ecuador; y el Instituto de Montaña, en Perú (Mena, 2004, p.54). También resulta oportuno decir que distintas contribuciones de carácter internacional, particularmente desde Europa. En este sentido destacan de manera especial las promulgadas por la sede del UICN en los Países Bajos, y las canalizadas directamente por la administración de este país (Serrano, 2015, p.383).

Es decir, el páramo es un área con un tejido cultural muy denso. Por lo tanto, sea cual sea la acción a desarrollarse, tal como ya se ha evidenciado (Ramón, 2002, p.54), para que se pueda llegar a buen término, se requiere de vital importancia el compromiso de la población local. La participación e implicación de las comunidades indígenas asegura que los proyectos a desarrollar, no solo se guíen correctamente, sino que, además, efectúen una función formativa (Barros, 2011, p.43).

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Área de estudio



**Gráfico 1-2:** Mapa Zona de estudio Yasipan y Atillo dentro de la Parroquia Cebadas

Realizado por: GIDAC-ESPOCH, 2019

La Parroquia Cebadas, perteneciente al cantón Guamote, está conformada con 27 comunidades, 3 asociaciones y 1 cooperativa, teniendo un promedio de 7.968 habitantes, 1.992 familias; en un área de 50.359 ha. El 97% de la población es indígena y el 3% corresponde a una población mestiza



ubicada en el Centro de Cebadas e Ichubamba Bajo (Chimborazo, 2013, p.15). Los sectores de Yasipan y Atillo pertenecen a la Parroquia Cebadas; ubicada en la parte central del Callejón Interandino, a 35 Km de la ciudad de Riobamba, abarcando un territorio de 570.78 Km<sup>2</sup>, siendo la segunda parroquia más extensa de la provincia de Chimborazo. Encontrándose a una altitud que va desde los 2.600 – 4.640 m.s.n.m., con una temperatura media anual de 13,7°C; con una humedad relativa del 96,8%, una nubosidad de 3.1 horas/día y una precipitación de 681 mm. Contiene una topografía irregular debido a la presencia de las cordilleras Central y Occidental de los Andes, considerando que la mayor parte del territorio presenta pendientes pronunciadas, sobrepasando los 50 grados de inclinación.; gracias a estos fenómenos naturales incluidos a la acción fluvial es el causante de la erosión de los suelos, en especial en la cuenca del río Cebadas. Las zonas de Atillo y Yasipan están constituida por tres zonas latitudinales: Zona Baja. - Va desde los 2.600 – 2.950 m.s.n.m., ubicándose hacia las cuencas hidrográficas de los ríos Cebadas y Guamote, contiene una topografía ondulada con una pendiente de 5 – 15 grados. Zona Media. - Va desde los 3.000 – 3.200 m.s.n.m., localizada hacia los flancos y estribaciones de la cadena montañosa de los andes centrales, posee bajas precipitaciones pluviales, se caracteriza por tener pendientes de 15 – 60 grados de inclinación, provocando la erosión de los suelos. Zona Alta. - Va desde los 3.250 – 4.640 m.s.n.m., localizado en las cimas de las montañas, posee pendientes desde los 15 – 30 grados de inclinación, con algunos sectores completamente escarpados con pendientes superiores a los 60 grados de inclinación. Esta zona está caracterizada por poseer suelos negros con abundante contenido de materia orgánica, textura franca con una magnífica capacidad de retención de humedad, con precipitaciones pluviales altas (Cebadas, 2015, p.7).

La cooperativa Ichubamba – Yasipan situada entre los 2.942 y 3.400 m.s.n.m., ubicada en el Km 25 de la vía Riobamba–Macas cerca de la comunidad Reten Ichubamba, Parroquia Cebadas, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo. La cooperativa Ichubamba – Yasipan, está limitada al Norte con el Páramo de Tres Cruces–Guarguallá, al Sur con el Parque Nacional Sangay, al Este con el Reten Milmahuanchi, al Oeste con el Parque Nacional Sangay (Cushquicullma, 2013).

Atillo es una comunidad situada por encima de los 3.600 m.s.n.m., en lo que constituye una zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sangay. Está limitada en el Norte con la confluencia de los ríos Atillo y Ozogoche; al Sur con la Laguna Negra y el poblado Ucsha Urco; al Este con las comunidades de Topanacún, Minas y Shililí; al Oeste con el río Ozogoche (Bastidas, 2001, p.28).

## 2.2. Población y muestra

### 2.2.1. Población

La zona de estudio pertenece a las unidades hidrográficas de los sectores de Yasipan y Atillo cuya superficie es de 9382.42 ha, correspondientes a la Parroquia Cebadas, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo.

La investigación delimitó al ecosistema de herbazal de páramo, propuesto con el informe del Ministerio del Ambiente sobre el Ecosistemas del Ecuador Continental (MAE, 2013) que para el sector de Yasipan abarca una superficie de 6500.0 ha y para el sector de Atillo con una superficie de 2200.0 ha aproximadamente (Cebadas, 2015, p.31), con rangos altitudinales que varían desde los 3400 msnm hasta 4200 msnm; dentro de este entorno se implementaron parcelas permanentes de monitoreo que permitirán establecer medidas de la dinámica de carbono asociado a las diferentes características edáficas de los suelos de este sector.

### 2.2.2. Muestra

Para establecer nuestra investigación se procedió a implementar un sistema de monitoreo factorial fijo balanceado completamente al azar (Jiménez, 2012, p.50); procurando establecer una cantidad de muestras representativas en todo el ecosistema de herbazal en las dos unidades Yasipan y Atillo, el uso de herramientas de información geográfica permitió que logremos establecer coordenadas teóricas de las zonas de monitoreo donde se aplicó un muestreo, con un total de 72 puntos de monitoreo, distribuidos en 24 conglomerados, distribuidos en 24 parcelas en Yasipan y 48 parcelas en Atillo siguiendo el protocolo GIDAC. (ver Tabla 3-2).

El tamaño de la muestra se lo demuestra con la siguiente ecuación:

(1)

$$n = \frac{z^2 pq N}{d^2(N - 1) + z^2 pq}$$
$$n = \frac{(1,969)^2(0,95)(0,05)(9770,134)}{(0,05)^2(9770,7134 - 1) + (1,96)^2(0,95)(0,005)}$$

$n = 72,456 \approx n = 72$  puntos de monitoreo

Dónde:

$N$  = Tamaño de la muestra (9770,134 ha)

$d$ = Precisión (0,05)

$z$  = Nivel de confianza (95%)-(1,96)

$p$  = Probabilidad de éxito (95%)-(0,95)

$q$ = Probabilidad de fracaso (0,05)

### **2.3. Tipo y diseño de la investigación**

#### ***2.3.1. Por el método de Investigación (Tipos de datos a Analizar)***

##### *2.3.1.1. Cuantitativa*

Se realizó una investigación de tipo cuantitativa debido a que todos los resultados obtenidos (propiedades físicas - químicas de suelo y biomasa de páramo) partieron a través de datos numéricos, que evaluados permitieron puntualizar los resultados aceptando o rechazando las hipótesis del problema establecido.

##### *2.3.1.2. Correlacional*

La investigación realizada es de carácter correlacional por el uso de las diferentes metodologías, para determinar todas aquellas características del suelo de páramo, así como también su biomasa, enfocándose también la presente investigación en las diferentes actividades de los sectores, para la correlación de los diferentes análisis de laboratorio con respecto a la intervención del suelo, de los habitantes de la comunidad de Atillo y Yasipan.

### *2.3.1.3. Deductivo*

La presente investigación es de carácter deductivo porque se obtuvo y se desarrolló conclusiones a partir de magnitudes (densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, Materia Orgánica, Carbono de Suelo, entre otros) y los respectivos datos obtenidos siendo medidos y tabulados para el desarrollo de la investigación, a más de que la combinación de las variables permitió interpretar los resultados permitiendo confirmar las hipótesis planteadas.

### *2.4. Variables*

Variable Dependiente:

- Carbono Orgánico Total

Variables Independientes:

- Biomasa Aérea (pajonal) y Subterránea (Raíces) de suelo de páramo Andino.

Factores principales:

- Lugar
- Profundidad
- Color
- Textura
- Piso Altitudinal
- pH Húmedo
- pH seco
- Conductividad Húmedo
- Conductividad Seco
- Densidad aparente

p

### 2.4.1. *Diseño Experimental*

El diseño experimental consiste en la estructuración y el desarrollo de varios tratamientos, con el objetivo de obtener datos cuantitativos en base a los niveles de un factor o la combinación de niveles de varios factores de interés, para así analizar dichos datos con técnicas estadísticas, y definir diferencias significativas o efectos de el o los factores de interés y responder las interrogantes planteadas por el experimentador.

Uno de los principios en los que se basa el diseño de experimentos, es la planeación previa y el control de los factores desde una etapa temprana de la investigación. De no darse esta rigurosidad científica, se habla de la ejecución de diseños cuasi experimentales, en la cual se enfrasca la presente investigación, puesto que se pretende analizar variables que son difíciles de controlar por el experimentador (propiedades del suelo), por ende, a pesar de tener un proceso de planificación inicial para la obtención de muestras en cuanto a niveles de factores se refiere, **se prevé cambios en estos durante el proceso de recolección de información, dependiendo de las composiciones de niveles que se encuentren para cada factor en cada muestra.**

El resultado principal esperado del diseño experimental para el presente estudio es la determinación de las variables geográficas y las propiedades físico - químicas del suelo que tienen un efecto activo en el contenido de Carbono Orgánico Total en la Biomasa Aérea y Subterránea. La técnica estadística para la determinación de variables significativas o no, se denomina ANOVA, la cual actúa dependiendo del número de factores o número de niveles de cada factor (efectos principales) y de todas las posibles combinaciones de dichos niveles (efectos secundarios, terciarios, etc.).

Para el análisis del carbono orgánico del suelo se define el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ijlm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_l + \dots + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{il} + \dots + \varepsilon_{ijlm}$$

Y para las Biomosas aérea y de raíz se nota el siguiente modelo (para cada análisis):

$$y_{ijl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijlm}$$

### 2.4.1. *Selección de la muestra*

- La estratificación de los datos se realizó en función del área de estudio de los diferentes lugares de estudio Atillo cuenta con 6652,28354ha y Yasipan con 2945,62015 ha en base a ellos se toma los conglomerados y parcelas, como se puede ver en la siguiente tabla 3-2: ha.

**Tabla 1-2:** Permeabilidad, área de extensión de la zona de muestreo, parcelas

ID	LUGAR	ÁREA ha	Conglomerado	Parcela
1	ATILLO	6652,28354	16	48
2	YASIPAN	2945,62015	8	24
<b>Total</b>			24	72

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

**Fuente:** GIDAC-ESPOCH, 2019.

- Los puntos a muestrear son 72 los cuales están distribuidos a lo largo del área entre los sectores de Atillo y Yasipan, con un total de 24 conglomerados el cual cada uno está conformado por 3 parcelas teniendo un total de 144 muestras, en donde cada una se realiza a dos profundidades para suelo y obtener los respectivos resultados para la estimación de Carbono Orgánico Total del suelo.
- A partir de todos los datos obtenidos anteriormente se construyó el mapa de curvas de nivel para los sectores de Yasipan y Atillo, mediante el uso del programa ArcGIS, en lo cual se colocó los diferentes puntos de muestreo en el área de 977071.34 Km<sup>2</sup>, a diferentes rangos altitudinales.
- En el GPS, se colocaron las respectivas coordenadas a los diferentes rangos altitudinales, sirviendo como orientación en las salidas para la recolección de muestras.

## 2.5. Metodología

La toma de las muestras se realizó en los sectores de Yasipan y Atillo, en donde se obtuvieron muestras de Biomasa (paja y raíz), muestras de suelo a diferentes profundidades, así como también el uso de cilindros de acero inoxidable, con muestra de suelo para obtener la densidad del mismo.

- A los lugares de muestreo se accedió por medio de las respectivas coordenadas para cada punto en específico, procediendo con el protocolo establecido por el grupo de investigación GIDAC, para la recolección de las muestras en fundas Ziploc las cuales debieron estar etiquetadas correctamente para cada conglomerado, especificando el lugar, el número de parcela a las diferentes profundidades.

### 2.5.1. Métodos y técnicas

#### 2.5.1.1. Métodos

##### 1. Fase de campo

Para acceder al lugar en donde se encuentra el conglomerado y la recolección de las diferentes muestras de suelo y biomasa primero se debe georeferenciar la zona a la cual se va a realizar el estudio respectivo, y con ayuda del geoposicionador (GPS), se colocaron las coordenadas ya establecidas del área de estudio.



**Figura 1-2:** Colocar las coordenadas en el Geoposicionador

Fuente: Llugsa Mayra, 2019

Una vez en el sitio de muestreo (primera parcela), se obtuvo una nueva coordenada en el GPS, llamada coordenada de campo, ya que puede existir una probabilidad de que no se pueda llegar al punto marcado debido a algún obstáculo geográfico (lagunas, ríos, barrancos, peñas etc.), si ese fuera el caso se empezará con la toma de muestras en el punto más próximo a la coordenada establecida inicialmente, debe tener en cuenta que para formar el conglomerado se debe colocar el geoposicionador (GPS) en la superficie del suelo verificando que la brújula marque al Norte, una vez realizado esto proseguir a la toma de las diferentes muestras:

**a. Suelo**

- Se recogió un aproximado de 1 kilogramo de muestra de suelo a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm), es decir dos muestras por cada parcela, para posteriormente trasladarlas al laboratorio y realizar los respectivos análisis.

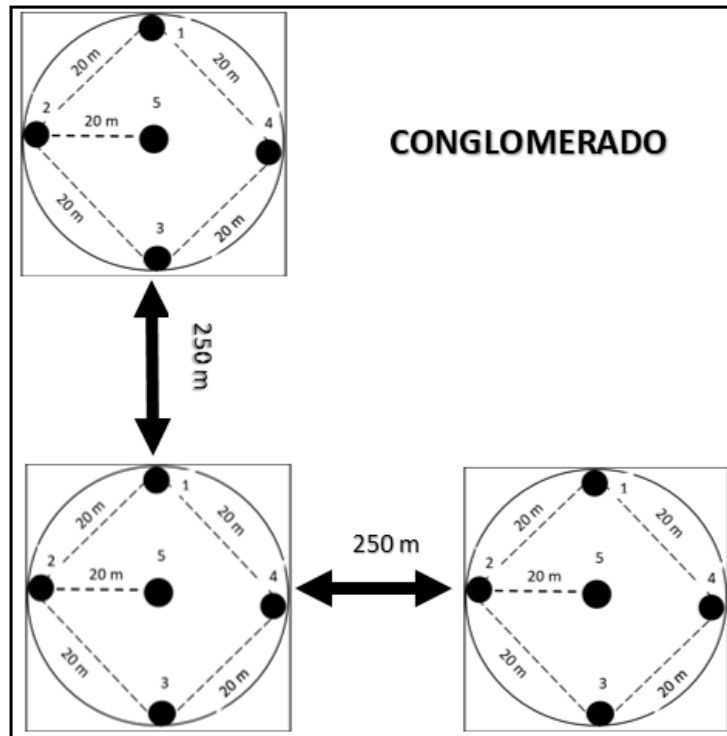


**Figura 2-2:**Muestra de suelo

**Fuente:** Duche Vanessa y Llugsá Mayra, 2019

- La metodología de conglomerados fue la usada para la recolección de las respectivas muestras; en donde cada conglomerado está conformado por 3 parcelas, ubicadas en campo en forma de L, y cada una está separada a una distancia de 250 metros, que fueron medidas con un flexómetro; recogiendo así dos muestras a profundidades diferentes, como se lo muestra en el siguiente gráfico:





**Gráfico 2-2:** Estructura del Conglomerado

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

Con ayuda del GPS, se llegó al sitio de muestreo con las coordenadas UTM, ya establecidas para la respectiva toma de la muestra. Procediendo:

- Limpiar la superficie del suelo, evitando que restos de plantas u otros organismos puedan mezclarse con las muestras.
- Ubicar el barreno sobre la superficie del suelo limpio, y proceder a perforar. Teniendo en cuenta que se debe realizar dos perforaciones a distinta profundidad; primero de 0-30 cm, segundo de 30 – 60 cm, considerando que la parte intermedia del suelo entre las dos profundidades se debe desechar. Para reconocer las diferentes profundidades se usó un flexómetro, midiendo desde la punta inferior del barreno hacia arriba.
- Para la respectiva toma de muestras de suelo, se establecieron cinco puntos, los cuales fueron distribuidos en el centro de cada parcela y en sus cuatro vértices, en donde se tomaron las muestras a las dos profundidades mencionadas anteriormente, de todos los puntos recogidos, se debe mezclar todas las muestras y formar una mezcla compuesta.

- Cada muestra de suelo obtenido a diferente profundidad se colocó en fundas Ziploc debidamente marcadas.



**Figura 3-2:** Perforación con el barreno y recolección de muestras de suelo

**Fuente:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

## **b. Densidad**

Para conocer los cambios en el contenido de carbono, en los puntos de muestreo, se extrajeron muestras de suelo a dos alturas (0 – 30 cm y 30 – 60 cm).

En cada parcela se debe recoger dos muestras en cilindros:

- Con una hoyadora, se realizó una perforación desde 0 – 30 cm y 30 – 60 cm e introducir de forma perpendicular al perfil del suelo, golpear hasta que la muestra de suelo ocupe toda la capacidad del cilindro, para extraer el mismo se utiliza un machete realizando unos ligeros movimientos, el mismo que saldrá con suelo en la superficie y con una espátula cortar la muestras al ras de la superficie del cilindro tanto de la parte inferior como de la superior.
- Cada cilindro será marcado, dependiendo del conglomerado, parcela, geología y profundidad, este deberá ser cubierto herméticamente, para que la pérdida de humedad sea mínima.
- Las muestras con cilindros son llevadas al laboratorio, para su respectivo análisis.



**Figura 4-2:** Toma de muestras con cilindros

Fuente: Lluga Mayra, 2019

### c. Biomasa

#### Aérea (Paja)

- La toma de las muestras de biomasa aérea se lo realizó para obtener un resultado sobre la cantidad de carbono almacenado en el mismo, en las diferentes clases de geologías del suelo. Para obtener una medición exacta, se debe construir un cuadro de madera de 50 x 50 cm.

El procedimiento para la toma de muestras de la biomasa aérea son las siguientes:

- En el primer punto de la parcela, en un área significativa colocar el cuadro de madera y cortar toda la biomasa (paja) que este dentro del cuadro, con una oz o una tijera de podar.
- Una vez cortada la biomasa, se lo coloca en una funda y a continuación se pesa el contenido con una balanza portátil (peso en gramos).
- Del punto de la parcela, dirigirse al Noreste a 60 metros en forma diagonal, y repetir el procedimiento anterior.

- De las dos muestras de biomasa recogida en cada parcela, mezclarlas hasta obtener una mezcla compuesta, tomar cierta cantidad de biomasa y colocar en una funda Ziploc debidamente etiquetada, cerrándola herméticamente al vacío.



**Figura 5-2:** Cuadro 50 x 50 para la toma de muestra de biomasa

**Fuente:** Duche Vanessa y Llugsá Mayra, 2019

#### **i) Subterránea (Raíces de paja)**

La toma de las muestras de biomasa subterránea (raíces), se lo realizó para obtener un resultado sobre la cantidad de carbono almacenado en la misma, en las diferentes clases de geologías del suelo.

Para la toma de muestras de biomasa subterránea se debe seguir el siguiente procedimiento:

- En el punto de la parcela, remover la vegetación existente con una hoyadora dentro de un área corta, verificando que sobre la superficie del suelo quede libre de residuos externos.
- Con un machete cortar 10 x 10 cm, de volumen de suelo, a 30 cm de profundidad, teniendo en cuenta que dentro de este está contenido las respectivas raíces, que son representativas del sector de acuerdo a la vegetación existente.
- Esto se debe hacer por cada parcela es decir 3 muestras de raíces por cada conglomerado.
- Cada muestra de raíces se la debe colocar dentro de una funda etiquetada correctamente, sellarla para posteriormente trasladarlas al laboratorio para su respectivo análisis.



