



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE QUÍMICA**

**“ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO  
Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUIMIAG”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

Presentado para obtener al grado académico de:

**QUÍMICO**

**AUTORES: ELSA MARIVEL CAJILEMA MULLO**

**CATHERINE JULIANA PIGUABE HINOJOSA**

**TUTORA: Dra. Magdy Echeverría**

Riobamba – Ecuador

2020

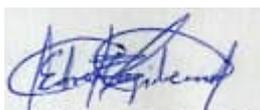
**© 2020, Elsa Marivel Cajilema Mullo y Catherine Juliana Piguabe Hinojosa**

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

Nosotras, ELSA MARIVEL CAJILEMA MULLO y CATHERINE JULIANA FIGUABE HINOJOSA declaramos que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

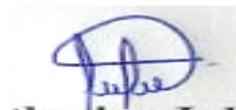
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 16-01-2020.



**Elsa Marivel Cajilema Mullo**

**CI: 060478791-1**



**Catherine Juliana Figuabe**

**CI: 0650052392**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA DE QUÍMICA**

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo: Proyecto de Investigación “ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUIMIAG.”, de responsabilidad de las señoritas: ELSA MARIVEL CAJILEMA MULLO y CATHERINE JULIANA PIGUABE HINOJOSA, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

Dr. Robert Alcides Cazar Ramírez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

FIRMA  FECHA  
16-01-2020

Dra. Magdy Milleni Echeverría Guadalupe  
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

 FECHA  
16-01-2020

Ing. Sofía Carolina Godoy Ponce  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

 FECHA  
16-01-2020

## **DEDICATORIA**

Principalmente a Dios, por darnos salud y fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mi esposo Edison Serrano por estar incondicionalmente apoyándome en todo aspecto. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. A todas las personas que conforman el grupo de investigación GIDAC que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Elsa Marivel Cajilema Mullo

Dedico este trabajo investigativo al Señor de la Agonía y a la Virgen de Agua Santa que han sido mis padres celestiales que día a día han estado iluminándome para no desfallecer en esta lucha para alcanzar mis propósitos, a mis queridos padres que con su sacrificio y apoyo han estado a mi lado brindándome una palabra de aliento y muchas veces un jaloncito de orejas. Y a todas las personas que han formado parte de mi vida y han confiado en mí, millón bendiciones a todos.

Catherine Juliana Piguabe Hinojosa

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecir mi vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a padres: Segundo y Olga por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado. Gracias a mi esposo Edison Serrano por apoyarme económicamente, moralmente en todo momento

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, a la Doctora Magdy Echeverría tutor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado como docente, al grupo de investigación GIDAC.

Elsa Marivel Cajilema Mullo

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a la Virgen Santísima por permitirme cumplir uno de mis objetivos de vida, a mi familia que han sido el pilar fundamental para llegar a escalar el primer peldaño de éxitos en mi vida tanto profesional como diaria.

Como no dar gracias a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo campo mater donde me formé, como estudiante y persona donde compartí alegrías, tristezas, sueños y anhelos; me es grato también agradecer a los docentes que han sido mis guías y porque no decirles amigos en este largo trajinar de mi aprendizaje.

A la Doctora Magdy Echeverría tutora de nuestro proyecto de investigación quien nos ha guiado en este trabajo, al grupo de investigación GIDAC por su apoyo.

Catherine Juliana Piguabe Hinojosa

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	xviii
<b>ABSTRACT</b> .....	xix
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<i>Formulación del problema</i> -----	2
<i>Justificación</i> -----	2
<i>Objetivos</i> -----	3
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL</b> .....	4
<b>1.1 Antecedentes</b> -----	4
<b>1.2 Bases teóricas</b> -----	5
<b>1.2.1 Páramo</b> -----	5
<b>1.2.2 Tipos de páramo</b> -----	6
<b>1.2.2.1 Páramo de pajonal</b> -----	6
<b>1.2.2.2 Subpáramos</b> -----	6
<b>1.2.2.3 Páramos</b> -----	6
<b>1.2.2.4 Superpáramos</b> -----	7
<b>1.2.2.5 Suelo de páramo</b> -----	7
<b>1.2.3 Propiedades físico-químicas del suelo</b> -----	7
<b>1.2.3.1 Densidad aparente</b> -----	7
<b>1.2.3.2 Densidad real</b> -----	7
<b>1.2.3.3 Textura</b> -----	7
<b>1.2.3.4 Color del suelo</b> -----	8
<b>1.2.3.5 Humedad</b> -----	8
<b>1.2.3.6 Materia Orgánica del suelo (MOS)</b> -----	9
<b>1.2.3.7 pH</b> -----	9
<b>1.2.3.8 Conductividad eléctrica (CE)</b> -----	10
<b>1.2.4 Suelos que se desarrollaron sobre depósitos volcánicos</b> -----	11

1.2.4.1	<i>Andosoles</i> -----	11
1.2.4.2	<i>Histosoles</i> -----	11
1.2.5	<b>Litologías</b> -----	11
1.2.5.1	<i>Litología piroclástica/toba</i> -----	11
1.2.5.2	<i>Litología Filita</i> -----	12
1.2.5.3	<i>Litología de depósitos glaciales</i> -----	12
1.2.5.4	<i>Litología Basaltos</i> -----	12
1.2.6	<b>Biomasa</b> -----	13
1.2.6.1	<i>Biomasa aérea</i> -----	14
1.2.6.2	<i>Biomasa subterránea</i> -----	14
1.3	<b>Bases conceptuales</b> -----	14

## CAPÍTULO II

2	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	16
2.1	<b>Área de estudio</b> -----	16
2.1.1	<i>Ubicación</i> -----	16
2.1.2	<i>Altitud y Condiciones Climáticas</i> -----	17
2.1.3	<i>Límites</i> -----	17
2.2	<b>Tipo de investigación</b> -----	17
2.3	<b>Hipótesis</b> -----	17
2.3.1	<i>Hipótesis nula</i> -----	17
2.3.2	<i>Hipótesis alternativa</i> -----	18
2.3.3	<i>Variables</i> -----	18
2.4	<b>Población de estudio</b> -----	18
2.5	<b>Muestra</b> -----	18
2.5.1	<i>Tamaño de Muestra</i> -----	18
2.5.2	<i>Diseño experimental</i> -----	20
2.5.2.1	<i>Tratamientos para suelo</i> -----	20
2.5.2.2	<i>Tratamientos para biomasa</i> -----	22
2.5.3	<i>Selección de la muestra</i> -----	24
2.6	<b>Materiales y Equipos</b> -----	28
2.6.1	<i>Materiales para el campo</i> -----	28
2.6.2	<i>Materiales y Equipos en el laboratorio</i> -----	29
2.7	<b>Metodología para campo y laboratorio</b> -----	30

<b>2.7.1</b>	<b><i>Fase campo</i></b> -----	30
<b>2.7.1.1</b>	<i>Muestras de suelos</i> -----	30
<b>2.7.1.2</b>	<i>Muestras para densidad aparente</i> -----	31
<b>2.7.1.3</b>	<i>Muestras para biomasa área</i> -----	31
<b>2.7.1.4</b>	<i>Muestras para biomasa subterránea</i> -----	32
<b>2.7.2</b>	<b><i>Fase laboratorio</i></b> -----	32
<b>2.7.2.1</b>	<i>Determinación de Densidad Aparente y Humedad</i> -----	33
<b>2.7.2.2</b>	<i>Determinación de pH (potencial de hidrogenoides) y CE (Conductividad Eléctrica)</i> 33	
<b>2.7.2.3</b>	<i>Determinación de color</i> -----	34
<b>2.7.2.4</b>	<i>Determinación de Textura</i> -----	34
<b>2.7.2.5</b>	<i>Determinación de Materia Orgánica</i> -----	35
<b>2.7.2.6</b>	<i>Análisis de Biomasa Aérea</i> -----	36
<b>2.7.2.7</b>	<i>Análisis de Biomasa Subterránea</i> -----	37

### **CAPÍTULO III**

<b>3</b>	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS ANÁLISIS</b> .....	38
<b>3.1</b>	<b>Análisis de textura y color de las diferentes litologías</b> -----	38
<b>3.2</b>	<b>Análisis de la varianza para la litología PA</b> -----	39
<b>3.2.1</b>	<i>Análisis de varianza para pH</i> -----	39
<b>3.2.2</b>	<i>Análisis de varianza para conductividad suelo húmedo</i> -----	41
<b>3.2.3</b>	<i>Análisis de varianza para humedad</i> -----	43
<b>3.2.4</b>	<i>Análisis de varianza para densidad aparente</i> -----	46
<b>3.2.5</b>	<i>Análisis de varianza para materia orgánica</i> -----	48
<b>3.3</b>	<b>Análisis de varianza para la litología Filita</b> -----	51
<b>3.3.1</b>	<i>Análisis de varianza para pH</i> -----	51
<b>3.3.2</b>	<i>Análisis de varianza para conductividad eléctrica</i> -----	52
<b>3.3.3</b>	<i>Análisis de varianza para humedad</i> -----	53
<b>3.3.4</b>	<i>Análisis de varianza para densidad aparente</i> -----	53
<b>3.3.5</b>	<i>Análisis de varianza para materia orgánica</i> -----	54
<b>3.4</b>	<b>Análisis de varianza y prueba de Tukey para la litología depósitos glaciales</b> ----	55
<b>3.4.1</b>	<i>Análisis de varianza para pH en suelo húmedo</i> -----	55
<b>3.4.2</b>	<i>Análisis de varianza para conductividad eléctrica en suelo húmedo</i> -----	56
<b>3.4.3</b>	<i>Análisis de varianza para humedad</i> -----	56
<b>3.4.4</b>	<i>Análisis de varianza para densidad aparente</i> -----	57
<b>3.4.5</b>	<i>Análisis de varianza para materia orgánica</i> -----	58

3.5	<b>Análisis de varianza y prueba de Tukey para la litología basalto</b> -----	59
3.5.1	<i>Análisis de varianza para pH en suelo húmedo</i> -----	59
3.5.2	<i>Análisis de varianza para conductividad eléctrica en suelo húmedo</i> -----	60
3.5.3	<i>Análisis de varianza para humedad</i> -----	61
3.5.4	<i>Análisis de varianza para densidad aparente</i> -----	62
3.5.5	<i>Análisis de varianza para materia orgánica</i> -----	62
3.6	<b>Análisis de varianza y prueba de Tukey para Biomasa para la litología PA</b> ----	64
3.6.1	<i>Análisis de varianza para materia orgánica aérea</i> -----	64
3.6.2	<i>Análisis de varianza para materia orgánica subterránea</i> -----	66
3.7	<b>Análisis de varianza y prueba de Tukey para Biomasa para la litología filita</b> --	67
3.7.1	<i>Análisis de varianza para materia orgánica aérea</i> -----	67
3.7.2	<i>Análisis de varianza para materia orgánica subterránea</i> -----	67
3.8	<b>Análisis de varianza y prueba de Tukey para Biomasa para la litología depósitos glaciales</b> -----	68
3.8.1	<i>Análisis de varianza para materia orgánica aérea</i> -----	68
3.9	<b>Análisis de varianza y prueba de Tukey para Biomasa para litología basalto</b> -	69
3.9.1	<i>Análisis de varianza para materia orgánica aérea</i> -----	69
3.9.2	<i>Análisis de varianza para materia orgánica subterránea</i> -----	70
3.10	<b>Comparación de la materia orgánica del suelo y biomasa</b> -----	71
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	72
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	73
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
	<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b>	Composición del color en base a la notación.....	8
<b>Tabla 1-2</b>	La materia orgánica según su porcentaje y denominación .....	9
<b>Tabla 1-3</b>	Clasificación de suelos en función de la conductividad.....	10
<b>Tabla 1-4</b>	Descripción de la materia orgánica de acuerdo al tipo de material.....	13
<b>Tabla 2-1</b>	Tamaño de la muestra de acuerdo a la litología.....	19
<b>Tabla 2-2</b>	Diseño de bloques trifactorial para litología PA.....	20
<b>Tabla 2-3</b>	Diseño de bloque bifactorial para litología filita .....	21
<b>Tabla 2-4</b>	Diseño de bloques bifactorial para la litología de depósitos glaciales.....	21
<b>Tabla 2-5</b>	Diseño de bloques bifactorial para la litología basalto .....	22
<b>Tabla 2-6</b>	Diseño de bloques trifactorial para litología PA.....	22
<b>Tabla 2-7</b>	Diseño de bloques de un solo factor para litología filita.....	22
<b>Tabla 2-8</b>	Diseño de bloques bifactorial para litología depósitos glaciales .....	23
<b>Tabla 2-9</b>	Diseño de bloques de un solo factor para la litología basaltos .....	23
<b>Tabla 2-11</b>	ANOVA: Modelo Factorial con 3 factores y replicación .....	23
<b>Tabla 2-12</b>	ANOVA: Modelo Factorial con 2 factores y replicación .....	24
<b>Tabla 2-13</b>	ANOVA: Modelo Factorial con un solo factor y replicación.....	24
<b>Tabla 2-14</b>	Clasificación de la litología en base al área .....	25
<b>Tabla 2-15</b>	Coordenadas geográficas de los conglomerados .....	25
<b>Tabla 2-16</b>	Materiales para muestrear en campo.....	28
<b>Tabla 2-17</b>	Materiales y equipos usados en el laboratorio .....	29
<b>Tabla 3-1</b>	Análisis de color y textura en los suelos.....	38
<b>Tabla 3-2</b>	Tabla de Análisis de la Varianza para pH húmedo.....	39
<b>Tabla 3-3</b>	Prueba de Tukey al 5% para pH de suelo húmedo de acuerdo a la altitud .....	40
<b>Tabla 3-4</b>	Prueba de Tukey al 5% para pH de suelo húmedo de acuerdo al conglomerado ...	40
<b>Tabla 3-5</b>	Prueba de Tukey al 5% para pH de suelo húmedo por la altitud*conglomerado ...	40
<b>Tabla 3-6</b>	Análisis de la varianza para conductividad.....	41
<b>Tabla 3-7</b>	Prueba de Tukey al 5% para conductividad de acuerdo a la altitud .....	42
<b>Tabla 3-8</b>	Prueba de Tukey al 5% para conductividad de acuerdo al conglomerado.....	42
<b>Tabla 3-9</b>	Prueba DMS para conductividad de acuerdo a l profundidad de la muestra .....	42
<b>Tabla 3-10</b>	Prueba de Tukey al 5% para conductividad por la altitud*conglomerado .....	43
<b>Tabla 3-11</b>	Análisis de la varianza para humedad.....	43
<b>Tabla 3-12</b>	Prueba de Tukey al 5% para humedad de acuerdo a la altitud .....	44

<b>Tabla 3-13</b>	Prueba de Tukey al 5% para humedad de acuerdo al conglomerado.....	44
<b>Tabla 3-14</b>	Prueba DMS para humedad de acuerdo a la profundidad.....	44
<b>Tabla 3-15</b>	Prueba de Tukey al 5% para humedad por la altitud*conglomerado .....	45
<b>Tabla 3-16</b>	Prueba de Tukey al 5% para humedad por la altitud*profundidad .....	45
<b>Tabla 3-17</b>	Análisis de varianza para densidad aparente .....	46
<b>Tabla 3-18</b>	Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente de acuerdo a la altitud .....	46
<b>Tabla 3-19</b>	Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente de acuerdo al conglomerado.....	47
<b>Tabla 3-20</b>	Prueba DMS para densidad aparente de acuerdo a la profundidad.....	47
<b>Tabla 3-21</b>	Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente por altitud*conglomerado .....	47
<b>Tabla 3-22</b>	Análisis de varianza para materia orgánica .....	48
<b>Tabla 3-23</b>	Prueba de Tukey al 5% para la materia orgánica de acuerdo a la altitud.....	49
<b>Tabla 3-24</b>	Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica de acuerdo al conglomerado.....	49
<b>Tabla 3-25</b>	Prueba DMS para materia orgánica de acuerdo a la profundidad.....	49
<b>Tabla 3-26</b>	Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica por la altitud*conglomerado .....	50
<b>Tabla 3-27</b>	Coefficiente de variación en los siguientes parámetros .....	50
<b>Tabla 3-28</b>	Análisis de varianza para pH en suelo húmedo .....	51
<b>Tabla 3-29</b>	Prueba de Tukey al 5% para pH de acuerdo al conglomerado .....	51
<b>Tabla 3-30</b>	Prueba de Tukey al 5% para pH de acuerdo al conglomerado*profundidad.....	52
<b>Tabla 3-31</b>	Análisis de varianza para conductividad eléctrica en suelo húmedo .....	52
<b>Tabla 3-32</b>	Prueba DMS para conductividad eléctrica de acuerdo a la profundidad .....	52
<b>Tabla 3-33</b>	Análisis de varianza para humedad.....	53
<b>Tabla 3-34</b>	Análisis de varianza para densidad aparente .....	53
<b>Tabla 3-35</b>	Análisis de varianza para la materia orgánica.....	54
<b>Tabla 3-36</b>	Prueba DMS para materia orgánica de acuerdo a la profundidad.....	54
<b>Tabla 3-37</b>	Coefficientes de variación de los parámetros físico-químicos.....	54
<b>Tabla 3-38</b>	Análisis de varianza para pH en suelo húmedo .....	55
<b>Tabla 3-39</b>	Prueba de Tukey al 5% para altitud de acuerdo al pH en suelo húmedo .....	55
<b>Tabla 3-40</b>	Análisis de varianza para conductividad eléctrica en suelo húmedo .....	56
<b>Tabla 3-41</b>	Análisis de varianza para humedad.....	56
<b>Tabla 3-42</b>	Prueba de Tukey al 5% para humedad de acuerdo a la altitud .....	56
<b>Tabla 3-43</b>	Análisis de varianza para densidad aparente .....	57
<b>Tabla 3-44</b>	Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente de acuerdo a la altitud .....	57
<b>Tabla 3-45</b>	Análisis de varianza para materia orgánica .....	58
<b>Tabla 3-46</b>	Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica de acuerdo a la altitud .....	58
<b>Tabla 3-47</b>	Prueba DMS para materia orgánica de acuerdo a la profundidad de la muestra ....	58
<b>Tabla 3-48</b>	Coefficientes de variación para parámetros físico-químicos .....	59
<b>Tabla 3-49</b>	Análisis de varianza para pH en suelo húmedo .....	59

<b>Tabla 3-50</b>	Prueba DMS para pH de acuerdo a la altitud.....	60
<b>Tabla 3-51</b>	Prueba DMS para pH de acuerdo a la profundidad de la muestra .....	60
<b>Tabla 3-52</b>	Análisis de varianza para conductividad electica en suelo húmedo .....	60
<b>Tabla 3-53</b>	Prueba DMS a 5% de conductividad eléctrica de acuerdo a la profundidad .....	61
<b>Tabla 3-54</b>	Prueba de Tukey al 5% de conductividad de acuerdo a altitud*profundidad.....	61
<b>Tabla 3-55</b>	Análisis de varianza de humedad.....	61
<b>Tabla 3-56</b>	Análisis de varianza para densidad aparente .....	62
<b>Tabla 3-57</b>	Prueba de DMS para densidad aparente en relación a la altitud .....	62
<b>Tabla 3-58</b>	Análisis de varianza para materia orgánica .....	62
<b>Tabla 3-59</b>	Prueba DMS para materia orgánica con relación a la altitud.....	63
<b>Tabla 3-60</b>	Prueba DMS para materia orgánica con relación a la profundidad .....	63
<b>Tabla 3-61</b>	Coefficientes de variación para parámetros físico-químicos .....	63
<b>Tabla 3-62</b>	Análisis de varianza para materia orgánica aérea .....	64
<b>Tabla 3-63</b>	Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica aérea de acuerdo a la altitud.....	64
<b>Tabla 3-64</b>	Prueba de Tukey al 5% materia orgánica aérea de acuerdo al conglomerado.....	65
<b>Tabla 3-65</b>	Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica por la altitud*conglomerado .....	65
<b>Tabla 3-66</b>	Análisis de varianza para materia orgánica subterránea .....	66
<b>Tabla 3-67</b>	Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica subterránea por la altitud.....	66
<b>Tabla 3-68</b>	Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica subterránea por conglomerado-.....	66
<b>Tabla 3-69</b>	Análisis de varianza para materia orgánica aérea .....	67
<b>Tabla 3-70</b>	Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica de acuerdo al conglomerado.....	67
<b>Tabla 3-71</b>	Análisis de varianza para materia orgánica subterránea .....	67
<b>Tabla 3-72</b>	Análisis de varianza para materia orgánica subterránea por conglomerado .....	68
<b>Tabla 3-73</b>	Análisis de varianza para materia orgánica aérea .....	68
<b>Tabla 3-74</b>	Análisis de varianza de materia orgánica subterránea .....	68
<b>Tabla 3-75</b>	Prueba de Tukey para materia orgánica subterránea de acuerdo a la altitud .....	68
<b>Tabla 3-76</b>	Análisis de varianza para materia orgánica subterránea .....	69
<b>Tabla 3-77</b>	Prueba DMS para materia orgánica aérea de acuerdo a la altitud.....	69
<b>Tabla 3-78</b>	Análisis de varianza para materia orgánica subterránea.....	70
<b>Tabla 3-79</b>	Prueba DMS para materia orgánica subterránea de acuerdo a la altitud.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2-2</b>	Delimitación de la zona Quimiag .....	16
<b>Figura 2-3</b>	Punto de muestreo del páramo de Quimiag.....	20
<b>Figura 2-4</b>	Diagrama para muestrear en campo .....	30
<b>Figura 2-5</b>	Estructura del conglomerado.....	31
<b>Figura 2-6</b>	Estructura para muestrear Biomasa aérea .....	31
<b>Figura 2-7</b>	Diagrama para fase de laboratorio.....	32

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Fotografías de materiales para el monitoreo.
- Anexo B** Metodología del campo.
- Anexo C** Socialización con la comunidad
- Anexo D** Monitoreo en la litología piroclástica/toba (PA)
- Anexo E** Monitoreo en la litología Filita(Pzl)
- Anexo F** Monitoreo en la litología basalto (Pa)
- Anexo G** Monitoreo en la litología depósitos glaciares (dg)
- Anexo H** Metodología en el laboratorio
- Anexo I** Análisis físico-químicos
- Anexo J** Determinación de materia orgánica
- Anexo K** Equipos para los análisis físico-químicos
- Anexo L** Certificado del Urkund
- Anexo M** Permiso MAE

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es realizar la estimación del contenido de materia orgánica (MO) del suelo y biomasa: aérea (pajonal) y subterránea (raíces de pajonal) del páramo andino de Quimiag, Chimborazo, Ecuador. Se seleccionaron 4 litologías con un total de 24 conglomerados: piroclásticas/toba (PA) 16, basalto (Pa) 2, depósitos glaciares (dg) 3, filita (Pzl) 3. Se recolectaron 288 muestras: 144 de suelo a profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm (protocolo Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y el Cambio Climático (GIDAC)), 144 de biomasa aérea (pajonal) y subterránea (raíces de pajonal). En el laboratorio se analizaron las propiedades físico-químicas y el contenido de MO por el método ignición, en cuyos resultados se aplicaron los análisis estadísticos de varianza y comparación de medias con pruebas de Tukey y diferencia media significativa (DMS) al 5% de significancia utilizando el programa estadístico InfoStat estudiantil. Los suelos son ácidos con pH entre 4-6, la conductividad eléctrica (CE) se encuentra en el rango de 0-2 dS/m considerándolos suelos no salinos, predominando la textura franco-arcillo-arenoso, la densidad aparente (Da) menor a 1 g/ml, humedad mayor al 50% y la profundidad es inversamente proporcional con la MO, donde encontramos mayor MO a menor profundidad. Los resultados indican que la altitud influye en los parámetros físico-químicos y ambientales: pH, CE, Da, porcentaje de humedad y temperatura, que se relacionan con la MO; por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y se concluye que existe diferencia en el contenido de MO entre la biomasa aérea (pajonal), subterránea (raíces de pajonal) y el suelo; el porcentaje de MO de la biomasa: aérea (48.75%), subterránea (35.97%) y en el suelo (18.01%). Con base en los resultados obtenidos se considera relevante socializar con la comunidad para la propuesta de planes de mejoras y conservación del ecosistema.

**Palabras clave:** <MATERIA ORGÁNICA>, <LITOLOGÍA>, <BIOMASA AÉREA> <BIOMASA SUBTERRÁNEA>, <SUELO>, <PÁRAMO ANDINO>.



## ABSTRACT

The objective of this work is to estimate the content of organic matter (OM) of the soil and biomass: aerial (pajonal) and underground (roots of pajonal) of the Andean moorland of Quimiag, Chimborazo, Ecuador. 4 lithologies were selected with a total of 24 conglomerates: pyroclastic/tuff (PA) 16, basalt (Pa) 2, glacial deposits (gd) 3, phyllite (Pzl) 3. Besides, 288 samples were collected: 144 soil at depths of 0-30 cm and 30-60 cm (Protocol of the Research and Development Group for the Environment and Climate Change (RDGECC)), 144 aerial (pajonal) and underground biomass (pajonal roots). In the laboratory the physical-chemical properties and the content of OM were analyzed by the ignition method, in which results the statistical analyzes of variance and comparison of measures with Tukey tests and significant mean difference (DMS) at 5% significance were applied using the student InfoStat statistical program. The soils are acidic with pH between 4-6, the electrical conductivity (EC) is in the range of 0-2 dS/m considering them non-saline soils, predominantly the loam-clay-sandy texture, the apparent density (AD) lower to 1 g/ml, humidity greater than 50% and the depth is inversely proportional to the OM, greater OM at a lower depth. The results indicate that altitude influences the physical-chemical and environmental parameters: pH, EC, AD, percentage of humidity and temperature, which are related to the OM; therefore, the null hypothesis is rejected and it is concluded that there is a difference in the content of OM between the aerial (pajonal), underground (pajonal roots) and soil biomass; the percentage of OM of biomass: aerial (48.75%), underground (35.97%) and soil (18.01%). Based on the results obtained, it is considered relevant to socialize the information with the community for the proposal of ecosystem improvement and conservation plans.