**Figura 6-2:** Toma de muestras de biomasa subterránea (raíces)

Fuente: Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

#### 2.5.1.2. Técnicas

## 2. Fase de laboratorio

Una vez que las muestras en el laboratorio, se las procede a ordenar según el conglomerado y profundidades.

Siguiendo un protocolo establecido por el grupo de investigación GIDAC, se empezó con el análisis inmediato de la densidad de suelo en húmedo y en seco, así como también la diferencia de pesos de las biomosas, la determinación de las propiedades físicas y químicas en muestras de suelo tanto húmedo como en seco (Materia Orgánica). Procediendo:

### a) Densidad Aparente:

La Densidad Aparente, está representada por la masa que contiene el suelo por unidad de volumen, conservando su agregación natural, es decir, incluyendo su espacio poroso (Gabriels, et al., 2006, pp. 37-48).

Para realizar los análisis de densidad aparente se utilizó el método del cilindro de volumen conocido, el cual consiste en:

- En una balanza analítica, se midió el peso de la muestra contenida en el cilindro en húmedo, teniendo en cuenta que este procedimiento se lo realiza de forma inmediata, después de los muestreos.
- A estas muestras se las debe colocar en una estufa a 105 °C durante 24 horas.
- Después de ese tiempo transcurrido, pesar las muestras de cilindro en seco, con los datos obtenidos, colocarlos en una base de datos.
- Para obtener la densidad aparente de las respectivas muestras de suelo, se realiza con la presente fórmula

( 2)

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

Dónde:

Da = Densidad Aparente

Ms = Masa de suelo en seco (g)

V= Volumen del cilindro conocido

#### **b) Biomasa aérea (Paja):**

Para estimar la cantidad de carbono contenido en la paja se realizó:

- Una vez que las muestras de biomasa (paja) estén en el laboratorio se procede a sacar de las fundas Ziploc,
- Con una tijera de podar, se procede a cortar la paja, y colocar en canastas de aluminio. Teniendo en cuenta de que se debe realizar dos repeticiones de cada muestra.
- Con las muestras de paja cortadas, se procede a pesar los 20 gramos en una balanza analítica (peso en húmedo).
- Al finalizar se procede a colocar en una estufa a 105°C, durante 24 horas.
- Dejar enfriar las muestras de paja, para proceder a pesar en la balanza analítica (peso en seco).
- Tanto los datos obtenidos en campo y laboratorio, se los registró en una base de datos en Excel, para la estimación del contenido de carbono orgánico de la biomasa aérea del páramo andino, se utilizó la siguiente ecuación, sabiendo que aproximadamente el 50% de la biomasa vegetal

pertenece al carbono, por lo tanto, para estimar el carbono total almacenado se multiplicó la Biomasa total (BT) por el factor 0.5 por falta de información concreta:

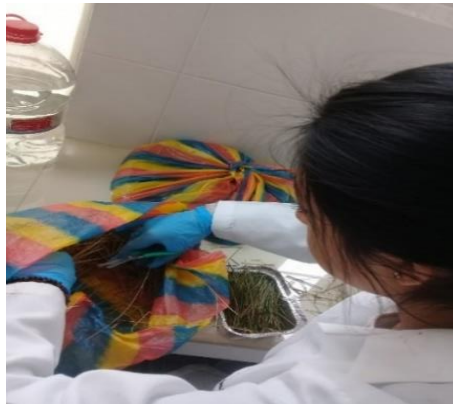
(3)

$$CBT = BT \times 0.5$$

Donde:

CTB: Carbono almacenado (ton/ha)

BT: Biomasa Total (ton/ha)



**Figura 7-2:** Peso de Biomasa aérea (paja)

**Fuente:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

### c) Biomasa Subterránea (raíces)

Para la estimación del contenido de carbono orgánico en muestras de raíces se procedió:

- Una vez que las muestras de raíces se encuentren en el laboratorio, se inicia quitándoles el exceso de tierra que contienen es decir se procedió a lavarlas, hasta que queden completamente limpias y libre de impurezas.
- Una vez con las raíces limpias se dejaron secar al ambiente durante un aproximado de 30 minutos.
- Secas las muestras de raíces, se procedió a pesar cada una con ayuda de una canasta de aluminio, en una balanza analítica, obteniendo el peso húmedo.
- Se llevaron las muestras de raíces a una estufa, a 105 °C durante 24 horas, transcurrido ese tiempo, se pesaron las raíces obteniendo el peso en seco.
- Cada uno de los pesos se los debe guardar en una base de datos, para posteriormente mediante una ecuación obtener un estimado del contenido de carbono, teniendo en cuenta

de que el 50 % de la biomasa vegetal pertenece al carbono, por lo tanto, se debe multiplicar la Biomasa total (BT) por el factor 0.5 por falta de información concreta:

(4)

$$CBT = BT \times 0.5$$

Donde:

CTB: Carbono almacenado (ton/ha)

BT: Biomasa Total (ton/ha)



**Figura 8-2:** Peso de las raíces en la balanza analítica

Fuente: Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

#### d) pH y Conductividad

El grado de acidez o basicidad de los suelos se puede cuantificar, mediante el valor del pH de la disolución del suelo (Núñez, 2006, p.10)

**Tabla 2-2:** Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH

Tipo de suelo	Valor de pH
Extremadamente ácido	<4
Fuertemente ácido	4,0 – 4,9
Medianamente ácido	5,0 – 5,9
Ligeramente ácido	6,0 – 6,9

Continua



<b>Neutro</b>	7,0
<b>Ligeramente alcalino</b>	7,0 – 8,0
<b>Medianamente alcalino</b>	8,1 – 9,0
<b>Fuertemente alcalino</b>	9,1 – 10,0
<b>Extremadamente alcalino</b>	10,1

Fuente:(Núñez, 2006, p.10)

Los respectivos análisis de pH y conductividad, están entre uno de los primeros análisis que deben ser realizados en el menor tiempo posible desde la toma de la muestra.

Para medir el pH se debe realizar el siguiente procedimiento:

- En una balanza analítica, pesar 20 gramos de una muestra de suelo en un envase de plástico (vaso), y luego agregar 45 ml de agua destilada.
- Agitar de manera constante de 10 a 15 minutos aproximadamente, y dejar reposar durante 5 minutos.
- Con el potenciómetro de mesa, se midieron los valores de pH, para cada una de las muestras las cuales fueron registradas en una base de datos.



**Figura 9-2:** Medición de pH

Fuente: Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

La conductividad eléctrica (deciSiemens por metro; dS/m), es la capacidad de un cuerpo o medio para conducir la electricidad, es decir, permitir el paso a través de las partículas cargadas. En una solución la conductividad eléctrica es proporcional al contenido de sales disueltas e ionizadas contenidas en

esa solución. En el suelo, corresponde a la medida de la cantidad de corriente que pasa a través de la solución del suelo (Corwis, et al, 2005, pp. 103 – 133).

- Para medir la conductividad en el laboratorio, se usaron las mismas muestras de suelos que fueron preparadas anteriormente para medir el pH, teniendo en cuenta que aquellas muestras se mantuvieron en reposo durante 24 horas, previo a su medición.
- Se utilizó un conductímetro, para luego registrar los valores de conductividad en una base de datos  $dS/m$



**Figura 10-2:** Medición de conductividad

**Fuente:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

### e) Color

El color es una de las características morfológicas muy notorias en los suelos del páramo, está determinado por: el tipo de material parental, la cantidad de materia orgánica en el suelo, la composición de los diferentes tipos de materiales volcánicos acumulados (Llambí, et al., 2012, pp. 40-46).

Para realizar los respectivos análisis de color, se realizó comparando las tonalidades de cada muestra de suelo con el uso de las tablas de Munshell Soil Color Book (Libro de color de suelos).

Al momento de comparar los diferentes tonos de suelo se registraron los datos en un orden respectivo: Matriz (tinte), Fila y Columna (1,2 o 3).



**Figura 11-2:** Medición de color

**Fuente:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

#### **f) Secado y Tamizado**

- Las respectivas muestras de suelos fueron colocadas sobre una superficie de papel de empaque, dejarlas secar a una temperatura ambiente, entre 3 a 5 días respectivamente, debido a que las muestras, contenían abundante humedad y para los análisis siguientes las muestras debían estar completamente secas.



**Figura 12-2:** Muestras de suelo secas

**Fuente:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra

- Una vez pasado el tiempo estimado en el que las muestras estén secas, se procedió a realizar el tamizado, con un tamiz de porosidad de 1,4 mm, para la medición de pH y conductividad en seco; 4.25  $\mu\text{m}$  que será necesario para realizar el análisis de materia orgánica; y 212  $\mu\text{m}$  que se utilizará para análisis posteriores en el equipo Flash 2000.

- Cada una de las muestras obtenidas de cada tipo de tamiz, se guardará en una funda plástica, la cual debe estar debidamente etiquetada, para posteriormente sellarlas y colocar cada muestra en una tarrina plástica, para lo cual, cada una de estas muestras servirán para verificar el tipo de textura del suelo a la cual pertenecen.



**Figura 12-2:** Tamizado de muestras de suelo

**Fuente:** Duche Vanessa y Lluga Mayra, 2019

### **g) Textura**

Es el porcentaje en peso del suelo mineral que queda comprendido entre varias fracciones de tamaño de partículas, esto quiere decir que muestra el contenido relativo de partículas de distinto tamaño. La textura se relaciona con las propiedades importantes como: drenaje, aireación, retención de humedad, susceptibilidad a la erosión, permeabilidad. La textura se refiere al tamaño de las partículas menores de 2 mm que constituyen el suelo, estos tamaños corresponden a: arenas (2 a 0.02 mm); limos (0.02 a 0.002 mm); arcillas (< a 0.002 mm) (Llambí, et al., 2012, pp.40-46).

**Tabla 3-2:** Clases de textura de suelos

Nombre de los suelos (textura general)	Contenido Porcentual (%)			Clase contextual
	Arena	Limo	Arcilla	
<b>Suelos Arenosos</b>	86-100	0-14	0-10	Arenoso
<b>(textura gruesa)</b>	70-86	0-30	0-15	Franco Arenoso
<b>Suelos Francos o Margos</b>	50-70	0-50	0-20	Franco Arenoso
<b>(textura moderadamente gruesa)</b>				
<b>Suelos francos o Margos</b>	23-52	28-50	7-27	Franco
<b>(textura mediana)</b>	20-50	74-88	0-27	Franco Limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
<b>Suelos Francos o Margos</b>	20-45	15-52	27-40	Franco Arcilloso
<b>(textura moderadamente fina)</b>	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
<b>Suelos Arcillosos</b>	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
<b>(textura fina)</b>	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

**Fuente:** Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), (1987); (Lozano, 2018)

El conjunto de limos, arcillas y arenas del suelo es el componente sólido denominándose “Textura del suelo”, en función a la composición del suelo poseen la capacidad de retención de humedad, que va a depender también de contenido de materia orgánica presente (Gisbert, 2010).

Para determinar la textura del suelo de Páramo Andino en el laboratorio se procedió a lo siguiente:

- Tomar una muestra pequeña de suelo, colocarla en la palma de la mano, colocar una pequeña cantidad de agua hasta que se forme una masa moldeable.
- Realizar una bola del suelo, colocarla entre los dedos índice y pulgar.
- Ejercer una pequeña presión tratando de formar una cinta la cual debe ser de espesor y tamaño uniforme
- Si no se forma la cinta se obtendrá un suelo Areno Francoso
- Si se forma una cinta pequeña de menos de 2,5 cm, sintiendo al suelo muy arenoso (grueso), este será un suelo Franco Arenoso
- Si no se siente el suelo muy suave se obtendrá un suelo Franco Limoso
- Si no se siente el suelo ni muy grueso ni muy suave se obtendrá un suelo Franco.
- Cada uno de los tipos de suelo que de obtuvieron al momento de realizar el procedimiento de la textura, se colocaron en una base de datos en Excel.

## h) Materia Orgánica

La materia orgánica se define como la fracción del suelo, que contiene residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, incluyendo tejidos y células de organismos que viven en el suelo, y sustancias producidas por sus habitantes (Fonseca, 2015, p.95).

El suelo puede ser clasificado por su contenido de materia orgánica como bajo, medio o alto.

**Tabla 4-2:** Caracterización del suelo de acuerdo a sus contenidos de materia orgánica (bajo, medio o alto)

Clima	Porcentajes (%) de materia orgánica en suelo		
	Bajo	Medio	Alto
<b>Frío</b>	> a 5	5-10	< a 10
<b>Templado</b>	> a 3	3-5	< a 5
<b>Cálido</b>	> a 2	2-3	< a 3

Fuente: (Labrador, 1996)

Para el análisis de la materia orgánica de suelo se utilizó el método de pérdida de ignición (Loss-Ignición), el cual implica una combustión de muestras en altas temperaturas y la medición de pérdida de peso, este método ha sido considerado económico y preciso (Abella, et al., pp.545-550).

- En el laboratorio se procedió a tarar los crisoles de 30 mL, es decir se los lavó y una vez limpios se los llevó a un horno mufla a 800 °C durante un tiempo de 2 horas; una vez transcurrido este tiempo se sacaron los crisoles de la mufla, y se los colocó en un desecador con silica gel, en donde permanecieron hasta alcanzar una temperatura ambiente; luego cada uno de los crisoles se pesaron en una balanza analítica en donde se registró los pesos en una base de datos considerando este peso como Peso 1 .
- En la balanza analítica, se pesaron 5 gramos de la muestra de suelo, previamente tamizada (425 µm), en crisoles, y estos datos se registraron como Peso 2.
- Los crisoles con muestras de suelo, se los trasladó a la estufa a 105 °C, por 24 horas, cuando haya pasado el tiempo antes sugerido, se colocaron las muestras en un desecador, hasta que

tengan una temperatura ambiente, para posteriormente pesarlos en la balanza analítica, en donde los datos obtenidos se registraron como Peso 3.

- Las muestras con los crisoles, se colocaron en un horno mufla, durante un tiempo de 2 horas a 360 °C, al finalizar se ubicaron los crisoles con muestra en un desecador hasta que obtengan una temperatura ambiente y en una balanza analítica se pesaron los mismos, registrando como Peso 4.
- Para obtener el estimado de contenido de materia orgánica de suelo se utilizó la siguiente ecuación:

(5)

$$\%MO = \frac{(Peso\ 3 - Peso\ 4)}{(Peso\ 3 - Peso\ 1)} \times 100$$



**Figura 14-2:** Análisis de Materia orgánica, por el método de ignición

**Fuente:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

#### **i) Carbono Orgánico**

El carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus; en condiciones naturales el Carbono orgánico del suelo resulta del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico fresco y

la salida de Carbono del suelo en forma de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, erosión y lixiviación. Para determinar el Carbono Orgánico se utiliza el método de combustión en seco (Martínez, et al., pp.68-88).

De los valores obtenidos de materia orgánica, se utilizó el factor de Van Bemmelen de 1,724, siendo uno de los métodos más utilizados para calcular el porcentaje de carbono orgánico del suelo, el cual hace referencia que el 58% de la Materia orgánica está compuesta por Carbono orgánico (Debadie, et al., 2018, p.159)

Para determinar el carbono orgánico se empleará la siguiente ecuación:

$$\%CO = \frac{\%MO}{1,724} \quad (6)$$

### 2.5.2. Análisis de Varianza (ANOVA)

Como se mencionó previamente, el ANOVA permite la comparación de factores para la determinación de su significancia con relación a la variable de respuesta, en este caso se lleva a cabo la aplicación de un ANOVA de varios factores. Además, se requiere que este ANOVA sea constituido mediante Sumas de Cuadrados Tipo III, debido a que los tratamientos no se encuentran balanceados (tienen diferentes tamaños de muestra).

Planteamiento de Hipótesis:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k = \mu \quad (a)$$

$$H_A = \mu_i \neq \mu_j \text{ para algún } i \neq j \quad (b)$$

En donde se querrá decidir si los tratamientos son iguales estadísticamente en cuanto a sus medias, frente a la alternativa de que al menos dos de ellos son diferentes. En base a la muestra representativa de mediciones de COT, se construirá el estadístico de prueba para decidir el resultado de dicha comparación y determinar efectos activos en cuanto a los factores en análisis (Monleon-Getino, 2017, pp.4-6).

#### 2.5.2.1. . Suma de cuadrados de tipo III: marginal y ortogonal



La suma de cuadrados de tipo III no depende del tamaño de la muestra, es decir las estimaciones de efecto no son una función de la frecuencia de observaciones en ningún grupo (para los datos no balanceados, donde se tiene un número desigual de observaciones en cada grupo). Cuando no hay celdas faltantes en el diseño, las medias de cada subpoblación son medias obtenidas por mínimos cuadrados, que son unas de las mejores estimaciones lineales no sesgadas de las medias marginales para el diseño (Monleon-Getino, 2017, p.4).

Para la realización del ANOVA se tiene que establecer una matriz con todos los factores que se están analizando en el presente estudio, esta matriz se denominará matriz Z.

De acuerdo con Santana y López (2001), la suma de cuadrados tipo III para los factores específicos se obtiene mediante la siguiente formula multivariada:

$$SCQ_A = y^t A y$$

Donde:

y: Vector conformado por los porcentajes de carbono orgánico.

$$A = (Z(Z^t Z)^{-1} Z^t - Z_1(Z_1^t Z_1)^{-1} Z_1^t)$$

$Z_A$ : Matriz conformada por todos los factores menos el de interés.

Proceso análogo se repetirá para el cálculo de la suma de cuadrados de cada factor.

En cuanto a los factores de interacción se los calcula a partir de la siguiente consideración:

$$SCQ_{AB} = y^t [V_B(V_B^t V_B)^{-1} V_B^t - V_A(V_A^t V_A)^{-1} V_A^t] y$$

Donde:

$V_A$  y  $V_B$ : son las matrices dadas para los factores A y B respectivamente, bajo el modelo de medias de celda modificado, con la restricción apropiada.

Este cálculo se debe repetir para definir todas las posibles interacciones en análisis para el ANOVA

**Tabla 5-2:** Cálculo de Tabla ANOVA

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F <sub>0</sub>	Valor P
A	SCQ <sub>A</sub>	(a - 1)	CMQ <sub>A</sub> = $\frac{SCQ_A}{a - 1}$	$\frac{CMQ_A}{CMQ_E}$	P(F < F <sub>A</sub> )
B	SCQ <sub>B</sub>	(b - 1)	CMQ <sub>B</sub> = $\frac{SCQ_B}{b - 1}$	$\frac{CMQ_B}{CMQ_E}$	P(F < F <sub>B</sub> )
...	...	...	...	...	...
AB	SCQ <sub>AB</sub>	(a - 1)(b - 1)	CMQ <sub>AB</sub> = $\frac{SCQ_{AB}}{(a - 1)(b - 1)}$	$\frac{CMQ_{AB}}{CMQ_E}$	P(F < F <sub>AB</sub> )
AC	SCQ <sub>AC</sub>	(a - 1)(c - 1)	CMQ <sub>AC</sub> = $\frac{SCQ_{AC}}{(a - 1)(c - 1)}$	$\frac{CMQ_{AC}}{CMQ_E}$	P(F < F <sub>AC</sub> )
...	...	...	...	...	...
Error	SCQ <sub>E</sub>	(a - 1)(b - 1)...	CMQ <sub>E</sub>	-	-
Total	SCQ <sub>T</sub>	(a * b * ... - 1)	-	-	-

Realizado por: GIDAC-ESPOCH,2019

### 2.5.2.2. Prueba de Normalidad de Anderson – Darling

El estadístico Anderson –Darling mide los datos de distribución específica para un conjunto de datos, es decir, se utiliza el estadístico para determinar si los datos cumplen el supuesto de normalidad. La prueba de Anderson-Darling se basa en la comparación de la distribución de probabilidades acumulada empírica con la distribución de probabilidades acumulada teórica (Definida en H<sub>0</sub>) (Lorenzo, 2011, p.18).

H<sub>0</sub>: Las variables aleatorias en un estudio siguen una distribución normal ( μ, σ)

H<sub>a</sub>: Las variables aleatorias en un estudio no siguen una distribución normal (μ, σ)

### 2.5.2.3. Prueba de Wilcoxon Prueba Kruskal-Wallis

Es una prueba no paramétrica es análoga a la prueba ANOVA de una vía.

Se puede probar si varias muestras independientes (más de 2 dos muestras o se puede decir k muestras independientes) procedente o no de la misma población.

Puede ser considerada como una generalización de la prueba de la Suma de rangos de Wilcoxon

Asume que la variabilidad tiene una distribución continua y requiere que esta medida en una escala ordinal o cuantitativa descrita

Hipótesis:

H0: Med1= Med2=...=Medk

H1: Medi  $\neq$  Medj al menos para un par (i,j)

El estadígrafo H de Kruskal Wallis que para 3 o más grupos de tamaño 5 o mayor tiene una distribución  $\chi^2$  con k-1 grados de libertad

Otra forma de declarar las hipótesis puede ser:

Hipótesis:

H0: Las muestras provienen de poblaciones idénticas

H1: Las muestras provienen de poblaciones diferentes

### 2.5.3. *Materiales y equipos*

#### a) **Materiales**

- Barreno
- Espátula
- Flexómetro
- Machete
- Azadón
- Fundas Ziploc
- Fundas de halar grandes
- Plástico adhesivo transparente
- Hoyadora
- Hoz
- Cuadro de madera (50 x 50 cm)
- Cilindros de acero inoxidable
- Sacos
- Probeta
- Vasos de precipitación

- Crisoles de 30 mL
- Desecador

**b) Equipos**

- GPS (Geoposicionador)
- Balanza analítica
- Potenciómetro
- Conductímetro
- Estufa
- Horno mufla

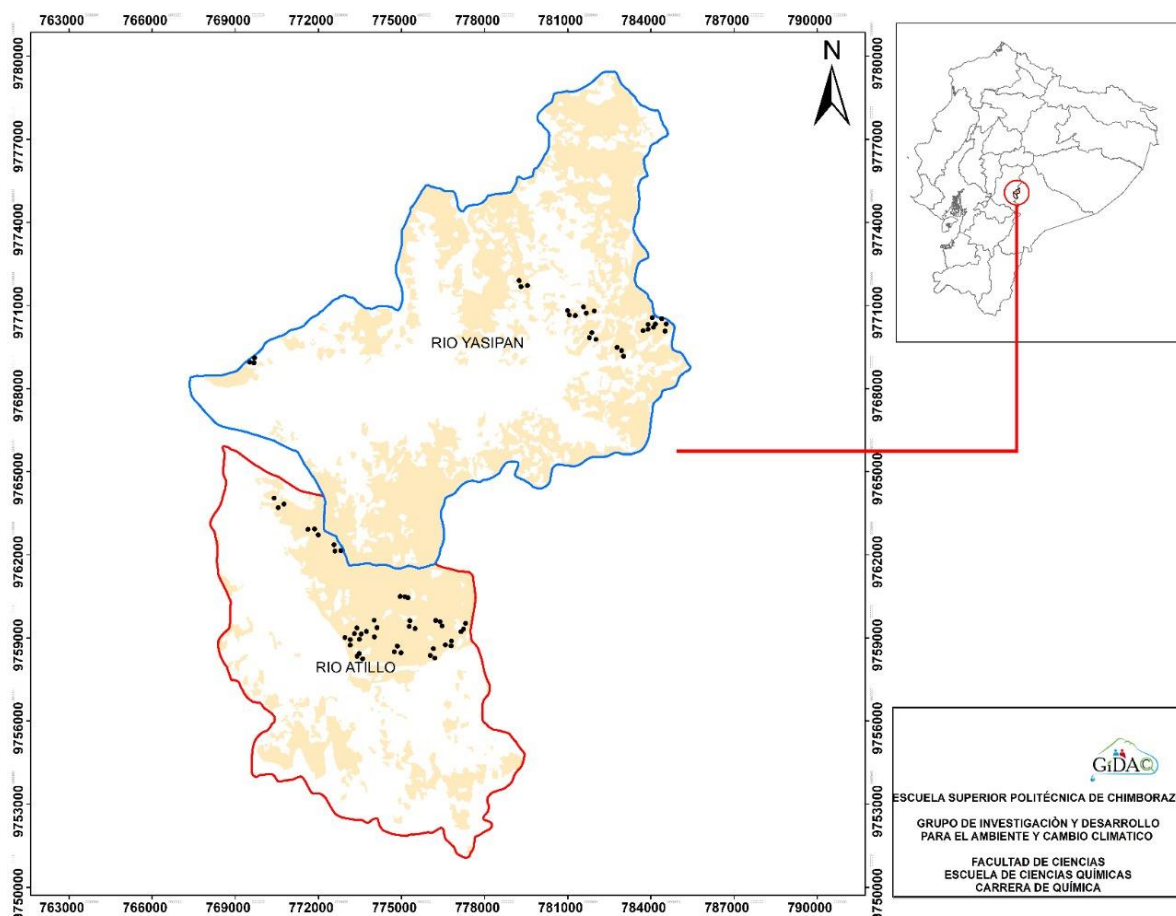
## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.4. Estadísticos descriptivos

##### 3.4.1. *Estadísticos descriptivos del suelo*

##### a) Lugar de muestreo



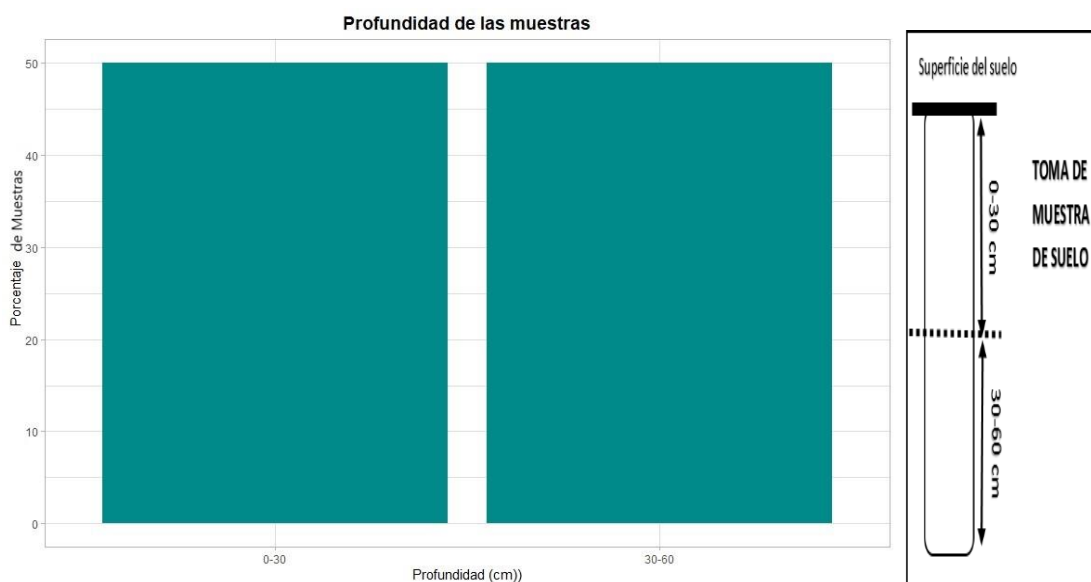
**Gráfico 1-3:** Mapa de los puntos de Muestreo

Realizado por: GIDAC-ESPOCH, 2019

De acuerdo al gráfico 1-3: El lugar donde se tomaron mayor cantidad de muestras resulta Atillo con el 66% de las muestras tomadas en este lugar, mientras que en Yasipan se realizaron el 34% de las muestras restantes.

Los resultados obtenidos de Carbono Orgánico Total tomando la mayoría de muestras son en Atillo por su área de extensión 6652,28354ha mientras que para el sector de estudio en Yasipan cuenta con un área de 2945,62015 ha de extensión por lo tanto existe menos cantidad de puntos de muestreo en relación al contenido de carbono orgánico de suelo, como se observa en el grafico 5-3.

#### b) Profundidad de las Muestras



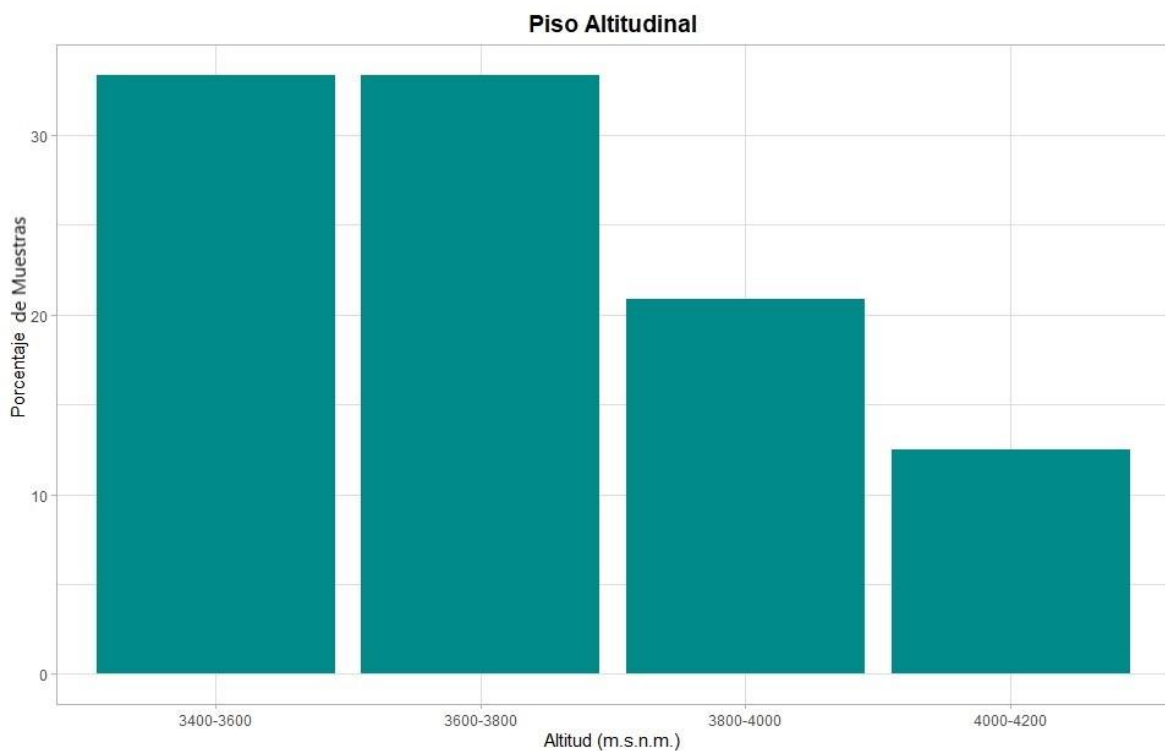
**Gráfico 2-3:** Estadístico descriptivo de la Profundidad de las muestras

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

En el grafico 2-3 se observa que la toma de las muestras de suelo según el protocolo GIDAC se debe realizar a dos profundidades 0 a 30cm que corresponde al 50% y 30 a 60cm al otro 50%

En la presente investigación se realizó un muestreo factorial fijo balanceado completamente al azar que da como resultado 72 puntos de monitoreo a dos profundidades diferentes, las cuales fueron de mucha importancia para realizar los respectivos análisis como pH, conductividad, color y textura, así como para la estimación del contenido de materia orgánica (carbono orgánico total) de suelo a la profundidad de 0-30 cm y 30 – 60 cm se lo puede considerar que es la capa laborable del suelo.

c) Piso Altitudinal



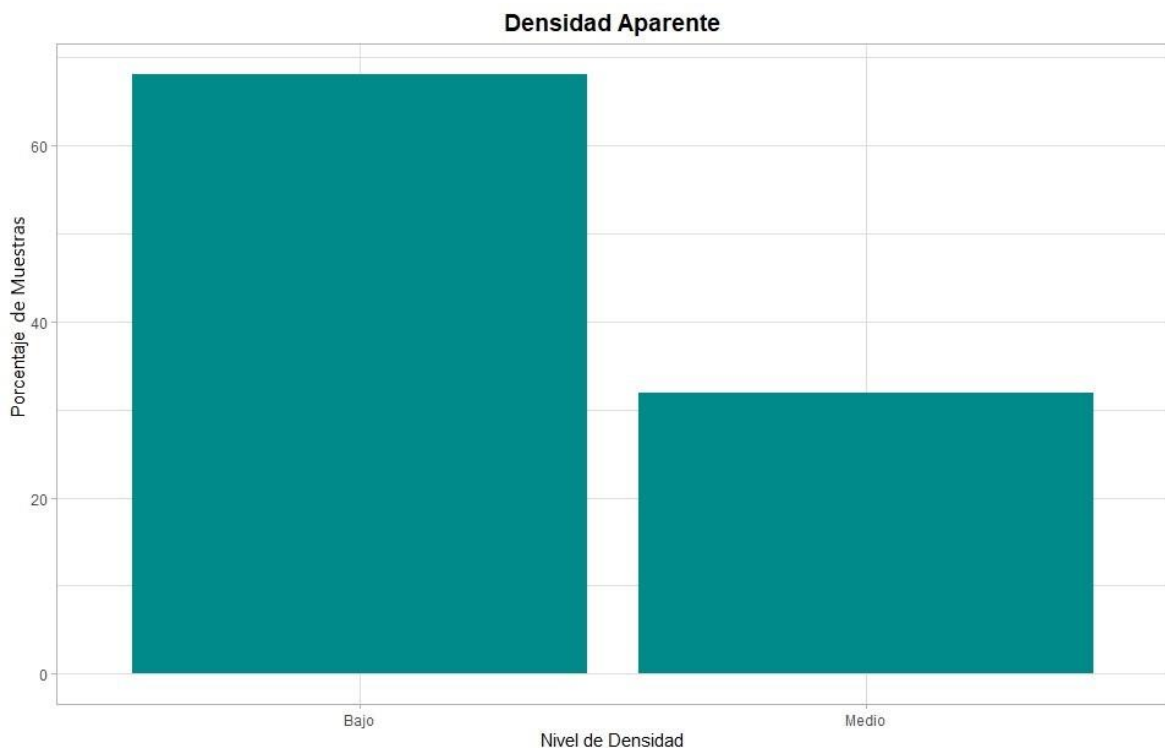
**Gráfico 3-3:** Descriptivo estadístico del Piso Altitudinal

**Realizado por:** Duche Vanessa y Mayra Lluga, 2019

Se observa el gráfico 3-3 que cerca del 33% de las muestras fueron tomadas en pisos altitudinales de entre 3400 y 3600 m.s.n.m. y 3600 a 3800 m.s.n.m. para cada nivel le sigue un 21% de las muestras tomadas entre 3800 y 4000 m.s.n.m., mientras que 13% de las muestras se tomaron en un piso altitudinal de 4000 a 4200 m.s.n.m.

De acuerdo al rango altitudinal los lugares de estudio Atillo y Yasipan tienen la presencia de los 4 rango altitudinales 3400-3600 m.s.n.m, de igual manera el rango de 3600-3800m.s.n.m, 3800-4000m.s.n.m y los 4000-4200m.s.n.m.

d) Densidad Aparente



**Gráfico 4-3:** Estadístico descriptivo de la Densidad Aparente del Suelo

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

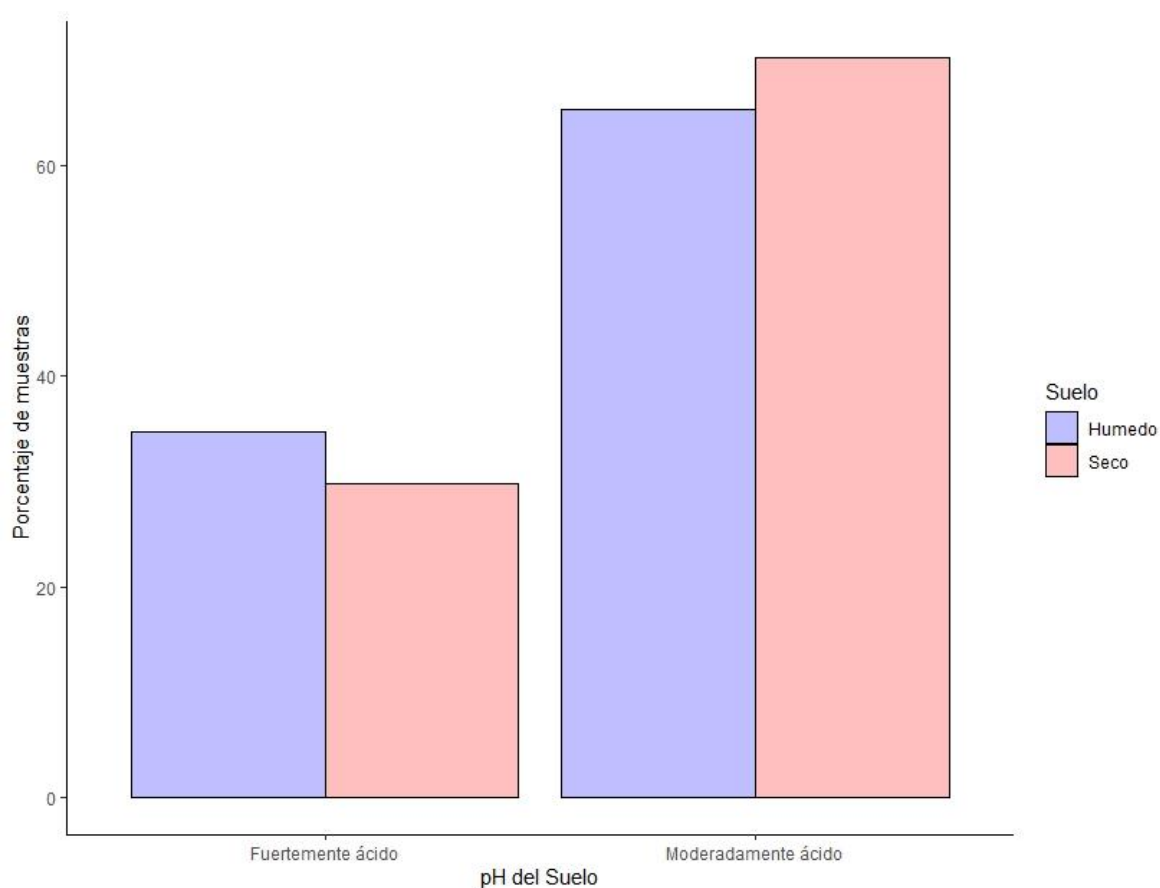
En el gráfico 4-3 se observa que la densidad aparente del suelo en su nivel Bajo, presenta mayor porcentaje con un 68% de las muestras con esta característica, mientras que, con un nivel medio de densidad aparente se observa un 32% de las muestras con esta característica.

La Da es un indicador de la compactación del suelo en donde mientras mayor sea el valor, mayor será el grado de compactación del mismo; como lo menciona, los mayores valores de la densidad aparente son ocasionados por las alteraciones en la estructura del suelo que puede ser causada por la compactación provocada por el pisoteo de animales de pastoreo (Hofstede, et al., 2014, p.31).