**Keywords:** Organic Matter, Lithology, Aerial Biomass, Underground Biomass, Soil, Andean Moorland.



## INTRODUCCIÓN

Los datos del uso actual del suelo es un dato georreferenciado que se lo realizó en la elaboración del PD y OT con la participación ciudadana en las diferentes comunidades y que son datos confiables por lo tanto la parroquia de Químiag en su uso actual del suelo la mayor parte del territorio está destinada al cultivo de pastos con un porcentaje de 36.6 %, otro dato importante son las zonas de páramo que presentan un porcentaje del 23.4% se les considera como fuentes de agua por medio del cual ha ingresado cierto número de hectáreas para conservación dentro de los programas nacionales del Ministerio del Ambiente dentro de los programas que este año se han incluido es el proyecto de áreas de conservación donde aproximadamente se están cultivando 133 hectáreas de bosque con plantas nativas de la zona, GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO y PARROQUIAL RURAL QUÍMIAG (2015, p. 13)

La presente investigación se refiere a la estimación de la materia orgánica del suelo y biomasa: aérea (pajonal), subterránea (raíces de pajonal) del páramo de Químiag en la provincia de Chimborazo, que se define como la materia que involucra a los micro-organismos que habitan en el suelo, raíces de las plantas, todo aquel material proveniente de organismos muertos y sus productos de descomposición y la biomasa del páramo.

La investigación se realiza para entender como las propiedades físico-químicas tales como: pH, CE, Da, humedad, textura y color influyen en el contenido de materia orgánica tanto del suelo como de la biomasa aérea (pajonal) y subterránea (raíces de pajonal). Existe disminución de la materia orgánica en los páramos andinos por las actividades antrópicas y los factores: altitud y profundidad se relacionan con la MO.

Los suelos de páramo en cuanto a su composición química alcanzan hasta el 90% de su volumen como espacio poroso. Por lo general un suelo contiene del 1 - 5 % de MO, mientras que el suelo de páramo puede tener de 3 - 44% y llegar incluso a valores tan altos como 90 % en el caso de suelos de turberas. El suelo del páramo por lo general es de color oscuro, está fuertemente asociado con la materia orgánica (que es la mayor responsable de la alta capacidad para retener agua), cuya acumulación se ve favorecida por las bajas temperaturas, formando complejos muy fuertes entre la parte mineral y la parte orgánica. (Llambí et al. 2012a, p. 194)

Se identificó nuestra zona de estudio de acuerdo a la litología que son 4: 1) piroclásticas/toba (PA) 16, 2) basalto (Pa) 2, 3) depósitos glaciares (dg) 3, 4) filita (Pzl) 3; formada por 24 conglomerados, hay que indicar que cada conglomerado tiene 3 parcelas con una recolección de

6 muestras compuestas de suelo a 2 profundidades: 0-30 cm y 30-60 cm y 6 de biomasa: 3 aéreas (pajonal) y 3 subterráneas (raíces de pajonal).

Se realizó los análisis de las propiedades físico químicas: pH en porciones ( 1:2) los resultados indican que los suelos son ácidos en un rango de 4-6 característico de los suelos de páramos, conductividad eléctrica en porciones (1:2) están en el rango entre 0-2 dS/m considerando suelos normales, densidad aparente por el método de cilindros indicando que son menor a 1 g/ml, color característico de 10 YR-7.5YR, textura predominante franco areno arcilloso, los cuales están relacionadas con la MO.

El factor altitud influye en las propiedades físicas, químicas y ambientales en relación al contenido de MO, lo mismo ocurre con el factor profundidad que es inversamente proporcional con la MO. El mayor contenido de materia orgánica se encuentra primero en la biomasa aérea (pajonal), segundo en la biomasa subterránea (raíces de pajonal) y último en el suelo de páramo.

### **Formulación del problema**

Con base en las características de la zona de estudio y la situación descrita, para el desarrollo de este documento se formuló la interrogante del problema:

¿Por qué las propiedades físico-químicas tales como: pH, Da, CE, Humedad, color y textura influyen en el contenido de materia orgánica del suelo y la biomasa: aérea (pajonal), ¿subterránea (raíces de paja)?

### **Justificación**

Debido a la disminución de materia orgánica en el páramo como consecuencia de las actividades antrópicas nos hemos planteado realizar la estimación de la materia orgánica de suelo y biomasa mediante la técnica loss on ignition (LOI) o también conocida como técnica de calcinación.

El propósito de estudio fue contribuir a la reducción de materia orgánica a través de los servicios ecosistémicos como es el de regulación y poder tomar medidas de adaptación de cambio climático. “La práctica de actividades mejoradas de manejo, garantizará la conservación y mantenimiento de las condiciones actuales de los ecosistemas”. El mecanismo de compensación de servicios ambientales, es el inicio para el manejo óptimo de los ecosistemas, y la reducción de las amenazas del avance de la frontera agrícola, que afecta directamente a la producción de los servicios ambientales, y por consiguiente a la calidad de vida de la población y el potencial productivo (García-Tapia y Jiménez-Jaramillo, 2012, p. 106).

El personal del grupo de investigación GIDAC altamente calificado y capacitado para llevar a cabo la investigación

Se contó con el financiamiento del Grupo de Investigación y Desarrollo para el ambiente y cambio climático de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) con el programa “Building a Resilient Future for the Andean Paramo Ecosystem of Ecuador”, entidad liada con la protección y la valoración ambiental de suelos, que destino talento humano, espacios y financiamiento.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Evaluar el contenido de materia orgánica en el suelo y biomasa del páramo de Químiag.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el contenido de materia orgánica del suelo de páramo de la parroquia Químiag mediante la técnica ignition.
- Cuantificar el contenido de materia orgánica de la biomasa del páramo de la parroquia Químiag.
- Comparar el contenido de materia orgánica obtenida del suelo y biomasa del páramo.

# CAPÍTULO I

## 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

Los páramos tienen un importante valor científico y ecológico debido a su flora, avifauna endémica y su paisaje único, es decir tiene una función ecológica que lo hacen rico en biodiversidad además desempeñan un rol importante en la producción agrícola, pecuaria y forestal lo cual representa una función económica. Son fundamentales para la regulación de la hidrología regional y constituyen la fuente de agua potable para consumo humano de la parte Norte de los Andes, cumpliendo de esta manera una función hidrológica, como "fabricas" de agua, "esponjas" para su almacenamiento o "cuna" del sistema hídrico de los neotrópicos. (Camacho 2014, p. 87-88).

Los páramos del Ecuador, parte de un país megadiverso, son considerados ecosistemas de montaña al encontrarse en una altitud que varía desde los 3200 metros hasta incluso los 4500 metros sobre el nivel del mar, predomina la vegetación de tipo arbusto o matorral, por eso también son llamados regiones de matorral de montaña (Camacho, Miguel 2014, p. 79)

En cuanto a su composición física se define características tales como: textura, estructura, densidad aparente y color, los suelos de páramo tienen propiedades únicas que se diferencian de otros grupos de suelos entre las principales tenemos la baja densidad aparente, gran capacidad para retener agua, su elevada micro-porosidad, el alto valor de deshidratación irreversible su buena estabilidad de los micro-agregados y su alta susceptibilidad a la erosión después del secamiento (Llambí et. al. 2012c, p. 200).

Hernández et. al. (2014, p. 9-10) en su tema de investigación "*Carbono orgánico del suelo en rodales silvícolas del ejido La Victoria, Pueblo Nuevo, Durango*" y (Montes, Ramos Miras y San José Wery 2016, p. 99) concluyen que la variable profundidad del suelo indica una disminución del carbono orgánico conforme aumenta la profundidad del suelo a esto le atribuye Diego Villaseñor Ortiz (2016, p. 59-60), Montes-Pulido (2017, p. 210-211) donde indica que los componentes orgánicos (materia orgánica), presentan una coloración parda, gris o negra, por lo que tienen al suelo de oscuro, más intenso en la superficie y que va decreciendo con la profundidad.

Carvajal et. al. (2009, p. 227) señala en su estudio que el efecto de la altura es proporcional es decir que se presentó valores superiores en altitudes mayores en acumulación de materia orgánica, que fueron disminuyendo hacia las partes más bajas (1150-1300 m), para lo cual hay que indicar que

la variación de la temperatura depende del factor altitudinal y de la humedad del aire. Entonces la tasa altitudinal a la cual cambia la temperatura promedio es de 0,65°C por cada 100 metros lo que esto indica Mena Vásconez et al. (2000, p. 10).

Montes-Pulido (2017, p. 210-211) indica que a pesar de la importancia del ecosistema de páramo en el ciclo global de carbono no se dispone de una síntesis que permita diferenciar si es la biomasa vegetal o el suelo el componente que acumula la mayor cantidad de carbono, a diferencia de este estudio Llambí et al. (2012, p. 187) que existe una relación importante entre el tipo de suelo (sus características) y la vegetación, debido a que la principal fuente de materia orgánica en estos suelos es la que proviene de las plantas y sus raíces.

El carbono que se encuentra capturado en la vegetación de estos humedales de las áreas protegidas es más sensible a regresar a la atmósfera, que el del suelo, ya que por las quemadas o ramoneo del ganado en la vegetación de páramo se puede perder hasta el 50 % del carbono almacenado (Suárez Duque et al. 2016, p. 175).

La densidad aparente del suelo del páramo varía entre los 1,01 g/cm<sup>3</sup> a 1,24 g/cm<sup>3</sup> en el rango altitudinal de 4019-4.130 m.s.n.m; estos valores bajos son indicativos de suelos no cultivados, con una alta porosidad, buen drenaje, excelente penetración de raíces y abundante cantidad de materia orgánica (Carrasco, Padilla y Echeverría, 2016, p. 15).

En el estudio realizado en el páramo de Igualata-Chimborazo se muestrearon a profundidades de 0-0.7 m y 0.7-1.2 m en donde se obtuvieron los siguientes resultados: 306.89 t/ha y 161.55 t/ha respectivamente concluyendo que el contenido de carbono orgánico disminuye a medida que aumenta la profundidad. En la más alta altitud el contenido de carbono orgánico fue de 377.69 t/ha y en la más baja altitud de 47.59 t/ha indicando que mientras aumenta la altitud el contenido de carbono orgánico aumenta (Echeverría et al., 2018, p. 4-7).

## **1.2 Bases teóricas**

### ***1.2.1 Páramo***

El páramo es un ecosistema que alberga planicies valles accidentados de origen glacial con una gran variedad de lagunas, pantanos y praderas húmedas que cubre la región alto andina de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Buytaert et al., 2006, p. 1).

Este ecosistema tiene importancia ecológica, genética, científica basada en paisajes incomparables y de flora endémica que están acondicionados a extremas condiciones climáticas como las lloviznas, la humedad y las constantes neblinas así como también a las características

del suelo. El suelo de páramo retiene el agua y es un sumidero de carbono (Díaz, Navarrete González y Suarez López, 2005, p. 64).

Actualmente los páramos se encuentran amenazados por las actividades de agricultura, ganadería y la deforestación; actividades que han llevado al desgaste de los recursos naturales que existe en el páramo contribuyendo al calentamiento global (Moncada, 2009, p. 796). Los páramos que se encuentran en la cordillera de los Andes son ecosistemas de las partes altas de la montaña donde existe una gran variedad de lagos y turberas (Castañeda-Martín et al., 2017, p. 213)

La altura es un factor de categoría y según Acosta Solís (1984) diferencia tres categorías:

El primero es el páramo inferior, zona de pajonal a alturas entre 3.200 y 4.000 msnm con una tendencia a subir del límite inferior por intervención de la presión humana, seguido del Páramo medio, entre 4.000 y 4.500 msnm y por último está el páramo superior sobre los 4.500 msnm (Camacho, 2014, p. 80).

## **1.2.2 Tipos de páramo**

### *1.2.2.1 Páramo de pajonal*

Caracterizadas por extensiones cubiertas de pajonal de varios géneros especialmente *Calamagrostis*, *Festuca* y *Stipa*. Los páramos de pajonal se encuentran en todas las provincias del Ecuador donde hay este ecosistema y cubren alrededor del 70% de la extensión del ecosistema natural y las acciones humanas sobre la vegetación original la han transformado, por lo menos en parte, en los pajonales actuales (Laegaard, 1992; citado en Hofstede et al., 2003, p. 100)

### *1.2.2.2 Subpáramos*

Los subpáramos se ubican entre 3.000 a 3.600 msnm en la cordillera Central y entre 3.200 a 3.900 msnm en la cordillera Occidental, con un rango de temperaturas entre 6 y 12 °C (Camacho, 2014, p. 81).

Estas zonas altitudinales de vegetación están entre el límite del bosque andino y el páramo propiamente dicho

### *1.2.2.3 Páramos*

Representan la zona sobre los 3.600 o 3.900 msnm, respectivamente, hasta los 4.700 msnm, con temperaturas entre 3 y 6 °C (Camacho, 2014, p. 81).

#### *1.2.2.4 Superáramos*

En las montañas más altas, donde pocas especies vegetales pueden sobrevivir a las condiciones edáficas y climáticas sobre los 4.200 metros (Vásconez y Hofstede, 2006, p. 94).

#### *1.2.2.5 Suelo de páramo*

Los suelos de los páramos del Ecuador se han desarrollado esencialmente sobre los depósitos piroclásticos resultantes de las erupciones. Se trata en general de andisoles o vitrosoles', pero su morfología y propiedades varían considerablemente según los principales factores de la pedogénesis, como la edad, la naturaleza, la composición química de los materiales y las condiciones climáticas. Además presentan globalmente altas capacidades de retención de agua (del 60 al 200 %) y a menudo importantes acumulaciones de materia (Podwojewski, 1999, p. 10)

### **1.2.3 *Propiedades físico-químicas del suelo***

#### *1.2.3.1 Densidad aparente*

La densidad aparente es la relación entre una masa del suelo seco y el volumen total que ocupa la muestra inalterada. Se expresa en unidades de  $\text{Kg m}^{-3}$  de suelo. Generalmente la densidad aparente en páramos no intervenidos son menores a  $1 \text{ g/ml}$  (Porta, López y Poch, 2008, p. 142).

#### *1.2.3.2 Densidad real*

La densidad real de los suelos corresponde a la relación masa/volumen de la totalidad de las partículas sólidas que corresponden al suelo; expresada como la razón entre la masa de las partículas ( $M_s$ ) y su volumen ( $V_s$ ), excluyendo los espacios porosos entre las partículas (Blake y Hartge, 1986 citado en Villaseñor Ortiz, 2015, p. 52)

#### *1.2.3.3 Textura*

Es la apreciación global de las propiedades mecánicas de una muestra de suelo y se describe por medio de la sensación al hacer deslizar entre los dedos una muestra húmeda, de la que se ha eliminado los elementos gruesos. La clase textural tiene múltiples combinaciones de porcentajes de arena, limo y arcilla que pueden darse en pocas clases texturales, 12 según United States Department of Agriculture (USDA). (Porta, López y Poch, 2008, p. 148).

#### 1.2.3.4 Color del suelo

El color se debe a los elementos cromógenos que contiene cada horizonte, principalmente al hierro, varia debido al estado de oxidación o el grado de hidratación; así como a la materia orgánica y a componentes tales como el carbonato cálcico, yeso, arena entre otros. El color puede ser heredado del material originario (color litogénico) en suelos litocromos o puede ser el resultado de procesos edafogénicos. La textura de un horizonte influye en el color, de manera que, con un mismo porcentaje y tipo de materia orgánica, un horizonte aparecerá más oscuro si es arenoso. La utilización de código de colores permite una codificación del color de manera más científica y objetiva (Porta, López y Poch, 2008, p. 157).

La tabla Munsell corresponde a un espacio de tres dimensiones: matiz, brillo y croma. El matiz expresa la longitud de onda dominante en la radiación reflejada y se designa por medio de dos letras mayúsculas YR (Rojo amarillento) característico de los suelos de páramo. El brillo expresa la proporción de radiación reflejada respecto a la radiación incidente y la croma corresponde a la abscisa en una página de la tabla Munsell expresando la pureza relativa del color y corresponde a la intensidad del color espectral dominante o saturación cromática. A mayor pureza del color, mayor croma (Porta, López y Poch, 2008, p. 158).

**Tabla 1-1:** Composición del color en base a la notación

Mineral	Formula	Notación	Munsell color
Sulfuro de hierro	FeS	10 YR 2/1	Negro
Humus		10 YR 2/1	Negro
Pirita	FeS <sub>2</sub>	10 YR 2/1	Negro metálico
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	10 YR 6/1	Gris claro

Fuente: (Castro Méndez, 2018, p. 34)

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

#### 1.2.3.5 Humedad

La FAO (2009, p. 93) explica que “régimen de humedad del suelo” se refiere a la presencia o ausencia de agua subterránea o agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos durante periodos del año. Menciona también que la disponibilidad de agua también es afectada por las sales disueltas. Cuando un suelo está saturado con agua que es muy salina para estar disponible para las plantas, se considera salino en lugar de seco. En consecuencia,

un horizonte es considerado seco cuando la tensión de humedad es 1500 kPa o más, y es considerado húmedo, cuando el agua está retenida a una tensión menor de 1500 kPa pero mayor a cero. Un suelo puede estar húmedo continuamente en algunos o todos los horizontes ya sea durante todo el año o parte de él.

#### 1.2.3.6 *Materia Orgánica del suelo (MOS)*

Es la expresión que agrupa a todos los constituyentes orgánicos del suelo. Está formada principalmente por C, H, O, N y, en menor proporción por S, P, B, Fe, Mo, entre otros. Se denomina así a la parte de la MOS poco alterada. Antes de que se convierta en humus. Está constituida por resto de plantas y animales tales como la biomasa vegetal muerta procedente de la parte de la vegetación, raíces finas, biomasa microbiana, microfauna, excrementos, y secreciones y excreciones solubles de plantas y animales (Porta, López y Poch, 2008, p. 179)

La mayoría de las funciones de los suelos están condicionadas por el tipo y cantidad de materia orgánica del suelo que contenga. La materia orgánica condiciona las propiedades físicas tales como: tamaño de poros, estabilidad de la estructura, densidad aparente, movimiento del agua entre otras. Además, incide sobre la disponibilidad de nutrientes y en la actividad biológica del suelo. La disminución del contenido de materia orgánica está asociada a una degradación del territorio, por lo tanto, la materia orgánica constituye uno de los indicadores de la calidad de suelos (Porta, López y Poch, 2008, p. 182).

**Tabla 1-2:** La materia orgánica según su porcentaje y denominación

<b>% Materia Orgánica</b>	<b>Denominación</b>
0 – 1	Muy bajo
1,1 - 2,9	Bajo
3 – 5,9	Medio
> 6	Alto

Fuente: (Llamuca, 2015, p. 15)

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

#### 1.2.3.7 *pH*

*“El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Este afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas así como a muchos procesos del suelo”* (FAO, 2009, p. 42)

La disminución del pH del suelo es debido a la acumulación de iones de  $H^+$  y  $Al^{3+}$  en el suelo, y la pérdida de cationes básicos como por ejemplo  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  y  $Na^+$ . Las principales causas de la acidificación del suelo son los siguientes: largos eventos de precipitación, drenaje de suelos potencialmente ácidos, deposición ácida, aplicación excesiva de fertilizantes a base de amonio, deforestación y prácticas de uso del suelo quitando los restos de cosecha (FAO, 2016, p. 1).

#### 1.2.3.8 Conductividad eléctrica (CE)

*“La concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato se mide mediante la CE. La CE es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través del mismo. Esto significa que a mayor CE, mayor es la concentración de sales”.* (Bárbaro, Karlanian y Mata, 2014, p. 7).

Se recomienda que la CE de un sustrato sea baja, en lo posible menor a  $1dS\ m^{-1}$ . Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad en el cultivo (Bárbaro, Karlanian y Mata, 2014, p. 7).

La conductividad eléctrica se ve influenciada por el contenido de agua, el de arcilla y la presencia de iones intercambiables en el suelo, capaces de conducir la corriente eléctrica y que inciden en las características nutritivas del suelo (Cortés, Pérez y Camacho, 2013, p. 402).

**Tabla 1-3:** Clasificación de suelos en función de la conductividad.

Suelo	C.e. (dS/m)	Efectos
No salino	0-2	Sin importancia
Ligeramente salino	2-4	Menor rendimiento en cultivos sensibles
Moderadamente salino	4-8	Menor rendimiento en muchos cultivos
Fuertemente salino	8-16	Solo tolerado por cultivos resistentes
Muy fuertemente salino	>16	Solo tolerado por cultivos muy resistentes

**Fuente:**(Navarro y Navarro, 2013, p. 220).

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

#### ***1.2.4 Suelos que se desarrollaron sobre depósitos volcánicos***

En el Ecuador, las cenizas recientes (< 10.000 años) aparecen en la superficie de todos los relieves de los páramos y moldean el paisaje con capas de espesor relativamente constante (Winckell et al. 1991<sup>a</sup> citado en Mena Vásquez, Josse y Medina, 2000, p. 14).

Según Mena Vásquez, Josse M. y Medina, (2000, p.12) mencionan que el tipo general de suelo que se forma sobre las cenizas volcánicas es un andosol y debido a la composición de los depósitos volcánicos con gran parte de vidrios, su alteración es muy rápida y conduce a la formación de complejos alumino-orgánicos y/o de minerales poco cristalizados como los afónos y la imogolita. Los andosoles son considerados suelos jóvenes con horizontes poco diferenciados.

##### ***1.2.4.1 Andosoles***

Los suelos andosoles son aquellos que tienen una extraordinaria capacidad para retener agua y una baja densidad aparente, además, estos suelos se desarrollan a partir de material piroclástico y su fracción coloidal está dominada por materiales de rango-corto (alófana) o complejos órgano-metálicos (aluminio-humus) (Van Ranst, 1997 citado en Cisneros, Cajamarca y Pacheco, 2010, p. 3).

##### ***1.2.4.2 Histosoles***

Según Cisneros, Cajamarca y Pacheco, (2010, p. 3) menciona que los suelos histosoles son frecuentes en zonas en las que el suelo está saturado al menos durante un mes y donde las condiciones tales como: la baja temperatura, acidez, favorecen la acumulación de materia orgánica, poseen propiedades físicas, químicas y mecánicas que difieren enormemente en suelos minerales. Pueden contener considerables cantidades de agua, poseen materia orgánica a más de 40 cm de profundidad.

#### ***1.2.5 Litologías***

##### ***1.2.5.1 Litología piroclástica/toba***

*“Los últimos materiales del Chimborazo están representados por unos depósitos piroclásticos (tobas pumíticas de grano grueso de composición andesítica) que recubren el sector occidental del volcán. En la zona de estudio existen unos paleosuelos endurecidos (Cangahua) generados a partir de depósitos piroclásticos (tobas andesíticas) que no tienen una asignación clara a un edificio volcánico y que se encuentran recubriendo de manera superficial al resto, sugiriendo una edad más reciente .”* (Rodríguez Peces y Gordón Pérez, 2015, p. 94).

#### 1.2.5.2 Litología Filita

Es una roca metamórfica de grano fino y diversamente coloreada, que presenta hojosisidad y fuerte brillo en las superficies de rotura debido a la orientación de los minerales laminares (micas y clorita). Proviene del metamorfismo regional de bajo grado de rocas arcillosas y los minerales que la forman son esencialmente los de la roca original: cuarzo, albita, clorita, moscovita o paragonita y minerales de la arcilla. Existe una transición continua a medida que aumenta el tamaño de grano y conservando prácticamente la misma composición mineralógica entre pizarras, filitas, esquistos y gneises con un incremento paralelo en el grado de metamorfismo. “*Algunas filitas contienen también grafito y minerales accesorios como turmalina, rutilo, epidota, magnetita o pirita. Las filitas son rocas muy comunes en Murcia y aparecen típicamente asociadas a la parte inferior del tramo carbonatado del complejo Alpujárride junto con cuarcitas y pizarras. Su tonalidad es muy variada siendo muy comunes los colores azulados, verdosos y rojizos*” (Atlas de Murcia, 2019, p. 3).