Los suelos de páramo por su alto contenido de materia orgánica y en condiciones normales son sueltos facilitando la compactación producida por el peso de los animales, los suelos con valores altos de densidad aparente son muy poco estructurados y el contenido de materia orgánica es menor (Hofstede,1995, p.115)



e) pH y Conductividad



**Gráfico 5-3:** Estadístico descriptivo del pH del Suelo Húmedo y pH del Suelo Seco

Realizado por: Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

**pH Húmedo del Suelo**

En el gráfico 5-3 se indica que el pH con mayor frecuencia en las muestras de suelos húmedos, son los suelos moderadamente ácidos, con cerca de 65% de muestras con este pH, mientras que también se cuentan con suelos Fuertemente ácidos con cerca de 35% restante de las muestras perteneciente a este nivel de pH.

## **pH Seco del Suelo**

En el gráfico 5-3 se indica dos niveles de pH, los suelos Moderadamente ácidos se muestran con mayor frecuencia en las muestras de suelos secos, con aproximadamente el 70% de muestras con este pH, además se cuentan, en menor frecuencia, con suelos con un pH Fuertemente ácido con aproximadamente 30% de las muestras.

## **pH**

Como se puede ver en la gráfica 5-3 para el suelo de paramo el pH tanto en húmedo como en seco son de alrededor de 4,98 y 5,59 que corresponden al 70% moderadamente ácido y 30% fuertemente ácido respectivamente

La acidez de los suelos puede ser ocasionada por la pérdida de cationes que contribuyen a la acidificación; en donde la pérdida de cationes puede ser ocasionada por la permeabilidad característica del tipo de suelo arenosos, como se dio en este tipo de suelo de estudio es decir que en los suelos de tipo arenoso puede existir una pérdida de cationes por lixiviación (Abrego, 2012). Además de la pérdida de cationes en el suelo, la presencia de abundante materia orgánica y por ende carbono orgánico, propia en suelos de origen andino, aumenta la acidez del suelo, siendo característico en suelos de paramo. Todos los suelos orgánicos son ácidos es decir son normalmente más ácidos que otros suelos minerales lo cual es generado por los ácidos orgánicos que se acumulan en los mismos, la materia orgánica de los suelos andinos tiene grupos carboxílicos y fenólicos que se comportan como ácidos débiles y tienden a disminuir el pH del suelo, produciendo acidez en los suelos de páramo (Jaramillo, 2002, p. 359). La mayor parte de suelos de páramo en Yasipan y Atillo son clasificados como suelos de origen andosoles alofánicos, en Atillo el contenido de pH es 5 y en Yasipan el contenido de pH es aproximadamente 5, es decir estos valores son comunes en suelos de origen volcánico es decir provenientes de cenizas volcánicas por su alto contenido de aluminio y hierro (Podwojewski, 2000, p.16).

## Conductividad

**Tabla 1-3:** Resumen descriptivo de los factores Conductividad de Suelo Húmedo y Seco

<b>Factor</b>	<b>Lugar</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Varianza</b>	<b>Desviación Estándar</b>
Conductividad Húmedo	Atillo	0.1944	0.1400	0.0120	0.1095
	Yasipan	0.2638	0.1600	0.0031	0.0561
Conductividad Seco	Atillo	0.4728	0.4500	0.0445	0.2110
	Yasipan	0.3872	0.3800	0.0085	0.0923

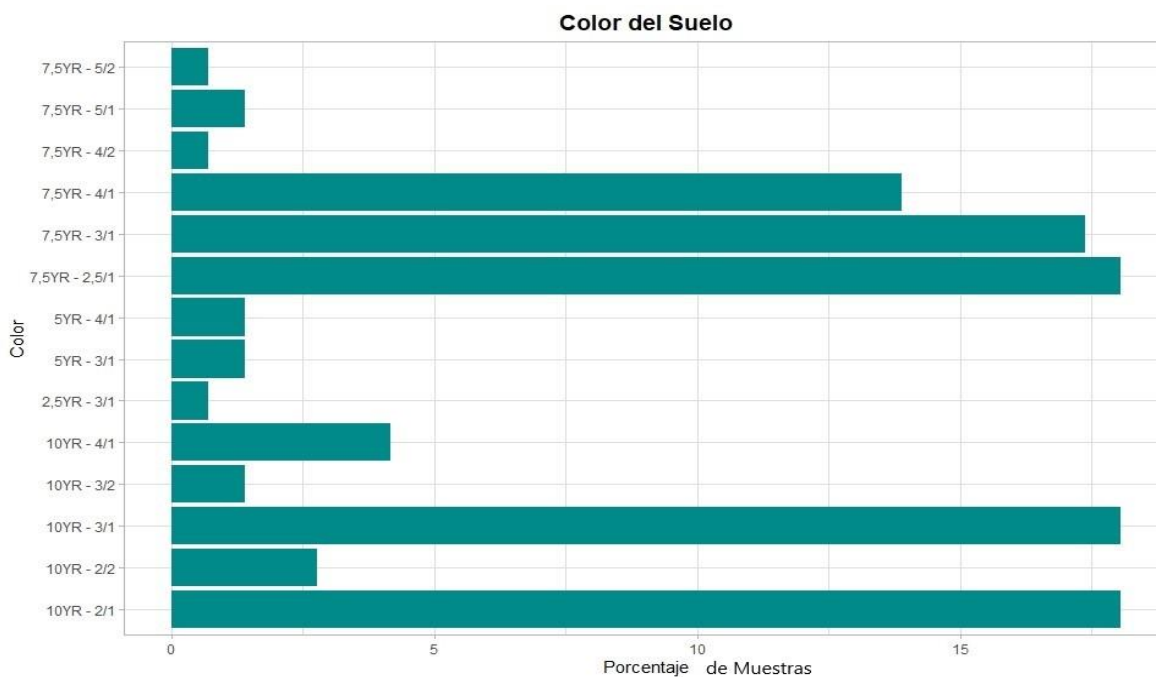
**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2020

Como se muestra en la tabla 1-3 los factores de Conductividad de suelo húmedo y seco tienen valores numéricos, no obstante, estos valores se categorizan como niveles de conductividad bajos, tanto para muestra húmeda, como para muestra seca de suelo, razón por la que esta variable tampoco aporta explicación para la determinación de carbono orgánico del suelo, sin embargo, los estadísticos descriptivos de estas variables se listan en la tabla 1-3, desagregados por el factor Lugar.

Los valores de la conductividad en los suelos analizados, son suelos no salinos, es decir son aquellos en donde los valores de conductividad eléctrica son menores a 2 dS/m (Hoorn, 1994, p.550). Los valores bajos en la conductividad eléctrica suelen ser ocasionados por el infiltramiento del agua en el suelo el cual produce un lavado de las sales de la superficie. El infiltramiento de un suelo está relacionado con la textura del mismo. Según el estudio realizado por Simón, et al., (2013) demostraron que los suelos con un alto porcentaje de partículas finas tienen un contacto partícula- partícula y un mayor número de poros pequeños los cuales retienen agua con mayor fuerza y por más tiempo, permitiendo así conducir mejor la electricidad.

Se debe considerar que en este estudio se obtuvo un alto contenido de materia orgánica (Carbono Orgánico) y los valores de conductividad bajos es decir valores inconsistentes, Según bibliografía mientras mayor sea el contenido de materia orgánica (carbono orgánico) hay mayor conductividad eléctrica, es decir, mayor capacidad para conducir la electricidad (Lal, 2004, p. 1626) alega que algunos componentes de la materia orgánica (carbono orgánico) son responsables de la formación y estabilización de los agregados del suelo, generando poros y macroporos continuos, los cuales aumentan la capacidad de conducir la corriente eléctrica del suelo. La fuerte correlación entre la conductividad eléctrica y la materia orgánica (Carbono de Suelo), es porque la materia orgánica permite el mantenimiento de las propiedades físicas del suelo, misma que a su vez está asociada a una acumulación de nutrientes y retención de agua, los cuales son factores que tienen una relación directa con la conductividad eléctrica.

f) Color de la muestra



**Gráfico 6-3:** Estadístico descriptivo del Color de las muestras

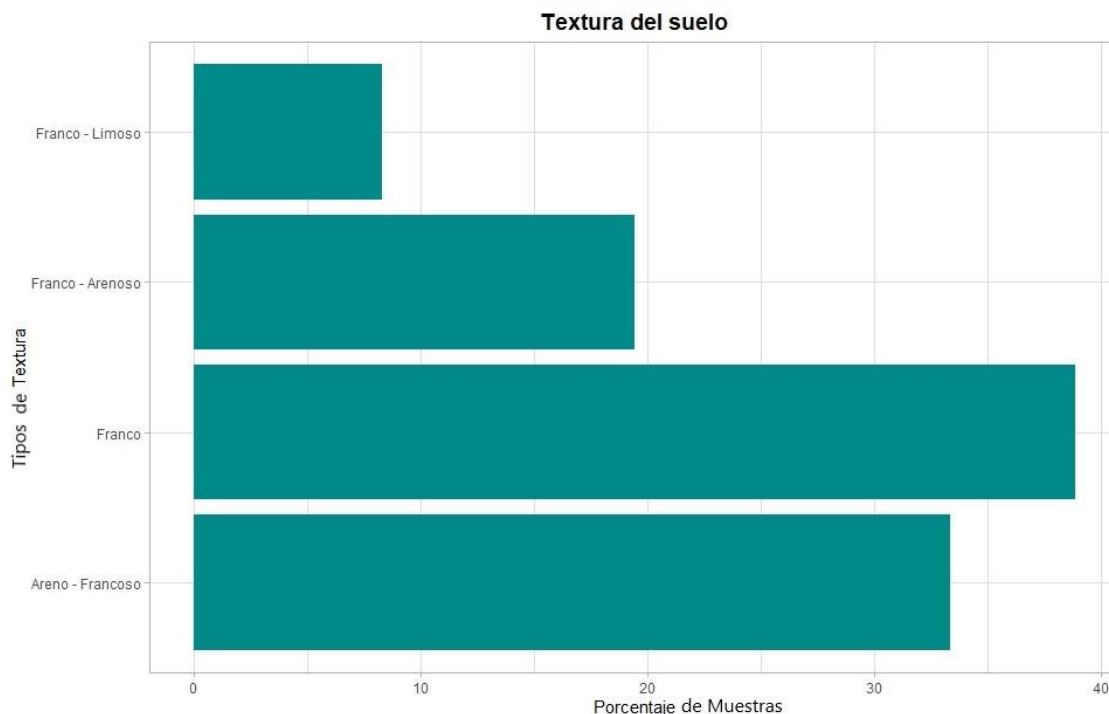
**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2020

En el gráfico 6-3 se observa que los colores que presentan mayor aparición en las muestras son los colores 7.5YR – 2.5/1, 10YR – 3/1 y 10YR – 2/1, estos tres colores con aproximadamente 18% de las muestras cada uno. Al otro extremo se encuentran los colores 7.5YR – 5/2, 7.5YR – 4/2 y 2.5YR – 3/1, que presentan menor cantidad de aparición en las muestras con 1% de las observaciones respectivo para cada uno de estos tres colores.

El color demuestra la composición, así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción el suelo a través de colores, viene determinado por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental. Para describir los colores en un suelo se utiliza un código de colores que permite una codificación del color de una manera más científica y objetiva utilizando unas tablas de color estándar que utilizan el código de Munsell que corresponde a un espacio de tres dimensiones, el color se codifica por medio de letras y números utilizando tres parámetros básicos: matiz (expresa la longitud de onda dominante en la radiación reflejada se designa por medio de dos letras mayúsculas YR( rojo amarillento), Y (amarillo),

GY(amarillo verdoso) entre otros ), Brillo ( Intervalo de 1 (oscuro) a 8 (claro), expresa a la proporción de radiación reflejada respecto a la radiación incidente (Porta, et al., 2013, pp. 157-162).

g) Textura del Suelo



**Gráfico 7-3:** Estadístico descriptivo de la Textura del suelo

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019

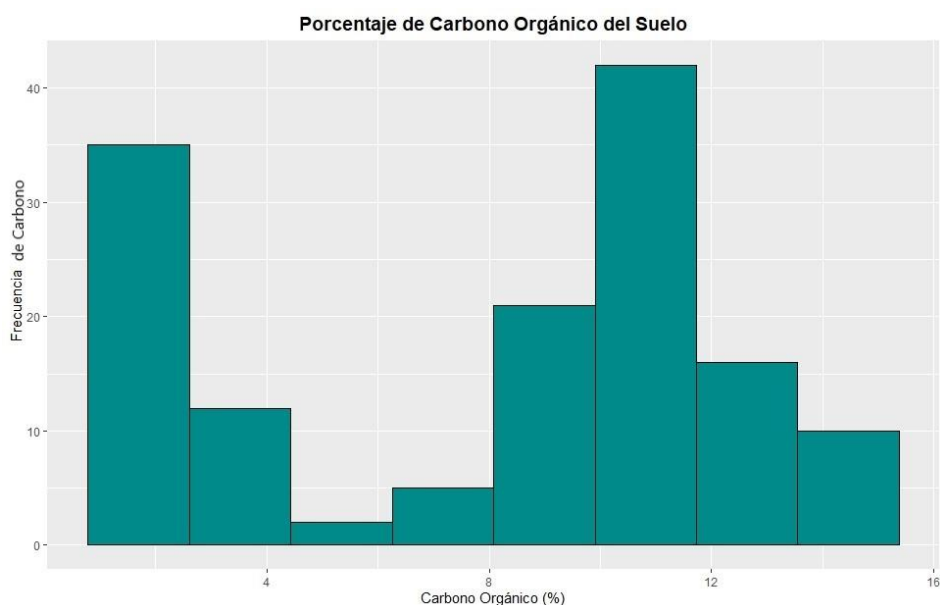
En el grafico 7-3 se observa la textura del suelo que con mayor frecuencia aparece en las muestras es el suelo Franco con cerca de 39% de las muestras, seguido por el suelo Areno - Francoso con aproximadamente 34% de las muestras. En menor frecuencia aparecen los suelos Franco – arenosos con 19% de las muestras, y finalmente suelo Franco - Limoso con una aparición en la muestra de 8%.

De acuerdo a nuestro estudio el suelo presenta una textura franco con mayor frecuencia, explicando de esta manera que ambos lugares de estudio Atillo y Yasipan presenta este tipo de textura., debido que el origen del suelo es por las erupciones volcánicas en el cual también se puede observar el color muy oscuras esto se debe a la alta concentración de materia orgánica por lo tanto presencia de carbono orgánico (GTP, 2008, p.27).

La textura franco-arenoso está conformada por aquellos suelos que poseen más del 70% de arena en su estructura los cuales son calificados como suelos de textura gruesa (Cárdenas, 2015, p.57), los suelos de textura gruesa aumentan la permeabilidad si se hallan en proporciones suficiente si son porosos

retienen la humedad, frenan la erosión y las pérdidas de agua por evaporación si recubren al suelo (Porta, et al., 2013, pp. 152), liberan lentamente nutrientes al meteorizarse que mejoran la retención del agua esto ayuda a la cobertura propia del sector (Echeverría, et al., 2018, p.34). Los suelos de páramo al ser de origen volcánico suelen tener una textura franco, franco-arenoso (Cárdenas, 2015, p. 58), en su gran mayoría las muestras de suelo de nuestro estudio presentan similitud en la textura observando en los resultados obtenidos.

#### h) Porcentaje de Carbono Orgánico del Suelo



**Gráfico 8-3:** Estadístico descriptivo del Porcentaje de Carbono Orgánico del Suelo

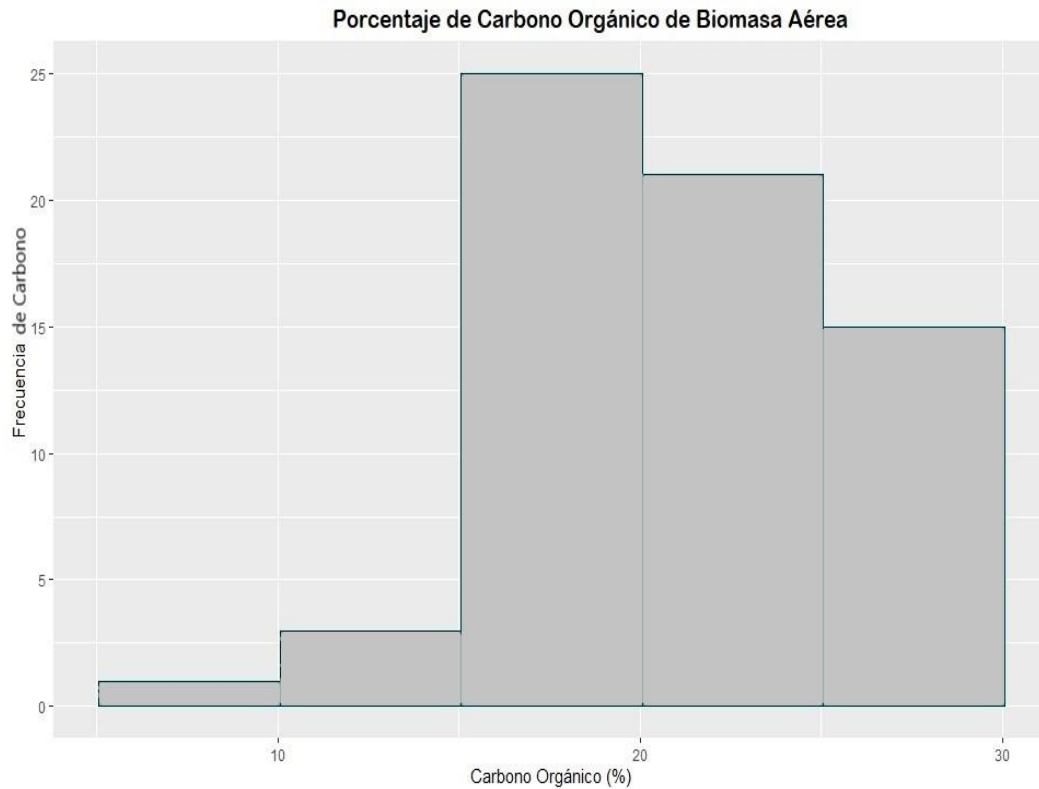
**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019.

En el gráfico 8-3 se presenta una figura en la cual se observa que la mayor frecuencia de carbono se encuentra entre 10 y 12%, seguido de las muestras con un intervalo de 0 a 2.5% de carbono orgánico. Mientras que, en menor proporción, se encuentran los datos con porcentaje de carbono de entre 4.5% a 8%.

El carbono orgánico en el suelo (COS) es uno de los principales elementos que forman parte de la materia orgánica del suelo, por lo tanto, se habla o se describe de cada uno de ellos, el contenido de carbono orgánico en suelo se observa que está en mayor frecuencia con un 10 y 12% que se encuentra en la zona total de estudio de Atillo y Yasipan.