#### 1.2.5.3 Litología de depósitos glaciales

Los depósitos glaciares como las morrenas y lahares que son productos de la última glaciación (~10.000 años), constituidos por conglomerados de cantos de varios tamaños sin estratificación en una matriz de grano fino, cubren la mayor parte de las quebradas y deflexiones radiales dejadas por las diferentes erupciones en los flancos de los volcanes de mayor tamaño (Rodríguez Peces y Gordón Pérez, 2015, p. 94)

#### 1.2.5.4 Litología Basaltos

El autor Artero (2000, p. 137) menciona que esta litología se caracteriza por pertenecer a las rocas efusivas o volcánicas. El basalto es una roca semicristalina, de color gris oscuro o negro, pesada, muy dura, áspera al tacto.

Están compuestos de

- feldespatos de Hierro, Magnesio
- Olivino (silicato verde), piroxeno (silicato negro), magnetita, etc.
- Ausencia total de cuarzo y de ortosa

### 1.2.6 Biomasa

*“La biomasa es la cantidad total de materia orgánica seca y se calcula, de forma directa, secando la muestra de vegetación en un horno a 70 °C, hasta obtener el peso constante de la muestra”* (Satoo y Madgwick, 1982, citado en Torres et al., 2012, p. 135).

La masa total de las células vivas de un lugar determinado se designa biomasa, en cambio a la masa de células muertas, incluso a pesar que estén unidas a un organismo vivo, se denomina necromasa (Porta, López y Poch, 2008, p. 179).

La biomasa de un bosque y la vegetación de páramo, está distribuida, en biomasa aérea (biomasa de tallos, ramas, hojas de árboles, arbustos, lianas y hierbas) y biomasa subterránea (biomasa de raíces gruesas y finas). Para obtener la cantidad de carbono en la vegetación, se multiplica el valor obtenido de la biomasa, por un factor de 0,5. Este factor, es el resultado de un gran número de estudios, que han demostrado que, en promedio, la materia vegetal, contiene un 50 % de carbono, una vez, se ha removido el agua (Torres et al., 2012, p. 135-136).

De este modo, las raíces constituyen uno de los factores más importantes en la formación y estabilización de la materia orgánica del suelo (MOS), principal reservorio de Carbono orgánico del suelo (COS) y la materia muerta proveniente de las raíces, así como los exudados que las raíces producen, están en contacto directo con las comunidades microbianas del suelo cuyos productos de síntesis constituirán la MOS estabilizada asociada a las partículas del suelo (Johnson y Matchett 2001, citado en Ulla, 2019, p. 3-6).

**Tabla 1-4:** Descripción de la materia orgánica de acuerdo al tipo de material

Tipo de material		Descripción
Biomasa Materia orgánica viva	Biomasa aérea	Toda la biomasa que se encuentra sobre el suelo incluyendo troncos, ramas, hojas, etc.
	Biomasa subterránea	Toda la biomasa de raíces, se excluyen raíces finas de menos de 2mm de diámetro porque son difíciles de separar.

Continuar

Continúa

Suelos	Materia orgánica en el suelo	Comprende el carbono orgánico en los suelos a una profundidad específica y raíces con diámetros menores a 2mm.
--------	------------------------------	--

Fuente: (IPCC, 2001, citado en Molina 2013, p. 19)

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

#### 1.2.6.1 Biomasa aérea

Una planta icono del páramo es el pajonal, representado en el Ecuador especialmente por la especie *Calamagrostis intermedia*. Aparte de ser el componente esencial del 70% de los páramos ecuatorianos así como de sus atractivos y servicios, la paja es usada para construcción y artesanías (cestas). Su uso actual más importante, a pesar del impacto en el ecosistema que estas actividades representan, es como alimento directo de ganado vacuno y lanar. En ciertas zonas del país, se usan grandes cantidades de paja de páramo para cobertura y el mejoramiento de del suelo en cultivos, particularmente de frutas. Los pajonales del páramo bajo ofrecen buenas oportunidades de forestación con ciertas especies de árboles autóctonas de la zona y que pueden fijar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera, aportando así en la lucha contra el calentamiento global (Vásconez y Hofstede, 2006, p. 100-104).

En zonas altas de la sierra, por ejemplo, en donde la presencia de pajonal especie *Calamagrostis intermedia* es abundante y la existencia de insectos que puedan alimentarse de esta muy limitado, sería posible el uso de ésta, de forma local y sustentable, para el relleno de bloques de hormigón siempre y cuando se proteja la biomasa de la humedad del suelo o los muros de la incidencia agua de lluvia (Velasco et al., 2015, p. 135).

#### 1.2.6.2 Biomasa subterránea

Es toda la biomasa viva de las raíces vivas y las raíces pequeñas de menos de 2 mm de diámetro están excluidas porque éstas a menudo no pueden distinguirse, de manera empírica, de la materia orgánica del suelo u hojarasca (Albiño y Vargas, 2014 citado en Santillán, 2018, p. 11).

### 1.3 Bases conceptuales

**Páramo.-** es un ecosistema de servicios de regulación, abastecimiento, así los autores Morales Betancourt y Estévez Varón, (2006, p. 39) lo confirma que el páramo es un ecosistema único de

alta montaña en el cual habitan formas de vida singulares y propias y poblaciones humanas con sistemas culturales que contribuyen a enriquecer la diversidad planetaria.

**Suelo de páramo.** - se caracteriza porque son de origen volcánico. Los suelos típicos de páramo son negros y húmedos. Precisamente debido a la alta humedad y al clima frío, la descomposición de materia orgánica es muy lenta, lo que hace que se acumule una gruesa capa de suelo orgánico (Mena Vásquez y Medina, 2000, p. 5).

**Biomasa.** - es el contenido de materia orgánica que se encuentra presente en la paja como biomasa aérea y raíces de pajonal como biomasa subterránea.

**Método loss on ignition.** - es una técnica para determinar el contenido de materia orgánica presente en el suelo y biomasa utilizando la calcinación. Los autores Eyherabide et al., (2014, p. 14) indican que cuantifica directamente el contenido de MO y se basa en determinar la pérdida de peso de una muestra de suelo al someterla a una temperatura de 360°C. Existen numerosos trabajos donde se utilizan temperaturas de ignición que van desde los 250 a los 600 °C en mufla y diferentes períodos de tiempo, desde 2 hasta 24 h.

**Materia orgánica.** - la MO se relaciona con las propiedades físico-químicas como: color, pH, CE, Da, Humedad. Llambí et al., (2012b, p. 92) indica que el color oscuro es característico de los horizontes A de los suelos de páramo, además, los compuestos órgano-metálicos y órgano-minerales (coloides formados por: aluminio, humus y hierro) protegen a la materia orgánica de la descomposición al formar complejos muy estables. Además, está el bajo pH (que inhibe la acción bacteriana) y la baja temperatura, que es responsable de un lento proceso de descomposición.

**Litología.** - es la parte de la geología que estudia a las rocas y divide el área de estudio en piroclástica/toba, filita, depósitos glaciales y basalto cada una se caracteriza por la composición química.

## CAPÍTULO II

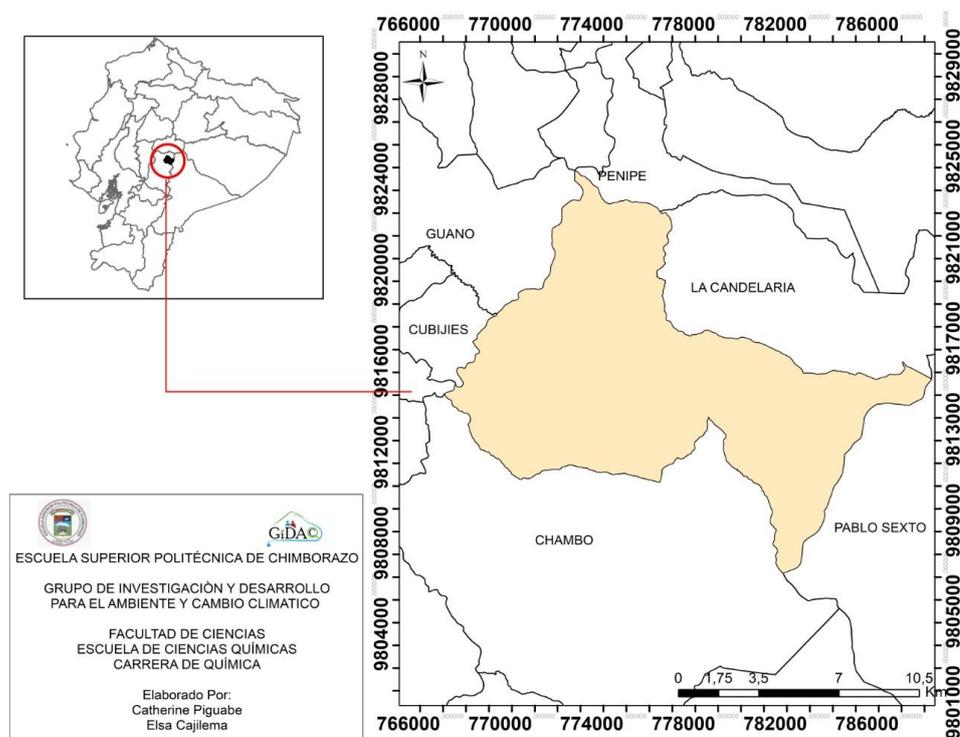
### 2 MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Área de estudio

##### 2.1.1 Ubicación

Se encuentra ubicada en la parroquia rural Químiag del cantón Riobamba provincia de Chimborazo.

La parroquia Químiag, tiene una extensión de: 13.949,67 hectáreas de la cuales 3259,01 hectáreas pertenecen al paramo. La gran mayoría del territorio Quimiano está dominado por las elevaciones montañosas con un 70% de su extensión y así mismo el relieve escarpado que hace más dificultoso el tránsito para actividades de producción en los diferentes asentamientos humanos que se encuentran en el sector. Los suelos de Químiag son derivados de materiales volcánicos, principalmente de cenizas productos de descomposición y meteorización de la cangagua (Chiquito-Espinoza 2017).



**Figura 2-1: Delimitación de la zona Químiag**

**Realizado por:** Cajilema, Elsa; Figuabe, Catherine; 2019.

### **2.1.2 *Altitud y Condiciones Climáticas***

El páramo de la parroquia de Químiag se encuentra a un rango altitudinal de 2400-5319 msnm con un promedio anual de temperatura entre 15 a 22°C.

### **2.1.3 *Límites***

**Norte:** Cantón Penipe

**Sur:** Cantón Chambo

**Este:** Cantón Guamboya (Prov. Santiago) Parque Nacional

**Oeste:** Parroquia Cubijíes

## **2.2 Tipo de investigación**

Por su nivel de profundidad la investigación es de tipo explorativa ya que suele ser más flexible, amplia y dispersa en su metodología, pues al final se dará a conocer que cantidad de materia orgánica se encuentra tanto en suelo como en biomasa, del páramo. Por la secuencia de estilo la investigación transversal, tiene como propósito describir y analizar variables en un momento determinado de tiempo con una muestra de la población a estudiar, por medio de la cual se pretende identificar la estimación de materia orgánica. Por la condición de estudio o lugar es de laboratorio porque se manipulará las variables de estudio. Por la utilización del conocimiento es aplicada según el manejo del conocimiento se aplicarán métodos, técnicas y teorías que sustente esta investigación, complementando en trabajos ya investigados.

## **2.3 Hipótesis**

### **2.3.1 *Hipótesis nula***

**Ha:** No existe diferencia significativa entre la cantidad de materia orgánica presente en el suelo con la cantidad de materia orgánica existente en la biomasa.

### 2.3.2 *Hipótesis alternativa*

**H<sub>0</sub>:** Existe diferencia significativa entre la cantidad de materia orgánica presente en el suelo con la cantidad de materia orgánica existente en la biomasa.

### 2.3.3 *Variables*

**Variable dependiente**=Contenido de Materia orgánica

**Variable independiente**= suelo (altitud y profundidad) y biomasa (biomasa aérea y subterránea)

## 2.4 **Población de estudio**

La población de la parroquia de Químiag es de 5.257 habitantes, con una extensión territorial de 13 949,63 has de las cuales se recolecto muestras en un área de 9622,7913 has de páramo.

## 2.5 **Muestra**

Se realizó la delimitación del área de estudio del páramo de Químiag con herramientas de información geográfica para conocer con exactitud el área donde se va a realizar el muestreo de suelo y biomasa aérea, subterránea determinando el tamaño de la muestra.

### 2.5.1 *Tamaño de Muestra*

En la parroquia de Químiag se determinó 24 conglomerados por medio de la ecuación para población finita.

$$n = \frac{N * p * q * Z^2}{(N - 1) * e^2 + p * q * Z^2}$$
$$n = \frac{9622,7913 * 0.5 * 0.95 * 1.96^2}{(9622,7913 - 1) * 0.05^2 + 0.5 * 0.95 * 1.96^2}$$
$$n = 72,97$$

**Donde:**

**n**= Tamaño de la muestra

**N**=Población

**d**=Precisión (0,05)

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

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

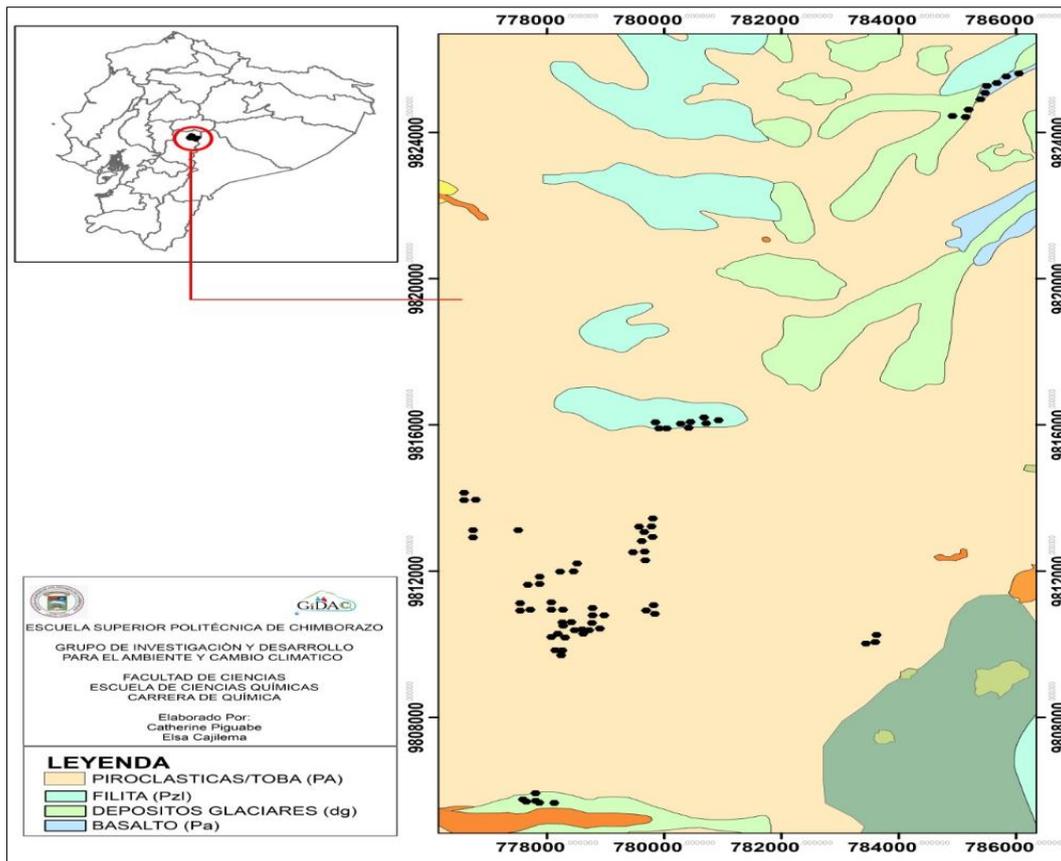
En la cual el tamaño de la muestra  $n = 72,97$  se divide para tres parcelas, es decir 24,32.

Se analizó 24 conglomerados.

Tabla 2-1: Tamaño de la muestra de acuerdo a la litología

ID	SÍMBOLO	LITOLOGÍA	RANGOS	ÁREA-Ha	% muestreo	Conglomerado
1	PA	PIROCLÁSTICAS, TOBA	A2=3400-3600 (4) A3=3600-3800 (4) A4=3800-4000 (4) A5=4000-4200 (5)	6361,1234	66,10	16
2	Pzl	FILITA	A3=3600-3800 (3)	1461,3430	15,19	3
3	Dg	DEPOSITOS GLACIARES	A2=3400-3600 (1) A3=3600-3800 (1) A4=3800-4000 (1)	1207,0625	12,54	3
4	Pa	TOBAS	A1=3200-3400 (1) A2=3400-3600 (1)	593,2625	6,17	2
<b>TOTAL</b>				9622,7913	100,00	24

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.



**Figura 2-2: Punto de muestreo del páramo de Químiag**

Realizado por: Cajilema, Elsa; Piguabe, Catherine; 2019.

### 2.5.2 *Diseño experimental*

Se utilizó el diseño experimental factorial de bloques trifactorial, bifactorial y de un solo factor para el área de estudio de la investigación.

#### 2.5.2.1 *Tratamientos para suelo*

**Tabla 2-2:** Diseño de bloques trifactorial para litología PA

A	C	P	REPETICIONES		
A <sub>1</sub>	C1	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C2	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C3	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C4	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A <sub>2</sub>	C1	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C2	p-3	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>

Continuar

Continua

	C3	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C4	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A <sub>3</sub>	C1	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C2	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C3	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C4	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A <sub>4</sub>	C1	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C2	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C3	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C4	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
		p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

**Tabla 2-3:** Diseño de bloque bifactorial para litología filita

Conglomerado	Profundidad	Repeticiones		
C1	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
C2	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
C3	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

**Tabla 2-4:** Diseño de bloques bifactorial para la litología de depósitos glaciales

Altitud	Profundidad	Repeticiones		
A1	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A2	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A3	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

**Tabla 2-5:** Diseño de bloques bifactorial para la litología basalto

A	P	REPETICIONES		
A <sub>1</sub>	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A <sub>2</sub>	p-30	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	p-60	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

### 2.5.2.2 Tratamientos para biomasa

**Tabla 2-6:** Diseño de bloques trifactorial para litología PA

Altitud	Conglomerado	Repeticiones para biomasa aérea			Repeticiones para biomasa subterránea		
		r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	C1	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C2	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C3	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C4	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A <sub>2</sub>	C1	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C2	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C3	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C4	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A <sub>3</sub>	C1	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C2	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C3	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C4	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A <sub>4</sub>	C1	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C2	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C3	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
	C4	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

**Tabla 2-7:** Diseño de bloques de un solo factor para litología filita

Conglomerado	Repeticiones para biomasa aérea			Repeticiones para biomasa subterránea		
	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
C1	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
C2	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
C3	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

**Tabla 2-8:** Diseño de bloques bifactorial para litología depósitos glaciales

Altitud	Conglomerado	Repeticiones para biomasa aérea			Repeticiones para biomasa subterránea		
		r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A1	C1	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A2	C2	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A3	C3	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>

**Realizado por:** Cajilema, Elsa; Piguabe, Catherine; 2019.

**Tabla 2-9:** Diseño de bloques de un solo factor para la litología basaltos

Altitud	Conglomerado	Repeticiones para biomasa aérea			Repeticiones para biomasa subterránea		
		r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A1	C1	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
A2	C2	r <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

Se realizó análisis de varianza tomando en cuenta las siguientes condiciones:

p-valor > 0,05 y > 0,01 ns

p-valor < 0,05 y > 0,01 \* diferencia significativa

p-valor < 0,05 y < 0,01 \*\* diferencia altamente significativa

El modelo estadístico para este diseño es:

$$y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\tau\beta\gamma)_{ijk} + u_{ijkl}$$

$$i = 1, 2, \dots, a; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, c; l = 1, 2, \dots, r$$

Donde  $r$  es el número de replicaciones y  $n = abc$  es el número de observaciones.

El número de parámetros de este modelo es, como el modelo de tres factores sin replicación,  $abc + 1$  pero en este caso el número de observaciones es  $abc$ .

**Tabla 2-10:** ANOVA: Modelo Factorial con 3 factores y replicación

F.V	S.C	G.L	C.M	Fexp
Factor A	SCA	a-1	CMA	CMA/CMR
Factor B	SCB	b-1	CMB	CMB/CMR
Factor C	SCC	c-1	CMC	CMC/CMR
AxB	SC(AB)	(a-1) (b-1)	CM(AB)	CM(AB)/CMR

Continuar

Continúa

AxC	SC(AC)	(a-1) (c-1)	CM(AC)	CM(AC)/CMR
BxC	SC(BC)	(b-1) (c-1)	CM(BC)	CM(BC)/CMR
AxBxC	SC(ABC)	(a-1) (b-1) (c-1)	CM(ABC)	CM(ABC)/CMR
Residual	SCR	abc(r-1)	CMR	
Total	SCT	abcr-1	CMT	

Fuente: Porras, 2000.

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

**Tabla 2-11:** ANOVA: Modelo Factorial con 2 factores y replicación

F.V	S.C	G.L	C.M	Fexp
Factor A	SCA	a-1	CMA	CMA/CMR
Factor B	SCB	b-1	CMB	CMB/CMR
Interacción	SCAB	(a - 1)(b - 1)	MCAB = SCAB/(a-1)(b-1)	FAB = MCAB/ MCE
Residual	SCE	ab(n - 1)	MCE = SCE /ab(n-1)	
Total	SCT	abn - 1		

Fuente: Porras, 2000.

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

**Tabla 2-12:** ANOVA: Modelo Factorial con un solo factor y replicación

F.V	S.C	G.L	C.M	Fexp
Factor A	SCA	a-1	CMA	CMA/CMR
Residual	SCE	ab(n - 1)	MCE = SCE /ab(n-1)	
Total	SCT	abn - 1		

Fuente: Porras, 2000.

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

Se realizó la Prueba de Tukey al 5%.

### 2.5.3 Selección de la muestra

El estudio se realizó en la parroquia Químiag perteneciente al cantón Riobamba, se determinaron los puntos de muestreo mediante la cartografía del Instituto Geográfico Militar (IGM) que sirvió de base para clasificar las litologías y las curvas de nivel que se encuentran en el área de estudio para establecer con exactitud las zonas de muestreo.

**Tabla 2-13:** Clasificación de la litología en base al área

ID	Símbolo	litología	formación-geológica	área-ha	% muestreo	Conglomerado
1	PA	Piroclásticas, Toba	Volcánicos altar	6361,1234	66,10	16
2	Pzl	Filita, Esquisto  Gneis Sericita, Biotita  Grafita, Clorita, Talco	Llanganates	1461,3430	15,19	3
3	Dg	Depósitos glaciares		1207,0625	12,54	3
4	Pa	Tobas	Lavas y tobas de altar 300m.	593,2625	6,17	2
<b>TOTAL</b>				9622,7913	100,00	24

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

Se determinó 24 conglomerados de muestreo según el área de estudio 9622,7913 ha, de las 4 litologías y las alturas identificadas de 3400-4200 msnm, previamente obteniendo 148 muestras de suelo tomadas a dos profundidades 0-30 cm y 30-60 cm, 74 muestras de biomasa aérea y 74 muestras de biomasa subterránea.

**Tabla 2-14:** Coordenadas geográficas de los conglomerados

CONGLOMERADO	PARCELA	X- COORD	Y-COORD	ALTITUD (msnm)
1PA-R2	A2	779465	9812515	3594
1PA-R2	A1	779667	9812532	3673
1PA-R2	A3	779677	9812293	3615
2PA-R2	A1	779818	9811069	3623
2PA-R2	A2	779840	9810831	3670
2PA-R2	A3	779689	9810924	3645

Continuar

Continua

3PA-R2	A2	778513	9812211	3579
3PA-R2	A1	778452	9811994	3647
3PA-R2	A3	778222	9811986	3669
5PA-R2	A2	777875	9811847	3878
5PA-R2	A1	777875	9811647	3678
5PA-R2	A3	777671	9811626	3689
6PA-R2	A2	778776	9810991	3758
6PA-R2	A1	778776	9810791	3817
6PA-R2	A3	778976	9810791	3760
7PA-R2	A2	776583	9814143	3870
7PA-R2	A1	776583	9813941	3865
7PA-R2	A3	776781	9813951	3797
9PA-R3	A2	776736	9813119	3840
9PA-R3	A1	776736	9812919	3871
9PA-R3	A3	777641	9811633	3758
12PA-R3	A2	777540	9811120	3840
12PA-R3	A1	777540	9810920	3860
12PA-R3	A3	777715	9810942	3820
8PA-R4	A2	778768	9810581	3960
8PA-R4	A1	778903	9810428	3964
8PA-R4	A3	778717	9810381	4040
13PA-R4	A2	778074	9811145	3840
13PA-R4	A1	778074	9810945	3880
13PA-R5	A3	778274	9810945	4080
13PA-R5	A2	778260	9810596	4012
13PA-R5	A1	778276	9810505	4020
13PA-R5	A3	778416	9810603	4060
14PA-R5	A2	778472	9810381	4065
14PA-R5	A1	778598	9810403	4055
14PA-R5	A3	778616	9810291	4080
15PA-R5	A2	778074	9810196	4036
15PA-R5	A1	778182	9810287	4040
15PA-R5	A3	778307	9810182	4128
16PA-R5	A2	778142	9809835	4080
16PA-R5	A1	778260	9809832	4125
16PA-R5	A3	778239	9809697	4129
21dg-R2	A2	785191	9824623	3470

Continuar

Continua

21dg-R2	A1	785141	9824422	3460
21gg-R2	A3	784917	9824450	3469
24Pa-R2	A2	785472	9825081	3365
24Pa-R2	A1	785394	9824906	3619
24Pa-R2	A3	785502	9825270	3342
25Pa-R1	A2	785674	9825351	3326
25Pa-R1	A1	785835	9825530	3320
25Pa-R1	A3	786050	9825611	3360
17PA-R5	A2	782972	9809527	4160
17PA-R5	A3	783618	9810255	4154
17PA-R5	A1	783596	9810059	4200
17PA-R5	A2	783439	9810019	4275
11PA-R4	A9	779569	9813216	3760
11PA-R4	A1	779782	9813224	3851
11PA-R4	A2	779803	9813439	3882
10PA-R4	A3	780035	9812979	3965
10PA-R4	A1	779800	9812933	3832
10PA-R4	A2	779933	9812746	3845
18Pzl-R3	A3	780678	9816203	3600
18Pzl-R3	A1	780715	9816040	3772
18Pzl-R3	A2	780927	9816127	3622
19Pzl-R3	A3	780417	9815919	3679
19Pzl-R3	A1	780448	9816080	3688
19Pzl-R3	A2	780280	9816030	3680
20Pzl-R3	A3	779911	9815903	3685
20Pzl-R3	A1	780044	9815904	3668
20Pzl-R3	A2	779851	9816070	3568
22dgR3	A2	777645	9805692	3778
22dg-R3	A1	777867	9805666	3781
22dg-R3	A3	778123	9805659	3785
23dg-R4	A2	777803	9805925	3962
23dg-R4	A1	777806	9805713	3838
23dg-R4	A3	777588	9805752	3846

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

## 2.6 Materiales y Equipos

### 2.6.1 Materiales para el campo

Tabla 2-15: Materiales para muestrear en campo

Material	Cantidad	Descripción	Actividad
	1	Barreno modelo Edelman Combinado (solo una pieza forma espiral)	Se utiliza para la El barreno usado para la colección de muestras de suelos.
	1	Garmin GPS de mano Etrex 20x	Localización de los puntos a monitorear.
	150	Fundas Ziploc medianas	Almacenamiento de muestras de suelos previo a ser analizadas.
	18	Cilindros de acero	Se utiliza para muestras de densidad aparente.
	1	Balanza peso digital colgante 50 kg	Se utiliza para muestras de biomasa área.
	75	Fundas ziploc grandes	Almacenamiento de muestras de biomasa área previo a ser analizadas.
	75	Fundas grandes de las normales	Almacenamiento de muestras de biomasa subterránea previo a ser analizadas.
	1	Excavadora manual M/Madera Bellota	Material para biomasa subterránea.
	1	Machete marca Bellota	Materiales para biomasa subterránea
	1	Cuadrante	Materiales para determinar biomasa aérea.
	1	Hoz	Materiales para determinar biomasa aérea.

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

## 2.6.2 Materiales y Equipos en el laboratorio

Tabla 2-16: Materiales y equipos usados en el laboratorio

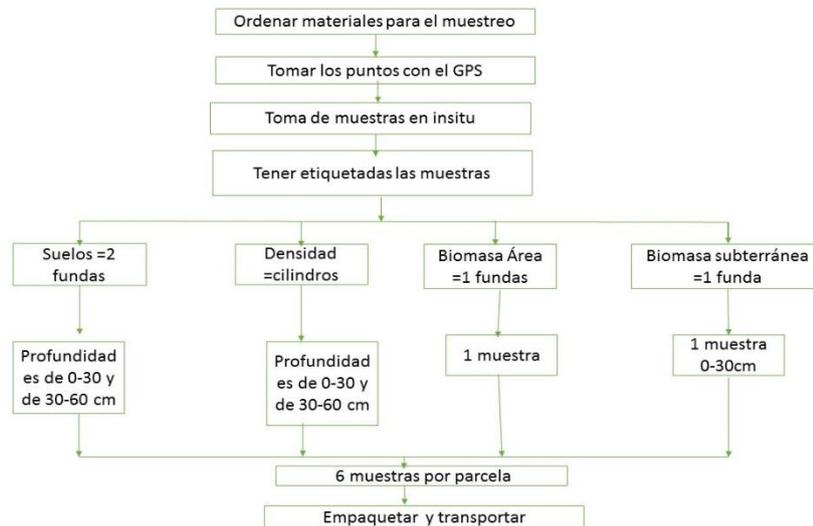
Materiales y Equipos	Cantidad	Descripción	Actividad
 <p>AB150</p>	1	pH-metro de mesa modelo Accumet Fisher Scientific	Medición del Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa en suelos.
	1	Conductímetro marca Hach medición en us/cm	Medición de la conductividad eléctrica en suelos.
	1	Estufa modelo ESCO	Secado de muestras
	1	Mufla marca <i>Thermo Scientific™</i> .	Calcinación de muestras.
	1	Balanza Analítica modelo OHAUS	Pesar muestras.
	1  30	Desecador  Crisoles	Desecador enfriar muestra.  Crisoles para colocarlos en estufa y mufla.
	1	Tabla de Munsell	Determinación de color en suelos.

Realizado por: Cajilema, Elsa; Piguabe, Catherine; 2019.

## 2.7 Metodología para campo y laboratorio

La recolección de muestras que se realizó en la parroquia de Químiag.

### 2.7.1 Fase campo

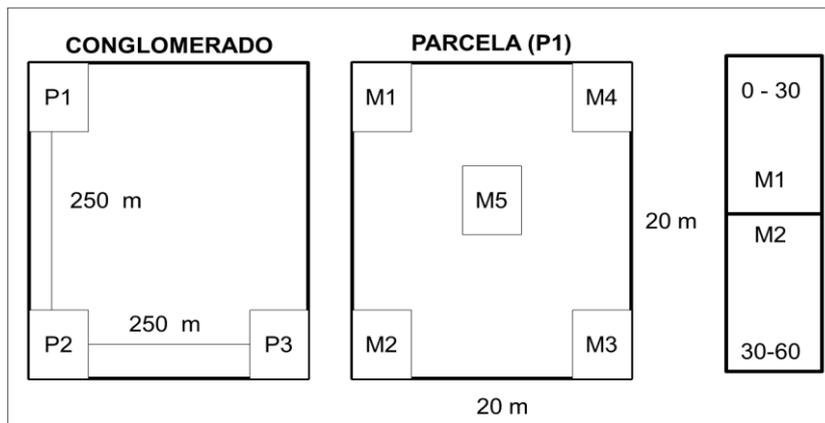


**Figura 2-3: Diagrama para muestrear en campo**

**Realizado por:** Cajilema, Elsa; Piguabe, Catherine; 2019.

#### 2.7.1.1 Muestras de suelos

Se utilizó el método de muestreo por conglomerados establecido por (Ministerio del Ambiente y ONU-REDD+, 2012). En cada conglomerado se estableció 3 parcelas en forma de L, separadas por una distancia de 250 m. Por lo tanto, cada parcela se dividió en 5 subparcelas de 20m x 20m se hace en cinco puntos es decir en forma de X, el barreno se colocó de forma vertical para comenzar con el muestreo hasta llegar a las profundidades deseadas de 0 – 30 cm y 30 – 60 cm. Se recolecto 6 muestras compuestas por cada conglomerado a una profundidad de 0-0,3 m (3 muestras compuestas) y 0,3-0,6 m (3 muestras compuestas).



**Figura 2-4: Estructura del conglomerado**

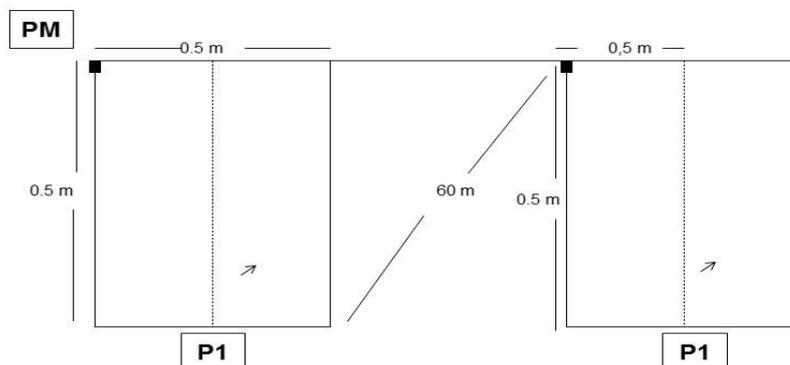
**Realizado por:** Cajilema, Elsa; Piguabe, Catherine; 2019.

### 2.7.1.2 Muestras para densidad aparente

Se preparó una calicata de 0-0,3m y de 0,30-0,60 m en cada parcela con la ayuda de una excavadora y una cinta métrica se introdujo un cilindro en forma horizontal en el suelo excavado donde se toma aproximadamente 0,2 kg de suelo, se sacó con la ayuda de una excavadora y se selló herméticamente al cilindro para que no pierda humedad, con su respectivo código. Se recolecto 6 muestras por cada conglomerado.

### 2.7.1.3 Muestras para biomasa área

Para el muestreo de la vegetación herbácea, se utilizó parcelas aleatorias establecidas por medio de un marco cuadrado de 0,25 m<sup>2</sup> (50 cm x 50 cm). El proceso consistió en lanzar aleatoriamente el marco dentro de la parcela por dos veces a una distancia de 60 m y cortar al ras del suelo todo el material localizado dentro del marco tratar de escoger lo más verde de la vegetación herbácea y pesarlo. Se colocó en una funda ziploc y se retiró el aire para evitar que no pierda humedad.



**Figura 2-5: Estructura para muestrear Biomasa aérea**

**Realizado por:** Cajilema, Elsa; Piguabe, Catherine; 2019.

#### 2.7.1.4 Muestras para biomasa subterránea

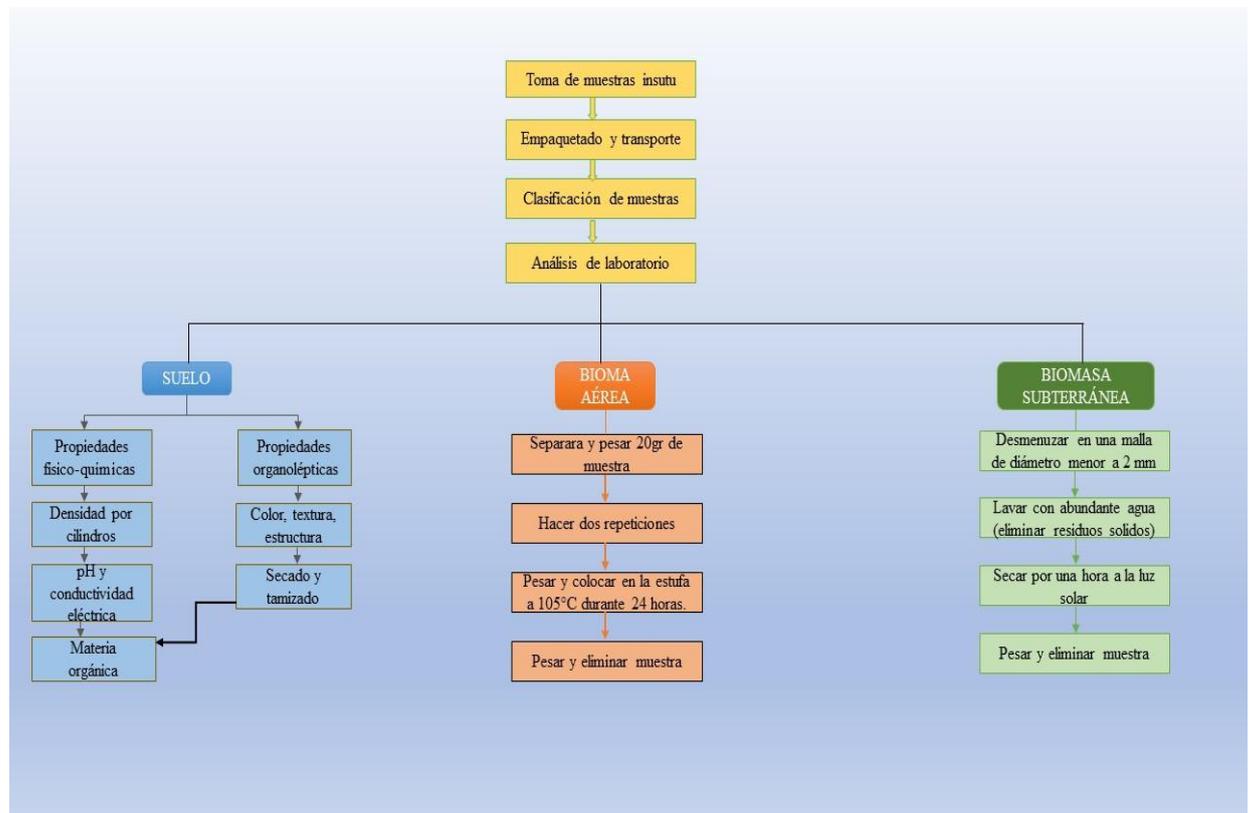
Para el muestreo de biomasa subterránea se realizó el procedimiento que consistió en utilizar una excavadora y un machete (con 8 cm de diámetro y 30 cm de altura) para extraer muestras de suelo con raíces de pajonal. Se colocó previamente en una funda etiquetada de acuerdo al conglomerado.

#### 2.7.2 Fase laboratorio

Al momento de tener las muestras ya en laboratorio se procedió a separar suelos, biomasa aérea y biomasa subterránea.

Hay que tener en cuenta que estas muestras fueron analizadas en un determinado tiempo para evitar errores en los análisis físico-químicos.

En la figura 2-6 se explicó como es el procedimiento que se llevó a cabo para el análisis de suelos y biomazas: aérea y subterránea de pajonal.



**Figura 2-6: Diagrama para fase de laboratorio**

**Realizado por:** Cajilema, Elsa; Piguabe, Catherine; 2019.

### 2.7.2.1 Determinación de Densidad Aparente y Humedad

La densidad aparente por medio de un cilindro biselado de volumen conocido, se necesitó que las muestras sean analizadas en el menor tiempo posible, inmediatamente en laboratorio primero se eliminó el plástico sellado, se limpió con la ayuda de una espátula cualquier interferencia que se encuentre en las paredes del cilindro, se pesó la tarrina de aluminio en la Balanza Analítica modelo OHAUS, se excluyó la muestra de suelo que está adjunta en el cilindro y se ubica en la tarrina de aluminio(PC), después se pesa en la Balanza Analítica modelo OHAUSa, se le conoce como el peso húmedo (PH) posteriormente se colocó en la estufa a 105°C durante 24 horas, inmediatamente se pesó y se le atribuye aquello al peso en seco(PS).

Se aplicó la siguiente ecuación para densidad aparente:

$$DA = \frac{PS-PC}{V}$$

DA=Densidad Aparente

PS=peso seco

PC=peso tarrina

V= Volumen conocido del cilindro previamente calibrado

Se aplica la siguiente ecuación para humedad:

$$\%H = \frac{PH - (PS - PC)}{PH} * 100$$

%H=% contenido de humedad.

PH=Peso húmedo.

PS=peso seco.

PC=peso tarrina.

### 2.7.2.2 Determinación de pH (potencial de hidrogenoides) y CE (Conductividad Eléctrica)

Los análisis de pH y conductividad se ejecutaron en el menor tiempo posible desde que se toma la muestra.

Por medio de una balanza analítica modelo OHAUS, pesar 20 gr de suelo en un vaso (plástico), se añadió 45 ml de agua destilada, se agito durante 15 minutos y se dejó reposar por tres minutos y se midió con la ayuda de un pH-metro de mesa modelo Accumet Fisher Scientific, para cada muestra y por último se anotó sus valores en el cuaderno de datos.

Para conductividad se empleó las mismas muestras de suelo que se preparó para medir el pH, pero se les conservó en reposo durante 24 horas previas a su lectura.

Para medir la conductividad se usó un conductímetro marca Hach que se encuentra en el Laboratorio de Química Instrumental de la ESPOCH y se registró los valores de conductividad en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para lo cual se manipulo un factor de conversión para tener las unidades de  $\text{dS}/\text{m}$ .

#### *2.7.2.3 Determinación de color*

El análisis de color se realizó previamente las muestras secas se procedió a comparar los matices de cada muestra con las tablas de Munsell Soil Color Book.

Se usó una tabla de acuerdo al matiz observado y se reconoció los colores de suelos por lo tanto los datos se escriben de la siguiente forma: Matiz (tinte), claridad, y pureza (1, 2 o 3) es decir 7.5 YR 2.5/1.

#### *2.7.2.4 Determinación de Textura*

Para realizar la determinación de textura se siguió la siguiente metodología

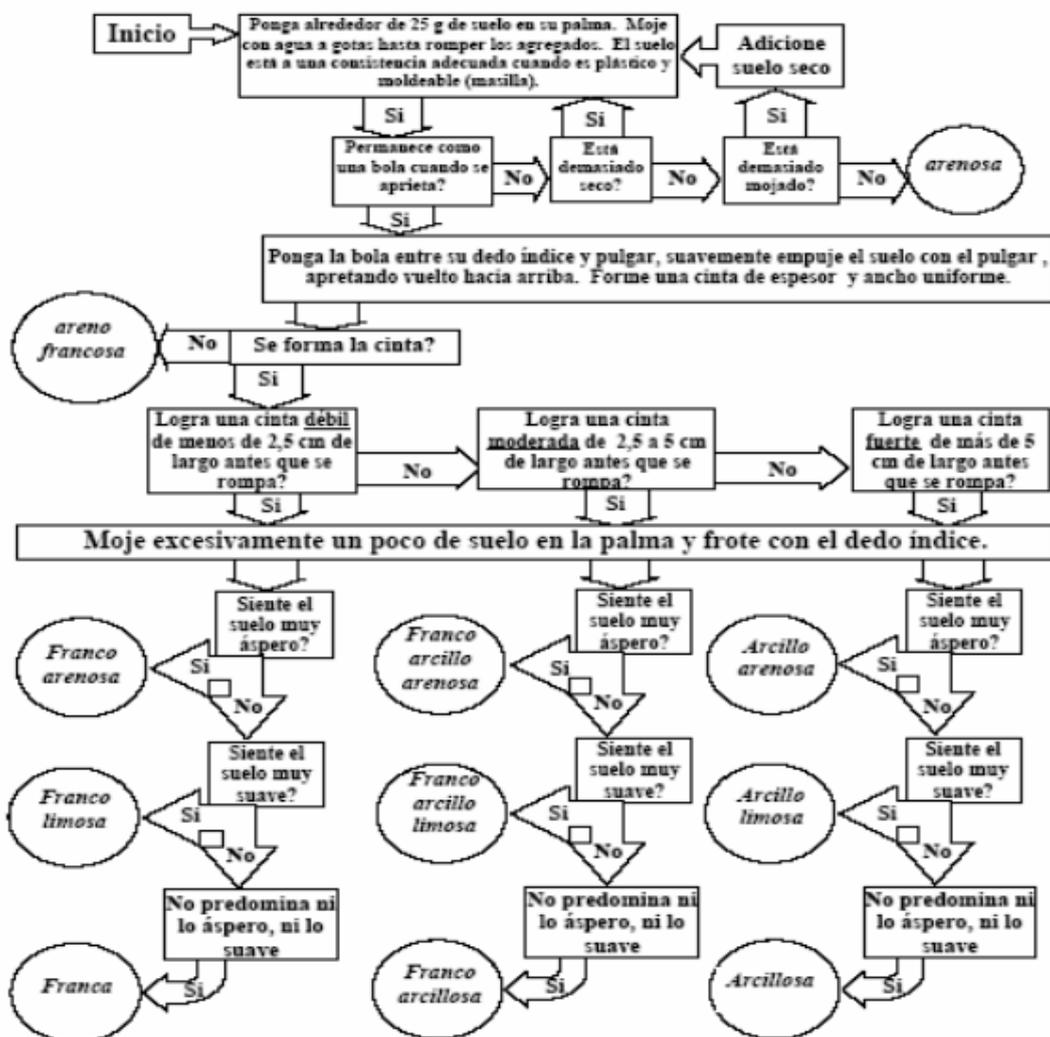


Figura 2-7: Diagrama de flujo para determinar textura

Fuente: GIDAC

Se tomó aproximadamente 10 gramos de muestra de suelo agregando agua poco a poco y moldearla, hasta que adquiera consistencia y poder comparar las diferentes sensaciones del tacto acuerdo a la figura 2-7, repetir el procedimiento para cada muestra de suelo.

#### 2.7.2.5 Determinación de Materia Orgánica

Para realizar la metodología de determinación de materia orgánica primero se procedió a secar la muestra en papel periódico a temperatura ambiente por lo menos 3 a 5 días, luego de que el suelo estuvo completamente seco al aire libre evitando que reciba radiación solar.

Se tamizo las muestras de suelo seco, con los tamices de 2mm (análisis de pH), 425  $\mu$ m se utilizó para determinar materia orgánica.

Procedimiento:

- Se taro los crisoles que es un procedimiento que consistió en calentar, se enfrió hasta que este material adquiriera un peso constante. En el caso del crisol se lo debe colocar en una mufla a 900°C en un determinado tiempo de 2 horas para que las partículas se compacten y lleguen a un peso constante y se enfrió los crisoles en un desecador.
- Después de que los crisoles estén en un peso constante se etiqueto la parte inferior del crisol con el código de la muestra, posteriormente se pesó el crisol (P1), se ensero la balanza y se pesó 5,0000 gramos de suelo aplicando la técnica del cuarteo (P2), se colocó en la estufa por 24 horas a una temperatura de 105°C, se enfrió las muestras en un desecador y se pesó (P3),inmediatamente se colocó las muestras en la mufla por 2 horas a una temperatura de 360°C, se enfrió las muestras en un desecador y se pesó (P4) por último se eliminó muestra.
- El porcentaje de materia orgánica se obtuvo de la siguiente ecuación:

$$\%MO = \frac{(P3 - P4)}{(P3 - P1)} * 100$$

%MO= Porcentaje de materia orgánica

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

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

P1= Peso crisol

#### 2.7.2.6 *Análisis de Biomasa Aérea*

Para realizar el análisis de biomasa aérea se realizó máximo después de un día de que lleguen las muestras:

- Se tomó la muestra de biomasa aérea y reviso que no posea presencia de partículas secas o muertas, se cortó 40 gramos de la muestra ya que se realizó dos repeticiones
- Primero se pesó la tarrina, se taro la balanza, se colocó 20 gramos de biomasa aérea y se metió a la estufa a una temperatura de 105°C durante 24 horas, se dejó enfriar y se pesó, de ahí se elimina la muestra así seguir el procedimiento para todas las muestras.

#### 2.7.2.7 *Análisis de Biomasa Subterránea*

Se realizó el análisis de biomasa subterránea en un máximo en 2-3 días que llegó la muestra de campo.

- Se tomó la muestra de biomasa subterránea y se desmenuzó en la misma funda, de ahí se colocó en un tamiz de 2mm y otro de menor diámetro a 2mm para evitar pérdidas de raicillas, se lavó con abundante agua, se colocó una vez que ya este la muestra libre de tierra en una malla menor de 2 mm de diámetro, para que se seque con la luz solar durante 1 hora y evitar la presencia de agua.
- Se pesó en la balanza una tarrina, se taró la balanza y se colocó las raíces que se obtuvo en el proceso anterior a la cual se le denomina peso húmedo y se metió en la estufa a una temperatura de 105°C durante 24 horas de ahí se esperó a que se enfrié y se pesó a eso se le denomina peso seco y se eliminó la muestra.

## CAPÍTULO III

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

#### 3.1 Análisis de textura y color de las diferentes litologías

**Tabla 3-1** Análisis de color y textura en los suelos

<b>TEXTURA</b>				
Tipos de textura	PA	Pzl	dg	Pa
Areno-Franco	2		7	
Franco-arcillo-arenoso	60	3	4	8
Franco-Arenoso	34	15	7	4
<b>COLOR</b>				
Tipos de color	PA	Pzl	dg	Pa
10YR-2/1	17	5	7	
10YR-2/2	11	3	1	2
10YR-3/1	5			
10YR-3/2	1		5	4
10YR-4/2				1
10YR-5/3	2			
7,5YR-2,5/1	26	7	3	
7,5YR-2,5/2	12	1		
7,5YR-2,5/3	4			
7,5YR-3/1	4	1	1	
7,5YR-3/2	1	1		
7,5YR-4/1			1	

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-1 indica que prevalece la textura Franco areno arcillosa y franco arenosa los autores Matus y Maire G. (2000) mencionan que los estudios de fraccionamiento físico de la MOS muestran que la mayor parte del C está asociado a las partículas de arcilla y limo, y que suelos arenosos poseen una concentración de C hasta siete veces superior en sus partículas de arcilla y limo que suelos arcillosos (Christensen, 1992; Matus, 1994). La explicación más lógica la propuso Hassink *et al.* (1997) donde menciona que las fracciones de arcilla y limo en suelos arenosos se encuentran más libres, mientras que en suelos arcillosos forman densos paquetes de agregados. Por esta razón la superficie específica disponible para retener MOS es muy superior en suelos arenosos que en suelos arcillosos.