### 3.4.2. Estadístico descriptivo de Biomasa Aérea

#### a) Porcentaje de Carbono Orgánico de Biomasa Aérea



**Gráfico 9-3:** Estadístico descriptivo del Porcentaje de Carbono Orgánico de Biomasa Aérea

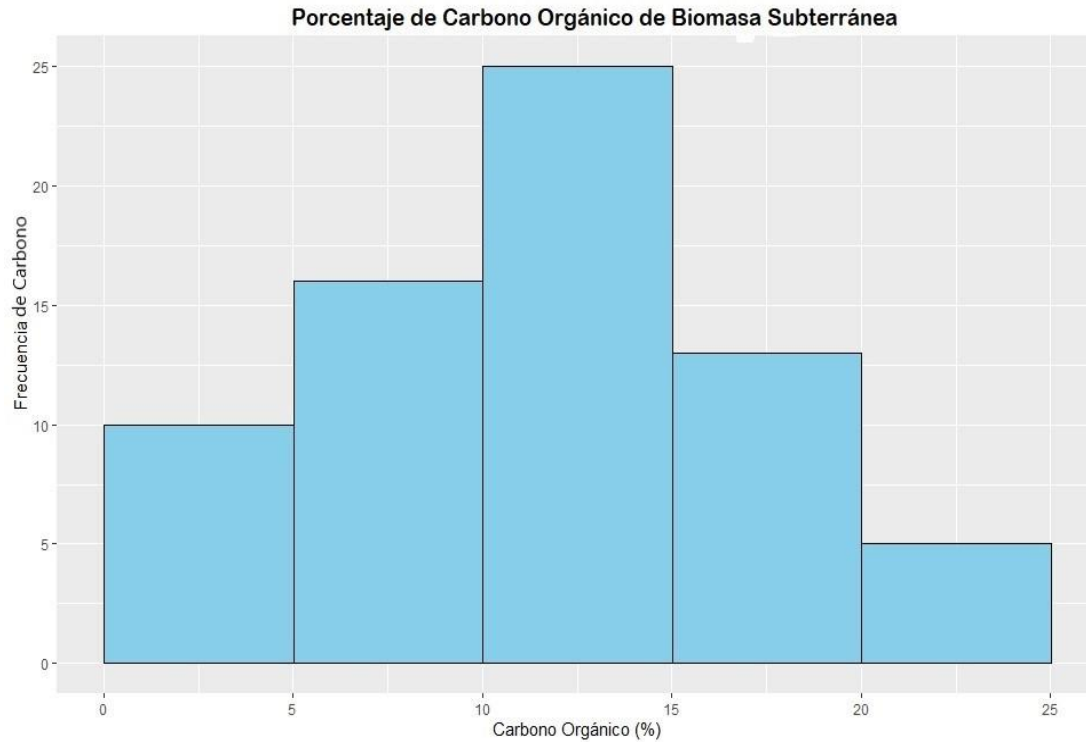
**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra

En el gráfico 9-3 se observa el histograma del carbono orgánico de la biomasa aérea comienza con la frecuencia más baja de carbono orgánico entre el 0 y 15%, se dispara a un pico de mayor frecuencia entre el 15 y 20% de carbono orgánico y comienza a disminuir de manera continua y controlada. Esta distribución asemeja el comportamiento de una ley de probabilidad de Weibull.

En nuestro estudio se puede decir que el porcentaje de COT en la biomasa aérea (paja) del páramo de Atillo y Yasipan tienen indistintamente variabilidad en la frecuencia, en mayor frecuencia se registra un incremento de 15% y 20% para el total de muestras.

### 3.4.3. Estadístico descriptivo de Biomasa de Subterránea

#### a) Porcentaje de Carbono Orgánico de Biomasa de Subterránea



**Gráfico 10-3:** Estadístico descriptivo del Porcentaje de Carbono Orgánico de Biomasa Subterránea

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsá Mayra, 2019.

En el gráfico 10-3 se observa la relación del porcentaje de Biomasa de raíz se observa que entre 10% y 15% de carbono orgánico de la biomasa de raíz se encuentra la mayor frecuencia de carbono, mientras que la menor frecuencia se observa entre el 20% y el 25% de carbono orgánico. Adicionalmente en este gráfico se observa un comportamiento de aproximación a una distribución normal de los datos.

El porcentaje de COT en la biomasa subterránea (raíz) tiene una variabilidad de incremento en ellas, registrando como mayor frecuencia en el 10% a 15% de las muestras totales de estudio.



### 3.5. Análisis estadístico- ANOVA de Carbono de Suelo

Se aplica un ANOVA con Suma de Cuadrados Tipo III, debido a que los tratamientos no se encuentran balanceados (tienen diferentes tamaños de muestra).

Planteamiento de Hipótesis:

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

El factor en estudio no tiene un efecto activo en relación al porcentaje de carbono orgánico del suelo.

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

El factor en estudio si ejerce un efecto activo en relación al porcentaje de carbono orgánico del suelo.

#### Estadístico de Prueba:

**Tabla 2-3:** Estadístico de Prueba para Carbono de Suelo

Anova Table (Type III tests)				
Response:	COS (%)			
	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
(Intercept)	1173.96	1	499.0634	< 2e-16 ***
Lugar	499.37	1	212.2862	< 2e-16 ***
Profundidad	42.13	1	17.9118	4.6e-05 ***
Color	39.90	13	1.3049	0.21958
Textura	11.97	4	1.2724	0.28476
Piso_Altitud	26.58	3	3.7663	0.01265 *
ph_humedo	2.92	1	1.2400	0.26773
ph_seco	0.01	1	0.0021	0.96322
Densidad	2.79	1	1.1880	0.27796
Residuals	277.57	118		

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

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019.

En la tabla 2-3 se determina que, con valores p significativos (menores de 0.05), los factores Lugar, Profundidad y Piso Altitudinal son significativos para explicar el porcentaje de Carbono Orgánico del Suelo, del páramo andino. Los factores Color, pH húmedo, pH Seco, Densidad y Textura no producen cambios estadísticamente significativos en el porcentaje de Carbono Orgánico del Suelo.

De las variables que cuentan con relevancia para la estimación de carbono orgánico de suelo se procede a hallar sus interacciones significativas:

**Tabla 3-3:** Mejor ANOVA

Anova Table (Type III tests)				
Response:	COS (%)			
	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
(Intercept)	1793.55	1	708.6217	< 2.2e-16 ***
Lugar	1075.41	1	424.8872	< 2.2e-16 ***
Profundidad	26.79	1	10.5827	0.001445 **
Piso_Altitud	22.81	3	3.0045	0.032725 *
Lugar:Profundidad	2.71	1	1.0697	0.302867
Profundidad:Piso_Altitud	4.43	3	0.5830	0.627184
Residuals	339.16	134		

---

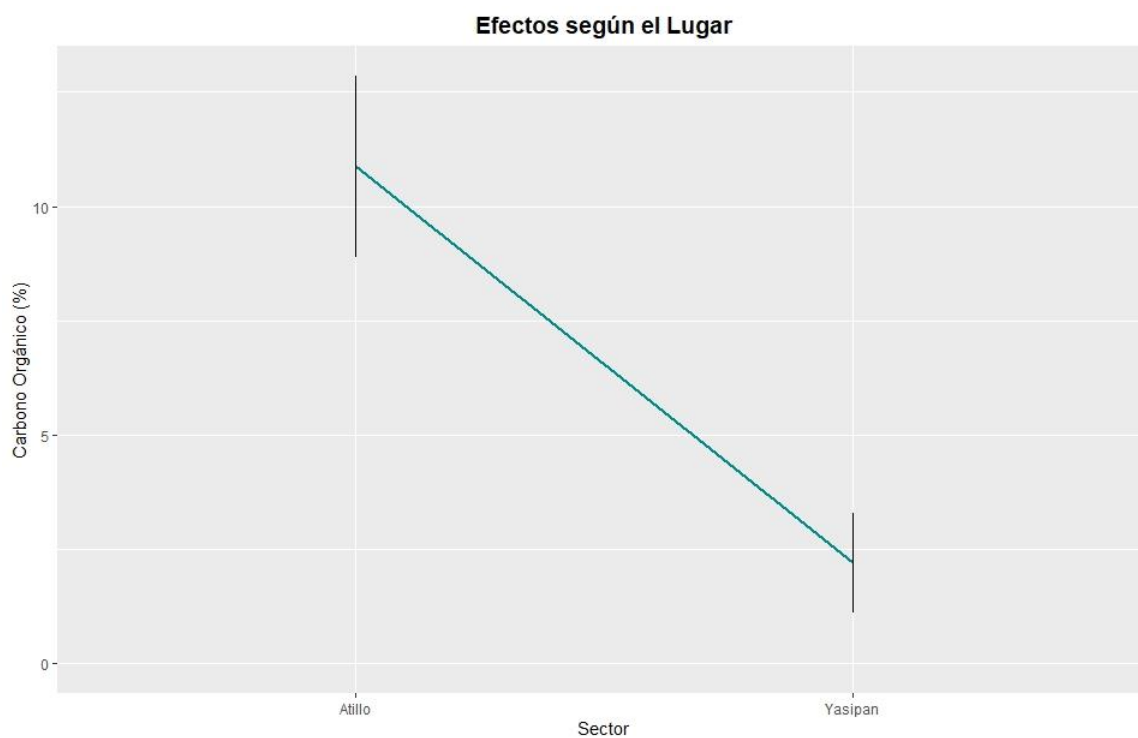
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019.

En la tabla 3-3 con un mejor ANOVA se explica la interacción secundaria entre los factores Lugar y la Profundidad resulta significativo para la explicación del carbono orgánico del suelo, mientras que los factores Profundidad y Piso Altitudinal, sin embargo, no se toma en cuenta la interacción de los factores Lugar y Piso Altitudinal no se analiza debido a la falta de grados de libertad para la aplicación del ANOVA.

### 3.1.1. Gráficos de Efectos de los Factores Significativos

#### a) Contenido de Carbono Orgánico respecto al Lugar



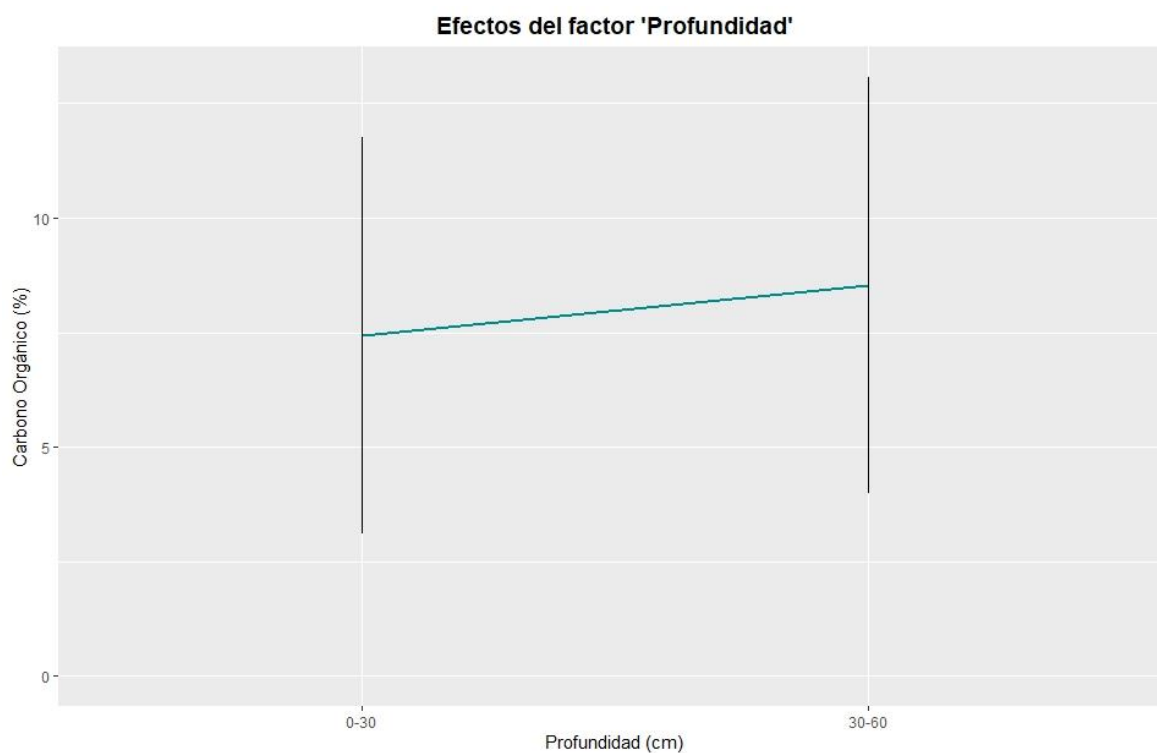
**Gráfico 11-3:** Efectos del Lugar

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019.

En el gráfico 11-3 se observa que en el sector de Atillo cuenta con mayor porcentaje promedio de carbono orgánico, con cerca de 12%, mientras que en el sector de Yasipan se encuentra menor porcentaje de este compuesto, con aproximadamente 2.5% de carbono orgánico. La información desagregada por el lugar resulta con una desviación estándar relativamente corta, lo que indica una pequeña dispersión de los porcentajes de carbono orgánico del suelo.

Los porcentajes de carbono orgánico son altos si son mayores a 2,5 %, medios si están de entre 1 a 2,5 % y bajos si son menores a 1 % (Núñez, 2000, p.185). Para la presente investigación los resultados obtenidos de Carbono orgánico son altos Atillo con un 12 y bajo para Yasipan con 2.5%. Pudiendo decir que el porcentaje de carbono orgánico del sector de Yasipan es baja en comparación al sector de Atillo, esto podría deberse a la topografía, precipitación, temperatura y los avances glaciares (Hofstede, et al., 2014, p.24)

## b) Contenido de Carbono Orgánico respecto a la Profundidad



**Gráfico 12-3:** Efectos del factor Profundidad

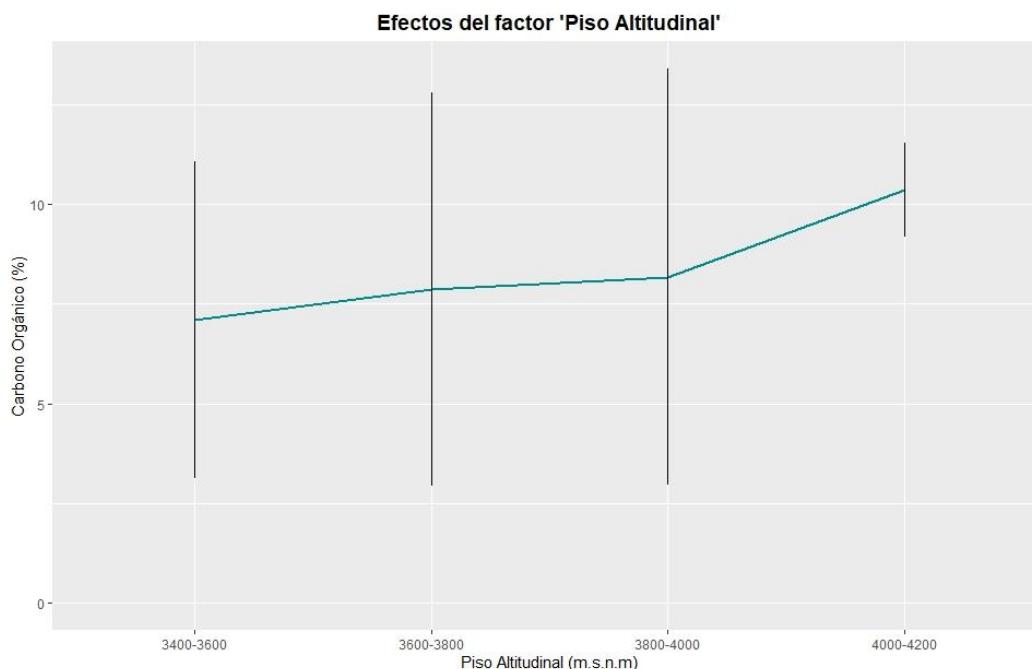
**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019.

En el gráfico 12-3, se observa la relación a la profundidad de toma de la muestra, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de carbono orgánico del suelo, siendo este mayor en muestras de 30 a 60 cm de profundidad con un 8.5%, mientras que en profundidades de 0 pa 30cm se cuenta con menor porcentaje de carbono orgánico, con cerca del 7.5%. Además, se determina que la desviación estándar es considerable, es decir, que se muestra una gran dispersión de los valores de porcentaje de carbono de su promedio, cuando se los tabula a partir de la profundidad de toma de muestra.

Gran parte de este estudio está dentro del Parque Nacional Sangay, por lo tanto, el suelo cuenta con presencia de material volcánico, los suelos localizados en los sectores de Yasipan y Atillo son provenientes de la formación de suelos de origen volcánico de una formación de depósitos glaciares, rocas volcánicas, rocas sedimentarias, lavas y depósitos volcánicos del Sangay en donde cada una de estas formaciones son provenientes del volcán Sangay que está a su alrededor. La presencia de los volcanes en los Andes del Ecuador la mayoría en estado activo fueron y son principalmente la clave de la formación de los suelos del páramo a partir de grandes volúmenes de cenizas que emanaban durante los procesos de erupción, aunque en bibliografía se han reportado valores similares de

carbono orgánico, en el gráfico 12-3 se entiende que a profundidades diferentes no se logra encontrar valores similares en este estudio, por lo tanto, no se puede comparar directamente con los resultados obtenidos en esta investigación (Hofstede, et al., 2014, p.24). La descomposición de materia orgánica es más lenta en suelos volcánicos debido al aluminio de la ceniza volcánica y la materia orgánica los cuales se unen para forma vesículas muy resistentes a la descomposición de la edafofauna (conformada por organismos animales que modifican el suelo), por lo tanto, el contenido de carbono orgánico va estar reservado a mayores profundidades, siendo el suelo de páramo uno de los principales almacenadores de carbono (Hofstede, et al., 2014, p.26).

### c) Contenido de Carbono Orgánico con respecto al Piso Altitudinal



**Gráfico 13-3:** Efectos del factor Piso Altitudinal

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019.

De acuerdo al gráfico 13-3 se observa el mayor contenido de carbono orgánico se encuentra entre los 4000 y 4200 m.s.n.m. con cerca de 11% en una concentración casi homogénea (sin mucha desviación estándar), mientras que, desde los 3400 metros hasta los 4000 m.s.n.m., se detecta un contenido de carbono promedio de aproximadamente 7.5%, con una dispersión de los datos importante con relación a su promedio.

Las depresiones del páramo y en cuanto al clima es muy húmedo, en donde se desarrollan suelos turbosos con un alto contenido de materia orgánica, por ende, se encuentra un alto contenido de carbono orgánico; en términos generales entre más húmedo sea el suelo de páramo mayor es la acumulación de materia orgánica en suelos de origen volcánico hay más acumulación de materia orgánica (Hofstede, et al., 2014, pp. 26-27).

El contenido de materia orgánica ha sido estudiado en muchos lugares del mundo tomando en cuenta diferentes factores en nuestro caso el rango altitudinal, la variación del carbono orgánico en función del rango altitudinal aumenta está relacionada directamente con la disminución de la temperatura para altitudes superiores a los 3000 msnm (Ochoa, et al., 2000, p.80). De acuerdo como se observa en el gráfico 22-3 que desde los 3400-3600 m.s.n.m. va aumentando el contenido de carbono orgánico hasta llegar a los 4000-4200 m.s.n.m.

### 3.6. Análisis estadístico- ANOVA de Carbono Orgánico de Biomasa Aérea

#### Estadístico de prueba

**Tabla 4-3:** ANOVA de Carbono Orgánico de Biomasa Aérea

Anova Table (Type III tests)				
Response:	CO (%)_BA			
	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
(Intercept)	9211.6	1	352.2790	<2e-16 ***
Piso_Altitud	134.4	3	1.7137	0.1725
Lugar	27.2	1	1.0415	0.3111
Residuals	1752.0	67		

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

**Realizado por:** Duche Vanessa y Lluga Mayra, 2019.

Según los valores p obtenidos en la Tabla 4-3, se logra determinar que los factores Piso Altitudinal y Lugar, no generan un cambio significativo en el Carbono Orgánico de la Biomasa Aérea. En este caso, se puede obtener un mejor ANOVA, dejando a un lado el intercepto (el promedio de porcentaje de carbono orgánico), para determinar si uno de los factores en interés resulta significativo.