Los colores característicos de los suelos de páramos están en 7,5YR-2,5/1 y 10YR-2/1 ya que son suelos oscuros y se los ha identificado como ricos en materia orgánica por lo cual estos suelos presentan colores pardos y colores negros respectivamente de acuerdo al matiz. Según Navarro y Navarro (2013, p. 76) menciona que el óxido de hierro más característico de este suelo se conoce

como Goethita, el cual tiene una composición de  $\alpha$ -FeO(OH) cristalino dando como resultado el color amarillento de 7,5YR a 10YR, que se encuentra ubicados en suelos de climas templados y frescos, húmedos a subhúmedos. De acuerdo con Méndez (2009) el color 7,5YR se debe a la presencia de sulfuro ferroso, piritita y humus. Otros autores como Cuervo-Barahona, Cely-Reyes y Moreno-Pérez 2016, p. 147) expresan que el color negro característico de los suelos del páramo, es debido a la alta concentración de compuestos húmicos que favorece la absorción de la radiación solar, lo cual, sumado a la pérdida de cobertura vegetal nativa, generaría un aumento de la temperatura del suelo. A su vez, lo anterior, unido al incremento de la temperatura del ambiente, aceleraría los procesos microbiológicos de la descomposición y lleva a la oxidación de la materia orgánica y, por ende, la liberación de grandes cantidades de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Rondón, 2000).

### 3.2 Análisis de la varianza para la litología PA

#### 3.2.1 Análisis de varianza para Ph

**Tabla 3-2:** Tabla de Análisis de la Varianza para pH húmedo

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Repetición	0,15	2	0,08	4,65	0,0131
Altitud	1,96	3	0,65	39,60	<0,0001
Conglomerado	1,61	3	0,54	32,43	<0,0001
Prof. Muestra (cm)	0,08	1	0,08	5,08	0,0277
Altitud*Conglomerado	0,54	9	0,06	3,62	0,0011
Altitud*Prof. Muestra (cm)	0,04	3	0,01	0,74	0,5305
Conglomerado*Prof. Muestra	0,07	3	0,02	1,44	0,2386
Altitud*Conglomerado*Prof.	0,34	9	0,04	2,26	0,0291
Error	1,02	62	0,02		
Total	5,82	95			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-2 se indica que existe diferencia significativa del pH con altitud, conglomerado y la interacción altitud\*conglomerado, mientras que no existe diferencia significativa del pH con la repetición, profundidad de la muestra, interacción altitud\*profundidad de la muestra, interacción altitud\*conglomerado\*profundidad de la muestra. Se realizó la prueba de Tukey para las interacciones significativas.

**Tabla 3-3:** Prueba de Tukey al 5% para pH de suelo húmedo de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias grados	Grados
3400-3600	5,09	A
3600-3800	5,06	A
3800-4000	4,81	B
4000-4200	4,76	B

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

La prueba de Tukey para la relación entre el pH y la altitud indica que a la altitud de 3400-3600 el pH es ácido con un valor de 5.09, en el siguiente rango de altitud de 3600-3800 el pH sigue siendo fuertemente ácido con un valor de 5.06, en el rango de altitud de 3800-4000 el pH ha disminuido con un valor de 4,81 siendo muy fuertemente ácido y en el rango de altitud de 4000-4200 el pH es muy fuertemente ácido con un valor de 4.76, es decir que a medida aumenta la altitud en un rango de 200 el pH va disminuyendo, debido a la alta concentración de los iones H<sup>+</sup>.

**Tabla 3-4:** Prueba de Tukey al 5% para pH de suelo húmedo de acuerdo al conglomerado

Conglomerado	Medias	Grados
C2	5,06	A
C1	4,99	A B
C3	4,96	B
C4	4,72	C

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-4 se realizó la interacción del pH con el conglomerado donde indica que existe una diferencia significativa alta y se puede observar que el pH es ácido, con un valor de 5,06 en el C2 (Navarro y Navarro, 2013, p. 192) indica que el pH es fuerte en el rango de 5-5.5 originando deficiencia de N,P, K, S, Ca, Mg, y Mo, disminuyendo en el C4 a 4.72, el mismo autor indica que el pH es muy fuerte por encontrarse en el rango de 4.5-5 considerando a estos suelos minerales ácidos, además de existir toxicidad por el exceso de Al<sup>3+</sup> y Mn<sup>2+</sup>.

**Tabla 3-5:** Prueba de Tukey al 5% para pH de suelo húmedo de acuerdo a la interacción altitud\*conglomerado

Altitud	Conglomerado	Medias	Grados
3400-3600	C2	5,26	A
3600-3800	C3	5,23	A
3400-3600	C2	5,23	A
3400-3600	C1	5,16	A B
3400-3600	C3	5,06	A B C
3600-3800	C1	5,06	A B C
3800-4000	C1	4,95	B C D
3800-4000	C2	4,92	B C D E
3400-3600	C4	4,90	B C D E
4000-4200	C2	4,83	C D E F

Continuar

Continúa

4000-4200	C1	4,79	D E F
4000-4200	C3	4,77	D E F
3800-4000	C3	4,77	D E F
3600-3800	C4	4,68	E F
4000-4200	C4	4,67	E F
3800-4000	C4	4,61	F

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-5 se realizó la interacción del pH con la altitud\*conglomerado donde indica que es altamente significativa porque el pH va disminuyendo a medida que la altitud aumenta y así lo confirma (Mogollón et al., 2015, p. 275) en su investigación en el cual indica que los suelos del gradiente estudiado se clasifican como ligeramente ácidos los ubicados en las zonas más altas hasta ligeramente alcalinos hacia las zonas más bajas. El pH es inversamente proporcional a la altitud.

A la altitud de 3400-3600 en el C2 el pH es de 5.26, en el rango de altitud de 3600-3800 en el C3 el pH es de 5.23, mientras que a la altitud de 3800-4000 en el conglomerado 3 el pH es de 4.77, a la altitud de 4000-4200 el pH es de 4,67

### 3.2.2 *Análisis de varianza para conductividad suelo húmedo*

**Tabla 3-6:** Análisis de la varianza para conductividad

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Repetición	1,8E-03	2	9,1E-04	0,40	0,6717
Altitud	0,19	3	0,06	27,26	<0,0001
Conglomerado	0,03	3	0,01	4,64	0,0054
Prof. Muestra (cm)	0,02	1	0,02	8,38	0,0052
Altitud*Conglomerado	0,08	9	0,01	4,02	0,0004
Altitud*Prof. Muestra (cm)	3,5E-03	3	1,2E-03	0,51	0,6781
Conglomerado*Prof. Muestra	5,9E-04	3	2,0E-04	0,09	0,9673
Altitud*Conglomerado*Prof.	0,01	9	8,9E-04	0,39	0,9345
Error	0,14	62	2,3E-03		
Total	0,47	95			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-6 se realizó el análisis de varianza para la conductividad eléctrica en el cual indica que existe diferencia altamente significativa de la CE con la altitud, CE con el conglomerado, CE con la profundidad de la muestra y CE con altitud\*conglomerado. Mientras que no existe diferencia significativa entre las interacciones de CE con la repetición, CE con

altitud\*profundidad de muestra, CE con conglomerado\*profundidad de muestra y CE con altitud\*conglomerado y profundidad de muestra

**Tabla 3-7:** Prueba de Tukey al 5% para conductividad de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias	Grados
3400-3600	0,27	A
3600-3800	0,19	B
3800-4000	0,18	B
4000-4200	0,15	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-7 se realizó la prueba de Tukey para la interacción de CE con la altitud ya que en el rango altitudinal de 3400-3600 la CE es de 0.27, mientras que para el rango altitudinal de 3600-3800 la CE es de 0.19, rango altitudinal de 3800-4000 la CE es de 0.18 y para el rango altitudinal de 4000-4200 la CE es de 0.15, indica que mientras la altitud aumenta la CE va disminuyendo porque las raíces son las que absorben los cationes.

**Tabla 3-8:** Prueba de Tukey al 5% para conductividad de acuerdo al conglomerado

Altitud	Medias	Grados
C2	0,22	A
C1	0,21	A
C3	0,18	A B
C4	0,18	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-8 presento una diferencia significativa ya que en el conglomerado C2 es de 0.22 y en el C4 es de 0.18. Estos suelos al encontrarse dentro del rango de 0-2 dS/m son considerados suelos normales (Fernández Linares et al., 2006, p. 27).

**Tabla 3-9:** Prueba DMS para conductividad de acuerdo a l profundidad de la muestra

Prof. Muestra (cm)	Medias	Grados
30	0,21	A
60	0,18	B

**Realizado por:** Cajilema, Elsa; Piguabe, Catherine; 2019.

En la tabla 3-9 al realizar una prueba DMS para la interacción CE con profundidad de la muestra indica que mientras la profundidad aumenta la CE disminuye porque existe una disolución de las sales.

**Tabla 3-10:** Prueba de Tukey al 5% para conductividad de acuerdo a la interacción de altitud\*conglomerado

Altitud	Conglomerado	Medias	Grados
3400-3600	C1	0,34	A
3400-3600	C2	0,31	A
3400-3600	C4	0,24	A B
3600-3800	C2	0,21	B C
3800-4000	C3	0,21	B C
3800-4000	C2	0,21	B C
3400-3600	C3	0,19	B C
3800-4000	C1	0,18	B C
3600-3800	C4	0,17	B C
4000-4200	C3	0,17	B C
3600-3800	C3	0,16	B C
4000-4200	C4	0,16	B C
4000-4200	C2	0,15	C
4000-4200	C1	0,14	C
3800-4000	C4	0,13	C

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-10 se realizó la prueba de Tukey entre la CE y la interacción altitud\*conglomerado indicando que existe diferencia significativa porque sigue la tendencia que mientras la altitud va aumentando de acuerdo al conglomerado la CE disminuye. El suelo de páramo contiene sales solubles que conducen la corriente eléctrica.

### 3.2.3 Análisis de varianza para humedad

**Tabla 3-11:** Análisis de la varianza para humedad

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Repetición	8,45	2	4,22	1,07	0,3505
Altitud	472,35	3	157,45	39,76	<0,0001
Conglomerado	211,02	3	70,34	17,76	<0,0001
Prof. Muestra (cm)	87,87	1	87,87	22,19	<0,0001
Altitud*Conglomerado	295,47	9	32,83	8,29	<0,0001
Altitud*Prof. Muestra (cm)	32,95	3	10,98	2,77	0,0488
Conglomerado*Prof. Muestra	5,27	3	1,76	0,44	0,7224
Altitud*Conglomerado*Prof.	31,64	9	3,52	0,89	0,5414
Error	245,51	62	3,96		
Total	1390,54	95			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-11 indica que existe diferencia altamente significativa de la humedad con altitud, conglomerado, profundidad de la muestra y la interacción altitud\*conglomerado, mientras que no

existe diferencia significativa del pH con la repetición, interacción altitud\*profundidad de la muestra, interacción conglomerado\*profundidad de la muestra, interacción altitud\*conglomerado\*profundidad de la muestra. Se realizó la prueba de Tukey para las interacciones altamente significativas.

**Tabla 3-12:** Prueba de Tukey al 5% para humedad de acuerdo a la altitud

<b>Altitud</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
4000-42000	57,19	A
3400-3600	53,74	B
3800-4000	53,52	B
3600-3800	50,95	C

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-12 se realizó la prueba de Tukey en el cual indica que en el rango de 4000-4200 la humedad es alta el autor (Mena Vásconez y Medina, 2000, p. 11) indica que la cantidad de lluvia en el páramo puede tener una variación importante (entre 500 y más de 3.000 mm/año). Más que la cantidad de lluvia es la humedad constante con las precipitaciones ocultas (neblina, lloviznas, etc.) lo que da al suelo una humedad permanente y permite su evolución rápida.

**Tabla 3-13:** Prueba de Tukey al 5% para humedad de acuerdo al conglomerado

<b>Conglomerado</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
C4	56,32	A
C3	53,40	B
C2	53,33	B
C1	52,35	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-13 indica que existe diferencia significativa ya que en el C4 la humedad es de 56,32%, mientras que en el C1 la humedad es de 52,35. En el suelo la humedad varía mínimamente de acuerdo al conglomerado explicando que bajo condiciones de saturación de humedad del suelo, la vegetación transpira menos, aunque las condiciones atmosféricas sean óptimas para inducir este proceso (Bruijnzeel et al. 2011 citado en Torres Romero y Proaño Santos, 2018, p. 408).

**Tabla 3-14:** Prueba DMS para humedad de acuerdo a la profundidad

<b>Prof. Muestra(cm)</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
30	54,81	A
60	52,82	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-14 indica que la humedad disminuye mientras la profundidad es mayor, en la superficie del suelo es mayor la cantidad de humedad porque allí existe mayor cantidad de agua debido a la lluvia, neblinas.

**Tabla 3-15:** Prueba de Tukey al 5% para humedad de acuerdo a la interacción altitud\*conglomerado

Altitud	Conglomerado	Medias	Grados
4000-4200	C1	58,87	A
3800-4000	C4	58,83	A
4000-4200	C2	56,94	A B
4000-4200	C4	56,91	A B
4000-4200	C3	56,04	A B C
3400-3600	C4	55,88	A B C
3400-3600	C3	54,40	B C D
3600-3800	C4	53,65	B C D
3400-3600	C2	53,62	B C D
3800-4000	C1	52,73	C D
3600-3800	C3	52,64	C D
3800-4000	C2	51,99	C D
3400-3600	C1	51,08	D
3600-3800	C2	50,76	D E
3800-4000	C3	50,52	D E
3600-3800	C1	46,74	E

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-15 indica que existe diferencia significativa entre la humedad y la interacción altitud\*conglomerado, estos páramos están con la presencia de ganado, pastoreo y la frontera agrícola sigue creciendo lo cual indica que la humedad sea media. Los páramos son ecosistemas que se caracterizan por una alta humedad relativa, alta frecuencia de niebla y por tener una vegetación arbustiva y herbácea, adaptada a las condiciones de alta montaña (Torres Romero y Proaño Santos, 2018, p. 403).

**Tabla 3-16:** Prueba de Tukey al 5% para humedad de acuerdo a la interacción altitud\*profundidad de la muestra

Altitud	Prof. Muestra(cm)	Medias	Grados
4000-4200	30	57,73	A
4000-4200	60	56,64	A
3400-3600	30	55,20	A B
3800-4000	30	53,74	B C
3800-4000	60	53,29	B C
3600-3800	30	52,55	C
3400-3600	60	52,29	C
3600-3800	60	49,34	D

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-16 la prueba de Tukey indica que a mayor altitud la humedad aumenta, pero no en todos los rangos se cumple pudiéndose deber a las actividades antrópicas del ser humano. La existencia de los páramos también está fuertemente influenciada por la presencia de por lo menos 10-11 meses húmedos anuales (Morales-Betancourt y Estévez-Varón, 2006, p. 40).

La humedad del suelo en el horizonte superficial muestra un comportamiento muy dinámico

inclusive mayor que el horizonte 2Ab, debido al impacto de las frecuente lluvias, a la evapotranspiración y al alto contenido de raíces en los primeros centímetros de suelo que generan flujos preferenciales (Torres Romero y Proaño Santos, 2018, p. 10).

### 3.2.4 *Análisis de varianza para densidad aparente*

**Tabla 3-17:** Análisis de varianza para densidad aparente

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Repetición	0,01	2	0,01	2,68	0,0765
Altitud	0,11	3	0,04	16,60	<0,0001
Conglomerado	0,08	3	0,03	13,06	<0,0001
Prof. Muestra (cm)	0,02	1	0,02	9,83	0,0026
Altitud*Conglomerado	0,06	9	0,01	3,39	0,0019
Altitud*Prof. Muestra (cm)	0,01	3	6E-03	1,24	0,3029
Conglomerado*Prof. Muestra	2,7E-03	3	9,0E-04	0,43	0,7354
Altitud*Conglomerado*Prof.	0,02	9	1,7E-03	0,81	0,6124
Error	0,13	62	2,1E-03		
Total	0,44	95			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-17 se indica los resultados del análisis de varianza donde existe diferencia altamente significativa de la densidad aparente con la altitud, conglomerado, profundidad de la muestra y para la interacción altitud\*conglomerado, mientras que no existe diferencia significativa de la densidad aparente con la repetición, Altitud\*Profundidad de la muestra, Conglomerado\*Profundidad de la muestra y Altitud\*Conglomerado\*Profundidad de la muestra. Se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5%.

**Tabla 3-18:** Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente de acuerdo a la altitud

<b>Altitud</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
3400-3600	0,69	A
3600-3800	0,65	B
3800-4000	0,65	B
4000-4200	0,59	C

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-18 indica que al mayor rango altitudinal que es de 4000-4200 la densidad aparente es la más baja con un valor de 0,59 g/cm<sup>3</sup> porque mayor es el espacio poroso. El autor Estupiñán et al. (2009, p. 83) indica que mientras más alta sea la densidad aparente, menor es el espacio poroso

lo que es directamente proporcional al valor de la resistencia a la penetración en el suelo (compactación entre los horizontes), que dificulta el movimiento del agua.

**Tabla 3-19:** Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente de acuerdo al conglomerado

<b>Conglomerado</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
C1	0,68	A
C3	0,65	A
C2	0,65	A
C4	0,60	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-19 la prueba de Tukey indica que en el conglomerado C1 la densidad aparente es de 0,68 y los autores Jiménez y Khalajabadi (2005, p. 382) explica en su estudio que la densidad aparente es afectada por las partículas sólidas y por el espacio poroso.

**Tabla 3-20:** Prueba DMS para densidad aparente de acuerdo a la profundidad

<b>Prof. Muestra (cm)</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
60	0,66	A
30	0,63	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-20 la prueba de Tukey indica que a menor profundidad la densidad aparente aumenta y viceversa. Los autores Jiménez y Khalajabadi (2005, p. 381-382) indican que la densidad aparente aumenta con la profundidad y que además presenta una alta relación con los contenidos de materia orgánica y humedad del suelo, también con el aumento de la densidad aparente, se incrementa la compactación y se afectan las condiciones de retención de humedad, limitando el crecimiento de las raíces.

**Tabla 3-21:** Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente de acuerdo a la interacción altitud\*conglomerado.

<b>Altitud</b>	<b>Conglomerado</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
3600-3800	C1	0,77	A
3800-4000	C3	0,70	A B
3600-3800	C3	0,69	A B
3400-3600	C1	0,69	A B
3600-3800	C2	0,67	B C
3800-4000	C1	0,67	B C
3400-3600	C2	0,66	B C D
4000-4200	C2	0,63	B C D
3600-3800	C4	0,62	B C D
3400-3600	C4	0,62	B C D
4000-4200	C3	0,59	C D
4000-4200	C4	0,58	C D
4000-4200	C1	0,58	C D
3800-4000	C4	0,57	D

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-21 la prueba de Tukey indica que a la altitud de 3600-3800 la densidad aparente es de 0,77 g/cm<sup>3</sup> (cm<sup>3</sup>), mientras que para la altitud de 3800-4000 la densidad aparente es de 0,57 g/cm<sup>3</sup> (cm<sup>3</sup>), Todos los valores de la densidad aparente son menor a 1 justificando que presentan valores bajos debido a su porosidad, textura y la cantidad de materia orgánica. La densidad aparente es un indicador de la calidad del suelo, estableciendo indicadores de la degradación de la estructura, la resistencia mecánica y la cohesión del mismo (Carrasco, Padilla y Echeverría, 2016, p. 14).

Los valores de densidad aparente bajos (generalmente por debajo de 1,3 kg dm<sup>-3</sup>) indican generalmente una condición porosa del suelo. Los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua (FAO, 2009, p. 51-52).

### 3.2.5 *Análisis de varianza para materia orgánica*

**Tabla 3-22:** Análisis de varianza para materia orgánica

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Repetición	15,67	2	7,83	1,75	0,1820
Altitud	50,56	3	16,85	3,77	0,0150
Conglomerado	136,37	3	45,46	10,16	<0,0001
Prof. Muestra (cm)	430,78	1	430,78	96,31	<0,0001
Altitud*Conglomerado	425,65	9	47,29	10,57	<0,0001
Altitud*Prof. Muestra (cm)	10,75	3	3,58	0,80	0,4978
Conglomerado*Prof. Muestra	17,03	3	5,68	1,27	0,2928
Altitud*Conglomerado*Prof.	43,43	9	4,83	1,08	0,3910
Error	277,31	62	4,47		
Total	1407,55	95			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-22 se realizó el análisis de varianza donde indica que existe diferencia altamente significativa de la materia orgánica con el conglomerado, profundidad de la muestra y la interacción altitud\*conglomerado. Mientras que existe diferencia significativa de la materia orgánica con la altitud. No existe diferencia significativa en la repetición, interacción altitud\*profundidad de la muestra, interacción conglomerado\*profundidad de la muestra, y altitud\*conglomerado\*profundidad de la muestra.

**Tabla 3-23:** Prueba de Tukey al 5% para la materia orgánica de acuerdo a la altitud.

Altitud	Medias	Grados
3400-3600	17,82	A
3800-4000	17,78	A
3600-3800	17,03	A B
4000-4200	16,03	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-23 la prueba de Tukey indica que existe diferencia significativa ya que en el rango altitudinal de 3400-3600 el contenido de materia orgánica es de 17.82%, mientras que en la altitud de 4000-4200 el contenido de materia orgánica es de 16.03%.

El autor Andrade Proaño (2018, p. 9) indica que los páramos andinos, son un muy buen ejemplo de ecosistemas en los que la disponibilidad de nutrientes puede variar ampliamente de acuerdo a factores tales como la altitud, la topografía, y el tipo de suelos (Chimner & Karberg, 2008) (Hofstede et al., 2002). Por las bajas temperaturas, la descomposición de materia orgánica es extremadamente lenta y genera suelos orgánicos, ricos en nutrientes.

**Tabla 3-24:** Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica de acuerdo al conglomerado

Conglomerado	Medias	Grados
C4	18,51	A
C1	17,47	A
C3	17,45	A
C2	15,24	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-24 la prueba de Tukey indica que en el C4 el contenido de materia orgánica es de 18.51%, mientras que en el C2 el contenido de materia orgánica es de 15.24%.

Los autores Lizcano Toledo et al. (2017, p. 46) indican que la materia orgánica es uno de los factores más importantes del suelo, puesto que regula sus propiedades físicas, químicas y biológicas. La materia orgánica contiene proteínas y los productos de su descomposición tales como carbohidratos, ácidos orgánicos, grasas, resinas y otros complejos.

**Tabla 3-25:** Prueba DMS para materia orgánica de acuerdo a la profundidad

Prof. Muestra (cm)	Medias	Grados
30	19,28	A
60	15,05	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-25 la prueba de Tukey indica que a mayor profundidad disminuye la materia orgánica con un valor de 15.05, mientras que en la menor profundidad el contenido de materia orgánica es mayor con un valor de 19.28 debido a que la mayor parte de la materia orgánica se encuentra en los primeros centímetros del suelo. Carvajal et ál. (2009) manifiestan que la

profundidad del suelo influyó sobre los contenidos de materia orgánica, por lo que se encontró mayor carbono en la capa superficial, con tendencia a disminuir hacia las capas inferiores (Fernández Pérez et al., 2019, p. 128).

**Tabla 3-26:** Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica de acuerdo a la altitud\*conglomerado

Altitud	Conglomerado	Media	Grados
3600-3800	C4	21,76	A
3800-4000	C1	20,58	A B
3400-3600	C4	19,95	A B C
3600-3800	C3	19,84	A B C
4000-4200	C1	19,29	A B C D
3400-3600	C3	18,16	A B C D E
3800-4000	C2	17,32	B C D E F
3400-3600	C1	16,95	B C D E F
3800-4000	C3	16,82	B C D E F
3800-4000	C4	16,39	B C D E F
3400-3600	C2	16,22	B C D E F
4000-4200	C4	15,92	C D E F
4000-4200	C3	14,97	D E F
4000-4200	C2	13,95	E F
3600-3800	C2	13,46	F
3600-3800	C1	13,07	F

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En las tablas 3-26 la prueba de Tukey indica que a los diferentes rangos altitudinales el contenido de materia orgánica varía con el conglomerado porque varían los componentes de la materia orgánica.

La materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Anónimo, 1988; Graetz, 1997). Durante la evolución de la materia orgánica en el suelo se distinguen dos fases: la humidificación y la mineralización (Gros y Domínguez, 1992). La humidificación es una fase bastante rápida, durante la cual los microorganismos del suelo actúan sobre la materia orgánica desde el momento en que se la entierra (Julca Otiniano et al., 2006, p. 50).

**Tabla 3-27:** Coeficiente de variación en los siguientes parámetros

Propiedad	CV
pH	2,61
CE	24,16
Humedad	3,70
Densidad aparente	7,13
Materia orgánica	12,32

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

Atributos con un coeficiente de variación (CV) menor al 12%, presenta baja variabilidad; media, entre 12% y 60% y para parámetros con alta variabilidad, se tiene coeficientes de variación superiores al 60% (Cortés, Pérez y Camacho, 2013, p. 403). De acuerdo a la tabla 3-27 el pH, humedad y

densidad aparente tienen un CV menor a 12%, mientras que la conductividad eléctrica y la materia orgánica tienen mediana variabilidad

### 3.3 Análisis de varianza para la litología Filita

#### 3.3.1 Análisis de varianza para pH

**Tabla 3-28:** Análisis de varianza para pH en suelo húmedo

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Repetición	2,3E-03	2	1,2E-03	0,23	0,7973
Conglomerado	0,13	2	0,07	13,25	0,00015
Prof. Muestra (cm)	2,7E-03	1	2,7E-03	0,53	0,4827
Conglomerado*Prof. Muestra	0,05	2	0,02	4,90	0,0329
Error	0,05	10	0,01		
Total	0,24	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-28 se indica que existe una alta diferencia significativa del pH con conglomerado. No existe diferencia significativa del pH con la repetición, profundidad de la muestra, interacción conglomerado\*profundidad de la muestra. Se realizó la prueba de Tukey para las interacciones significativas.

**Tabla 3-29:** Prueba de Tukey al 5% para pH de acuerdo al conglomerado

<b>Conglomerado</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
C2	5,79	A
C3	5,71	A
C1	5,58	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-29 de acuerdo a la prueba de Tukey indica una diferencia significativa con C2-C1 y C3-C1 esto indica que los suelos tienen pH óptimo y adecuado para la mayoría de cultivos esto indica Porta, López Acevedo y Poch (2008, p. 234) esto se debe a la presencia abundante de biomasa

**Tabla 3-30:** Prueba de Tukey al 5% para pH de acuerdo al conglomerado\*profundidad

<b>Conglomerado</b>	<b>Prof. Muestra (cm)</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
C2	30,00	5,79	A
C3	30,00	5,79	A
C2	60,00	5,78	A
C3	60,00	5,63	A B
C1	60,00	5,63	A B
C1	30,00	5,53	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la Tabla 3-30 de acuerdo a la prueba de Tukey se identifica una diferencia significativa de acuerdo a la profundidad y es el conglomerado 3 y conglomerado 1, lo que indica que a menor profundidad mayor contenido de pH 5,79 y a mayor profundidad menor contenido de pH 5,63, esto se cumple que en la superficie se encuentra la mayoría de hidratos de carbono es decir el origen del suelo.

De acuerdo a conglomerados podemos decir que se podría comparar entre C2 y C1 en la misma profundidad ya que presentan diferentes valores se determinó que son suelos aptos para cualquier cultivo (Porta, López Acevedo y Poch 2008, p. 234)

### 3.3.2 *Análisis de varianza para conductividad eléctrica*

**Tabla 3-31:** Análisis de varianza para conductividad eléctrica en suelo húmedo

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Repetición	2,3E-03	2	1,3E-03	0,36	0,7060
Conglomerado	0,03	2	0,01	3,62	0,0657
Prof. Muestra (cm)	0,02	1	0,02	6,08	0,0334
Conglomerado*Prof. Muestra	0,01	2	0,01	1,47	0,2752
Error	0,04	10	3,5E-03		
Total	0,09	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-31 se indica que existe una diferencia significativa de la conductividad eléctrica (CE) con profundidad de muestra. No existe diferencia significativa la CE con la repetición, y con la interacción conglomerado\*profundidad de la muestra. Se realizó la prueba de DMS para la interacción significativa.

**Tabla 3-32:** Prueba DMS para conductividad eléctrica de acuerdo a la profundidad

<b>Prof. Muestra(cm)</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
30,00	0,25	A
60,00	0,18	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la Tabla 3-32 de acuerdo a la prueba DMS podemos decir que nuestros suelos tienen mayor CE en menor profundidad esto se debe a que en la superficie encontramos la mayoría de los

hidratos de carbono y minerales como son también las sales solubles y a mayor profundidad encontramos las sales que son insolubles hay que tener presente que nuestros suelos son considerados suelos normales ya que se encuentran en el rango de 0-2 dS/m (Ginés Navarro García, Simón Navarro García 2013, p. 220).

### 3.3.3 Análisis de varianza para humedad

**Tabla 3-33:** Análisis de varianza para humedad

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Repetición	44,63	2	22,32	0,91	0,4345
Conglomerado	8,07	2	4,04	0,16	0,8509
Prof. Muestra (cm)	0,35	1	0,35	0,01	0,9071
Conglomerado*Prof. Muestra	16,43	2	8,22	0,33	0,7238
Error	246,02	10	24,60		
Total	315,51	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la Tabla 3-33 indica en ninguna de las interacciones presentes tiene una diferencia significativa para humedad.

### 3.3.4 Análisis de varianza para densidad aparente

**Tabla 3-34:** Análisis de varianza para densidad aparente

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Repetición	0,01	2	3,4E-03	0,41	0,6716
Conglomerado	2,5E-03	2	1,3E-03	0,15	0,8595
Prof. Muestra (cm)	0,03	1	0,03	3,23	0,1026
Conglomerado*Prof. Muestra	0,04	2	0,02	2,36	0,1447
Error	0,08	10	0,01		
Total	0,16	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-34 indica que en ninguna de las interacciones presentes no tiene una diferencia significativa para densidad aparente.

### 3.3.5 Análisis de varianza para materia orgánica

**Tabla 3-35:** Análisis de varianza para la materia orgánica

<b>F. V</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Repetición	15,02	2	7,51	2,54	0,1284
Conglomerado	7,54	2	3,77	1,27	0,3214
Prof. Muestra (cm)	51,51	1	51,51	17,41	0,0019
Conglomerado*Prof. Muestra	1,10	2	0,55	0,19	0,8337
Error	29,59	10	2,96		
Total	104,77	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-35 se realizó el análisis de varianza donde indica que existe una alta diferencia significativa de la materia orgánica con profundidad de la muestra. No existe diferencia significativa en la repetición y en la interacción conglomerado\*profundidad de la muestra. Se realizó una prueba DMS para la interacción significativa.

**Tabla 3-36:** Prueba DMS para materia orgánica de acuerdo a la profundidad

<b>Prof. Muestra(cm)</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
30,00	16,99	A
60,00	13,60	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-36 de acuerdo a la prueba DMS se identifica que a mayor profundidad menor contenido de materia orgánica mientras que a menor profundidad mayor contenido de materia orgánica como lo señala Hernández et al. (2014, p. 10) , el hecho de que su cantidad de materia orgánica reduzca con la profundidad del suelo se debe a que la mayor actividad de desarrollo de las raíces de las plantas se efectúa en los primeros 30 cm.

**Tabla 3-37:** Coeficientes de variación de los parámetros físico-químicos

<b>Propiedad física -química</b>	<b>CV</b>
pH	3,11
CE(conductividad eléctrica )	20,18
Humedad	6,84
Densidad aparente	9,71
Materia orgánica	6,25

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

Atributos con CV menor al 12%, presenta baja variabilidad; media, entre 12% y 60% y para parámetros con alta variabilidad, se tiene coeficientes de variación superiores al 60% (Cortés, Pérez y Camacho, 2013, p. 403).De acuerdo a la tabla el pH, humedad y materia orgánica y densidad

aparente tienen un CV menor a 12%, mientras que la conductividad eléctrica tienen mediana variabilidad.

### 3.4 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la litología depósitos glaciales

#### 3.4.1 Análisis de varianza para pH en suelo húmedo

**Tabla 3-38:** Análisis de varianza para pH en suelo húmedo

F, V	SC	GL	CM	F	p-valor
Repetición	0,09	2	0,04	1,49	0,2720
Altitud	3,98	2	1,99	69,68	<0,0001

Continuar

Continua

Prof, Muestra(cm)	8,9E-05	1	8,9E-05	3,1E-03	0,9566
Altitud *Prof.,Muestra	0,03	2	0,01	0,47	0,6387
Error	0,29	10	0,03		
Total	4,38	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-38 se indica que existe una alta diferencia significativa del pH con Altitud. No existe diferencia significativa del pH con la repetición, profundidad de la muestra, interacción altitud\*profundidad de la muestra. Se realizó la prueba de Tukey para las interacciones significativas.

**Tabla 3-39:** Prueba de Tukey al 5% para altitud de acuerdo al pH en suelo húmedo

Altitud	Medias	Grados
3400-3600	5,81	A
3600-3800	5,73	A
3800-4000	4,78	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-39 de acuerdo a la prueba de Tukey indica que el pH es de manera inversamente proporcional con la altura, lo que indica que presentan un pH ácido se encuentran en los rangos de 4-6, son pH característicos de los suelos de páramos. Señala Mogollón et al.( 2015a, p. 275), los menores valores corresponden a los sitios ubicados a mayores alturas para lo cual beneficia al proceso de lavado de bases cambiabiles del suelo y por tanto su acidificación

### 3.4.2 Análisis de varianza para conductividad eléctrica en suelo húmedo

**Tabla 3-40:** Análisis de varianza para conductividad eléctrica en suelo húmedo

F, V	SC	GL	CM	F	p-valor
Repetición	4,7E-03	2	2,3E-03	1,11	0,3678
Altitud	4,2E-03	2	2,1E-03	1,00	0,4029
Prof, Muestra(cm)	2,2E-03	1	2,2E-03	1,05	0,3292
Altitud *Prof.,Muestra	8,8E-04	2	4,4E-04	0,21	0,8158
Error	0,02	10	2,1E-03		
Total	0,03	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-40 indica en ninguna de las interacciones presentes tiene una diferencia significativa para CE.

### 3.4.3 Análisis de varianza para humedad

**Tabla 3-41:** Análisis de varianza para humedad

F, V	SC	GL	CM	F	p-valor
Repetición	29,26	2	14,63	1,14	0,3586
Altitud	1286,36	2	634,18	49,33	<0,0001
Prof., Muestra(cm)	3,37	1	3,37	0,26	0,6198
Altitud *Prof. Muestra	11,40	2	5,70	0,44	0,6539
Error	128,55	10	12,86		
Total	1440,94	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-41 indica que existe una alta diferencia significativa de la humedad con Altitud. No existe diferencia significativa humedad con la repetición, profundidad de la muestra, interacción altitud\*profundidad de la muestra. Se realizó la prueba de Tukey para las interacciones significativas.

**Tabla 3-42:** Prueba de Tukey al 5% para humedad de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias	Grados
3800-4000	59,56	A
3600-3800	57,06	A
3400-3600	40,64	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-42 según la prueba de Tukey indica que la humedad es directamente proporcional con la altura donde indica que el contenido de humedad del suelo aumenta cuando la altitud aumenta, por lo tanto los autores Barahona Méndez y Asanza Cajamarca (2015, p. 60) confirman

que el alto contenido de humedad es una función de la porosidad en la cual este proceso está relacionado con la cantidad de materia orgánica en el suelo.

### 3.4.4 Análisis de varianza para densidad aparente

**Tabla 3-43:** Análisis de varianza para densidad aparente

F, V	SC	GL	CM	F	p-valor
Repetición	0,01	2	2,6E-03	0,58	0,5789
Altitud	0,61	2	0,31	67,45	<0,0001
Prof., Muestra(cm)	2,7E-03	1	2,7E-03	0,59	0,4589
Altitud *Prof. Muestra	0,02	2	0,01	2,15	0,1672
Error	0,05	10	4,5E-03		
Total	0,68	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-43 se realizó el análisis de varianza donde indica que existe una alta diferencia significativa de densidad aparente con altitud. No existe diferencia significativa en la repetición y en la interacción altitud\*profundidad de la muestra. Se realizó una prueba de Tukey para la interacción significativa.

**Tabla 3-44:** Prueba de Tukey al 5% para densidad aparente de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias	Grados
3400-3600	0,95	A
3600-3800	0,58	B
3800-4000	0,55	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-44 se realizó una prueba de Tukey, indica que la densidad aparente es de manera inversamente proporcional con la altura es decir tenemos mayor densidad en menor altitud como señala Llambí et al.(2012, p. 2012) que la densidad aparente, tiene en cuenta el espacio poroso entre las partículas de suelo esto se debe a que la densidad aparente que es muy débil (<0,9 a 0,3); como lo muestra Podwojewski y Poulénard (1999, p. 12), también se debe a la temperatura presente ya que si hay menores temperaturas presentes hay menor densidad aparente.

### 3.4.5 Análisis de varianza para materia orgánica

**Tabla 3-45:** Análisis de varianza para materia orgánica

F, V	SC	GL	CM	F	p-valor
Repetición	9,75	2	4,87	3,84	0,0579
Altitud	1189,24	2	594,62	468,50	<0,0001
Prof. Muestra(cm)	20,57	1	20,57	16,20	0,0024
Altitud *Prof. Muestra	7,88	2	3,94	3,10	0,0894
Error	12,69	10	1,27		
Total	1240,12	17			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-45 se realizó el análisis de varianza donde indica que existe diferencia altamente significativa de la materia orgánica con altitud, profundidad de la muestra Mientras que no existe diferencia significativa con repetición, y la interacción altitud\*profundidad de la muestra.

**Tabla 3-46:** Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias	Grados
3600-3800	24,15	A
3800-4000	23,39	A
3400-3600	6,54	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-46 de acuerdo a la prueba de Tukey en donde se relaciona la materia orgánica con la altitud que es inversamente proporcional Carvajal et al., (2009, p. 227), de acuerdo a los resultados indican que el efecto de la altitud diferenciando la parte alta (3600-4000) presentan valores superiores en acumulación de materia orgánica, que fueron decreciendo hacia las partes más bajas (3400-3600), se relaciona con la densidad aparente disminuye, la humedad aumenta hay que tener en cuenta que estas características están controladas por el contenido de materia orgánica. Señala Podwojewski y Poulenard (1999, p. 9) que a mayor altitud la temperatura baja y por ende la actividad biológica se reduce como consecuencia la mineralización de la materia orgánica baja y eso permite su acumulación en grandes cantidad

**Tabla 3-47:** Prueba DMS para materia orgánica de acuerdo a la profundidad de la muestra

Prof. Muestra (cm)	Medias	Grados
30,00	19,10	A
60,00	16,96	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la Tabla 3-47 de acuerdo a la prueba DMS señala Villaseñor Ortiz (2016, p. 57) y Hernández et al. (2014, p. 9) consideran que a menor profundidad mayor contenido de materia orgánica, por lo tanto, disminuye su concentración a medida que aumenta la profundidad del suelo esto se debe que en la superficie encontramos sustancias húmicas y no húmicas que son características en el suelo es decir que presentan en menor profundidad los hidratos de carbono los cuales son los polisacáridos ricos en materia orgánica, por lo que se encuentra la mayor parte de microorganismos tanto para la respiración edáfica es decir los primeros 0-0.30m . Según Villaseñor Ortiz (2017, p. 59) y Baver-Gardner-Gardner (1980, p. 150-151) indica que las propiedades físicas de suelo como es el color tiene la misma propiedad es decir que a menor profundidad son más intensos en la superficie y a mayor profundidad va decreciendo su color, debido a la disolución de pequeñas cantidades de materia orgánica por el carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), por lo tanto a mayor profundidad encontramos las compuestos no húmicas como son las ligninas entre otras los que no son solubles en el agua.

**Tabla 3-48:** Coeficientes de variación para parámetros físico-químicos

PROPIEDAD física -química	CV (Coeficiente de Variación)
Ph	1,25
CE (conductividad eléctrica)	27,78
Humedad	10,40
Densidad aparente	12,97
Materia orgánica	11,25

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

Atributos con CV menor al 12%, presenta baja variabilidad; media, entre 12% y 60% y para parámetros con alta variabilidad, se tiene coeficientes de variación superiores al 60% (Cortés, Pérez y Camacho, 2013, p. 403). De acuerdo a la tabla el pH, humedad y materia orgánica tienen un CV menor a 12%, mientras que la conductividad eléctrica y la densidad aparente tienen mediana variabilidad

### 3.5 Análisis de varianza y prueba de Tukey para la litología basalto

#### 3.5.1 Análisis de varianza para pH en suelo húmedo

**Tabla 3-49:** Análisis de varianza para pH en suelo húmedo

F. V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Repetición	6,7E-05	2	3,3E-05	0,01	0,9929
Altitud	0,05	1	0,05	10,27	0,0185
Prof. Muestra(cm)	0,07	1	0,07	14,40	0,0090
Altitud*Prof. Muestra	0,01	1	0,01	2,84	0,1427
Error	0,03	6	4,7E-03		
Total	0,16	11			

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-49 indica que existe diferencia significativa del pH con altitud, y profundidad de la muestra, mientras que no existe diferencia significativa del pH con la repetición y la interacción altitud\*profundidad de la muestra. Se realizó la prueba de DMS y Tukey para las interacciones significativas.

**Tabla 3-50:** Prueba DMS para pH de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias	Grados
3200-3400	4,65	A
3400-3600	4,53	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-50 De acuerdo a la prueba DMS podemos identificar que el pH es mayor en menor altitud es decir es inversamente proporcional lo que indica que encontramos los pH característicos de los suelos de páramos en el rango de 4-6, donde se relacionan entre si hay que indicar que son pH bajos y esto se debe a la presencia de complejos organometálicos como es el Al-Humus Montes, Ramos Miras y San José Wery (2016, p. 99), también se debe tener presente que tenemos un pH ácido y esto se debe al grado de erosión que en nuestra zona de muestreo es menor por lo que en este páramo está en proceso de regeneración

**Tabla 3-51:** Prueba DMS para pH de acuerdo a la profundidad de la muestra

Prof. Muestra(cm)	Medias	Grados
60,00	4,66	A
30,00	4,51	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-51 de acuerdo a la prueba DMS indica que a menor profundidad mayor pH esto se debe a que en la capa superficial del suelo tenemos la mayoría de nutrientes del suelo o como comúnmente se le conoce como el origen del suelo.

### 3.5.2 *Análisis de varianza para conductividad eléctrica en suelo húmedo*

**Tabla 3-52:** Análisis de varianza para conductividad eléctrica en suelo húmedo

F.V	SC	GI	CM	F	P-valor
Repetición	5,0E-05	2	2,5E-05	0,07	0,9292
Altitud	0,01	1	0,01	18,07	0,0054
Prof. Muestra (cm)	1,9E-03	1	1,9E-03	5,58	0,0561
Altitud*Prof. Muestra (cm)	2,4E-03	1	2,4E-03	7,17	0,0367
Error	2,0E-03	6	3,4E-04		
Total	0,01	11			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-52 indica que existe diferencia significativa de la conductividad con altitud, y la interacción Altitud \*profundidad de la muestra, mientras que no existe diferencia significativa de la conductividad eléctrica con la repetición y profundidad de la muestra. Se realizó la prueba de DMS y Tukey para las interacciones significativas.

**Tabla 3-53:** Prueba DMS a 5% de conductividad eléctrica de acuerdo a la profundidad

Altitud	Medias	Grados
3200-3400	0,24	A
3400-3600	0,20	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-53 indica que a menores altitudes tenemos mayor CE y esto se debe los menores valores corresponden a los sitios ubicados a mayores alturas para lo cual favorece al proceso de lavado de bases cambiables del suelo y por tanto su acidificación, hay que tener en cuenta que estos suelos son considerados suelos normales.

**Tabla 3-54:** Prueba de Tukey al 5% de conductividad eléctrica de acuerdo a altitud\*profundidad

Altitud	Prof.Muestra (cm)	Medias	Grados
3200-3400	30,00	0,27	A
3200-3400	60,00	0,21	B
3400-3600	60,00	0,20	B
3400-3600	30,00	0,19	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-54 de acuerdo a la prueba de podemos indicar que a menor profundidad mayor conductividad y esto se relaciona pro que en menor profundidad encontramos la mayor parte de nutrientes del suelo.

### 3.5.3 *Análisis de varianza para humedad*

**Tabla 3-55:** Análisis de varianza de humedad

F.V	SC	GI	CM	F	P-valor
Repetición	7,41	2	3,70	0,83	0,4797
Altitud	14,65	1	14,65	3,29	0,1195
Prof. Muestra (cm)	1,44	1	1,44	0,32	0,5899
Altitud*Prof. Muestra (cm)	0,35	1	0,35	0,08	0,7875
Error	26,70	6	4,45		
Total	50,55	11			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la Tabla 3-55 indica en ninguna de las interacciones presentes tiene una diferencia significativa para humedad.

### 3.5.4 Análisis de varianza para densidad aparente

**Tabla 3-56:** Análisis de varianza para densidad aparente

<b>F.V</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Repetición	0,01	2	2,7E-03	1,94	0,2235
Altitud	0,03	1	0,03	25,49	0,0023
Prof. Muestra (cm)	9,5E-05	1	9,5E-05	0,07	0,8011
Altitud*Prof. Muestra (cm)	3,8E-03	1	3,8E-03	2,81	0,1447
Error	0,01	6	1,4E-03		
Total	0,05	11			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la Tabla 3-56 indica en el análisis de varianza una alta diferencia significativa densidad aparente con altitud. No presenta diferencia significativa en repetición, profundidad de la muestra y en la interacción de altitud\*profundidad muestra.

**Tabla 3-57:** Prueba de DMS para densidad aparente en relación a la altitud

<b>Altitud</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
3400-3600	0,94	A
3200-3400	0,83	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la Tabla 3-57 de acuerdo a la prueba DMS hay que indicar que estas densidades están entre 0.83-0,94 g/cm<sup>3</sup> señala Zhang et al., (2019, p. 78), esto se debe a la actividad en repuesta al pastoreo de ganado que estuvo en ese entonces presente por esta razón se considera un páramo en regeneración esto se debe a esta actividad antrópica ya que el peso corporal del animal daña el suelo.

### 3.5.5 Análisis de varianza para materia orgánica

**Tabla 3-58:** Análisis de varianza para materia orgánica

<b>F.V</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Repetición	0,72	2	0,36	1,09	0,3942
Altitud	6,87	1	6,87	20,71	0,0039
Prof. Muestra (cm)	3,20	1	3,20	9,66	0,0209
Altitud*Prof. Muestra (cm)	1,20	1	1,20	3,63	0,1055
Error	1,99	6	0,33		
Total	13,99	11			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la Tabla 3-58 indica en el análisis de varianza una alta diferencia significativa materia orgánica con altitud y profundidad de muestra. No presenta diferencia significativa en repetición, y en la interacción de altitud\*profundidad muestra.

**Tabla 3-59:** Prueba DMS para materia orgánica con relación a la altitud

Altitud	Medias	Grados
3200-3400	8,03	A
3400-3600	6,52	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-59 de acuerdo a la prueba DMS indica que la mayor altitud tiene mayor materia orgánica en menor altitud esto se relaciona con la materia orgánica y la densidad aparente tabla 3-54 que presentan menor densidad mayor contenido de materia orgánica.

**Tabla 3-60:** Prueba DMS para materia orgánica con relación a la profundidad

Prof. Muestra (cm)	Medias	Grados
30,000	7,79	A
60,00	6,76	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-60 de acuerdo a la prueba DMS tenemos que a menor profundidad mayor contenido de materia orgánica por ende son inversamente proporcionales donde indica que los 30cm es la parte que mayor nutriente tiene el suelo ya ahí se realiza los diferentes procesos de mineralización hay que indicar que por sus altas densidades tiene valores bajos en materia orgánica y esto se debe por la presencia de pastoreo de animales especialmente de ganado.

**Tabla 3-61:** Coeficientes de variación para parámetros físico-químicos

Propiedad física -química	CV(Coeficiente de Variación )
Ph	1,49
CE(conductividad eléctrica )	8.43
Humedad	4.96
Densidad aparente	4,16
Materia orgánica	7.92

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

Atributos con CV menor al 12%, presenta baja variabilidad; media, entre 12% y 60% y para parámetros con alta variabilidad, se tiene coeficientes de variación superiores al 60% (Cortés, Pérez y Camacho, 2013, p. 403). De acuerdo a la tabla el pH, humedad y materia orgánica y densidad aparente y CE tienen un CV menor a 12% lo que indica baja variabilidad.

### 3.6 Análisis de varianza y prueba de Tukey para Biomasa para la litología PA

#### 3.6.1 Análisis de varianza para materia orgánica aérea

**Tabla 3-62:** Análisis de varianza para materia orgánica aérea

F.V	SC	GI	CM	F	P-valor
repeticiones	20,50	2	10,25	0,87	0,4286
altitud	501,35	3	167,12	14,21	<0,0001
conglomerados	267,21	3	89,07	7,57	0,0006
Altitud*Conglomerado	678,52	9	75,39	6,41	<0,0001
Error	352,79	30	11,76		
Total	1820,37	47			

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-62 el análisis de varianza indica que existe diferencia altamente significativa de la materia orgánica de biomasa aérea con la altitud, conglomerado y altitud\*conglomerado, mientras que no existe diferencia significativa de la materia orgánica de biomasa aérea con las repeticiones.

**Tabla 3-63:** Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica aérea de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias	Grados
4000-4200	53,87	A
3800-4000	48,96	B
3600-3800	45,99	B
3400-3600	45,94	B

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-63 la prueba de Tukey indica que a la altitud de 3400-3600 el contenido de materia orgánica es de 45.94%, mientras que a la altitud de 4000- 4200 el contenido de materia orgánica es de 45.95, es decir mientras la altitud aumenta el contenido de materia orgánica aumenta siendo directamente proporcional.