## Mejor ANOVA:

**Tabla 5-3:** Mejor ANOVA para Biomasa Aérea

Anova Table (Type III tests)				
Response:	CO (%) _BA			
	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
Piso_Altitud	24009.2	4	229.5454	<2e-16 ***
Lugar	27.2	1	1.0415	0.3111
Residuals	1752.067			

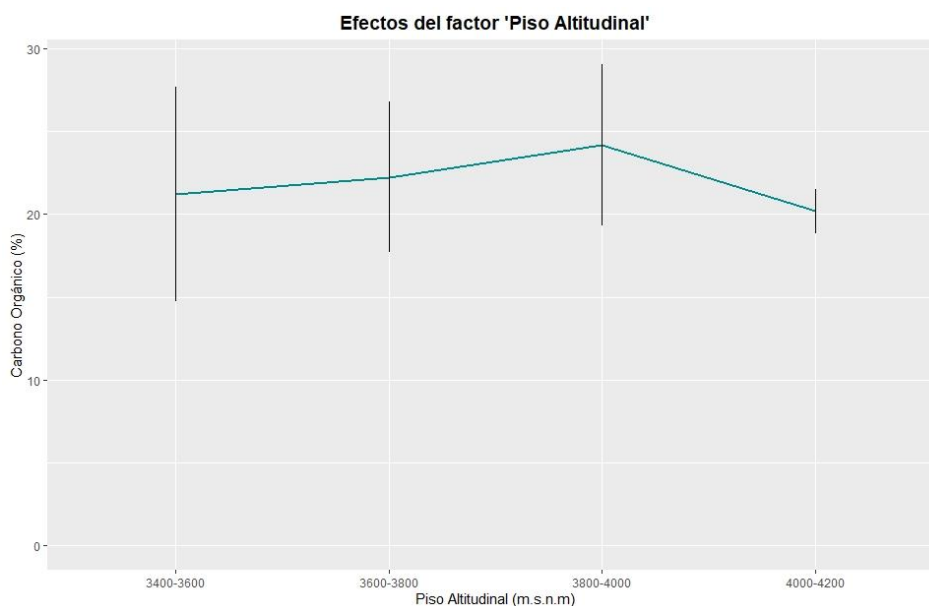
---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Realizado por:** Duche Vanessa y Lluga Mayra, 2019.

En la tabla 5-3 se toma en cuenta el intercepto, se determina que el Piso Altitudinal, resulta una variable significativa, para explicar la variable respuesta de Carbono Orgánico de la Biomasa Aérea, con un valor p prácticamente igual a 0, mientras que el factor Lugar tiene un valor p de 0.311, por lo que esta variable sigue sin ser significativa para determinar la variable respuesta.

### 3.6.1. Gráficos de Efectos de los Factores Significativos de Biomasa Aérea

#### a) Contenido de Carbono Orgánico de Biomasa Aérea respecto al Piso Altitudinal



**Gráfico 14-3:** Efectos del factor Piso Altitudinal

**Realizado por:** Duche Vanessa y Lluga Mayra, 2019.

Como se observa en el gráfico 14-3 el porcentaje de carbono orgánico con respecto al piso altitudinal el cambio del contenido de Carbono Orgánico de la Biomasa Aérea en el factor Piso Altitudinal entre los niveles de 3400 a 4000 m.s.n.m presenta un leve crecimiento que ronda el 21.5% con datos dispersos considerablemente, pero en el nivel de 4.000 a 4.200 m.s.n.m. el contenido de Carbono Orgánico Total disminuye obteniéndose un 20%.

La variabilidad en el contenido de carbono orgánico en los lugares de estudio aumenta con respecto al rango altitudinal de 3400 a 4000 m.s.n.m esto quiere decir que los lugares menos intervenidos tanto de la ganadería como intervención humana, la conservación del contenido de carbono permanece intacto tanto en el suelo como en la biomasa, pero un leve porcentaje desciende en el rango de 4.000 a 4.200 m.s.n.m., que podría ser por la quema de la paja por parte de los pobladores del sector. El daño que causa el pastoreo sobre el suelo por una parte es indirecto porque el daño que causa a la vegetación tiende a desaparecer la capa vegetal que es importante para proteger al suelo, pero también hay un efecto directo la compactación del suelo por el pisoteo, la compactación es causada por el peso de los animales ya que en el suelo de páramo por su alto contenido de materia orgánica es suelto y suave, se deja compactar fácilmente en donde en un suelo más compacto hay menos espacio para agua pero el suelo compacto pierde su capacidad de infiltración (Hofstede, et al., 2014, p.54). El impacto de la quema sobre el suelo es indirecto esto es debido a la gran cantidad de paja, el fuego casi nunca alcanza el nivel del suelo y no afecta directamente a la capa de hojarasca o a la fauna del suelo, es decir, el efecto indirecto consiste en que al desaparecer una gran parte de la vegetación el suelo pierde su capa aislante y así en la noche las temperaturas a nivel del suelo son más bajas y en el día más altas, las temperaturas más altas tienen como consecuencia que la descomposición aumenta y con esto desaparece el mantillo y los restos vegetales que quedan después de la quema, esto quiere decir que en el suelo descubierto y con mayores temperaturas existe una mayor evaporación y el suelo tiende a secarse, la vegetación es afectada directamente causando desequilibrios en el contenido de carbono contenido en la biomasa que mediante la quema la planta crece siendo de contextura cada vez más delgada (Hofstede, et al., 2014, p.55). El alto contenido de Carbono Orgánico Total de la biomasa es más alto que el contenido promedio obtenido en el suelo, la causa de esta posible condición es que la biomasa aérea es materia viva que se encuentra en continua respiración esto se debe a la facilidad que tiene de captar carbono de la atmósfera, por lo cual es rica en carbono orgánico (Coronel, 2016, p. 60).



### 3.7. Análisis estadístico- ANOVA para Carbono Orgánico de Biomasa Subterránea

**Tabla 6-3:** ANOVA para Carbono Orgánico de Biomasa Subterránea

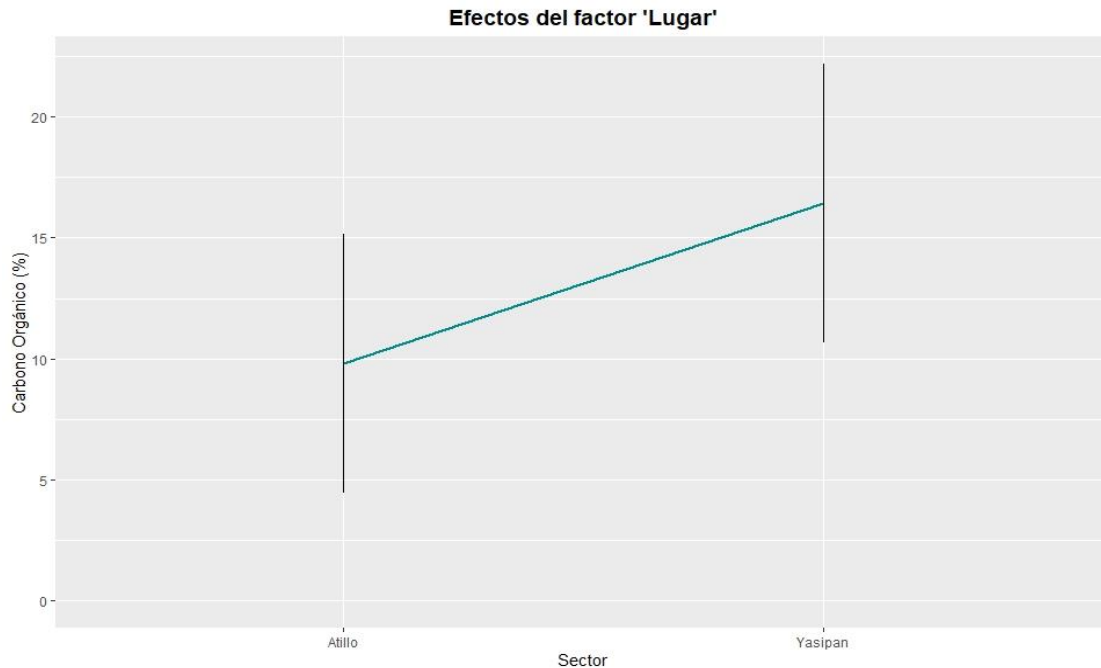
Anova Table (Type III tests)				
Response:	CO (%) _BR			
	Sum Sq	Df	F value	Pr(>F)
(Intercept)	2123.27	1	67.7806	9.152e-12 ***
Piso_Altitud	20.90	3	0.2224	0.8805
Lugar	596.13	1	19.0302	4.546e-05 ***
Residuals	2098.82	67		
---				
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019.

En la tabla 6-3, se observa cómo se determina el porcentaje de carbono orgánico en la Biomasa de Raíces, se debe tomar en cuenta al sector o lugar de muestreo para explicar dicha variable, pues con un valor de aproximadamente 0, se concluye que esta variable si ejerce un efecto en porcentaje de carbono orgánico de la Biomasa de Raíz. El factor Piso Altitudinal no presenta un efecto en los datos, pues cuenta con u valor p de 0.881.

### 3.7.1. Gráficos de Efectos de los Factores Significativos de Biomasa Subterránea

#### a) Contenido de Carbono Orgánico de Biomasa Subterránea con respecto al Lugar



**Gráfico 15-3:** Contenido de Carbono Orgánico de Biomasa Subterránea con respecto al Lugar

**Realizado por:** Duche Vanessa y Llugsa Mayra, 2019.

En el gráfico 15-3, se puede observar que en el sector Atillo se cuenta menor cantidad de Carbono Orgánico en la Biomasa Aérea, con un 10% en promedio, mientras que el sector de Yasipan cuenta con cerca de 16.5% de porcentaje promedio de Carbono Orgánico siendo el sector que cuenta con mayor contenido de carbono orgánico de biomasa aérea. Los datos para los sectores presentan una dispersión considerable.

Un factor a considerar es el efecto de la temperatura, ya que el aumento de esta produce una mayor acumulación de biomasa y mayor productividad primaria en donde la temperatura es una de las principales limitantes para el crecimiento de la vegetación esto significaría mayor producción de hojarasca y raíces que aumentaría la entrada de materia orgánica en el suelo (Hofstede, et al, 2014, p. 73)

### 3.8. Comparación entre COT de Biomasa Aérea, Biomasa Subterránea y Suelo

Primero se debe determinar si las muestras tienen normalidad

Prueba de Normalidad de Anderson – Darling

Planteamiento de Hipótesis:

H0: Los datos se distribuyen con ley de probabilidad normal.

H1: Los datos no se distribuyen con ley de probabilidad normal

**Estadístico de Prueba:**

```
Anderson-Darling normality test  Anderson-Darling normality test
data: datos_ba$Porc_SOC_BA      data: datos_br$Porc_Soc_BR
A = 1.2746, p-value = 0.002403  A = 0.34096, p-value = 0.4863
```

Anderson-Darling normality test

data: datos\_ba\$SOC

A = 4.0505, p-value = 3.512e-10

Los porcentajes de carbono orgánico de la biomasa de raíz tienen una distribución normal (valor p = 0.49), mientras que los porcentajes de la misma característica medida en biomasa aérea y en el suelo de páramo andino no tienen ley de probabilidad normal.

Debido a que de las tres, dos muestras no cuentan con normalidad, se aplica una prueba no paramétrica de comparación de muestras independientes, la prueba de Kruskal-Wallis.

**Prueba de comparación de muestras de Kurskall Wallis.**

**Planteamiento de Hipótesis:**

H0:  $\tilde{\mu}_{BA} = \tilde{\mu}_{BR} = \tilde{\mu}_{BR}$

Las dos muestras tienen igual porcentaje (mediana) de carbono orgánico del suelo

H1:  $\tilde{\mu}_i \neq \tilde{\mu}_j$ , para  $i \neq j$

Al menos una de las muestras no tiene igual porcentaje (mediana) de carbono orgánico del suelo.

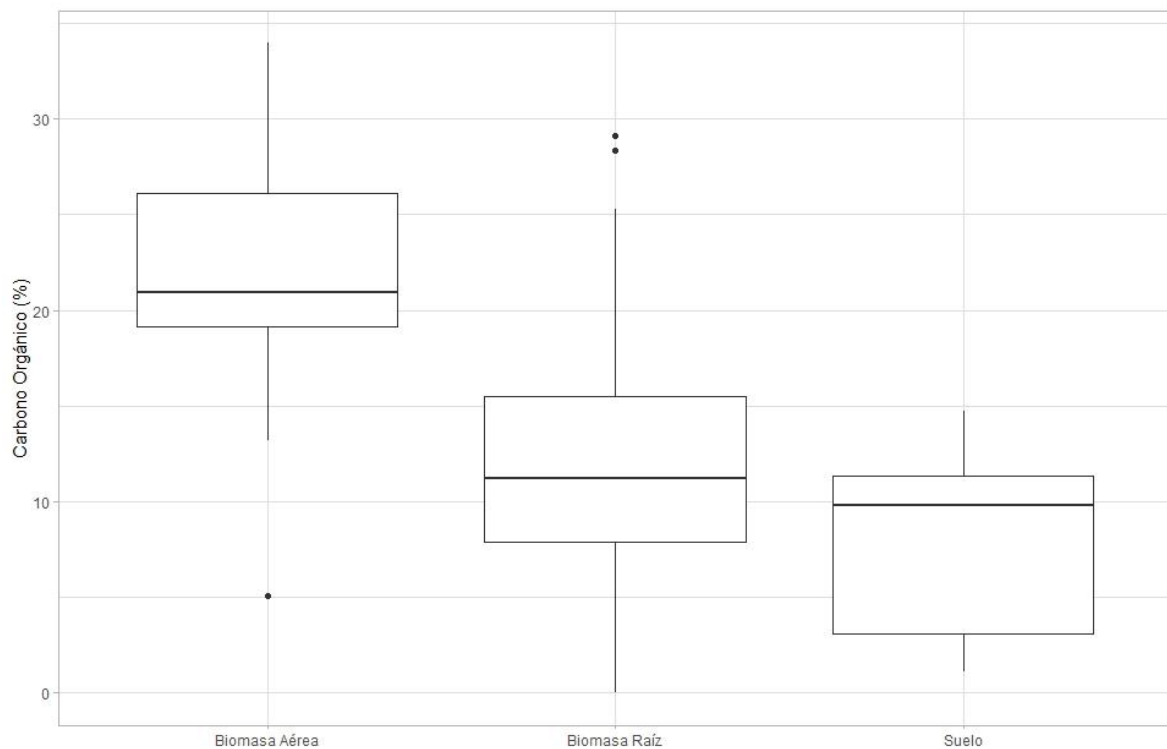
### Estadísticos de Prueba:

Kruskal-Wallis rank sum test

data: ktest\$SOC and ktest\$Muestra

Kruskal-Wallis chi-squared = 123.26, df = 2, p-value < 2.2e-16

El valor p de la prueba de Kruskal-Wallis es de prácticamente cero, con lo cual se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medianas de las muestras, por lo tanto, se debe determinar cuál de las muestras en análisis tienen diferente contenido de carbono orgánico y en qué medida, lo cual se realizará gráficamente, mediante un diagrama de cajas.



**Gráfico 16-3:** Comparación entre COT de Biomasa Aérea, Biomasa Subterránea y Suelo

**Realizado por:** Duche Vanessa y Lluga Mayra, 2019

En el gráfico 16-3, se puede observar que el contenido de carbono orgánico en la Biomasa Aérea (20.9%) es claramente mayor en comparación al contenido detectado en la Biomasa de Raíz (11.22%)

y en el Suelo del páramo andino en estudio (9.86%), siendo estos dos últimos muy similares, con lo que se corrobora lo calculado previamente por la prueba de Kruskal-Wallis.

## CONCLUSIONES

- El contenido de Carbono Orgánico Total en el suelo del Páramo Andino en el sector de Atillo se tiene 21% mientras que en Yasipan se tiene un valor de 2.5% es decir el contenido es menor que el sector Atillo.
- La cantidad de Carbono Orgánico Total presente en la biomasa aérea (paja) con respecto al piso altitudinal que es significativo entre los niveles de 3.800 a 4.000 m.s.n.m. tiene un valor de 21.5% y la cantidad de Carbono Orgánico Total de biomasa subterránea (raíz de paja) es de 17% siendo el lugar de Yasipan donde se evidencia la presencia de más contenido de COT.
- De acuerdo a los resultados obtenidos del contenido de carbono orgánico en biomasa aérea (paja) es aproximadamente de 15 y 20 %, mientras que para la biomasa subterránea(raíz) el contenido de carbono orgánico total es 10 y 15% y el contenido de carbono orgánico total para suelo es de 10 y 12% esto explica que el mayor contenido de carbono orgánico se encuentra en las biomásas (paja y raíz de paja) en comparación al contenido de carbono orgánico total de suelo esto ocurre en los dos lugares de estudio

p

## RECOMENDACIONES

- Dar a conocer los resultados obtenidos de la investigación a los sectores de Atillo y Yasipan y a la sociedad con el fin que conozcan los servicios ecosistémicos del Páramo Andino, con el fin de crear conciencia ambiental y promover una cultura de conservación de estos ecosistemas que son vitales para el desarrollo de la vida.
- Para la toma de muestras en campo contar con los materiales correctos para evitar que se alteren los especímenes al momento de recolectar, empacar y transportar, de igual manera trabajar cuidadosamente con las muestras de suelo y biomasa en el laboratorio al momento de realizar sus análisis respectivos, para obtener mejores resultados del contenido de Carbono Orgánico Total.
- Se sugiere desarrollar estudios complementarios y detallados de la formación del suelo en páramo con respecto a los factores; lugar de estudio y rango altitudinal que se puede encontrar en los páramos andinos a fin de generar alternativas sostenibles.

## GLOSARIO

**Arrosetadas:** Planta con pequeña longitud a una planta normal, tienen forma de rosas pequeñas.

**Biodegradación:** es la transformación de una sustancia orgánica, natural o artificial por la actividad de los microorganismos del suelo que forman nuevas estructuras moleculares, como por ejemplo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a compuestos orgánicos.

**Biogeoquímica:** son interacciones que constituyen entre los seres vivos y los compuestos geoquímicos (compuestos químicos que se puede encontrar en la tierra y su alrededor)

**Bioma:** un área geográfica, generalmente, grande en tamaño donde se encuentran grupos de animales y plantas que permanecen entre, que se adaptan al entorno.

**Ceniza volcánica:** hace referencia al material emitido por volcanes, incluyendo material piroclástico de caída y materiales de flujo como son cenizas, pumita y escoria.

**Coloide:** es una sustancia muy fina (1 μm a 1m μ), cuando está suspendido en el agua no logra difundirse en su totalidad que atraviesa una membrana semipermeable

**Cota:** Malla que cubre una superficie o área determinada en suelo.

**Cromógenos:** es un pigmento que da la visibilidad al color.

**Diques:** son cuerpos taburales, formado por la fuerza de presión que sale a una superficie.

**Edafogénesis:** conjunto de procesos que actúan en la formación y evolución de un suelo.

**Estoloníferas:** planta rizomatosa que se reproduce por tallos, donde se aplica a tallos, cepas, rizomas, raíces.

**Frailejón:** es un género de planta perteneciente a la familia Asteraceae, originarias de Ecuador, Colombia y Venezuela.

**Hojarasca:** es un conjunto de hojas caídas de árboles y plantas que están sobre la superficie del suelo

**Humificación:** es el conjunto de procesos complejos, de la transformación biológica o también de carácter abiótico mediante oxidación, condensación o polimerización, que se produce luego de la descomposición de la materia orgánica fresca

**Lahares:** flujo de lodos, mezclas de agua con alta concentración de sedimentos y escombros de rocas volcánicas, se desplazan por debajo de una pendiente en los volcanes.



**Mesofauna:** se refiere a ciertos organismos que intervienen en el proceso de descomposición de la materia orgánica que está en el suelo, también actúa en la aceleración y reciclaje de nutrientes y en la mineralización del fósforo y nitrógeno. Son invertebrados del suelo, los más representativos de este grupo son los artrópodos, las lombrices y los nematodos.