Actividades antrópicas como quemas de coberturas de suelo y actividades ganaderas pueden afectar la estructura y composición de la vegetación de este ecosistema. En lugares donde existe una mayor intensidad en las quemas y el pastoreo, los herbazales tienen una menor altitud, han perdido biomasa y el estrato arbustivo está ausente. Los arbustos y las pajas amacolladas desaparecen gradualmente a lo largo del gradiente de elevación y son reemplazados en importancia por los cojines, rosetas acaulescentes, arbustos postrados y hierbas de tallo corto. La composición y fisonomía de estos herbazales difieren altitudinal y latitudinalmente, así como también factores tales como el clima, la historia geológica, la diversidad de hábitats junto con la influencia humana configuran la diversidad de la biota del páramo (MAE, 2012 citado en Izurieta, 2019, p. 7).

**Tabla 3-64:** Prueba de Tukey al 5% materia orgánica aérea de acuerdo al conglomerado

Conglomerado	Medias	Grados
C4	52,46	A
C1	48,89	B
C3	46,97	B
C2	46,44	B

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-64 la prueba de Tukey indica que si existe diferencia significativa ya que en el C4 el contenido de materia orgánica es de 52.46% y en el C2 el contenido de materia orgánica es de 46.44%. La biomasa aérea de pajonal cubren alrededor del 70% de extensión del ecosistema de paramo corrobora (Hofstede et al., 2003, p. 100).

**Tabla 3-65:** Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica de acuerdo a la altitud\*conglomerado

Altitud	Conglomerado	Medias	Grados
3800-4000	C4	60,73	A
4000-4200	C3	55,88	A B
4000-4200	C4	55,40	A B C
4000-4200	C1	53,18	A B C D

Continuar

Continua

4000-4200	C2	51,02	A B C D E
3400-3600	C3	50,52	A B C D E
3600-3800	C1	49,72	B C D E
3600-3800	C4	49,64	B C D E
3800-4000	C1	48,11	B C D E
3800-4000	C2	45,55	B C D E
3400-3600	C2	44,61	C D E
3600-3800	C2	44,59	C D E
3400-3600	C1	44,55	C D E
3400-3600	C4	44,07	C D E
3800-4000	C3	41,45	D E
3600-3800	C3	40,01	E

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-65 la prueba de Tukey indica que si existe diferencia significativa de la materia orgánica de acuerdo a la altitud y al conglomerado. Los autores Nájera-Luna y Hernández-Hernández, (2009, p. 225) reportan que la vegetación es la fuente de mayor aporte de biomasa y nutrientes al suelo así como la incorporación y descomposición son afectadas por factores como la velocidad del viento, las tormentas y el estrés hídrico. Aproximadamente el 50% de carbono se encuentra en la materia orgánica vegetal y el intercambio de carbono con la atmósfera se puede predecir y estimar conociendo la biomasa.

### 3.6.2 Análisis de varianza para materia orgánica subterránea

**Tabla 3-66:** Análisis de varianza para materia orgánica subterránea

F.V	SC	GI	CM	F	P-valor
repeticiones	18,34	2	9,17	0,25	0,7810
altitud	329,98	3	109,99	2,99	0,0466
conglomerados	547,64	3	182,55	4,96	0,0065
Altitud*Conglomerado	566,89	9	62,99	1,71	0,1299
Error	1104,10	30	36,80		
Total	2566,95	47			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-66 el análisis de varianza indica que existe diferencia significativa de la materia orgánica de biomasa subterránea con la altitud, mientras que para el conglomerado existe diferencia altamente significativa, mientras que no existe diferencia significativa con las repeticiones y la altitud\*conglomerado.

**Tabla 3-67:** Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica subterránea de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias	Grados
3800-400	32,94	A
4000-4200	29,21	A
3600-3800	27,39	A B
3400-3600	25,94	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-67 la prueba de Tukey indica que a medida que aumenta la altitud el contenido de materia orgánica aumenta salvo en la altitud de 4000-4200 msnm. La materia orgánica de biomasa subterránea es el segundo con mayor contenido porque las raíces del pajonal son gruesas.

**Tabla 3-68:** Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica subterránea de acuerdo al conglomerado

Conglomerado	Medias	Grados
C2	32,49	A
C3	31,78	A
C1	26,76	A B
C4	24,44	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-68 la prueba de Tukey indica que el contenido de materia orgánica varía de acuerdo al conglomerado. De conglomerado a conglomerado varia porque existen zonas en la que el área está ocupada con pasto, ganadería, agricultura.

### 3.7 Análisis de varianza y prueba de Tukey para Biomasa para la litología filita

#### 3.7.1 Análisis de varianza para materia orgánica aérea

**Tabla 3-69:** Análisis de varianza para materia orgánica aérea

F.V	SC	GI	CM	F	P-valor
repeticiones	8,36	2	4,18	0,72	0,5402
conglomerados	219,40	2	109,70	18,93	0,0091
Error	23,18	4	5,79		
Total	250,93	8			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-69 el análisis de varianza indica que existe diferencia altamente significativa de la materia orgánica de biomasa aérea con conglomerado, mientras que no existe diferencia significativa de la materia orgánica de biomasa aérea con las repeticiones.

**Tabla 3-70:** Prueba de Tukey al 5% para materia orgánica de acuerdo al conglomerado

Conglomerado	Medias	Grados
C1	59,93	A
C2	51,10	B
C3	48,35	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-70 de acuerdo a la prueba de Tukey se indica que en el conglomerado C1 tenemos mayor contenido de materia orgánica esto se debe que en esta litología se encuentra cerca del nevado altar y su acceso es difícil de llegar por ende se conserva mayor cantidad de biomasa área en ese lugar. en el conglomerado C1 y C3 se debe que en el C3 hay menor cantidad de biomasa aérea se debe porque hay la presencia de una pendiente rocosa.

#### 3.7.2 Análisis de varianza para materia orgánica subterránea

**Tabla 3-71:** Análisis de varianza para materia orgánica subterránea

F.V	SC	GI	CM	F	P-valor
repeticiones	28,14	2	14,07	0,45	0,6665
conglomerados	465,30	2	232,65	7,44	0,0449
Error	125,11	4	31,28		
Total	618,55	8			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-71 se realizó un análisis de variancia en donde encontramos una diferencia significativa de materia orgánica subterránea con conglomerado, mientras que no presenta diferencia significativa en repeticiones.

**Tabla 3-72:** Análisis de varianza para materia orgánica subterránea de acuerdo al conglomerado

<b>Conglomerado</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
C3	60,07	A
C1	53,01	A B
C2	42,56	B

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-72 indica que en el conglomerado C3 y C2 hay una diferencia esto se debe a que en esos sectores se pudo observar que eran en una pendiente rocosa por ende las raíces eran más gruesas lo que indica que hubo mayor inserción y esto permite que se almacene o se conserve el agua.

### 3.8 Análisis de varianza y prueba de Tukey para Biomasa para la litología depósitos glaciales

#### 3.8.1 Análisis de varianza para materia orgánica aérea

**Tabla 3-73:** Análisis de varianza para materia orgánica aérea

<b>F.V</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Repeticiones	4,69	2	2,35	0,69	0,5525
Altitud	46,48	2	23,24	6,84	0,0512
Error	13,59	4	3,40		
Total	64,77	8			

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-73 en el análisis de varianza no presentan ninguna diferencia significativa de la materia orgánica con la repetición y altitud.

**Tabla 3-74:** Análisis de varianza de materia orgánica subterránea

<b>F.V</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
repeticiones	27,69	2	13,84	0,21	0,8180
altitud	2067,12	2	1033,56	15,78	0,0127
Error	262,00	4	65,50		
Total	2356,81	8			

Realizado por: Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-74 indica que tenemos una diferencia significativa materia orgánica subterránea con altitud. No presenta diferencias significativas en repeticiones

**Tabla 3-75:** Prueba de Tukey para materia orgánica subterránea de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias	Grados
3400-3600	70,27	A
3600-3800	40,49	B
3800-4000	36,19	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-75 de acuerdo a la prueba Tukey podemos indicar que en menor altitud mayor materia orgánica subterránea esto se encuentra una regeneración esto quiere decir que empieza a regenerarse desde adentro por esto es la que tiene mayor contenido de materia orgánica a diferencia de las otras litologías a esto contribuye Llambí et al. (2012a, p. 187) que en diversos lugares donde el suelo es profundo, la vegetación puede conseguir un gran volumen, porque sus raíces tienen más área para desarrollarse, a lo que se deduce que es en suelo de turberas, mientras que en mayor altitud se presentan raíces muy pequeñas por lo que se encuentran las almohadillas.

### 3.9 Análisis de varianza y prueba de Tukey para Biomasa para la litología basalto

#### 3.9.1 Análisis de varianza para materia orgánica aérea

**Tabla 3-76:** Análisis de varianza para materia orgánica aérea

F.V	SC	Gl	CM	F	P-valor
repeticiones	6,35	2	3,17	0,85	0,5395
altitud	279,62	1	279,62	75,20	0,0130
Error	7,44	2	3,72		
Total	293,40	5			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-76 se presenta el análisis de varianza para materia orgánica aérea de la litología de basalto donde hay una diferencia significativa de altitud con respecto al contenido de materia orgánica subterránea y no presenta una diferencia significativa en repeticiones.

**Tabla 3-77:** Prueba DMS para materia orgánica aérea de acuerdo a la altitud

Altitud	Medias	Grados
3200-3400	52,19	A
3600-3800	38,54	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la tabla 3-77 de acuerdo a la prueba DMS podemos identificar que en menor altitud mayor materia orgánica de biomasa aérea esto se debe que nos encontramos con un páramo en regeneración donde presenta y se puede afirmar que en esta litología es un páramo donde es muy húmedo y la presencia de rocas se puede decir que están en forma de pendientes ya que solo algunas plantas son capaces de permanecer en pendientes muy encarpadas como son los penachos y los roseta gigante es decir rodeados de pajonal o de almohadillas en donde son ricas en

biomasa aérea (Aguilar et al. 2000, p. 38).

### 3.9.2 *Análisis de varianza para materia orgánica subterránea*

**Tabla 3-78:** Análisis de varianza para materia orgánica subterránea

<b>F.V</b>	<b>SC</b>	<b>Gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Repeticiones	6,77	2	3,38	1,88	0,3469
Altitud	202,42	1	202,42	112,60	0,0088
Error	3,60	2	1,80		
Total	212,79	5			

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019

En la tabla 3-78 análisis de varianza para materia orgánica aérea de la litología de basalto donde hay una diferencia significativa de altitud con respecto al contenido de materia orgánica subterránea y no presenta una diferencia significativa en repeticiones.

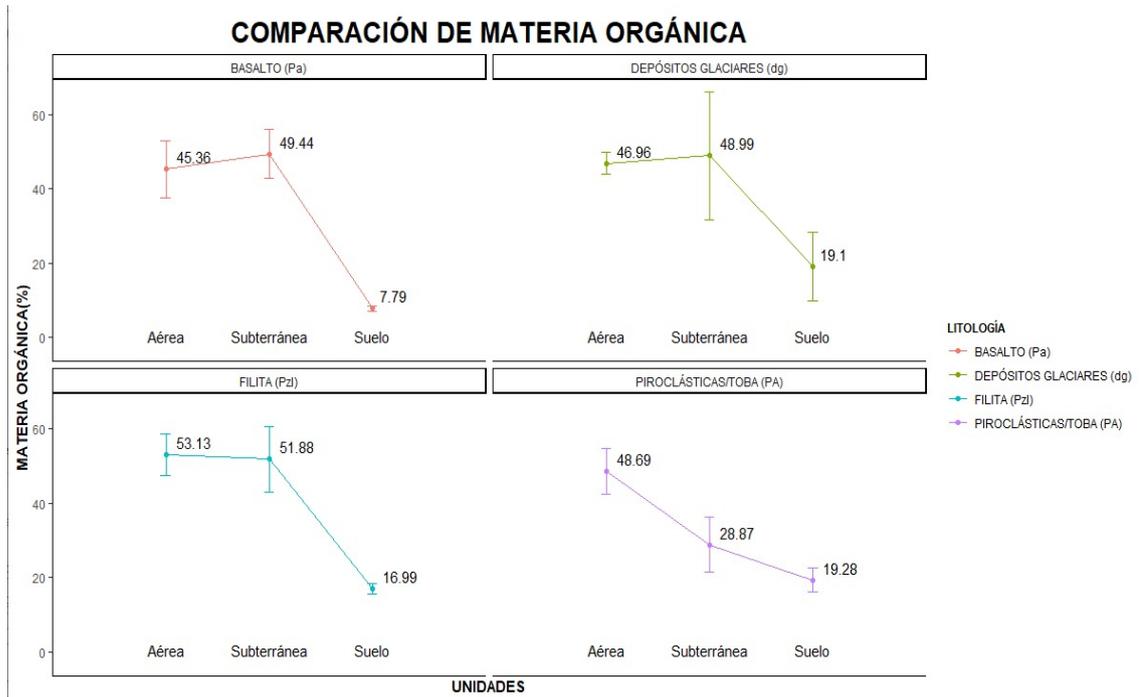
**Tabla 3-79:** Prueba DMS para materia orgánica subterránea de acuerdo a la altitud

<b>Altitud</b>	<b>Medias</b>	<b>Grados</b>
3200-3400	55,25	A
3600-3800	43,64	B

**Realizado por:** Elsa Cajilema y Catherine Piguabe, 2019.

En la Tabla 3-79 de acuerdo a la prueba DMS indica que a menor altitud tenemos mayor contenido de materia orgánica y esto se relaciona con la tabla 3-73 ya que y se puede afirmar que en esta litología es un páramo donde es muy húmedo y la presencia de rocas se puede decir que están en forma de pendientes ya que solo algunas plantas son capaces de permanecer en pendientes muy encarpadas como son los penachos y los roseta gigante es decir rodeados de pajonal o de almohadillas en donde son ricas en biomasa subterránea (Aguilar et al. 2000, p. 38).

### 3.10 Comparación de la materia orgánica del suelo y biomasa



**Gráfica 3-1: Materia orgánica de suelo, biomasa aérea y subterránea**

Realizado por: Cajilema, Elsa; Piguabe, Catherine; 2019.

En la gráfica 3-1, se reporta diferentes casos en la comparación de la materia orgánica. Así se tiene que en la geología de depósitos glaciares se tiene igual cantidad de biomasa aérea y subterránea siendo la cantidad de materia orgánica en el suelo el más bajo debido a que en el área que se muestreo es una ladera y la cobertura vegetal de pajonal es verde, donde la raíces son gruesas.

La ecología de los páramos está dada por factores externos tales como incidentes meteorológicos, temperatura, precipitación, humedad ambiental y vientos, y en el caso de los páramos de la zona ecuatorial, también la altitud.

La influencia de la altitud en la disminución de la temperatura, conforme se asciende, ayuda a mantener la materia orgánica en el suelo de páramo. Los suelos parámales son oscuros o casi negruzcos y ácidos en su reacción.

En la geología de Basaltos tenemos otro caso donde la biomasa aérea de pajonal es menor que la biomasa subterránea debido a que en esta zona se encontraba en regeneración y las raíces eran gruesas.

En la geología de piroclástica /toba se presenta otro caso donde la biomasa aérea de pajonal es mayor que la biomasa subterránea de raíces y suelo porque la cobertura de pajonal tiene una altura

de 1,50 cm. Es una ladera donde se muestreó y la razón por la que el contenido de materia orgánica es mayor en biomasa aérea de pajonal. El espesor de la capa u horizonte A es grueso, desde 30 cm, a casi dos metros de espesor. Además, el horizonte de humus este sobre toba volcánico.

En la geología de Filita tenemos que la cantidad de materia orgánica es mayor en la biomasa aérea que en la biomasa subterránea y de suelo, pero no hay una gran dispersión. Se conoce que el páramo es un pajonal sin árboles y de plantas bajas.

## CONCLUSIONES

Se estimó el contenido de materia orgánica en el suelo del páramo andino de la parroquia Químiag con un promedio de 18,01% de las cuatro litologías a una profundidad de 0-30 cm esto puede ser que encontramos la mayoría de los hidratos de carbono en donde se realiza el proceso de la respiración edáfica es decir la parte más nutritiva de los suelos. Los resultados indican que las propiedades físico-química como: densidad aparente, humedad, pH y CE están relacionados con al factor altitud que influyen en el contenido de materia orgánica. La CE indica valores en el rango entre 0-2 dS/m considerando suelos normales, color característico entre los 10 YR y 7.5 YR que son colores oscuros, densidad aparente  $<1,3 \text{ g/cm}^3$  y una humedad media de 51.96% esto se debe a sus parámetros ambientales como: clima y temperatura.

Se cuantificó la materia orgánica tanto en Biomasa área (pajonal) como en la subterránea (raíces de pajonal) en las cuatro litologías. De acuerdo a los parámetros físico-químicos de suelos nuestra biomasa puede crecer sin problema ya que son considerados suelos normales por los valores de la conductividad y son plantas que soportan temperaturas bajas. En la litología PA, filita, depósitos glaciales y basalto la altitud es directamente proporcional a la materia orgánica.

Al comparar el contenido de materia de orgánica se acepta la hipótesis alternativa porque presenta diferencia significativa debido a que el mayor porcentaje se encuentra en la biomasa aérea con un promedio de 48.75%, en segundo lugar, se encuentra la biomasa subterránea con un promedio de 35.97% y el suelo con un promedio de 18.01%. El mayor contenido de materia orgánica está presente en la biomasa aérea de la litología filita, PA con un promedio de 53.13%, 48.69% respectivamente. En la litología depósitos glaciales y basaltos predomina la biomasa subterránea con promedios de: 48.99% y 49.44% respectivamente. En el suelo la litología PA, depósitos glaciares, filita y basaltos el contenido de materia orgánica es de 19.28%, 19.10%, 16.99%, 7.79% respectivamente indicando tanto el suelo como la biomasa (paja y raíces de pajonal) son ricos en materia orgánica porque la temperatura va disminuyendo mientras aumenta la altitud en el páramo de Químiag.

## **RECOMENDACIONES**

- Valorar las actividades antrópicas del páramo andino en la comunidad (pastoreo, quema, agricultura) que afectan la biomasa y el suelo de este ecosistema frágil.
- Concientizar a la población de la parroquia Químiag para que la comunidad sea la generadora de las políticas de conservación de este ecosistema.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AGUILAR, M., CHONTASI, R., MEDINA, G. y MENA, P.,** 2000. *Manejos de páramos y zonas de altura el ecosistema páramo y su conservación.* Quito-Ecuador: CAMAREN.

**ANDRADE PROAÑO, S.I.,** 2018. *Distribución de biomasa aérea y subterránea en formas de vida de plantas de páramo en los andes nororientales del Ecuador* [en línea]. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco De Quito. Disponible en: <http://192.188.53.14/bitstream/23000/7549/1/139509.pdf>.

**ATLAS DE MURCIA,** 2019. El medio natural: la litología. [en línea]. Disponible en: <https://www.atlasdemurcia.com/index.php/secciones/4/la-litologia/3/index.html>.

**BARAHONA MENDEZ, J.A. y ASANZA CAJAMARCA, J.C.,** 2015. *Impacto de la cobertura vegetal y las actividades antrópicas sobre la formación del suelo en una microcuenca de páramo en la Cuenca alta del río Yanuncay-quebrada cuevas.* Cuenca: Universidad de Cuenca.

**BARBARO, L., KARLANIAN, M. y MATA, D.,** 2014. *importancia\_del\_ph\_y\_la\_conductividad\_elctrica.pdf.* [en línea]. S.l.: [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_-\\_importancia\\_del\\_ph\\_y\\_la\\_conductividad\\_elctrica.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_importancia_del_ph_y_la_conductividad_elctrica.pdf).

**BAVER-GARDNER-GARDNER,** 1980. *FÍSICA DE SUELOS.* Primera. México: Limusa.

**BUYTAERT, W., CÉLLERI, R., BIÈVRE, B.D. y CISNEROS, F.,** 2006. Hidrología del páramo andino. .

**CAMACHO, Miguel**, 2014. Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. *Revista Anales* [en línea], vol. 1, no. 372, pp. 77-92. [Consulta: 10 noviembre 2019]. ISSN 1390-7891. DOI 10.29166/anales.v1i372.1241. Disponible en: <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/anales/article/view/1241>.

**CAMACHO, Miguel.**, 2014. Los páramos ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible. , ISSN 1390-7891.

**CARRASCO, M., PADILLA, A. y ECHEVERRÍA, M.**, 2016. Análisis del ecosistema paramo Igualata frente al cambio climático en base a los recursos naturales. *Perfiles* [en línea], vol. 1, pp. 6. Disponible en: <http://ceaa.esPOCH.edu.ec:8080/revista.perfiles/Articulos/Perfiles15Art2.pdf>.

**CARVAJAL, A.F., FELJOO, A., QUINTERO, H. y RONDÓN, M.A.**, 2009. Carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal* [en línea], vol. 9, no. 3, pp. 222-235. [Consulta: 25 julio 2019]. ISSN 0718-2791. DOI 10.4067/S0718-27912009000300005. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-27912009000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-27912009000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=e).

**CASTAÑEDA-MARTÍN, A.E., MONTES-PULIDO, C.R., CASTAÑEDA-MARTÍN, A.E. y MONTES-PULIDO, C.R.**, 2017. Carbon stock in andean paramo. *Entramado* [en línea], vol. 13, no. 1, pp. 210-221. [Consulta: 25 julio 2019]. ISSN 1900-3803. DOI 10.18041/entramado.2017v13n1.25112. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1900-38032017000100210&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1900-38032017000100210&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

**CASTRO MÉNDEZ, R.**, 2018. Teoría y práctica. *Dearq* [en línea], no. 5, pp. 79-81. [Consulta: 9 octubre 2019]. ISSN 2011-3188, 2215-969X. DOI 10.18389/dearq5.2009.07. Disponible en: <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/10.18389/dearq5.2009.07>.

**CHIQUITO-ESPINOZA, M.B.**, 2017. *Plan de interpretación del patrimonio de la parroquia Quimiag, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 25 julio 2019]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8210>.

**CISNEROS, P., CAJAMARCA, J. y PACHECO, E.**, 2010. Estudios para establecer la línea base de suelos inalterados en el páramo de Quimsacocha. . S.l.: s.n., pp. 9.

**CORTÉS, D.L., PÉREZ, J.H. y CAMACHO, J.H.**, 2013. Spatial relation between electrical conductivity and some chemical soil properties. , pp. 8.

**CUERVO-BARAHONA, E.L., CELY-REYES, G.E. y MORENO-PEREZ, D.F.**, 2016. Determinación de las fracciones de carbono orgánico en el suelo del páramo La Cortadera, Boyacá. *Ingenio Magno* [en línea], vol. 7, pp. 139-149. [Consulta: 9 octubre 2019]. ISSN 2422-2399. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/ingeniomagno/article/view/1200>.

**ECHEVERRÍA, M., MUR, R.J., LINDAO, V., ERAZO, N., LOGROÑO, W. y CÓRDOVA, R.**, 2018. Quantification of organic carbon stored in the soil in the paramo of Igualata, Chimborazo province-Ecuador. *PROCEEDINGS OF THE 2ND INTERNATIONAL CONGRESS ON PHYSICS ESPOCH (ICPE-2017)* [en línea]. Riobamba, Ecuador: s.n., pp. 020004. [Consulta: 21 enero 2020]. DOI 10.1063/1.5050356. Disponible en: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5050356>.

**ESTUPIÑÁN, L.H., GÓMEZ, J.E., BARRANTES, V.J. y LIMAS, L.F.**, 2009. Efecto de actividades agropecuarias en las características del suelo en el páramo el granizo, (Cundinamarca - Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* [en línea], vol. 12, no. 2, pp. 79-89. [Consulta: 7 diciembre 2019]. ISSN 2619-2551. Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/694>.

**EYHERABIDE, M., ROZAS, H.S., BARBIERI, P. y ECHEVERRÍA, H.E.**, 2014. Comparación de métodos para determinar carbono orgánico en suelo. , pp. 7.

**FAO**, 2009. *Guía para la descripción de suelos* [en línea]. 2009. S.l.: s.n. [Consulta: 22 octubre 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.

**FAO**, 2016. Acidificación del suelo. . S.l.:

**FERNÁNDEZ LINARES, J.C., ROJAS AVELIZAPA, N.G., ROLDÁN CARRILLO, T.G. y RAMÍREZ ISLAS, M.E.**, 2006. *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados (SIBE)* [en línea]. México: s.n. [Consulta: 2 diciembre 2019]. ISBN 968-489-039-7. Disponible en: <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000032944>.

**FERNÁNDEZ PÉREZ, C.J., CELY REYES, G.E., SERRANO, P.A., FERNÁNDEZ PÉREZ, C.J., CELY REYES, G.E. y SERRANO, P.A.**, 2019. Quantification of Carbon Sequestration and Analysis of Soil Properties in Natural Coverages and a Pine Plantation in the Páramo of Rabanal, Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* [en línea], vol. 28, no. 1, pp. 121-133. [Consulta: 8 diciembre 2019]. ISSN 0121-215X. DOI 10.15446/rcdg.v28n1.66152. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0121-215X2019000100121&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-215X2019000100121&lng=en&nrm=iso&tlng=es).

**GINÉS NAVARRO GARCÍA, SIMÓN NAVARRO GARCÍA**, 2013. *Química Agrícola - Química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas*. Tercera. España: Mundi-Prensa. ISBN 978-84-8476-656-8.

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO y PARROQUIAL RURAL QUIMIAG**, 2015. *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. 2015. S.l.: s.n.

**HERNÁNDEZ, A.S., LUNA, J.A.N., MÉNDEZ, J., LARRETA, B.V. y GALLEGOS, M.Á.**, 2014a. Carbono orgánico del suelo en rodales silvícolas del ejido La Victoria, Pueblo Nuevo, Durango. , pp. 8.

**HERNÁNDEZ, A.S., LUNA, J.A.N., MÉNDEZ, J., LARRETA, B.V. y GALLEGOS, M.Á.,** 2014b. Carbono orgánico del suelo en rodales silvícolas del ejido La Victoria, Pueblo Nuevo, Durango. , pp. 8.

**HOFSTEDE, R., HOFSTEDE, R., SEGARRA, P., MENA VÁSCONEZ, P. y UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y DE LOS RECURSOS NATURALES,** 2003. *Los páramos del mundo: Proyecto Atlas Mundial de los Páramos 2003*. Quito; Global Peatland Initiative; Ecociencia: UICN ; ISBN 978-9978-43-505-2.

**IZURIETA, J.E.A.,** 2019. Mapeo digital de carbono en el suelo mediante imágenes satelitales y algoritmos de autoaprendizaje en el ecosistema herbazal del páramo, provincia de Chimborazo, Ecuador”. , pp. 93.

**JIMÉNEZ, A.S. y KHALAJABADI, S.S.,** 2005. La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera Colombiana. [en línea], vol. 56, no. 4, pp. 381-397. Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc056%2804%29381-397.pdf>.

**JULCA-OTINIANO, A., MENESES-FLORIÁN, L., BLAS-SEVILLANO, R. y BELLO-AMEZ, S.,** 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)* [en línea], vol. 24, no. 1, pp. 49-61. [Consulta: 8 diciembre 2019]. ISSN 0718-3429. DOI 10.4067/S0718-34292006000100009. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-34292006000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-34292006000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

**LIZCANO TOLEDO, R., OLIVERA VICIEDO, D., SAAVEDRA MORA, D., MACHADO CUELLAR, L., VALENCIA, E. y MORENO PÉREZ, M.F.,** 2017. *Muestreo de suelos, técnicas de laboratorio e interpretación de análisis de suelos* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 978-958-15-0273-8. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/323823646\\_Muestreo\\_de\\_Suelos\\_Tecnicas\\_de\\_Laboratorio\\_e\\_Interpretacion\\_de\\_Analisis\\_de\\_Suelos/link/5ab23a73458515e3cebedc960/download](https://www.researchgate.net/publication/323823646_Muestreo_de_Suelos_Tecnicas_de_Laboratorio_e_Interpretacion_de_Analisis_de_Suelos/link/5ab23a73458515e3cebedc960/download).

**LLAMBÍ, L.D., SOTO-W., A., CÉLLERI, R. y BIÈVRE, B.** de, 2012a. *Ecología, hidrología y suelos de páramos: Proyecto Páramo Andino*. Quito: Proyecto Páramo Andino. Páramos Andinos. ISBN 978-9942-11-549-2.

**LLAMBÍ, L.D., SOTO-W., A., CÉLLERI, R. y BIÈVRE, B.** de, 2012b. *Ecología, hidrología y suelos de páramos: Proyecto Páramo Andino*. Quito: Proyecto Páramo Andino. Páramos Andinos. ISBN 978-9942-11-549-2.

**LLAMBÍ, L.D., SOTO-W., A., CÉLLERI, R. y BIÈVRE, B.** de, 2012c. *Ecología, hidrología y suelos de páramos: Proyecto Páramo Andino*. Quito: Proyecto Páramo Andino. Páramos Andinos. ISBN 978-9942-11-549-2.

**LLAMUCA, J.L.A.**, 2015. *Determinación de carbono en el suelo de bosque nativo de ceja andina en el sector Guangra, parroquia Achupallas cantón Alausi, provincia de Chimborazo*. Riobamba: s.n.

**MATUS, F.J. y MAIRE, C.R.**, 2000. Relación entre la materia orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. *Agricultura Técnica* [en línea], vol. 60, no. 2, pp. 112-126. [Consulta: 16 octubre 2019]. ISSN 0365-2807. DOI 10.4067/S0365-28072000000200003. Disponible en: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0365-28072000000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0365-28072000000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=en).

**MENA VÁSCONEZ, P., JOSSE, C. y MEDINA, G.**, 2000. *Los suelos del Páramo*. Quito: GTP, Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador. Serie Páramo, 5. ISBN 978-9978-04-591-6.

**MENA VÁSCONEZ, P. y MEDINA, C.**, 2000. *Los suelos del Páramo*. Quito: GTP, Grupo de Trabajo en Páramos del Ecuador. Serie Páramo, 5. ISBN 978-9978-04-591-6.

**MOGOLLÓN, J.P., RIVAS, W., MARTÍNEZ, A. y CAMPOS, Y.,** 2015a. Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal. , vol. 3, pp. 11. ISSN 1317-2255.

**MOGOLLÓN, J.P., RIVAS, W., MARTÍNEZ, A. y CAMPOS, Y.,** 2015b. Carbono orgánico del suelo en un gradiente altitudinal. [en línea], vol. 13, no. 3, pp. 271-280. ISSN 1317-2255. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90444727005>.

**MOLINA, E.I.A.,** 2013. *Determinación del contenido de carbono en la biomasa aérea del páramo de la reserva ecológica Yanacocha*. S.l.: s.n.

**MONCADA, J.A.,** 2009. Ideas de los docentes acerca del páramo y su conservación. , pp. 13.

**MONTES, C.R., RAMOS MIRAS, J.J. y SAN JOSÉ WERY, A.M.,** 2016. Estimation of soil organic carbon (SOC) at different soil depths and soil use in the Sumapaz paramo, Cundinamarca - Colombia. *Acta Agronómica* [en línea], vol. 66, no. 1. [Consulta: 13 noviembre 2019]. ISSN 2323-0118, 0120-2812. DOI 10.15446/acag.v66n1.53171. Disponible en: [http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/53171](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/53171).

**MONTES-PULIDO, C.R.,** 2017. Carbono almacenado en páramo andino. *ENTRAMADO* [en línea], vol. 13, no. 1, pp. 210-221. [Consulta: 27 octubre 2019]. ISSN 19003803, 25390279. DOI 10.18041/entramado.2017v13n1.25112. Disponible en: <http://revistasojs.unilibrecali.edu.co/index.php/entramado/article/view/524>.

**MORALES BETANCOURT, J.A. y ESTÉVEZ VARÓN, J.V.,** 2006. El páramo: ¿Ecosistema en vía de extinción? , no. 22, pp. 14.

**NÁJERA-LUNA, J.A. y HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, E.,** 2009. Acumulación de biomasa aérea en un bosque coetáneo de la región de El Salto, Durango. *Ra Ximhai* [en línea], pp. 225-

230. [Consulta: 18 octubre 2019]. ISSN 1665-0441. DOI 10.35197/rx.05.02.2009.07.jn. Disponible en: <http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-14articulosPDF/07BIOMASA.pdf>.

**NAVARRO, G. y NAVARRO, S., 2013.** *Química agrícola*. Tercera Edición. España: Mundiprensa. ISBN 978-84-8476-656-8.

**PODWOJEWSKI, P., 1999.** Los suelos de las altas tierras andinas : los páramos del Ecuador. , pp. 8.

**PODWOJEWSKI, P. y POULENARD, J., 1999.** Los suelos de los páramos del Ecuador. , pp. 24.

**PORTA, J., LOPEZ, M. y POCH, R.M., 2008.** *Geolibrospdf-Introduccion-a-la-Edafologia-Porta.pdf*. 2008. S.l.: Ediciones Mundi-Prensa.

**RODRÍGUEZ PECES, M.J. y GORDÓN PÉREZ, D., 2015.** Análisis automático de la susceptibilidad de las inestabilidades de las laderas provocadas por terremotos en un sector de la cordillera de los Andes, Ecuador. , pp. 14. ISSN 2255-1379.

**SANTILLÁN, P., 2018.** *Estimación de carbono en tres depósitos naturales del ecosistema herbazal de páramo en la microcuenca Cachipata, comunidad Llucud, cantón Chambo*. S.l.: s.n.

**TORRES, A., PEÑA, E., ZUÑIGA, O. y PEÑA, J., 2012.** Evaluación del impacto de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal en ecosistemas de alta montaña de Colombia. [en línea], vol. 16, pp. 132-142. ISSN 0123 - 3068. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n1/v16n1a11.pdf>.

**TORRES ROMERO, S.F. y PROAÑO SANTOS, C.O., 2018.** Componentes del balance hídrico en los páramos de Jatunsacha, Ecuador. *La Granja* [en línea], vol. 28, no. 2, pp. 52-66.

[Consulta: 3 diciembre 2019]. ISSN 1390-8596, 1390-3799. DOI 10.17163/lgr.n28.2018.04.  
Disponible en: <http://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/28.2018.04>.

**ULLA, S.**, 2019. *Variación estacional en la biomasa subterránea en diferentes fisonomías vegetales de los pastizales de altura de las Sierras Grandes de Córdoba, Argentina* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 21 septiembre 2019]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11667/TESINA%20SOF%c3%8dA%20ULLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**VÁSCONEZ, P.M. y HOFSTEDE, R.**, 2006. Paramos ecuatorianos. , pp. 19.

**VELASCO, L., GOYOS, L., FREIRE, L. y IBARRA, A.**, 2015. Potencial de aprovechamiento de la biomasa vegetal como aislamiento en climas extremos del Ecuador. *Enfoque UTE* [en línea], vol. 6, no. 4, pp. 23. [Consulta: 24 septiembre 2019]. ISSN 1390-6542, 1390-9363. DOI 10.29019/enfoqueute.v6n4.76. Disponible en: <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/76>.

**VILLASEÑOR, D.**, 2016. *Fundamentos y procedimientos para análisis físico morfológicos de suelos*. Machala-Ecuador: s.n. ISBN 978-9942-24-082-8.

**VILLASEÑOR ORTIZ, D.**, 2015. *Fundamentos y procedimientos*. Primera edición. Ecuador: UTMACH. ISBN 978-9942-24-082-8.

**ZHANG, B., BECK, R., PAN, Q., ZHAO, M. y HAO, X.**, 2019. Soil physical and chemical properties in response to long-term cattle grazing on sloped rough fescue grassland in the foothills of the Rocky Mountains, Alberta. *Geoderma* [en línea], vol. 346, pp. 75-83. [Consulta: 8 diciembre 2019]. ISSN 00167061. DOI 10.1016/j.geoderma.2019.03.029. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016706118313259>.

**ANEXOS**

**ANEXO A: Fotografías de materiales para el monitoreo**



A)



B)



C)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUÍMIAG”</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS QUÍMICA</b></p>		
<p>A. Reconocimiento de los puntos de monitoreo B. Materiales para muestrear C. Equipo de monitoreo</p>		<p><b>LÁM:</b></p>	<p><b>ESC:</b></p>	<p><b>FECHA:</b></p>
		<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>15/11/2019</p>

**ANEXO B: Metodologías de campo**



**D)**



**E)**



**F)**

**NOTAS:**

- D) Muestreo de suelos
- E) Muestreo de biomasa aérea
- F) Muestreo DA

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
TIPO: PROYECTO DE  
INVESTIGACIÓN  
“ESTIMACIÓN DE MATERIA  
ORGÁNICA EN EL SUELO Y  
BIOMASA DEL PÁRAMO DE  
QUÍMIAG”**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  
QUÍMICA**

**LÁM:**

**ESC:**

**FECHA:**

2

1:1

15/11/2019

**ANEXO C: Socialización con la comunidad**



G)



H)



I)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUÍMIAG”</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS QUÍMICA</b></p>			
<p>G) Muestreo de biomasa subterránea H) Toma de muestras con el barreno I) Socialización con la comunidad</p>		<p><b>LÁM:</b></p>	<p><b>ESC:</b></p>	<p><b>FECHA:</b></p>	
		<p>3</p>	<p>1:1</p>	<p>15/11/2019</p>	

**ANEXO D: Monitoreo en la litología Piroclásticas Toba (PA).**



**J)**



**K)**



**L)**

<b>NOTAS:</b>	<p><b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b>  <b>TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b>  <b>“ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUÍMIAG”</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</b>  <b>QUÍMICA</b></p>		
<p>J) Muestreo en la litología PA                  K) Litología PA altitud 3400-3600 msnm                  L) Litología PA altitud 4000-4200 msnm</p>		<p><b>LÁM:</b></p>	<p><b>ESC:</b></p>	<p><b>FECHA:</b></p>
		<p>4</p>	<p>1:1</p>	<p>15/11/2019</p>

**ANEXO E: Monitoreo en la litología filita (Pzl).**



**M)**



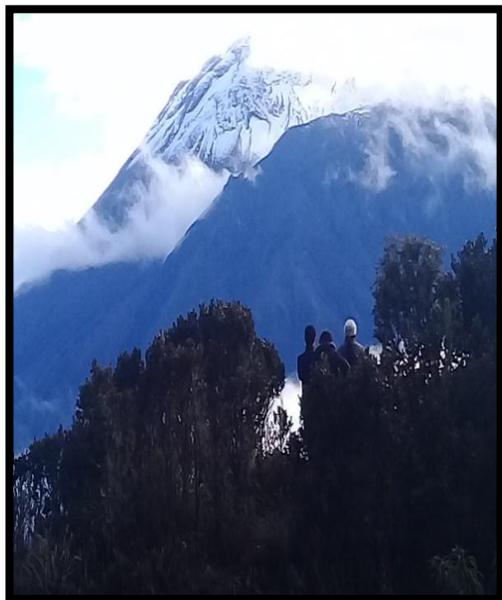
**N)**



**O)**

<b>NOTAS:</b>	<b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b> <b>TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b> <b>“ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUÍMIAG”</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</b> <b>QUÍMICA</b>		
M) Litología Pzl N) Litología Pzl altitud de 3600-3800msnm O) Cruce de cascada por la litología Pzl		<b>LÁM:</b>	<b>ESC:</b>	<b>FECHA:</b>
	5	1:1	15/11/2019	

**ANEXO F: Monitoreo en la litología basalto (Pa).**



**P)**



**Q)**



**R)**

**NOTAS:**

P) Litología Pa  
 Q) Litología Pa  
 monitoreando  
 R) Cruce de rio para llegar a  
 la litología Pa

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
 TIPO: PROYECTO DE  
 INVESTIGACIÓN  
 “ESTIMACIÓN DE MATERIA  
 ORGÁNICA EN EL SUELO Y  
 BIOMASA DEL PÁRAMO DE  
 QUÍMIAG”**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  
 QUÍMICA**

**LÁM:**

**ESC:**

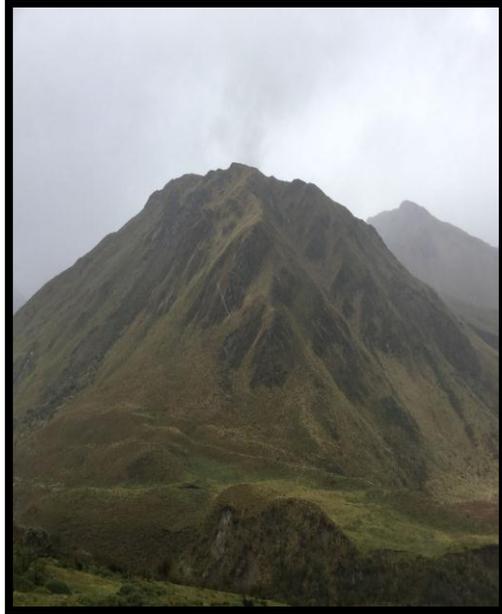
**FECHA:**

6

1:1

15/11/2019

**ANEXO G: Monitoreo en la litología de depósitos glaciares (dg).**



S)



T)



U)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b>  <b>TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b>  <b>“ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUÍMIAG”</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</b>  <b>QUÍMICA</b></p>		
<p>S) Litología dg  T) litología dg altitud a 3800-400  U) Biomasa aérea litología dg</p>		<p><b>LÁM:</b></p>	<p><b>ESC:</b></p>	<p><b>FECHA:</b></p>
	<p>7</p>	<p>1:1</p>	<p>15/11/2019</p>	

**ANEXO H: Metodología de laboratorio.**



V)



W)



X)

**NOTAS:**

- V) Muestras para determinar densidad aparente
- W) Peso húmedo para densidad aparente
- X) Colocación de la muestra por 24 horas a 105 ° C.

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
“ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUÍMIAG”**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  
QUÍMICA**

**LÁM:**

**ESC:**

**FECHA:**

8

1:1

15/11/2019

**ANEXO I: Análisis físico-químicos**



Y)



Z)



AA)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUÍMIAG”</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS QUÍMICA</b></p>		
<p>Y) Determinación de pH y CE Z) Determinación de biomasa aérea AA) Lavado de raíces</p>		<p><b>LÁM:</b></p>	<p><b>ESC:</b></p>	<p><b>FECHA:</b></p>
		<p>9</p>	<p>1:1</p>	<p>15/11/2019</p>

**ANEXO J: Determinación de materia orgánica**



**BB)**



**CC)**



**DD)**

<b>NOTAS:</b>	<p><b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b>  <b>TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b>  <b>“ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUÍMIAG”</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</b>  <b>QUÍMICA</b></p>		
<p>BB) Secado de raíces                  CC) Secado de muestras para MO.                  DD) Tamizar las muestras ya secas en un tamiz de diámetros de 2mm,425 um y 212 um</p>		<p><b>LÁM:</b></p>	<p><b>ESC:</b></p>	<p><b>FECHA:</b></p>
	<p>10</p>	<p>1:1</p>	<p>15/11/2019</p>	

**ANEXO K: Equipos para los analisis fisico-quimicos.**



**EE)**

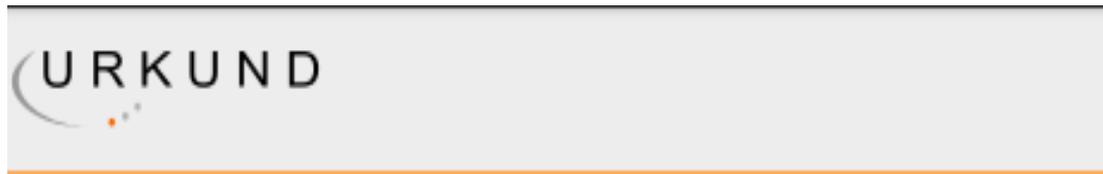


**FF)**



**GG)**

<b>NOTAS:</b>	<p><b>TRABAJO DE TITULACIÓN</b>  <b>TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b>  <b>“ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUÍMIAG”</b></p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</b>  <b>QUÍMICA</b></p>		
<p>EE) Secado de raíces                  FF) Secado de muestras para MO.                  GG) Tamizar las muestras ya secas en un tamiz de diámetros de 2mm,425 um y 212 um</p>		<p><b>LÁM:</b></p>	<p><b>ESC:</b></p>	<p><b>FECHA:</b></p>
	<p>10</p>	<p>1:1</p>	<p>15/11/2019</p>	



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUIMIAG.pdf (D61006781)  
Submitted: 12/13/2019 5:44:00 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)  
P F\_ DIEGO ARCOS-EIF-ESPOCH.docx (D52256515)  
CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA COMO MEDIDA DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA EN SUELOS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO.docx (D47949879)  
TESIS FINAL BRAYAN CHILUIZA.docx (D60634955)  
TESIS FERDY FINAL LISTA.pdf (D49119120)  
Proyecto de Tesis\_Karen Luis.docx (D51840119)  
[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-27912009000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-27912009000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=e).  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1900-38032017000100210&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1900-38032017000100210&lng=en&nrm=iso&tlng=es).  
<http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0121-215X2019000100121&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-215X2019000100121&lng=en&nrm=iso&tlng=es).  
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>  
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21930/1/tesis.pdf>  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16960/1/UPS-ST003960.pdf>

### Instances where selected sources appear:

## ANEXO M : Permiso del ministerio del ambiente (MAE)

MINISTERIO DEL AMBIENTE



### DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO

#### AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Nro. 025-IC-DPACH-MAE-2019

FLORA: X

FAUNA:

VARIOS:

El Ministerio del Ambiente, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, autoriza a:

Nombres y Apellidos	C.C.	Nacionalidad
Cajilema Mullo Elsa Marivel	0604787911	Ecuatoriana
Damián Carrión Diego Armando	0604631572	Ecuatoriana
Ilvay Caluña Jorge Iván	1803296936	Ecuatoriana
Piguabe Hinojosa Catherine Juliana	0650052392	Ecuatoriana

Para llevar a cabo la investigación: **“Evaluación de materia orgánica del suelo y biomasa del páramo de Quimiag”.**

De acuerdo a las siguientes especificaciones:

1. Solicitud de Cajilema Mullo Elsa Marivel y Piguabe Hinojosa Catherine Juliana.
2. Auspicio de institución científica nacional: ESPOCH,
3. Auspicio de institución científica internacional: Ninguna
4. Institución que financia la investigación: Grupo GIDAC ESPOCH y solicitantes.
5. Contraparte de la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo: Ing. Paúl Tito, Especialista en Áreas Protegidas provincial PNS z/a.
6. Vigencia de esta Autorización: 22/07/2019 a 22/02/2020
7. Fecha de entrega de informe final: 22/02/2020
8. Valoración Técnica del Proyecto: Mvz. María Dolores Astudillo.
9. Se autoriza la colección de muestras de suelo a una profundidad de 0-30 y de 30-60 y 200 gr de muestra de biomasa en 22 sitios de muestreo según la metodología que consta en el proyecto.
10. Las muestras serán analizadas en los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
11. 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.
12. 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.
13. De los resultados que se desprenda de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente.
14. **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:

15. 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).
16. Lista taxonómica de las especies debidamente identificadas, objeto de la autorización de colecta con sus respectivas coordenadas. (Solicitar Formato).
17. 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.
18. Entregar copias de las publicaciones a la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo
19. Entregar copias del material fotográfico que puedan ser utilizados para difusión. (Se respetará los derechos de autoría).
20. Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales 15,16, 17, 18, 19, se responsabiliza a los investigadores: Cajilema Mullo Elsa Marivel, Piguabe Hinojosa Catherine Juliana, Damián Carrión Diego Armando e Ilvay Caluña Jorge Iván.



SE AUTORIZA LA COLECCION EN LAS PROVINCIAS, CANTONES Y ÁREAS PROTEGIDAS:  
 Provincia de Chimborazo: Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Sangay z/a (Ruta hacia el volcán El Altar)  
 Bosque y Vegetación Protectora Subcuenca Alta del Río Blanco.  
 Cantón Riobamba: Parroquia Quimiag.

Coordenadas de referencia:	
779528	9812517
779818	9811069
779195	9812019
777875	9811647
778776	9810791
776585	9813941
776736	9812919
777540	9810220
779800	9812933
779782	9813224
778903	9810428
778074	9810945
778276	9810505
778598	9810403
778182	9810287
785141	9824422
779911	9815903
783517	9809640
783177	9809701
783618	9810255
785458	9825026
785472	9825081

SE AUTORIZA EL ESTUDIO DE MUESTRAS BIOLÓGICAS CON EL PROPÓSITO DE:  
 Evaluar, determinar y cuantificar el contenido de materia orgánica en el suelo y biomasa del Páramo de Quimiag.

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	Hoces
Tijeras podadoras	Cilindros
Mufla	Estufa
Desecador	Balanza analítica
Phmetro	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, MISMOS QUE NO PODRÁN SER UTILIZADOS COMO MATERIAL PARENTAL PARA MANEJO COMERCIAL.

MINISTERIO DEL AMBIENTE



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 ESPECÍMENES ASÍ COMO CON LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.
5. PARA EL INGRESO A AREAS 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 SUBSTANCIAS VENENOSAS COMO METODOLOGIA DE ESTA INVESTIGACION.
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 SOLICITARÁ PRÓRROGA QUINCE DÍAS ANTES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO QUE INDICA ESTE DOCUMENTO.
9. TODO USO INDEBIDO DE ESTA AUTORIZACIÓN, ASÍ COMO EL INCUMPLIMIENTO DE ASPECTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS O TÉCNICOS ESTABLECIDOS EN LA MISMA, SERÁN SANCIONADOS DE ACUERDO A LA CODIFICACIÓN A LA LEY FORESTAL Y DE CONSERVACIÓN DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE Y AL TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA. Y DEMAS NORMATIVA PERTINENTE.
10. EL INCUMPLIMIENTO DE CUALQUIERA DE ESTAS DISPOSICIONES ASÍ COMO EL USO INDEBIDO DE ESTE DOCUMENTO, O EL INCUMPLIMIENTO DE LAS DISPOSICIONES LEGALES, ADMINISTRATIVAS O TÉCNICAS ESTABLECIDAS EN LA MISMA, 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 848312921 RECIBO DE CAJA 1807.

Ing. Wilmer Tingo.  
DIRECTOR PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO.

Ministerio del Ambiente  
DIRECCIÓN PROVINCIAL  
AMBIENTE DE CHIMBORAZO

MA: 22/07/2019

MP: 22/07/2019