**Meteorización:** es el proceso por el cual las rocas y minerales expuestos al clima, cambian de forma, se desintegran, se descomponen y sintetizan nuevos compuestos y minerales de arcilla, al momento de hacer materia parental de los suelos el proceso sufre cambios físicos y químicos.

**Microfauna:** se describe que son las formas de vida animal de ancho menor a 0.1mm, la principal función de la microfauna en el suelo es la desintegración de la materia orgánica y la dispersión de la microfauna.

**Mineralización:** es el conjunto de procesos de transformación de componentes orgánicos en compuestos minerales solubles o gaseosos, por lo tanto, las moléculas son mucho más sencillas: CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, entre otras, por acción enzimática de microorganismos heterótrofos.

**Morrenas:** escombros producto de erosión del depósito glaciares los cuales toman forma de colinas alargadas del frente y bajo el glaciar, pudiendo tener vacíos de brechas conglomerados.

***Plantago rigida*** (almuadilla): hierbas dispuestas en almohadillas, que forman colinas grandes que llegan a medir de 1m o más diámetros.

**Pleistoceno:** Primera era de cuaternaria o neozoica y precedente al Holoceno; se expresa desde hace unos 2 millones de años hasta hace aproximadamente unos 10 000 años

**Polínicos:** es una prolongación a manera de tubo que expone granos de polen.

**Protolito:** anteriores arenas, antiguas

**Recalcitrante:** comportamiento firme de los componentes presentes en el suelo.

**Tills glaciares:** es un concepto que engloba a los productos de la actividad glacial, morrenas

**Turba:** es el carbón ligero, esponjoso y da un aspecto gris que se forma en lugares pantanosos por la descomposición de restos vegetales.

## BIBLIOGRAFÍA

**ABELA, Scott; & ZIMMER, Brian.** “Estimating Organic Carbon from Loos-On-Ignition in Northern Arizona Forest Solis”. *Public Lands Inst. and School of Scienies*, vol. 71, n° 2 (2007), pp 545 -550.

**ABREGO, Flavio.** “Obtenido de Universidad Nacional Noroeste Buenos Aires”. *Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico*. 2012. pp. 3-24.

**AMAT, Rodrigo J.”** *Prueba de los Rangos con signos de Wilcoxon*”. *RPubs* [blog]. (2016). [Consulta: 15 noviembre 2019]. Disponible en : [https://rpubs.com/Joaquin\\_AR/218464](https://rpubs.com/Joaquin_AR/218464)

**“Conductividad eléctrica del suelo en el desarrollo de cultivos”.** *Intagri*. [en línea], 2001.[Consulta: 16 septiembre 2019]. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/lacconductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>.

**APA.** “Fundamentos de Planificación de Sitios; Geología, Suelos y Peligros Naturales”. *American Planning Association*. [en línea], 2019. [Consulta: 30 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.planning.org/planificacion/2/2.htm#a2>.

**BARROS, R & PROAÑO, M.** Una plataforma social para la gestión de los páramos en la subcuenca del río San Pedro en el cantón Mejía, Pichinca, Ecuador. (Trabajo de Titulación). Universidad *Orku Yku Wachariy*. 2011. pp. 43-55.

**BASTIDAS, Carlos.** *La comunidad de Atillo y la conservación de sus páramos: Lecciones del plan de manejo* [En línea]. Quito: Proyecto Páramo Abya-Yala, 2001, p. 28. [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en:

[https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1195&context=abya\\_yala](https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpsredir=1&article=1195&context=abya_yala)

**BAUTISTA ROJAS, Verónica Isabel.** *Estudio de la Calidad del Agua de la Cuenca del Río Chambo en Época de Estiaje. (Trabajo de Titulación) Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba.* 2012. p. 35.

**BENJAMÍN, José A.; & MASERA, Omar.** “Captura de carbono ante el cambio climático”. *Instituto de Ecología, A.C*, vol.1, n° 7 (2001 ), (México), p. 8.

**BOHN, Hinrich L.** “*Química del Suelo*”. *LIMUSA,S.A de C.V* (1993) (Mexico).

**BORJA, Pablo et al.** “Páramos Andinos. *Ecología, hidrología y suelos de páramos*”. *PROYECTO PÁRAMO ANDINO.* (2012), p. 194.

**BRUNSCHÖN, C.; & BEHLING, H.** “Reconstruction and visualization of upper forest line and vegetation changes in the Andean depression region of southeastern Ecuador since the last glacial maximum – A multi-site syntesis”. *Review of Palaeobotany and Palaeobotany and Palynology*, n°163 (2010), pp. 139-152.

**BURBANO, Hernán.** "El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático". *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 34 (1):82-96 (2018), pp. 84-85-86.

**CAMPAÑA, A.** “Floricultura: Algunos aspectos de su impacto humano y ambiental”. vol. 20 (2005), pp. 25-30.

**CÁRDENAS FONSECA, Myriam Stephanie.** Evaluación de la Calidad de los Suelos de Páramo Intervenidos y No Intervenidos en la Comuna Monjas Bajo, parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe. (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Pichincha, Ecuador. 2015. pp. 70-71.

**CARGUA, Franklin E.; et al.** "Analytical methods comparison for soil organic carbon determination in Andean Forest of Sangay National Park-Ecuador". *Biological, Chemical and Physical Soil Functioning*, vol. 66, n°3 (2017), (Ecuador) p. 409 .

**CARGUA, Franklin E.; et al.** "Evaluación del estado de conservación del bosque del ceja andina sur occidental de Parque Nacional Sangay (Ecuador), para una mejor gestión del recurso forestal". *Revista ESPACIOS*, vol. 39, n°45 (2018), p.1.

**CASAS FLORES, Raquel.** *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas* [blog]. [Consulta: 26 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.paraninfo.es/catalogo/9788428332873/uf0001---el-suelo-de-cultivo-y-las-condiciones-climaticas>.

**CASTAÑEDA, Abel E.; & MONTES, Carmen R.** "Carbono almacenado en páramo andino". *SciELO*, vol. 13, n° 1 (2017), (Colombia) p. 219.

**Equipo Técnico del Gobierno Autónomo Descentralizado de Cebadas.** "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Fase de Diagnostico", (2015) (Ecuador) pp. 7-31.

**CHATTERJEE, A.; et al.** "Evaluation of different soil carbon". *Critical Reviews in Plant*, vol. 28 (2009), pp. 164-178.

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.** "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Fase Diagnóstico. *Plan de Manejo*

y *Cogestión del Territorio Hídrico de Cebadas (Yasipán, Tingo, Ichubamba y Guarguallá)*". *PROMAREN*, vol. 1, (2013), (Ecuador) p. 15.

**CORONEL CHICAIZA, Andrea Carolina.** *Determinación de Carbono Orgánico en Suelo y Biomasa del páramo de la comunidad Chocaví de la Parroquia San Isidro.* (Trabajo de Titulación). Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas. Riobamba, Ecuador. 2016. p. 60.

**CORWIN, D.; & LESCH, S.** "Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity I. Survey protocols". *Computers Electronics Agric*, vol.46, n° 103-132 (2005), (United State of America) pp. 103 - 133.

**CUSHQUICULLMA COLCHA, Diego Francisco.** *Diseño de un Plan de Manejo Eco Turístico para los Páramos de Ichubamba Yasepan, Parroquia Cebadas, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo.* (Trabajo de Titulación). Universidad Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería en Ecoturismo, Riobamba (Ecuador) 2013 pp. 12-90.

**DABADIE, Mariana. et al.** "Calibración del método de pérdida de peso por ignición para la estimación del Carbono Orgánico en Inceptisoles del NE de Entre Ríos". *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* [en línea], 2018, (Argentina), vol. 117, 1, pp. 157-159-162. [Consulta: 30 agosto 2019]. ISSN 0041-8676. Disponible en: [file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-CalibracionDelMetodoDePerdidaDePesoPorIgnicionPara-6937489%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-CalibracionDelMetodoDePerdidaDePesoPorIgnicionPara-6937489%20(1).pdf)

**DE VOZ, Bruno.; & et al.** " *Capability of Loss-on-Ignition as a Predictor of Total Organic Carbon in Non-Calcareous Forest Soils*". *Communications in Soil Science & Plant Analysis* [en línea], 2005, (Ecuador) vol. 36, pp. 2899-2921. [Consulta: 25 septiembre 2019]. Issue 19-20. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00103620500306080>.

**ECHEVERRÍA, Magdy.; et al.** *Quantification of organic carbon stored in the soil in the paramo of Igualata, Chimborazo province-Ecuador* [blog]. Riobamba-Ecuador, August, 2018. [Consulta: 20 septiembre 2019], pp. 7-34. Disponible en: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018AIPC.2003b0004E/abstract>.

**ECHEVERRÍA, Magdy.; et al.** "Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades del chimborazo y shobol llinllin en Ecuador". *Fundación Dialnet* [en línea], 2013, (Ecuador) 1(27), p. 10. [Consulta: 29 octubre 2019]. ISSN-e 2172-6094. Disponible en: [file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeCarbonoOrganicoTotalPresenteEnElSue-4227496%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeCarbonoOrganicoTotalPresenteEnElSue-4227496%20(1).pdf).

**JANSSENS, Greet.; et al.** "Emission Database for Global Atmospheric Research" [blog]. 2017. [Consulta: 13 noviembre 2019]. pp. 17-12-14. Disponible en: [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/whats\\_new.php](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/whats_new.php).

**TONNEIJKA, F.; et al.** "Towards understanding of carbon stocks and stabilization". *European Journal of Soil Science*. vol. 12(35), pp.392 (2010). 61, p. 392.

**FAO.** "Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2010". Departamento Forestal [en línea], 2010, (Colombia) 043, pp. 2-57. [Consulta: 29 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/al479S/al479S.pdf>.

**FARLEY, Kathleen.; & EUGENE, Kelly.** "Effects of afforestation of páramo grassland on soil nutrient status". *ELSEIVER*, vol. 195 (2)(4), n° 281 (2004), (United State of America)pp. 281-290.

**FARLEY, Kathleen.** "Grasslands to tree plantations: Forest transition in the Andes of Ecuador". *Annals of the Association of American Geographers*. n° 97 (4) (2007), (United State of America) pp. 755-771.

**FONSECA CÁRDENAS, Myriam Stephanie.** Evaluación de la Calidad de suelos de Páramo Intervenidos y No Intervenidos en la Comuna Monjas Bajo, Parroquia San Juan Montalvo, Cantón Cayambe. (Trabajo de Titulación). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Ecuador. 2015. p. 95.

**GABRIELS, Donal.; & LOBO, Deyanira.** "Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo". *Saber UCV* [en línea], 2006, (Venezuela) 14(37), pp. 37-48. [Consulta: 25 octubre 2019]. ISSN 1315-0359. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/4149/1/Gabriels%20y%20Lobo.%20Venesuelos.%202006.pdf>.

**GISBERT, Juan.; & MORENO, Ramón.** "La Textura de un Suelo". *Universidad Politécnica de Valencia* [en línea], 2010, (España) 1(1), pp. 2-6. [Consulta: 18 diciembre 2019]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>.

**GTP.** *Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado* [en línea]. EcoCiencia, Universitaria Abya Yala y Ecobona, Quito-Ecuador, 2011 : Abya Yala, 2008. [Consulta: 25 octubre 2019]. p. 27. Disponible en: [https://www.portalces.org/sites/default/files/references/043\\_Mena%20et%20al.%20%28eds%29.%202011.Libro%20P%C3%A1ramo%20antolog%C3%ADa%20GTP%20FINAL%20preimprensa.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/043_Mena%20et%20al.%20%28eds%29.%202011.Libro%20P%C3%A1ramo%20antolog%C3%ADa%20GTP%20FINAL%20preimprensa.pdf).

**HARDEN, Carla.** "Human impacts on headwater fluvial systems in the northern and central Andes". *ELSEVIER* [en línea], 2006, (United State of America) 79, pp. 249-263. [Consulta: 25 octubre 2019]. ISSN 37996-0925. Disponible en: [http://www.appstate.edu/~perrylb/Courses/Peru/3140/Readings/Harden\\_2006.pdf](http://www.appstate.edu/~perrylb/Courses/Peru/3140/Readings/Harden_2006.pdf).

**HOSFEDE, Robert.; et al.** *Los Páramos del Mundo* [en línea]. Proyecto Atlas Mundial de los Páramos. Global peatland initiative/NC-UICN/EcoCiencia, Ecuador, 2003. [Consulta: 20 octubre 2019]. pp. 99-104. Disponible en: [http://origin.portalces.org/sites/default/files/references/038\\_Hofstede%20et%20al.%20%28eds%29.2003.Los%20Paramos%20del%20Mundo.pdf](http://origin.portalces.org/sites/default/files/references/038_Hofstede%20et%20al.%20%28eds%29.2003.Los%20Paramos%20del%20Mundo.pdf).

**HOFSTEDE, Robert.; et al.** *Los Paramos Andinos. ¿Que sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema paramo.* Quito- Ecuador: UICN, 2014. ISBN 978-9978-9-3,pp. 8-73

**HOORN, V.; & Alphen, V.** *Drainage principles and applicaction.* Wageningen, The Netherlands, 1994, pp. 533-600.

**JARAMILLO, D.** *Introducción a la Ciencia del Suelo.* Medellin, Colombia: Universidad Nacioanl de Colombia Facultad de Ciencias Medellín, 2002, p. 359.

**JIMÉNEZ GONZALES, Raúl.** *Estadística Inferencial II.* México:Instituto Tecnológico de Ensenada, 2012, p. 50.

**LABRADOR, J.** *La Materia Orgánica en los Agrosistemas.* España: Mundi-Prensa, 1996.

**LAL, R.** *Soil carbon sequestration impacts on global change & food security Science New York:Science,* 2004, pp. 1623-1627.

**Le TREUT, H,R.; et al.** "Historical overview of climate chang" . *The physical science basis* [en línea], 2007, (United Kingdom and New York, NY), p. 19. [Consulta: 23 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4-wg1-chapter1.pdf>



**LLAMBÍ, L; & CUESTRA, F.** *La diversidad de los páramos andinos en el espacio y en el tiempo* . Quito-Ecuador : Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN, 2014, pp. 10- 24.

**LLAMBÍ, Luis; et al.** *Páramos Andinos Ecología, Hidrología y suelos de páramos*. Quito-Ecuador, 2012, pp. 40-46.

**LORENZO LANDA, Genoveva.** Modelación de los Retornos del índice de precios y Cotozaciones de Mexico con la distribución de Pareto y Censura de Tipo II (Trabajo de Titulación) Universidad Veracruzana, Facultad de Estadística e Informática, Mexico. 2011. pp. 18-19.

**LOZANO, RIVAS, William.** *Suelos. Guías de prácticas simplificadas en campo y laboratorio*. Colombia : Universidad Piloto de Colombia, 2018.

**LUTELYN, J.L; & CHURCHILL, S.P.** *Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature*. New York : New York Botanical Garden Press, 200, pp. 11,138.

**MAE.** *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental* [en línea]. Quito Ecuador: Ministerio del Ambiente, 2012. [Consulta: 20 diciembre 2019]. Disponible en: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA ECOSISTEMAS\\_ECUADOR\\_2.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA_ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf)

**MAE.** *Parque Nacional Sangay, una de las áreas protegidas con mayor diversidad biológica del Ecuador* [blog]. Quito- Ecuador: ,2015,. [Consulta: 27 noviembre 2019]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-sangay-una-de-las-areas-protegidas-con-mayor-diversidad-biologica-del-ecuador/>

**MAE.** *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental* [en línea]. Quito, Ecuador : Sistema Nacional de integración, 2013, [Consulta: 23 diciembre 2019]. Disponible en: <http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PDOT/NIVEL%20NACIONAL/MAE/ECOSISTEMAS/DOCUMENTOS/Sistema.pdf>

**MARTÍNEZ, Eduardo, H.; et al.** "Carbono Orgánico y Propiedades del Suelo". *SCIELO* [en línea], 2008, (Santiago de Chile) 1 (8), pp. 68-96. [Consulta: 2 septiembre 2019]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcsuelo/v8n1/art06.pdf>

**MEDINA, Galo.** *El páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico*. Quito-Ecuador : 1999, p. 57.

**MEDINA, G; & MENA, P.** *Los páramos en el Ecuador* . Quito-Ecuador: Abya Yala, 2001, pp. 301-302.

**MENA, Patricio.** *Un resumen de la consultoría de políticas a escala regional del proyecto: Abya Yala, 2009, pp. 47-54.*

**MENA, Patricio.** *La Biodiversidad de los Páramos*. Quito-Ecuador : Abya Yala, 2009, p. 507.

**MINAYA, Verónica.; et al.** "Altitudinal analysis of carbon stocks in the Antisana páramo, Ecuadorian Andes". *Journal of Plant Ecology* [en línea], 2016, (Quito-Ecuador), pp- 553-563. [Consulta: 17 noviembre 2019]. Disponible en: <https://academic.oup.com/jpe/article/9/5/553/2222412>

**MONLEON, GETINO, Antonio.** "ANOVA caso no balanceado: suma de cuadrados de Tipo: I, II, III y IV". *GRBIO* [en línea], 2017, (Barcelona), pp. 4-6. [Consulta: 20 octubre 2019]. Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/ANOVA\\_caso\\_no\\_balanceado.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/ANOVA_caso_no_balanceado.pdf)

**NAVARRO, GARCÍA, Ginés; & NAVARRO, GARCÍA, García.** *Química agrícola. 3ª ed.* Madrid-España: Mundi-Prensa, 2013. ISBN 978-84-8476-656-8, pp. 41-111.

**NUÑEZ, SOLIZ, Jorge.** "Suelo. Fundamentos de Edafología". *Universidad Estatal a Distancia MONTES DE OCA*, vol 3, (2006) (Costa Rica) p. 10.

**NUÑEZ, SOLIZ, Jorge.** "Suelo. Fundamentos de Edafología". *Universidad Estatal a Distancia MONTES DE OCA*, vol 3, (2000) (Costa Rica) p. 80.

**OCHOA, Guido.; et al.** "Variación del carbono orgánico en función de la altitud". *Rev. Forest. Venez. vol. 41, n°* (2000) (Venezuela) p. 80.

**PEDRAZA, PEÑALOSA, P.; & et al.** *Un recorrido por los páramos andinos* [en línea]. 2<sup>da</sup> ed. Colombia-Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2005, pp. 340 [Consulta: 22 septiembre 2019]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31380/64.pdf?sequence=1>

**PODWOKEWSKI, P.; & POULENARD, J.** *Los Suelos de los Páramos del Ecuador.* Serie Páramo5 . Quito: Abya Yala, 2000. pp. 5-26.

**PORTA, J.; et al.** *EDAFOLOGÍA Uso y protección de suelos.* 3<sup>er</sup> ed. España : Mundi-Prensa, 2013. ISBN 978-84-8476-661-2, pp. 142-232.

**RAMÓN, G.** *Visiones, usos e intervenciones en los páramos del Ecuador.* Ecuador: Páramo, 2002, pp. 47-54.

**ROSELL, R.A.; et al.** "Soil organic matter evaluation". Lewis Publishers [en línea], 2001, (Buenos Aires) pp. 311-322 [ Consulta: 27 septiembre 2019]. Disponible en : <file:///C:/Users/USER/Downloads/2001RoselletalAdvSoilSci311-322.pdf>

**RUIZ, S.** "Rastrojo de Cultivos y Residuos Forestales, Programa de Transferencia de Prácticas Alternativas al Uso del. Boletín INIA". *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, vol. 308, (2015),* (Chille) pp. 17-18.

**SANTANA, C.; & LÓPEZ.** "Hipótesis y Sumas de Cuadrados Tipo III y IV, Un Enfoque a través del Modelo de Medias de Celdas". *Revista Colombiana de Estadística* [en línea], 2001, (Colombia) (24), pp.91-110. [Consulta: 25 octubre 2019]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/29779/1/28437-101841-1-PB.pdf>

**SERRANO, GINE, David.; & GALÁRRAGA, SÁNCHEZ, Remigio.** "El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento". *Departamento de Geografía* [en línea], 2015, ( Quito- Ecuador, España) 76 (278), pp. 383. [Consulta: 9 noviembre 2019]. ISSN 0014-1496. Disponible en: <file:///C:/Users/USER/Downloads/455-456-1-PB.pdf>

**SIMÓN, MAURICIO.; et al.** "Relacion entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes". *Conicet* [en línea], 2013, (República Argentina) 31(19), pp. 45-50. s.l. : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo, Septiembre de 2013. ISBN/0326-3169. [Consulta: 7 noviembre 2019]. ISSN: 0326-3169. Disponible en: [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/3323/CS268\\_Mauricio\\_Simon\\_et\\_al\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/3323/CS268_Mauricio_Simon_et_al_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**STOLBOVOY, V.; et al.** "Soil Sampling Protocol to Certify the Changes of Organic Carbon Stock in Mineral Soil of the European Union". *Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg* [en línea], 2007, (Europa) (2), p.1. [Consulta: 19 septiembre 2019]. ISSN

1018-5593.

Disponible:

[https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB\\_Archive/eusoils\\_docs/other/EUR21576\\_2.pdf](https://esdac.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoils_docs/other/EUR21576_2.pdf)

**TARBUCK, E.J.; & TASA, D.** "Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física" [en línea]. Madrid- España : Pearson Educación S.A, 2005. [Consulta: 15 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>

**VEGA, E.; & MARTÍNEZ, D.** "Oportunidades del mercado para productos ecológicamente sustentables y servicios ambientales de los páramos del Ecuador". *Páramo*, (2000) pp.5-47.

**VELA, G. et al.** "Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México". *Investigaciones Geográficas*, n° 77 (2012), (México), pp. 18-30 .

**ZACHOS, J. et al.,** "Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present" . *Science*, n°292 (2001) p. 19.

## ANEXOS

### ANEXO A. RECONOCIMIENTO DE LA ZONA DE ESTUDIO



**Atillo**



**Yasipan**

### ANEXO B. TOMA DE MUESTRAS EN CAMPO



Llegada al punto de muestreo



Referenciar con el GPs



Formación de la parcela y conglomerado



Perforar para tomar la muestra de suelo



Toma de muestra de densidad



Toma de muestra de biomasa aérea



Toma de muestra de biomasa Subterránea



Almacenamiento de muestras de suelo y biomasa

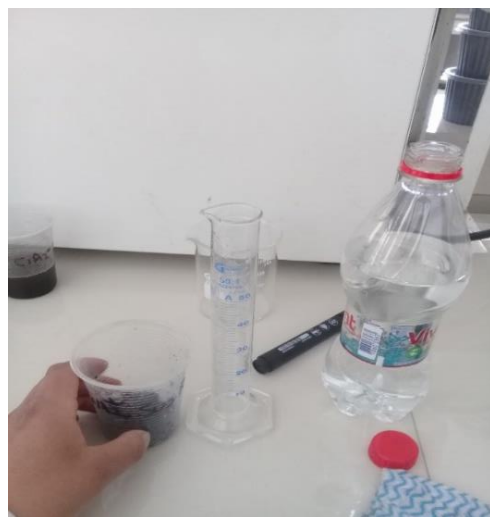
## ANEXO C. ACTIVIDADES EN EL LABORATORIO



Análisis de Densidad



Análisis de Biomasa aérea



Medición de pH



Lavado de Raíces





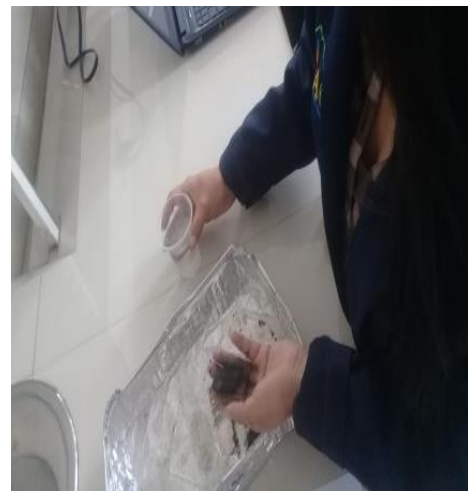
Secado de muestras



Tamizado



Color



Textura



Materia orgánica en la Mufla



Materia Orgánica Final

#### ANEXO D. QUEMA DE PÁRAMOS



Atillo



Yasipan

## ANEXO E. PERMISOS DEL MAE

MINISTERIO DEL AMBIENTE



Oficio Nro. MAE-DPACH-2019-1270-O

Riobamba, 18 de junio de 2019

**Asunto:** RESPUESTA: Autorización para investigación científica.

Estudiante  
Vanessa Brighth Duche Guaman  
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al Oficio S/N, de fecha 7 de junio de 2019, asignado con el trámite Nro. MAE-DPACH-2019-1361-E, donde solicita la autorización de investigación científica para realizar el trabajo de titulación con el tema: "Estimación de carbono orgánico total en suelo y biomasa del páramo de Atillo y Yasipan", para optar por el título de Química.

En tal virtud me permito poner en su conocimiento, que posterior a la revisión del proyecto presentado, por parte de técnicos de la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo, se pudo observar que no se encuentra en el formato establecido en el artículo 8, del libro IV del TULSMA, el mismo que establece:

Artículo 8.- Los proyectos deberán contener la siguiente información:

- Título o Nombre del Proyecto
- Área precisa donde se llevará a cabo la investigación
- Justificación
- Objetivos
- Técnicas de Observación (Metodología de campo y laboratorio)
- Sitios de muestreo y toma de muestras (coordenadas UTM)
- Justificación de la cantidad de especies y especímenes a colectarse
- Tipos de manipulación
- Tipo de marcas (fauna)
- Métodos de transporte de los especímenes
- Museo o herbario en el que se depositarán los duplicados (Si aplica)
- Tipo y Forma de manejo del hábitat (Mapa de ecosistemas)
- Materiales y equipos
- Resultados esperados
- Análisis estadísticos, de abundancia, Diversidad, Frecuencia, Densidad, etc.
- Impactos ambientales potenciales del proyecto
- Hoja de vida de los investigadores principales
- Cronograma de trabajo, formato MAE, incluyendo fecha de entrega de los informes parciales y / o final al Ministerio del Ambiente.

Dirección Provincial de Chimborazo • Código Postal: 060103 / Riobamba - Ecuador • Teléfono: (593 3) 2610029  
Dirección: Av. 9 de Octubre y Duchicela, Quinta Macaí



Oficio Nro. MAE-DPACH-2019-2707-O

Riobamba, 31 de diciembre de 2019

**Asunto:** RESPUESTA: Autorización para investigación científica.

Estudiante  
Vanessa Brighth Duche Guaman  
En su Despacho

De mi consideración:

En referencia a los Documentos S/N de fecha 7 de junio de 2019, asignado con el trámite Nro. MAE-DPACH-2019-1361-E, respondido mediante Oficio Nro. MAE-DPACH-2019-1270-O. Y Documento S/N, de fecha 7 de agosto de 2019, asignado con el trámite No. MAE-DPACH-2019-1929-E, donde las estudiantes solicitan la respectiva autorización de investigación científica de su trabajo de titulación con el tema: "Estimación de carbono orgánico total en suelo y biomasa del páramo de Atillo y Yasipán".

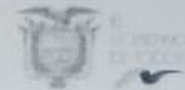
En tal virtud me permito comunicar que posterior a la entrega del pago solicitado mediante Oficio Nro. MAE-DPACH-2019-1875-O, de fecha 29 de agosto de 2019, se procedió a la elaboración de la autorización de investigación científica Nro. 33-IC-DPACH-MAE-2019, con el tema: "Estimación de carbono orgánico total en suelo y biomasa del páramo de Atillo y Yasipán". La misma que adjunto en físico para su lectura y conocimiento de las obligaciones que adquieren en calidad de investigadoras.

En caso de requerir acompañamiento dentro del Área protegida, favor comunicarse con la Ing. Mayra Calderón ([mayra.calderon@ambiente.gob.ec](mailto:mayra.calderon@ambiente.gob.ec), teléfono 032610029).

La fecha de entrega del informe final es el: 27/05/2020. Favor solicitar el formato respectivo.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,



Oficio Nro. MAE-DPACH-2019-2707-O

Riobamba, 31 de diciembre de 2019



DIRECCIÓN PROVINCIAL  
DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO

*Documento firmado electrónicamente*

Ing. Wilmer Javier Tingo Cali

**DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO**

Referencias:

- MAE-DPACH-2019-1361-E

Anexos:

- img1570002963001559919562.pdf

Copia:

Señorita Doctora  
María Dolores Astudillo Vallejo  
Guardaparque del Parque Nacional Sangay - Vida Silvestre

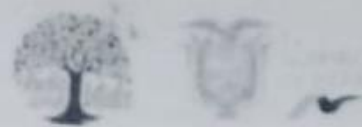
Señora Ingeniera  
Mayra Mercedes Calderon Vallejo  
Especialista en Áreas Protegidas Provincial

ma



WILMER  
JAVIER

Dirección Provincial de Chimborazo • Código Postal: 060103 / Riobamba - Ecuador • Teléfono: (593 3) 2610029  
Dirección: Av. 9 de Octubre y Duchicela, Quinta Macaji



DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO

AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Nro. 033-IC-DPACH-MAE-2019

FLORA:

FAUNA:

VARIOS: X

El Ministerio del Ambiente, en uso de las atribuciones que le confiere la normativa legal vigente, autoriza a:

Nombres y Apellidos	C.C.	Nacionalidad
Damián Carrión Diego Armando	0604631572	Ecuatoriana
Duche Guzmán Vanessa Brighth	0604836486	Ecuatoriana
Ivay Caluña Jorge Iván	1801296936	Ecuatoriana
Lluga Paredes Mayra Elizabeth	1804971149	Ecuatoriana

Para llevar a cabo la investigación: "Estimación de carbono orgánico total en suelo y biomasa del páramo de Atillo y Yasipán".

De acuerdo a las siguientes especificaciones:

- Solicitud de Vanessa Brighth Duche Guzmán y Mayra Elizabeth Lluga Paredes.
- Auspicio de institución científica nacional: ESPOCH.
- Auspicio de institución científica internacional: Ninguna.
- Institución que financia la investigación: Grupo GIDAC ESPOCH y solicitante.
- Contraparte de la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo: Mz. María Dolores Astudillo.
- Vigencia de esta Autorización: 27/12/2019 a 27/05/2020.
- Fecha de entrega de informe final: 27/05/2020.
- Valoración Técnica del Proyecto: Mz. María Dolores Astudillo.
- Se autoriza la colección de biomasa aérea (200 g) y muestras de suelo a una profundidad de 0-30cm y de 30-60 cm en 73 sitios de muestreo (Total 146 muestras de suelo y 73 de biomasa aérea) según la metodología que consta en el proyecto.
- Las muestras serán analizadas en los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- Esta Autorización NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA / FAUNA O MICROORGANISMOS, sin el correspondiente permiso. Competencia de cada una de las direcciones provinciales del MAE, y que deberá gestionarse en cada dependencia.
- Esta Autorización NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA/FAUNA O MICROORGANISMOS, sin la correspondiente autorización de la Dirección Nacional de Biodiversidad o cada uno de los Centros de Tenencia y Manejo de Flora/Fauna (Herbarios/ Museos de Historia Natural) que cuente con patente vigente emitida por la Autoridad Ambiental.
- De los resultados que se desprenda de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genético sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente.
- Estos especímenes NO podrán ser utilizados en actividades de BIOPROSPECCIÓN NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO, sin la correspondiente Autorización del Ministerio del Ambiente, caso contrario se procederá como lo establece el COIP- Artículo 248.- Delitos contra los recursos del patrimonio genético nacional.

Obligaciones del investigador:

- Entregar a la Dirección provincial del Ambiente de Chimborazo, (02) dos copias del informe final impreso en formato PDF, (incluyendo una versión digital), de los resultados de la autorización otorgada. (Solicitar Formato)
  - Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos científicos el número de Autorización de Investigación Científica otorgada por el Ministerio del Ambiente, con el que se colectó el material biológico.
  - Entregar copias de las publicaciones a la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo.
  - Entregar copias del material fotográfico que puedan ser utilizados para difusión. (Se respetará los derechos de autoría).
- Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales 15,16, 17, 18 se responsabiliza a los investigadores: Duche Guzmán Vanessa Brighth, Damián Carrión Diego Armando, Ivay Caluña Jorge Iván, Lluga Paredes Mayra Elizabeth.

MINISTERIO DEL AMBIENTE



SE AUTORIZA LA COLECCION EN LAS PROVINCIAS, CANTONES Y ÁREAS PROTEGIDAS:  
 Provincia de Chimborazo: Cantón Guamote. Parroquia Cebadas.  
 Páramos de Atillo (P.N.Sangay) y Yasipán.

Coordenadas de referencia					
Nro.	X	Y	Nro.	X	Y
1	776147	9758611	12	773480	9758952
2	776035	9758365	13	774849	9758702
3	776202	9758269	14	774738	9758499
4	772955	9759014	15	774980	9758460
5	773149	9758938	16	773389	9759361
6	773145	9758741	17	773299	9759154
7	773472	9758436	18	773546	9759141
8	773396	9758337	19	775299	9759620
9	773595	9758242	20	775278	9759416
10	773730	9759234	21	775491	9759339
11	773546	9759141	22	776147	9758611

SE AUTORIZA EL ESTUDIO DE MUESTRAS BIOLÓGICAS CON EL PROPÓSITO DE:  
 Estimar la cantidad de carbono orgánico total en muestras de suelo y biomasa del páramo en Yasipán y Atillo y  
 comparar el contenido de ambos.

SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA  
 REALIZACIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN:

Materiales y equipos	
GPS	Fundas ziploc
Barreno	Hoyadora
Machete	Hoz
Mufla	Estufa
Tijera podadora	Cilindro
Desecador	Balanza analítica
Plímetro	Conductímetro
Balanza electrónica	Material de Oficina


**OBLIGACIONES Y CONDICIONES PARA LA VIGENCIA DE ESTA AUTORIZACIÓN:**

1. LAS MUESTRAS PRODUCTO DE ESTA INVESTIGACIÓN DEBERAN SER CATALOGADAS POR INDIVIDUO O LOTES.
2. ESTA AUTORIZACIÓN FACULTA LA COLECCIÓN/ MANIPULACIÓN DE ESPECIMENES VIVOS, MISMO QUE NO PODRÁN SER UTILIZADOS COMO MATERIAL PARENTAL PARA MANEJO COMERCIAL.
3. ESTA AUTORIZACIÓN ES EMITIDA BAJO LOS TÉRMINOS EXPRESADOS EN LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, EN TAL SENTIDO HABILITA EL MANEJO DE FLORA Y SUELO QUE HAYAN ESTADO EXPRESADOS EN LA PROPUESTA TÉCNICA TANTO EN TAXONES COMO EN NUMERO DE INDIVIDUOS.
4. LOS INVESTIGADORES DEBERÁN REALIZAR SUS INTERVENCIONES EN CAMPO BAJO UN MANEJO RESPONSABLE Y ÉTICO CON LOS ESPECIMENES ASÍ COMO CON LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.
5. PARA EL INGRESO A ÁREAS DE PROPIEDAD PRIVADA LOS INVESTIGADORES DEBERAN CONTAR CON LA AUTORIZACIÓN DEL RESPECTIVO PROPIETARIO.
6. NO SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE ARMAS DE FUEGO, EXPLOSIVOS O SUSTANCIAS VENENOSAS COMO METODOLOGÍA DE ESTA INVESTIGACIÓN.

MINISTERIO DEL AMBIENTE



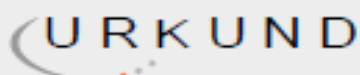
7. ESTA AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PODRÁ SER RENOVADA ANUALMENTE PREVIO AL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES CONTRAIDAS POR EL INVESTIGADOR, ENTREGA Y APROBACIÓN DE INFORMES PARCIALES O FINALES EN LAS FECHAS INDICADAS.
8. SE SOLICITARA PRÓRROGA QUINCE DÍAS ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO QUE INDICA ESTE DOCUMENTO.
9. EL INCUMPLIMIENTO DE ASPECTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS, TÉCNICOS O DISPOSICIONES ESTABLECIDAS EN EL PRESENTE DOCUMENTO, ASÍ COMO EL USO INDEBIDO DEL MISMO, SERÁN SANCIONADOS CONFORME A LA NORMATIVA LEGAL VIGENTE Y CON LA SUSPENSIÓN INMEDIATA DE LA PRESENTE AUTORIZACIÓN.
11. TASA POR AUTORIZACIÓN: 20 VEINTE DÓLARES DEPOSITADOS EN BANECUADOR CUENTA 0010000785, CON REFERENCIA 861481939. RECIBO DE CAJA 1991.

  
Ministerio del Ambiente  
DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL  
AMBIENTE DE CHIMBORAZO

Ing. Wilmer Tingo  
DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO.

MA: 27/12/2019  
MG: 27/12/2019





## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** ESTIMACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO TOTAL EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO ANDINO DE Y ASIPAN Y ATILLO.docx (D62887814)  
**Submitted:** 1/23/2020 4:35:00 PM  
**Submitted By:** magdy.echeverria@esPOCH.edu.ec  
**Significance:** 5 %

### Sources included in the report:

EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN EL ECOSISTEMA DE PÁRAMO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO EN BASE A LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS.docx (D47872320)  
ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUIMIAG.pdf (D61006781)  
TESIS FINAL UNMSM Marzo 2017 - copia.pdf (D26290473)  
TESIS FINAL BRAYAN CHILUIZA.docx (D60634955)  
CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA COMO MEDIDA DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUELOS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CHIMBORAZO.docx (D47949879)  
TesisURKUND\_KleberQuitoZ.docx (D34313301)  
Proyecto Santiago Almeida-Urkund.docx (D53963618)  
Tesis Pichan Central.docx (D15914331)  
Bueno Benancio,Sychelles\_Título AGRARIA.pdf (D27927905)  
La presión antrópica y sus consecuencias en el páramo del cantón Guamate.pdf (D58830779)  
TESIS CHOCA.pdf (D24691688)  
[https://www.researchgate.net/publication/287443204\\_Almacenamiento\\_de\\_carbono\\_organico\\_en\\_suelos\\_en\\_sistemas\\_de\\_produccion\\_de\\_cafe\\_Coffea\\_arabica\\_L\\_En\\_el\\_municipio\\_del\\_Libano\\_Tolima\\_Colombia/fulltext/56766c0008ae0ad265c315ef/287443204\\_Almacenamiento\\_de\\_carbono\\_organico\\_en\\_suelos\\_en\\_sistemas\\_de\\_produccion\\_de\\_cafe\\_Coffea\\_arabica\\_L\\_En\\_el\\_municipio\\_del\\_Libano\\_Tolima\\_Colombia.pdf](https://www.researchgate.net/publication/287443204_Almacenamiento_de_carbono_organico_en_suelos_en_sistemas_de_produccion_de_cafe_Coffea_arabica_L_En_el_municipio_del_Libano_Tolima_Colombia/fulltext/56766c0008ae0ad265c315ef/287443204_Almacenamiento_de_carbono_organico_en_suelos_en_sistemas_de_produccion_de_cafe_Coffea_arabica_L_En_el_municipio_del_Libano_Tolima_Colombia.pdf)  
<https://www.planning.org/planificacion/2/2.htm#a2> Barros,  
<http://www.ambiente.gob.ec/parque-nacional-sangay-una-de-las-areas-protegidas-con-mayor-diversidad-biologica-del-ecuador/30f7b09f-f388-49d3-80db-18bbbd50a973>  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>

### Instances where selected sources appear: