



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

**“EVALUACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA MEDIANTE  
PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO, CUENCA ALTA  
DEL RÍO PATULÚ”.**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**QUÍMICO**

**AUTOR: PAOLA LIZBETH GUADALUPE MORENO**

**DIRECTORA: DRA. MAGDY MILENI ECHEVERRÍA GUADALUPE PhD.**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Paola Lizbeth Guadalupe Moreno

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

Yo, Paola Lizbeth Guadalupe Moreno declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 22 de junio de 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Paola Lizbeth Guadalupe Moreno', with a horizontal line drawn through the middle of the signature.

**Paola Lizbeth Guadalupe Moreno**

**210114621-1**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “EVALUACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO, CUENCA ALTA DEL RÍO PATULÚ” realizado por la señorita: **PAOLA LIZBETH GUADALUPE MORENO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Carlos Alcibar Medina Serrano <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-06-22
Dra. Magdy Mileni Echeverría Guadalupe <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-22
Dra. Norma Soledad Erazo Sandoval <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-06-22

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme serenidad y sosiego en los momentos más crueles de mi vida. Además, le dedico el resultado de este trabajo a mi madre Lucy y a mis hermanos, Jean Carlos, Daniela y Yeimy, que me apoyaron y me contuvieron los momentos malos y en los menos malos. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades sin perder nunca la cabeza ni morir en el intento.

También quiero dedicarle este trabajo a mi prometido Erick. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor y por su apoyo.

También, quiero dedicarle este trabajo a mi hijo Eiden. Su nacimiento, ya sea por casualidad o causalidad, ha coincidido con la finalización de esta tesis. Sin duda él es lo mejor que me ha pasado, y ha llegado en el momento justo para darme el último empujón que me faltaba para terminar el proyecto.

Y a mis amigas Liliana y Soraya por ser parte incondicional en mi vida académica y personal.

Paola

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a mi querida institución la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por acogerme en sus aulas de clase y formarme como un profesional y también como persona.

A la Dra. Magdy Echeverría, directora de mi Trabajo de Integración Curricular y al Grupo de Investigación de Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) por apoyarme con sus conocimientos y técnicas para el desarrollo de este trabajo.

Paola

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS .....	xii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I</b>	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....	4
1.2. ANTECEDENTES .....	4
1.3. Bases teóricas .....	5
1.3.1. <i>Páramo</i> .....	5
1.3.2. <i>Cuenca hidrográfica</i> .....	6
1.3.3. <i>Parte de una cuenca</i> .....	6
1.3.4. <i>Propiedades físico-químicas del suelo</i> .....	7
1.3.5. <i>Suelos que se desarrollan sobre depósitos volcánicos</i> .....	14
1.3.6. <i>Correlación de Pearson</i> .....	16
<b>CAPÍTULO II</b>	
2. MARCO METODOLÓGICO .....	17
2.1. Área de estudio .....	17
2.2. Población y muestra .....	18
2.2.1. <i>Población</i> .....	18
2.3. Tipo y diseño de investigación .....	18
2.3.1. <i>Tipo de investigación</i> .....	18
2.3.2. <i>Diseño de investigación</i> .....	18
2.3.3. <i>Variable</i> .....	19
2.4. Materiales y Equipos .....	19

2.4.1.	<i>Materiales</i> .....	20
2.4.2.	<i>Reactivos</i> .....	20
2.4.3.	<i>Equipos</i> .....	20
2.5.	<b>Métodos y técnicas</b> .....	21
2.5.1.	<i>Fase de campo</i> .....	22
2.5.2.	<i>Fase de laboratorio</i> .....	22

### CAPÍTULO III

3.	<b>Resultados y discusión de resultados</b> .....	27
3.1.	<b>Propiedades físico-químicas del suelo de la Cuenca alta del río Patulú</b> .....	27
3.1.2.	<i>Resultados del porcentaje de materia orgánica y carbono orgánico del suelo</i> .....	27
3.1.3.	<i>Resultados del promedio del porcentaje de humedad</i> .....	29
3.1.4.	<i>Resultado del promedio del pH</i> .....	30
3.1.5.	<i>Resultados del promedio de la densidad aparente</i> .....	31
3.1.6.	<i>Resultados del promedio de la conductividad eléctrica</i> .....	32
3.1.7.	<i>Correlación de la materia orgánica y los parámetros físico-químicos de la Cuenca alta del río Patulú</i> .....	32

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	40
--	---------------------------	----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	41
--	------------------------------	----

### BIBLIOGRAFÍA

### ANEXOS



## ÍNDICES DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Propiedades del suelo relacionadas con la textura.....	8
<b>Tabla 2-1:</b> Clasificación de la Textura.....	8
<b>Tabla 3-1:</b> Clasificación de pH respecto al suelo.....	12
<b>Tabla 4-1:</b> Estimación del contenido de materia orgánica basado en la tabla de Munsell.....	14
<b>Tabla 5-1.</b> Interpretación de índices de correlación. ....	16
<b>Tabla 1-3.</b> Promedio del porcentaje de la Materia Orgánica del suelo .....	27
<b>Tabla 2-3.</b> Promedio del Porcentaje del Carbono Orgánico del suelo .....	27
<b>Tabla 3-3.</b> Promedio de la humedad.....	29
<b>Tabla 4-3.</b> Promedio del pH.....	30
<b>Tabla 5-3.</b> Promedio de la densidad aparente.....	31
<b>Tabla 6-3.</b> Promedio de la conductividad eléctrica .....	32
<b>Tabla 7-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) de la materia orgánica a la profundidad 1 .....	33
<b>Tabla 8-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) del carbono orgánico en la profundidad 1 .....	33
<b>Tabla 9-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) del pH en la profundidad 1 .....	33
<b>Tabla 10-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) de la conductividad eléctrica de la profundidad 1	34
<b>Tabla 11-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) de la humedad en la profundidad 1 .....	34
<b>Tabla 12-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) de la densidad aparente en la profundidad 1 .....	35
<b>Tabla 13-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) de la materia orgánica de suelo 2 .....	35
<b>Tabla 14-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) del carbono orgánico de la profundidad 2.....	35
<b>Tabla 15-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) del pH en la profundidad 2.....	36
<b>Tabla 16-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) del la conductividad eléctrica a profundidad 2.....	36
<b>Tabla 17-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) de la humedad en la profundidad 2 .....	37
<b>Tabla 18-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) densidad aparente en la profundidad 2.....	37

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b> Partes de una cuenca .....	7
<b>Ilustración 2-1:</b> Triángulo de textura.....	9
<b>Ilustración 3-1:</b> tabla de Munsell-Soil color Chart .....	11
<b>Ilustración 1-2:</b> Mapa del área de la Cuenca Alta del Río Patulú .....	17
<b>Ilustración 2-2:</b> Área de la Cuenca Alta del Río Patulú .....	17
<b>Ilustración 3-2.</b> Recolección de muestras con barrenos.....	20
<b>Ilustración 4-2:</b> Recolección de la muestras de suelo en el área de estudio .....	21
<b>Ilustración 5-2.</b> Análisis de conductividad eléctrica y pH.....	22
<b>Ilustración 6-2.</b> Análisis de textura.....	23
<b>Ilustración 7-2.</b> Análisis de humedad y densidad .....	24
<b>Ilustración 8-2.</b> Análisis del porcentaje de materia orgánica y carbón orgánico .....	25
<b>Ilustración 1-3:</b> Representación del promedio del porcentaje de la Materia Orgánica.....	27
<b>Ilustración 2-3:</b> Representación del promedio del porcentaje de la Carbón Orgánica .....	28
<b>Ilustración 3-3:</b> Representación del promedio de humedad .....	29
<b>Ilustración 4-3:</b> Representación del promedio del pH.....	30
<b>Ilustración 5-3:</b> Representación del promedio de la densidad aparente .....	31
<b>Ilustración 6-3:</b> Representación del promedio de la conductividad eléctrica .....	32
<b>Ilustración 7-3:</b> Correlación del porcentaje de materia orgánica y el análisis de los parámetros físico-químicos de la cuenca alta del río Patulú en la profundidad 1 del periodo 2022-2023. ....	38
<b>Ilustración 8-3:</b> Correlación del porcentaje de materia orgánica y el análisis de los parámetros físico-químicos de la cuenca alta del río Patulú en la profundidad 2 del periodo 2022-2023. ....	39

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO EN FASE DE CAMPO**

**ANEXO B: ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS A MUESTRAS DE SUELO**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>C.O:</b>	Carbón Orgánico
<b>M.O:</b>	Materia orgánica
<b>D.A:</b>	Densidad aparente
<b>C.E:</b>	Conductividad Eléctrica
<b>C.H:</b>	Contenido de humedad
<b>P1:</b>	Profundidad 1
<b>P2:</b>	Profundidad 2
<b>CO2:</b>	Dióxido de Carbono
<b>GIDAC:</b>	Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático
<b>R.A:</b>	Rango altitudinal
<b>H:</b>	Hidrógeno
<b>O:</b>	Oxígeno
<b>N:</b>	Nitrógeno
<b>S:</b>	Azufre
<b>P:</b>	Fósforo
<b>B:</b>	Boro
<b>Fe:</b>	Hierro
<b>Mo:</b>	Molibdeno
<b>F:</b>	Valor de Distribución Fisher
<b><i>p</i>:</b>	Valor de la probabilidad
<b>gl:</b>	Grados de libertad

## RESUMEN

El presente trabajo evaluó el contenido de materia orgánica mediante los parámetros físico-químicos: densidad aparente, textura, pH, conductividad eléctrica y humedad del suelo de la cuenca del río Patulú de la parroquia San Isidro del Cantón Guano en el año 2022. Se establecieron quince parcelas, que son los puntos de muestreo, que corresponden a treinta muestras de suelo obtenidas a dos profundidades: la primera de 0,0 m a 0,70 m y segunda de 0,70 m a 1.20 m. Y se realizaron tres repeticiones de los parámetro físico-químico (% humedad, pH, conductividad eléctrica, densidad aparente, textura) y de % M.O (materia orgánica). Los resultados de la materia orgánica es mayor en la profundidad 1 (6,06%) respecto a la profundidad 2 (3,31%), la humedad en la profundidad 1 y 2 mostraron valores de 30,09% y 26,39% respectivamente, a la profundidad de 0 m - 0,70 m de la conductividad eléctrica se obtuvo 42,68  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 27,71  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la profundidad de 0,70m - 1,20 m, los valores alcanzados en la densidad aparente en las dos profundidades van desde 0,965  $\text{g}/\text{cm}^3$  hasta 1,1  $\text{g}/\text{cm}^3$  y el pH en ambas profundidades se obtuvieron valores similares. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa a causa de que existe influencia de los parámetros físico-químicos en la materia orgánica donde existe una correlación directa débil con la conductividad eléctrica y la densidad aparente en la primera profundidad y una correlación positiva moderada con la densidad aparente, la humedad y la conductividad eléctrica en la segunda profundidad. Se recomienda incentivar el cuidado de la cuenca alta del río Patulú para su biorremediación natural.

**Palabras claves:** <MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO>, <PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO>, <CUENCA ALTA DEL RÍO PATULÚ>.

2180-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The present work evaluated the organic matter content through the physicochemical parameters: bulk density, texture, pH, electrical conductivity and soil moisture in the Patulú river basin of the San Isidro parish in Guano canton in 2022. Fifteen plots were established, which are the sampling points, corresponding to thirty soil samples obtained at two depths: the first from 0.0 m to 0.70 m and the second from 0.70 m to 1.20 m. Three repetitions comprise the physical-chemical parameters (% humidity, pH, electrical conductivity, bulk density, texture) and % M.O (organic matter). The results of organic matter are higher at depth 1 (6.06%) compared to depth 2 (3.31%); humidity at depths 1 and 2 showed values of 30.09% and 26.39%, respectively, at depth of 0 m - 0.70 m the electrical conductivity obtains 42.68  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and 27.71  $\mu\text{S}/\text{cm}$  at depth of 0.70 m - 1.20m, the values achieved in the bulk density at the two depths range from 0.965  $\text{g}/\text{cm}^3$  to 1.1  $\text{g}/\text{cm}^3$  and the pH at both depths obtained similar values. Therefore, the alternative hypothesis is accepted because physicochemical parameters influence organic matter where there is a weak direct correlation with electrical conductivity and bulk density at the first depth and a moderate positive correlation with bulk density, moisture, and electrical conductivity at the second depth. It recommends encouraging the care and natural bioremediation of the Cuenca Alta in Patulu River.

**Key words:** <SOIL ORGANIC MATTER>, <PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF THE SOIL>, <CUENCA ALTA IN PATULU RIVER>.



Lcdo. Edison Renato Ruiz Lopez, Mgs.

C.I: 0603957044

## INTRODUCCIÓN

En Sudamérica, los páramos corresponden a un aproximado de 46 000 km<sup>2</sup>, el espacio que se divide con Venezuela en un 5,2%, en Perú en un 24,6%, en Colombia en 30,5% y en Ecuador teniendo un porcentaje mayor de 39,8% (Serrano, D & Galárraga, R, 2013). El mismo que se ha convertido en uno de los países que poseen una superficie de páramos más grande en el territorio sudamericano (Mena, 2002).

Los páramos andinos son conocidos por ser ecosistemas neotropicales de alta montaña que se encuentran a una altitud entre los 3000 hasta los 5000 m.s.n.m. (Chuncho, 2019). En Ecuador las zonas parameras corresponde a un territorio de más de 1´800 000 hectáreas, el cual es del 7% del territorio ecuatoriano, sus suelos son mezclas de material volcánico y material orgánico (Mena, 2010) y sus bajas temperaturas varían desde 30 °C hasta temperaturas bajo 0 °C (Mena, y otros, 2011), donde en la Cordillera de los Andes existen una gran cantidad de páramos, uno de ellos se encuentra ubicado en la cuenca alta del río Patulú, ubicado en la parroquia de San Isidro en la provincia de Chimborazo, el mismo que se localiza rodeado por sus comunidades, donde su actual uso es la ganadería, agricultura y el turismo (Llambí, y otros, 2012).

Los suelos de los páramos aun cuando la composición química puede alcanzar hasta el 90% de su volumen como espacio poroso, por lo general el suelo llega a contener entre el 1% hasta 5 % de MO, mientras que el suelo de páramo puede tener desde el 3% hasta 44%, donde puede llegar a valores muy altos como 90% en el caso de tener suelos de turberas , donde estos suelos parameros por lo general son de color oscuro, está fuertemente asociado con la materia orgánica (es el responsable de su alta capacidad de retención del agua), cuya acumulación se ve beneficiada por las bajas temperaturas, formando complejos muy fuertes entre dos partes: la parte mineral y la parte orgánica (Llambí, y otros, 2012).

El presente trabajo se proyecta a la evaluación de materia orgánica del suelo de la cuenca alta del río Patulú, es decir, a determinar el valor que tiene este suelo en esta ubicación, debido a la importancia que radica, por lo que suele contener un 50% de materia orgánica, que está compuesto principalmente de carbono, hidrógeno, azufre, nitrógeno, fósforo, oxígeno, como también macro y micronutrientes que son esenciales para la fauna del lugar (Mena, y otros, 2011). La investigación se realiza para evaluar como las propiedades físico-químicas tales como: pH, densidad, humedad, textura y conductividad eléctrica influyen en el contenido de materia orgánica en el suelo de la parte alta de la cuenca del río Patulú, debido a que en el trascurso del tiempo ha existido una disminución de la materia orgánica en los páramos andinos por consecuencia antrópicas.

## **Justificación**

Los páramos al ser ecosistemas cumplen dos funciones primordiales: la preservación de la biodiversidad y la mitigación del cambio climático, en cuanto a la concentración de materia orgánica expuesta en los suelos de los páramos ha permitido el almacenamiento de carbono en mayor medida, que en otro tipo de ecosistemas y regular el clima, asimismo de ostentar atributos económicos, biológicos, geográficos y sociales; en este tipo de hábitat se hacen hogares de familias únicas, donde 6 de 10 especies de plantas se encuentran en los páramos y sólo habitan en aquel lugar (Herrera, 2013).

La disminución de los ecosistemas de páramo afecta al calentamiento ambiental, debido a su acumulación de dióxido de carbono. Estas zonas que se encuentran amenazadas por consecuencia de las actividades antrópicas, donde el mecanismo de compensación de servicios ambientales, es el inicio para el manejo óptimo de los ecosistemas, y la reducción de estas amenazas en zona alta de la cuenca del río Patulú, en la misma que existe flora y fauna que son importantes para el lugar.

Por lo expuesto anteriormente el objetivo de la investigación es evaluar la materia orgánica del suelo mediante parámetros físico-químicos que influyen en su disminución o aumento en la zona de estudio como una base sólida de orientación a la mejora de la calidad de suelo en este sector.

La investigación se rige al proyecto “Medios de vida como estrategia para la planificación y gestión en la adaptación basada en ecosistemas – PACHA”, que se lleva a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con responsabilidad del Grupo de Investigación y Desarrollo para el ambiente y cambio climático (GIDAC), la cual brindó el apoyo, junto con asesoría técnica y logística, del equipo multidisciplinario, que es una entidad asociada con la protección y la valoración ambiental de suelos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

- Evaluar el contenido de materia orgánica mediante parámetros físico-químicos: densidad, textura, pH y humedad del suelo en la cuenca del río Patulú de la parroquia San Isidro del Cantón Guano en el año 2022.



## **Objetivos Específicos**

- Determinar el contenido de materia orgánica del suelo en la cuenca del río Patulú.
- Cuantificar la influencia de las propiedades físico-químicas del suelo en la cuenca del río Patulú.
- Valorar la relación entre los parámetros físico-químicos y el contenido de materia orgánica del suelo de la cuenca alta del río Patulú.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis Nula**

No existe influencia de las propiedades físico-químicas en el contenido de la materia orgánica del suelo en la cuenca del río Patulú.

### **Hipótesis Alternativa**

Existe influencia de las propiedades físico-químicas en el contenido de la materia orgánica del suelo en la cuenca del río Patulú.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### 1.2. Antecedentes

Los páramos como ecosistemas han sido investigados enfatizando desde el punto de origen hasta su formación, donde las condiciones han permitido su apareamiento gracias a las actividades de las placas tectónicas que se han presentado en estos lugares, es decir el movimiento de las placas que forman la superficie de la tierra y que van formando su relieve a lo largo del tiempo geológico histórico en los Andes (Llambí, y otros, 2012).

Los páramos ecuatorianos se encuentran entre las alturas de 3 200 metros y los 4 700 metros sobre el nivel del mar, por ende, en su mayoría son húmedos, dado que cada año tienen un promedio de precipitación de 500 y 2 000 mm, llegando a tener temperaturas entre 3 y 6 °C, aunque cabe recalcar que los páramos del Ecuador no tienen mucha similitud debido a los factores meteorológicos existente en el país (Camacho, 2013).

Los suelos de los páramos en cuanto a su constitución física se define algunos parámetros como: textura, color, densidad y estructura, debido a que cada uno de ellos tiene propiedades únicas, donde las principales son: la baja densidad aparente, la alta vulnerabilidad a la erosión debido al secamiento, la buena estabilidad de los micro-agregados, elevada micro-porosidad y la gran capacidad que pueden llegar a tener para la retención del agua (Llambí, y otros, 2012)

Ayala, Hernández y otros (2014) en el tema de investigación “Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador” (Ayala, y otros, 2014) donde concluyen que “los páramos del Parque Nacional Yacuri, almacenan gran cantidad de carbono tanto en la biomasa, necromasa y suelo, debido la diversidad florística y formas de vida de las especies y, principalmente a las condiciones de baja temperatura y elevada altitud sobre el nivel del mar que no permite que la biomasa se descomponga y se incorpore al suelo (Ayala, y otros, 2014) en su estudio.

Dentro de la investigación realizada por Sánchez, y otros, (2005, págs. 507-527) encontró una variabilidad, entre el contenido y la composición de materia orgánica de los suelos estudiados con respecto a la latitud planteada los valores mayores de carbono orgánico total se encontraron en la zona más alta y por ende, los valores menores en la zona intermedia, su contenido en MO se vio influenciada por la altitud, la cual se encuentra ligada a diferencia en la flora , la temperatura, humedad y las características del suelo en la investigación (Sanchez, y otros, 2005).

El carbono en situación de páramo se encuentra almacenado en una capa gruesa de la hojarasca, debido a las características del tipo de suelo, son de color negro y húmedo, el cual se debe a la

alta humedad y al clima frío que existe, como también a que estos son formados de cenizas volcánicas provocando un almacenamiento alto en carbono en los suelos (Ayala, y otros, 2014).

En los suelos del páramo la densidad aparente va desde los 1,24 g/cm<sup>3</sup> a 1,01 g/cm<sup>3</sup> en un rango altitudinal a nivel del mar de 4 019 metros a 4 130 metros, estos bajos valores son índices de suelos no cultivados, con buen drenaje, alta porosidad, excelente penetración de raíces y una cuantiosa cantidad de materia orgánica en este suelo (Carrasco, y otros, 2016).

Carrasco, y otros. (2016, págs. 11-15) mencionan que el porcentaje de carbono orgánico determinado en las muestras de suelo y biomasa en el páramo de Igualata aumentan con la altitud, es decir que mientras aumenta la altitud el porcentaje de carbono orgánico es mayor (Carrasco, y otros, 2016).

### **1.3. Bases teóricas**

#### ***1.3.1. Páramo***

El páramo es un ecosistema natural que se encuentra entre el límite continuo del bosque y de las nieves perpetuas, en la alta montaña tropical húmeda, además de ser un área geográfica, un espacio de producción y de vida, e incluso un estado de clima (Llambí, y otros, 2012).

La definición de páramo dependerá desde que punto va el ecosistema y que se prioriza al considerar una “zona de páramo”.

Camacho, M. (2013, pág. 79) menciona que el páramo es “un ecosistema de altura inmerso en un espacio geo social mayor, conocido como la alta montaña ecuatorial, donde coexiste con otros sistemas de altura” (Camacho, 2013).

##### ***1.2.1.1. Tipos de páramo según fisionomía***

Este tipo de clasificación de páramos enfatiza la forma de vida de las plantas que predominan en un área determinada, las más comunes en el Ecuador son:

- **Pajonales:** Se encuentran desde los 3 000 metros de altitud, son de origen natural, húmedos, pero también pueden encontrarse en arenales o en zonas demasiado secas, la flora que domina es las gramíneas (Camacho, 2013).
- **Rosetales:** Se encuentran desde los 2 800 metros de altitud específicamente al norte del Ecuador, tiene una flora de resetas gigantes (Camacho, 2013).
- **Arbustales o matorrales:** Se encuentran desde 2 800 a 4 200 metros de altitud, en este tipo de páramos dominan los arbustos de porte bajo a medio, donde cabe mencionar que estos han

sido sustituidos por los de tipo pajonales, lo cual se debe a las quemas frecuentes o el sobrepastoreo (Camacho, 2013).

### ***1.2.2. Cuenca Hidrográfica***

Se define la cuenca hidrográfica como un sistema natural dinámico donde circula el escurrimiento hasta su punto salida, la misma que se encuentra delimitada en la división topográfica (Zambrano, 2008).

En una cuenca hidrográfica se encuentran algunos ecosistemas terrestres como son: bosques, matorrales, pastizales y también acuáticos como son ríos, humedales y lagos (Ordoñez, 2011).

### ***1.2.3. Parte de una cuenca***

En la cuenca hidrográfica generalmente se distingue tres principales sectores: Alto, medio y bajo, donde en funciones de cada uno obtienen ciertas características topográficas del medio, donde pueden influir en los procesos hidrolómetereológicos en cada uno de ellos, como también en el uso de sus propios recursos (Ordoñez, 2011). Existe una relación directa entre el funcionamiento territorial altitudinal con todas las partes de la cuenca, enfatizando que la parte alta afecta determinadamente a la zona o parte baja (Ordoñez, 2011).

La cuenca alta es determinada a las áreas montañosas o también conocidas como cabeceras de los cerros, el cual están delimitadas en su parte superior por las divisorias del agua; la cuenca media se establece desde las aguas recogidas de la parte alta, en la misma que principalmente mantiene un cauce definido; por otra parte, en la cuenca baja o también denominada zona transicional, es donde el río desemboca (Ordoñez, 2011).

Dentro de la cuenca hidrográfica se determinan a través de una línea de división del agua, la misma que cruza por la parte alta de las montañas o las colinas, estas cuencas en su límite drenan el agua, las cuales pueden ser superficiales o subterráneas (Amendaño, 2018)



**Ilustración 1-1:** Partes de una cuenca

**Realizado por:** MasterGis, 2020

#### ***1.2.4. Propiedades físico-químicas del suelo***

##### ***1.2.4.1. Textura***

La textura es una de las propiedades más enfatizadas e importantes del suelo, debido a muchos estudios realizados en los mismos, en la que tiene influencia en los procesos físico-químicos y biológicos, además del retenimiento del agua, resistencia del suelo, fertilidad natural, como también en la facilidad de movimiento de los contaminantes hasta las aguas subterráneas del suelo (Llambí, y otros, 2012).

La textura se refiere al tamaño de las partículas menores de 2 mm del suelo. Estos tamaños van desde 2 a 0,002 mm en arenas, en limos van de 0,02 a 0,002 mm y menores a 0,002 mm a las arcillas, gracias a estos tamaños determinados se puede representar la textura debido a que la cantidad (%) de estas partículas en las muestras de suelo en estudio las va a definir (Llambí, y otros, 2012).

La textura de los suelos en el páramo representa una gran variación debido al tamaño y tipo de partículas de materiales que lo forman, como también del grado de materialización (Llambí, y otros, 2012).

**Tabla 1-1:** Propiedades del suelo relacionadas con la textura

	<b>Gruesa</b>	<b>Media</b>	<b>Fina</b>
Acaparamiento de agua	Bajo	Medio	Alto
Fluidez del agua	Rápido	Medio	Lento
Potencia necesaria para labranza	Bajo	Medio	Alto
Erosión por viento agua (facilidad para separar partículas)	Alto	Medio	Bajo
Erosión por viento - agua (facilidad para transportar partículas)	Bajo	Medio	Alto
Acumulación de nutrientes para las plantas	Bajo	Medio	Alto
Movimiento de contaminantes	alto	Medio	Bajo

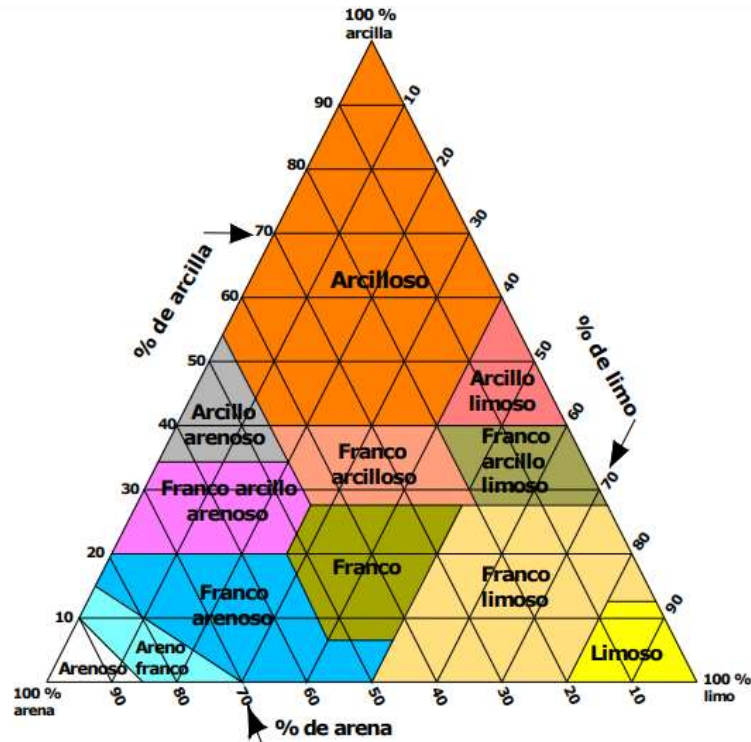
Fuente: Llambí, y otros, 2012

**Tabla 2-1:** Clasificación de la Textura

<b>Clasificación Americana (USDA)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
Arena muy gruesa	2 mm > Ø > >1 mm
Arena gruesa	1 mm > Ø > 0.5 mm
Arena media	0.5 mm > Ø > 0.25 mm
Arena fina	0.25 mm > Ø > 0.10 mm
Arena muy fina	0.10 mm > Ø > 0.05 mm
Limo	0.05 mm > Ø > 0.002 mm
Arcilla	< 0.002 mm

Fuente: USDA.,1999.

Dentro de las escalas de clasificación de la textura existen dos formas de identificarlos mediante el método internacional y el americano, de ambas la segunda es la más utilizada, la cual es conocida como el “triángulo de texturas” como se puede ver en la figura 2-1. En la misma, se encuentran trazadas líneas paralelas a los lados del triángulo, el cual fijan el límite de porcentajes de cada componente del suelo, los cuales pueden ser la arcilla, el limo y la arena.



**Ilustración 2-1:** Triángulo de textura

Fuente: Ciancaglini, 2018

#### 1.2.4.2. Densidad aparente

La densidad aparente es una magnitud aplicada en materiales porosos como el suelo, los cuales forman cuerpos heterogéneos con presencia de aire u otra sustancia normalmente más ligera, de forma que la densidad total del cuerpo es menor que la densidad del material poroso si se compactase (Llambí, y otros, 2012).

Los suelos en las zonas de páramo poseen una baja densidad aparente, debido a que se encuentra un alto contenido de carbono orgánico en estos lugares, por consecuencia se confiere un nivel alto de porosidad (Daza, M; Hernández, F & Triana, F, 2014). Asimismo, en estas zonas la densidad aparente promedio encontrada es de 0,80 g/cm<sup>3</sup> (Reinoso, 2020).

Para la estimación del proceso a efectuarse durante el cálculo la densidad aparente se realiza mediante el método conocido como la del cilindro con volumen conocido (Blake, 1986), la misma que posee una relación con el carbono orgánico de los suelos en las zonas de páramo (Gutiérrez, y otros, 2020).

#### *1.2.4.3. Densidad real*

La densidad real constituye la fase sólida del suelo, es decir, es un valor muy sólido y permanente debido a que la mayor parte de los minerales arcillosos despliegan una densidad que está alrededor de 2.65 gramos por centímetro cúbico (Pereira, y otros, 2011).

Los carbonatos presentan una densidad algo menor asimismo la materia orgánica, la misma que puede obtener valores de 0.1; debido en que los horizontes con un nivel alto orgánicos o con los carbonatados se debe deliberar el valor de 2.65. En un caso con los orgánicos se debe calcular empleando los valores citados a los contenidos relativos de fragmento mineral y orgánica (Pereira, y otros, 2011).

#### *1.2.4.4. Color del suelo*

El suelo del páramo, generalmente 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, y otros, 2012), además cuando se encuentra localizado en nódulos o películas, donde se le atribuye a compuestos como es el hierro (Fe) y sobre todo al manganeso (Mn) (Dominguez, y otros, 2012).

El color es la característica morfológica más notoria en el suelo del páramo. Por ende, se puede evidenciar por:

- el material parental
- el porcentaje de materia orgánica y tipo de suelo
- la constitución de los productos
- secuela de materiales volcánicos acumulados.

Algunas zonas de los suelos de páramo muestran colores que consiguen un nivel alto de tonalidad de negro (Llambí, y otros, 2012).





**Ilustración 3-1:** tabla de Munsell-Soil color Chart

**Fuente:** CIELab, 2012

Los horizontes superficiales son muy oscuros, por consecuencia al alto contenido de materia orgánica humificada, la cual poseen un fuerte dominio de coloración negra. Sin embargo, esto no sucede en todos ellos (Pereira, y otros, 2011). Por otra parte, los horizontes subsuperficiales cuando se encuentran presentes tienen una coloración clara y algunos de ellos suelen ser de tipo arcillosos, como también hay de otros tipos de textura (Dorronsoro, 2017)

Para la clasificación de este tipo de suelo, se puede necesitar material molido o frotado, donde se llega a registrar el contraste con el suelo húmedo o seco con los colores relacionados con la organización estructural de la zona del suelo en estudio (FAO, 2009).

#### 1.2.4.5. *Humedad*

La cantidad de lluvia en la zona de páramo puede llegar a tener una diferenciación importante, debido que se encuentra entre 500 y hasta más de 3.000 mm/año. A pesar que, a más de la cantidad de lluvia es la humedad constante existente junto con las precipitaciones ocultas, es decir, la neblina, lloviznas, entre otras, lo que hace que el suelo tenga una permanente humedad, lo que permite una evolución rápida del suelo (Camacho, 2013). Existen zonas particulares que debido a su ubicación se encuentran fuera de la trayectoria de los vientos amazónicos, los mismos que reciben vientos fuertes con un nivel mínimo de humedad, la cual, han generado un microclima árido, formando zonas de arenal, uno de ellos se encuentra ubicado al oeste del Chimborazo. En estas áreas con respecto a su ubicación, el desarrollo de esta zona es muy débil, la misma que hace una diferencia notoria con respecto a otros páramos (Mena, 2010).

La humedad ha sido un factor importante en el suelo del páramo, debido a que por menos humedad existe un aumento de descomposición dando como consecuencia la disminución de materia orgánica y a su vez un nivel de retención de agua menor, este factor es importante debido a que estos suelos se encuentran poco desarrollados por su contenido volcánico, lo que hace que al secarse no vuelven a recuperar la morfología original cuando se vuelve a humedecer (Camacho, 2013).

#### 1.2.4.6. pH

El pH es un indicador de acidez o de basicidad de la solución del suelo, el mismo que tiene influencia en la fauna existente, como también, en el desarrollo de la flora, además interviene en la calidad y en la velocidad del proceso de mineralización y la humificación y mineralización (Pereira, y otros, 2011).

La relevancia del pH en las propiedades tanto físicas como químicas en el suelo, donde un pH neutro para las propiedades físicas es el mejor para el suelo, por otra parte, un pH ácido da entender la intensidad en la variación de minerales, es decir que la estructura se vuelve inestable tanto de manera que un pH alcalino da como resultado a una mala condición física del suelo (Pereira, y otros, 2011).

**Tabla 3-1:** Clasificación de pH respecto al suelo

<i>pH de solución del suelo</i>	<i>Clasificación</i>
<5.5	<i>Muy Ácido</i>
5.6 – 6.5	<i>Ácido</i>
5.1-5.5	<i>Suelo fuertemente ácido</i>
6.6-7.5	<i>Neutro</i>
7.6-8.5	<i>Básico</i>
>8.6	<i>Alcalino</i>

**Fuente:** Gaviria et al., 1972

Los suelos de los páramos como generalidad provienen de origen volcánico, lo que los hace ser húmedos y ácidos, la misma que se encuentra en un pH entre los 3,9 hasta los 5,4 (Díaz, y otros, 2005).

#### *1.2.4.7. Carbón orgánico*

El carbono orgánico del suelo en zonas de páramo es importante debido al ciclo completo del Carbono, el mismo que ocupando el 69,8 % de C, donde, se lo clasifica de acuerdo a la función y al tipo de sumidero como: sumidero activo que va desde 1-2 años, también el sumidero intermedio que va desde los 10 hasta 100 años y por último, el sumidero estable que va desde los 100 hasta los 1000 años, de manera que favorece positivamente y eficientemente en la retención de los nutrientes y de retener a largo plazo el carbono en el suelo (Davis, y otros, 2018).

También es considerado uno de los componentes principales de la productividad, la seguridad hídrica, calificada también como piedra angular de la biodiversidad, por otra parte, la resiliencia en el cambio climático, sus mayores reservas del carbono orgánico se encuentran en las zonas de humedales y turberas, las mismas que están en regiones tropicales y frías del área (Laban, 2018).

Además, para una restauración y preservación de la biodiversidad y el carbón orgánico es necesario el aumento de insumos de la materia orgánica y la reducción de pérdidas de carbono, a pesar de que esto puede tardar muchos años en obtener resultados (Laban, 2018).

#### *1.2.4.8. Materia orgánica del suelo (MOS)*

La acumulación de materia orgánica se encuentra relacionada con el lento proceso de la descomposición del material vegetal, debido a que está zonas son de bajas temperaturas, donde la desintegración es lenta, en general una baja disponibilidad del nitrógeno mineral en estos suelos (Llambí, y otros, 2012).

Estos suelos están formados principalmente por C, H, O, N en mayor proporción y, en menor proporción se encuentran S, P, B, Fe, Mo, entre otros. De esta manera es nominada la parte de la MOS poco alterada, antes de que se convierta en humus. Asimismo, está compuesta por partes de plantas y animales, como también, la biomasa vegetal muerta originaria de la vegetación, raíces, biomasa microbiana, excrementos, secreciones y excreciones de plantas y animales (Sánchez, y otros, 2005).

Además, el aumento de materia orgánica viva que existe en los suelos puede tener una influencia directa en cambios físicos y químicos en el mismo (Guamán, 2018).

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 suelo (Llambí, y otros, 2012).

**Tabla 4-1:** Estimación del contenido de materia orgánica basado en el color del suelo de la tabla de Munsell.

Color	Valor Munsell	Suelo húmedo			Suelo seco		
		A	AF,FA,F	FL,L,FYL, FY,FYA,Y A,YL,Y	A	AF,FA,F	FL,L,FYL,FY, FYA, YA, YL,Y
		(%)					
Gris claro	7				<0.3	<0.5	<0.6
Gris claro	6.5				0.3-0.6	0.5-0.8	0.6-1.2
Gris	6				0.6-1	0.8-1.2	1.2-2
Gris	5.5			<0.3	1-1.5	1.2-2	2-3
Gris	5	<0.3	<0.4	0.3-0.6	1.5-2	2-4	3-4
Gris oscuro	4.5	0.3-0.6	0.4-0.6	0.6-0.9	2-3	4-6	4-6
Gris oscuro	4	0.6-0.9	0.6-1	0.9-1,5	3-5	6-9	6-9
Gris negro	3.5	0.9-1.5	1-2	1.5-3	5-8	9-15	9-15
Gris negro	3	1.5-3	2-4	3-5	8-12	>15	>15
Negro	2.5	3-6	>4	>5	>12		
Negro	2	>6					

**Fuente:** Shliching, Blume & Stahr (1995)

### ***1.2.5. Suelos que se desarrollan sobre depósitos volcánicos.***

Las cenizas volátiles de los volcanes activos cubren desde el norte del Ecuador hasta el sur de Cuenca y aumentan según el clima ecuatoriana, además puede tener un crecimiento a una escala de un área crecidamente reducida. Por consecuencia de su depósito y transformación generan un desvanecimiento de las formas del relieve (Dercon, y otros, 2000).

#### 1.2.5.1. *Propiedades de suelos que se desarrollan sobre depósitos volcánicos.*

El suelo que se forma en las cenizas volcánicas es conocido como *ANDOSOL*. Debido a su composición de los depósitos volcánicos con un gran porcentaje de vidrios, donde, su alteración es muy apresurada y lleva a la formación de complejos aluminio-orgánicos con los minerales poco cristalizados como pueden ser los alófanos y la imogolita. Estos son suelos jóvenes que contienen horizontes poco diferenciados (Dercon, y otros, 2000).

#### **Parámetros morfológicos**

- El color del horizonte superior es negro a consecuencia de la alta tasa de contenido de materia orgánica
- Tienen una estructura muy estable con microagregación y un nivel alto de porosidad
- Son resistentes a la erosión, debido a una alta tasa de humedad y a una permeabilidad alta, el cual ha permitido el desarrollo de las raíces a gran escala. (Dercon, y otros, 2000).

#### **Parámetros físicos**

- La densidad aparente tiene como criterio ser muy débil ( $<0,9$  a  $0,3$ ). (Dercon, y otros, 2000).
- La tasa de retención del agua tiene un porcentaje del 70% en los suelos vítricos y hasta un 200% en los andosoles no alofánicos en función del peso seco, es decir, su retención de agua tiene un nivel muy elevado (Podwojewski, 2000).
- La retención del agua es alterable hasta cierto punto, a pesar, de que en la sequía es irreversible. Su elevada capacidad de retención del agua es favorecida a porosidad, es decir, cuando el suelo está seco, éste se retrae y lo que hace que el tamaño de los poros se reduce, lo que produce un bajo nivel de retención de agua (Dercon, y otros, 2000).

#### **Parámetros químicos**

- Los andosoles no poseen arcillas mineralógicas que se encuentren bien cristalizadas (Podwojewski, 2000).
- La presencia en los suelos del aluminio (Al) en forma p-cristalina se diferencia del Al en complejo con el contenido de la materia orgánica (Podwojewski, 2000).
- El carbono orgánico tiene un nivel muy alto. Estos son los suelos histosoles (turbas), los cuales retienen una cantidad de carbono muy alta. Esto es explicado por el régimen de las

temperaturas de promedio bajo y también por el desarrollo de complejos aluminio-orgánicos que resultan muy estables y en parte tóxicos para microorganismos que pueden descomponer la materia orgánica existente en los suelos. Por otra parte, los andosoles ácidos no alofánicos poseen una capacidad muy alta de carbono en comparación a los alofánicos. Esta materia orgánica se identifica por la presencia de ácidos húmicos que tienen un fuerte poder de color negro, el mismo que es conocido como un proceso de melanismo (Podwojewski, 2000).

### 1.2.6. Correlación de Pearson

El modelo analiza la relación existente entre dos variables, de manera independiente de la escala de medida de las variables, las cuales deben ser medibles de manera independiente para poder eliminar el sesgo en el resultado (Arízaga, 2016).

El coeficiente de correlación tiene enfoque en la determinación del grado de relación entre las variables en estudio (Arízaga, 2016).

#### Interpretación del coeficiente de correlación de Pearson.

Según Salvador, 2010 esta puede encontrarse ente 1 y -1, con una escala grande de interpretación, la cual dependerá de la significatividad estadística, sentido o dirección de la correlación (Arízaga, 2016).

**Tabla 5-1.** Interpretación de índices de correlación.

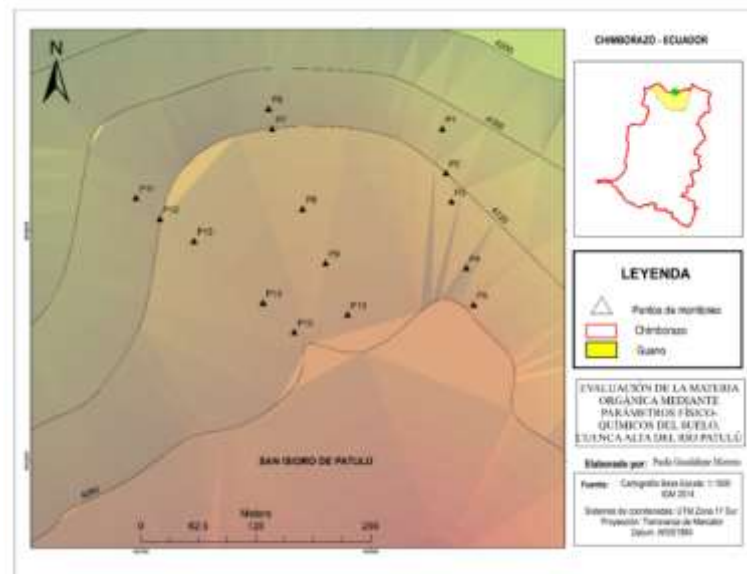
Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,70 a - 0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a -0,39	Correlación positiva baja
0,40 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

Fuente: López, 2016

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Área de Estudio



**Ilustración 1-2:** Mapa del área de la Cuenca Alta del Río Patulú

**Fuente:** Carrasco, y otros, 2016

**Realizado por:** Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)



**Ilustración 2-2:** Área de la Cuenca Alta del Río Patulú

**Fuente:** Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

Se encuentra ubicado en la parroquia de San Isidro de Patulú en la sierra central del país, al noroeste de la Provincia de Chimborazo, perteneciente al cantón Guano, a 6 km de la ciudad, tiene una superficie de 78, 46 km<sup>2</sup>, su altitud oscila entre 2801 y 4 329 m sobre el nivel del mar, además cuenta con un clima que se encuentra entre los 5 °C a 18 °C en condiciones normales (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Catón Guano, 2019).

## **2.2. Población y muestra**

### ***2.2.1. Población***

La población de estudio abarca aproximadamente una extensión de 18 584 hectáreas de zona indirecta y 2 693 hectáreas de zona directa, por criterio de abarcar una zona representativa para el área de estudio en base a las altitudes.

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

### ***2.3.1. Tipo de investigación***

La investigación es de carácter cuantitativo debido a la obtención de resultados numéricos mediante análisis de correlación entre el porcentaje de materia orgánica y los parámetros físico-químicos del suelo en estudio. Donde conforme al objetivo esta inclinada a una investigación aplicada de acuerdo a los datos del porcentaje de materia orgánica y los debidos parámetros en cuestión que son teorizados desde los conocimientos teórico-prácticos.

Para la manipulación de las variables, es de tipo pre-experimental, debido a que se ejecutará técnicas de manipulación y control a las muestras de suelos de la parte alta de la cuenca del río Patulú que contienen la materia orgánica para determinar el efecto causado por los parámetros físico-químicos en ella. Según el nivel de profundidad en el objetivo de estudio es de tipo explicativa correspondiente a que es más flexible, amplia y dispersa en la metodología pues al final se dará a conocer que cantidad de materia orgánica se encuentra en suelo del páramo.

### ***2.3.2. Diseño de la investigación***

Dentro de la estadística existen algunos diseños experimentales para la resolución de una gran variedad de problemas o también situaciones, debido a esto, en la siguiente investigación presentada se aplicará el diseño preexperimental, debido a la experimentación de la variable



dependiente (materia orgánica de la cuenca alta del río Patulú) para la observación sobre la variable independiente (propiedades físico-químicas del suelo).

En el desarrollo para la determinación de si las variables son significativas o no, se aplicará tablas de ANOVA, la cual para la validación de sus resultados se realizará con el establecimientos de los supuestos tanto de normalidad, varianza constante e independencia en el estudio, es decir en estadística aplicada la técnica a ejecutar es el diseño multifactorial para las variables altitud, profundidad e intervención de los parámetros físico-químicos, por otra parte para el fraccionamiento el diseño de un solo factor.

### ***2.3.3. Variable***

#### **Variable Independiente**

Contenido de materia orgánica del suelo en la cuenta alta del río Patulú.

#### **Variable dependiente**

Propiedades físico-químicas del suelo de la cuenca alta del río Patulú.

## **2.4. Materiales y Equipos**

### ***2.4.1. Materiales***

- Varilla de agitación
- Moldes de Aluminio
- Crisoles de porcelanas
- Pipetas graduadas
- Pera de succión
- Paquetes de ziploc de un kilogramo y 500 gramos
- Barreno
- Pinza para crisol
- Papel de empaque
- Cilindro de acero inoxidable
- Tamiz (2000 um, 250 um, 180 um)
- Vasos de plástico
- Espátula

### **2.4.2. Reactivo**

- Agua destilada

### **2.4.3. Equipos**

- Balanza Analítica
- Conductímetro
- pH-metro
- Estufa
- Mufla
- Estufa

## **2.5. Métodos y Técnicas**

### **2.5.1. Fase de Campo**

#### **2.5.1.1. Suelo**



**Ilustración 3-2.** Recolección de muestras con barrenos

**Fuente:** Guadalupe Paola, 2022 (GIDAC)

Para la obtención de las muestras de materia orgánica del suelo se aplicó la técnica de barrenación, la cual consiste en introducir con presión el barreno hasta la profundidad deseada, 0,0 a 0,70 metros en los 15 puntos que representan tres transeptos (Cargua, F., Rodríguez, M., Recalde, C., & Vinueza, L., 2014), los mismo que son separados a una distancia de 10, iniciando desde los 4090 m.s.n.m hasta los 4130 m.s.n.m, y de 0,70 metros a 1,20 metros, realizando el mismo proceso, donde se obtuvo las muestras del suelo etiquetadas y selladas en las fundas ziploc.



**Ilustración 4-2:** Recolección de la muestras de suelo en el área de estudio

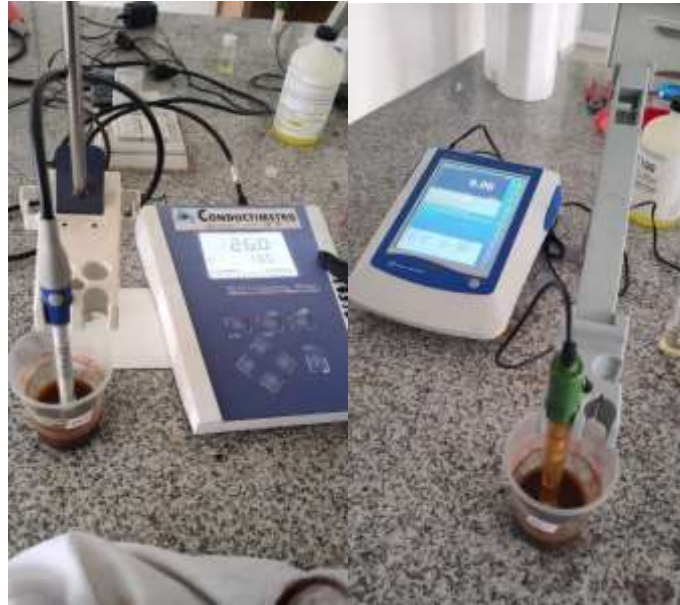
Fuente: Guadalupe Paola, 2022 (GIDAC)

### **2.5.2. Fase de Laboratorio.**

Luego del respectivo muestreo, las muestras de suelo respectivamente identificadas por cada parcela y punto, se procede a realizar inmediatamente los análisis físico-químicos establecidos por el Grupo de Investigación-Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático.

#### *2.5.2.1. pH y conductividad eléctrica.*

- Para el análisis de ambos parámetros se procede a utilizar la técnica potenciométrica donde se utilizará el pH-metro y el conductímetro respectivamente.
- En un vaso de plástico respectivamente identificado añadir 20 gramos de la muestra, luego añadirle 45 mL de agua destilada y repetir el mismo proceso con todas las muestras en estudio.
- Agitar por 15 minutos con una varilla de vidrio todas las muestras, para luego dejar reposar por 5 minutos antes del análisis de pH y 24 horas para medir la conductividad eléctrica (Ciancaglini, 2009).



**Ilustración 5-2.** Análisis de conductividad eléctrica y pH en el laboratorio de Investigación y Desarrollo Ambiental y Cambio Climático

**Fuente:** Guadalupe Paola, 2022 (GIDAC)

#### 2.5.2.2. *Textura.*

Para la identificación de la textura de la muestra del suelo se utiliza el método organoléptico principalmente el tacto y la vista, donde se debe seguir los siguientes pasos:

- Por cada muestra repetir este paso: Colocar una pequeña muestra del suelo en la palma de la mano no dominante e ir adicionando gotas de agua destilada hasta llegar a una masa moldeable (Cargua, F., Rodríguez, M., Recalde, C., & Vinuesa, L., 2014).
- Con la ayuda de la mano dominante manipular, si al humedecer excesivamente la pasta y frotarla entre los dedos la sensación al tacto:
  1. es áspera el suelo es franco arcilloso arenoso
  2. se percibe suave es franco arcillo limoso
  3. si la percepción no es ni suave ni áspero es franco arcilloso
  4. si la consistencia es adherente y plástica es netamente Arcillosa
- Por cada dato obtenido en el análisis de la textura anotar y registrar los resultados de las muestras (Ciancaglini, 2009)



**Ilustración 6-2.** Análisis de textura en el laboratorio de Investigación y Desarrollo Ambiental y Cambio climático

**Fuente:** Guadalupe Paola, 2022 (GIDAC)

### 2.5.2.3. Densidad y Humedad

En la determinación de resultados para la densidad es la del cilindro con volumen conocido, donde tiene base en los siguientes pasos:

- Al ser obtenida la muestra de suelo en estudio, inmediatamente se realizó su respectivo análisis, donde se procedió a pesar (muestra de suelo húmedo encapsulada en el cilindro + cilindro de metal) en la balanza analítica del GIDAC.
- Al terminar el paso anterior se lleva la muestra a la estufa a 105°C durante un tiempo de 24 horas.
- Al trascurrir este periodo se deja en el desecador enfriar, para luego proceder a pesar y registrar su peso en la base de datos de la investigación.
- Finalmente, mediante el cálculo de la siguiente fórmula de calculará su resultado. (Gómez, 2013).

$$Da\left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{P_s}{V} \quad (1)$$

Donde:

- Da: Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)
- Ps: peso del suelo seco (g)
- V: volumen del cilindro conocido (cm<sup>3</sup>)

$$V = \pi r^2 * h \quad (2)$$

Donde:

- r: radio (cm)

- h: altura (cm)

Dentro del mismo proceso mediante el cálculo respectivo se obtiene el resultado del porcentaje de humedad con los siguientes parámetros:

$$\%Humedad = \frac{P_h - P_s}{P_h} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

- $P_h$ : peso de la muestra de suelo húmedo
- $P_s$ : peso de la muestra de suelo seco



**Ilustración 7-2.** Análisis de humedad y densidad en el laboratorio de Investigación y Desarrollo Ambiental y Cambio climático

**Fuente:** Guadalupe Paola, 2022 (GIDAC)

#### 2.5.2.4. *Materia Orgánica y carbono orgánico.*

Una vez obtenido las muestras de suelo de la cuenca alta del río Patulú de cada parcela de los puntos graficados en el área de investigación, procede el análisis en los siguientes pasos:

- La muestra de suelo húmeda es secada en papel de empaque alrededor de 72 horas, donde en el transcurso de este tiempo se extrae tanto materia orgánica como inorgánica de la misma.
- Una vez transcurrido este tiempo se fracciona por medio de un tamiz ordenado en tamaños de 2000  $\mu\text{m}$  , 250  $\mu\text{m}$  y 180  $\mu\text{m}$ .
- Para la cuantificación de la materia orgánica es utilizada el método de Ignición, el mismo que consiste en obtener cuatro pesos durante este proceso. El primero reside en tarar los

crisoles de porcelana en la mufla a 600 °C por el tiempo de dos horas para la prevención de impurezas, al término se lleva al desecador hasta enfriar para luego pesar cada uno de ellos, de esta manera obtenemos el peso uno “P<sub>1</sub>”

- Para obtener el peso dos “P<sub>2</sub>” se tara la balanza analítica utilizada en el estudio, donde se procede a pesar 5 gramos de la muestra de suelo de la fracción de 250 µm en el crisol.
- Para el siguiente peso “P<sub>3</sub>” se lleva la muestra de suelo con el crisol en el desecador a la estufa a 105°C durante un día para eliminar toda el agua higroscópica que contiene la muestra, finalizando este tiempo sacar las muestras y dejar enfriar en el desecador, donde finalmente se pesa obteniendo el resultado de este dato.
- Para el ultimo peso “P<sub>4</sub>” después del anterior paso se debe llevar las muestras en el desecador hacia la mufla por dos horas a 360°C, donde la materia orgánica de la muestra de suelo es calcinada, se toma en cuenta que no se volatiliza el CO<sub>2</sub> de los carbonatos ni el agua estructural encontrada en la misma. Finalmente, se coloca las muestras en el desecador nuevamente, se espera el tiempo de enfriamiento, para luego pesar de tal manera que se obtiene el último resultado de este dato. (Chatterjee et al., 2009).



**Ilustración 8-2.** Análisis del porcentaje de materia orgánica y carbón orgánico en el laboratorio de Investigación y Desarrollo Ambiental y Cambio Climático

**Fuente:** Guadalupe, Paola, 2022 (GIDAC)

Después de la obtención de los datos se procede a utilizar las siguientes fórmulas para la determinación del porcentaje materia orgánica y carbón orgánico:

**Porcentaje de Materia Orgánica:**

$$\%MO = \frac{(P_3 - P_4)}{(P_3 - P_1)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

P<sub>1</sub>: Peso del crisol tarado

P<sub>3</sub>: Peso del crisol más la muestra después de la estufa

P<sub>4</sub>: Peso del crisol más la muestra después de la mufla a 360 °C

**Porcentaje de Carbono Orgánico:**

$$\%CO = \frac{\%MO}{1.724} \quad (5)$$

Donde,

%MO: Porcentaje de materia orgánica.

1.724: Constante de Van Bemmelen.



## CAPITULO III

### 3. Resultados y Discusión de los resultados.

#### 3.1. Propiedades físico – químicas del suelo de la Cuenca alta del río Patulú.

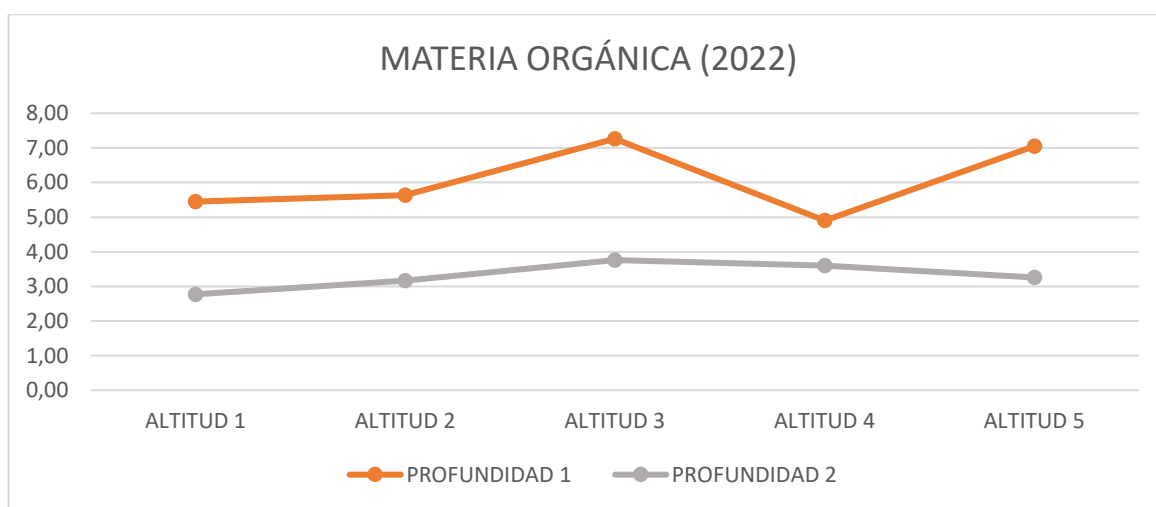
##### 3.1.1. Resultados del promedio del porcentaje de materia orgánica y carbono orgánico del suelo

**Tabla 1-3.** Promedio del porcentaje de la Materia Orgánica del suelo

<b>Promedio Porcentaje de la Materia Orgánica de la Cuenca Alta del río Patulú del 2022</b>					
<b>SUELO</b>	<b>ALTITUD 1</b> (4090 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 2</b> (4100 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 3</b> (4110 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 4</b> (4120 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 5</b> (4130 m.s.n.m)
<b>PROFUNDIDAD 1</b> (0,0 m - 0,70 m)	5,453	5,634	7,262	4,90	7,05
<b>PROFUNDIDAD 2</b> (0,7 m - 1,2 m)	2,771	3,162	3,759	3,60	3,26

Realizado por: Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

**Ilustración 1-3:** Representación del promedio del porcentaje de la Materia Orgánica



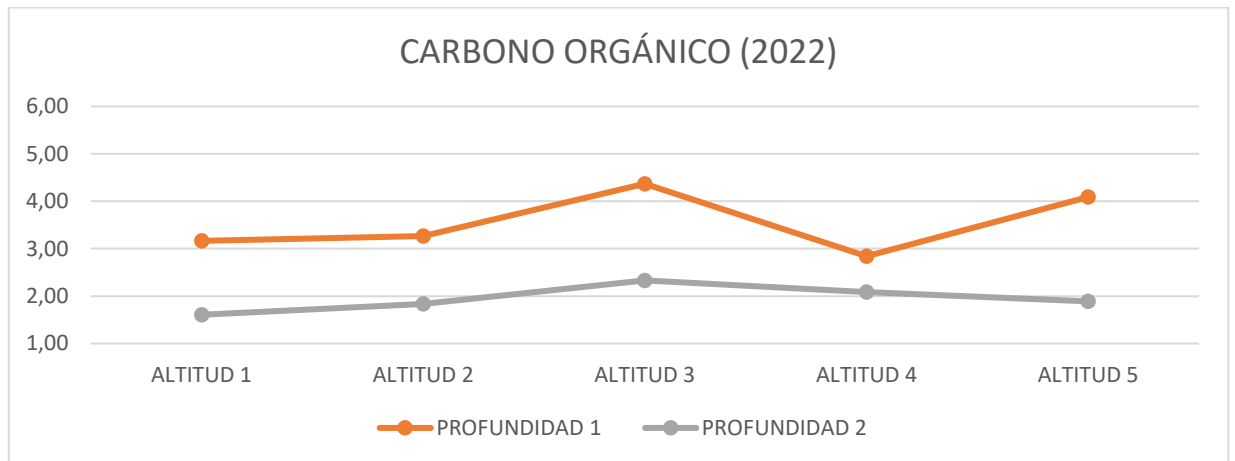
Realizado por: Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

**Tabla 2-3.** Promedio del Porcentaje del Carbono Orgánico del suelo

<b>Promedio del Porcentaje del Carbón Orgánico de la Cuenca Alta del río Patulú del 2022</b>					
<b>SUELO</b>	<b>ALTITUD 1</b> (4090 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 2</b> (4100 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 3</b> (4110 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 4</b> (4120 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 5</b> (4130 m.s.n.m)
<b>PROFUNDIDAD 1</b> (0,0 m - 0,70 m)	3,163	3,268	4,368	2,841	4,091
<b>PROFUNDIDAD 2</b> (0,7 m - 1,2 m)	1,607	1,834	2,331	2,086	1,889

Realizado por: Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

**Ilustración 2-3:** Representación del promedio del porcentaje de la Carbón Orgánica



**Realizado por:** Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

En la Tabla 1-3 y en el gráfico 1-3, se observa que el porcentaje de materia orgánica del suelo es mayor en la profundidad 1 (*P1*), es decir que a menor profundidad mayor es el porcentaje de materia orgánica en el suelo (Camacho, 2013) (Carrasco, y otros, 2016), debido a que la disminución del contenido de materia orgánica está asociada a la degradación del territorio (Porta, y otros, 2011).

En la Tabla y Gráfico 2-3, se observa que la cantidad de carbono orgánico mayor se encuentra en *P1*, es decir que a menor profundidad mayor porcentaje de carbono orgánico se encuentra en el suelo, ya que el incremento se debe a la continua capacidad de la vegetación de proveer materia orgánica (Beck, 1994) y esta debido a su lenta descomposición, el suelo húmedo y las bajas temperaturas generan estos sumideros de carbono orgánico en la profundidad próxima a la vegetación expuesta en el páramo (Hofstede, y otros, 2014).

**Análisis:** En el páramo los suelos tienen la capacidad de acumulación de grandes porcentajes de carbón orgánico debido a las bajas temperaturas encontradas en estos sitios, lo cual como consecuencia reduce la tasa de descomposición de la materia orgánica que se encuentra en él (Catañeda, 2017). Donde a continuación se comprueba, en la Tabla 4-3 se observa que a *P1* el promedio es de 3,55%, mientras que en *P2* es de 1,95% lo que se puede evidenciar en el Gráfico 2-3 el comportamiento del suelo uno más alto que del suelo dos en sus diferentes altitudes. Por consiguiente, el promedio del porcentaje de materia orgánica en *P1* es de 6,06% y en *P2* es de 3,31%, lo que en consecuencia se puede definir que, al tener menor porcentaje de carbón orgánico, la descomposición de materia orgánica es mayor, como se puede observar en el suelo de la cuenca alta del río Patulú en el periodo 2022-2023.

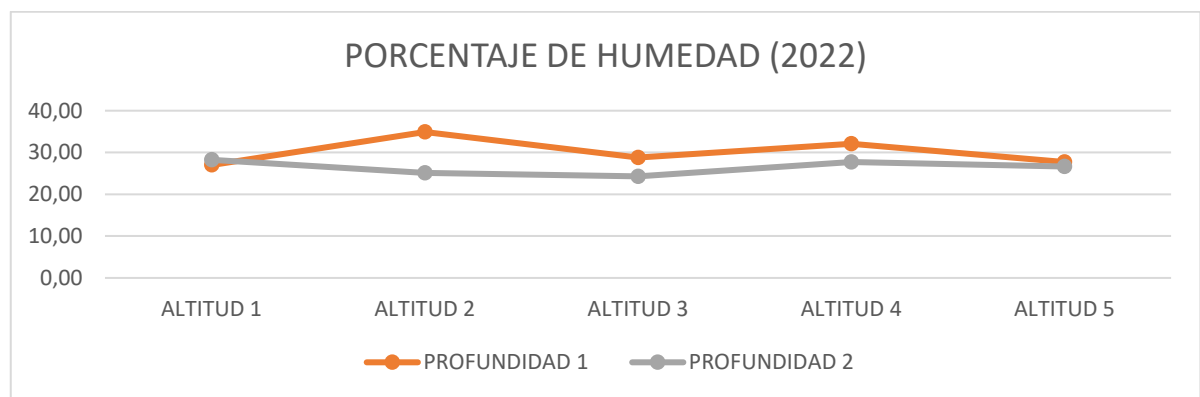
### 3.1.2. Resultados del promedio del porcentaje de humedad

Tabla 3-3. Promedio de la humedad

Promedio de humedad de la Cuenca Alta del río Patulú del 2022					
SUELO	ALTITUD 1 (4090 m.s.n.m)	ALTITUD 2 (4100 m.s.n.m)	ALTITUD 3 (4110 m.s.n.m)	ALTITUD 4 (4120 m.s.n.m)	ALTITUD 5 (4130 m.s.n.m)
PROFUNDIDAD 1 (0,0 m - 0,70 m)	27,003	34,903	28,797	32,064	27,702
PROFUNDIDAD 2 (0,7 m - 1,2 m)	28,247	25,103	24,300	27,689	26,621

Realizado por: Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

Ilustración 3-3: Representación del promedio de humedad



Realizado por: Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

En la Tabla 3-3 y el Gráfico 3-3, se puede observar que la variación de la humedad es mínima en ambas profundidades, donde sus valores dependen de la época (Porta, y otros, 2011), además su disminución o aumento obedece a las condiciones medioambientales y el aporte de materia orgánica que se encuentre en el suelo (Paña, 2022).

**Análisis:** En la Tabla 3-3, se puede evidenciar el valor promedio del porcentaje de humedad en su respectivo análisis en *P1* se obtuvo como resultado un 30,09% y en *P2* se obtuvo un 26,39% con respecto a las cinco altitudes, además se puede observar en el Gráfico 3-3 el comportamiento de la humedad con respecto a la altitud, donde se puede demostrar que el porcentaje de humedad de *P1* es más alto que la *P2*. No obstante para los suelos paramunos se encuentran en un 65% de humedad, lo que quiere decir en comparación con los resultados obtenidos el porcentaje de humedad es bajo, lo que no quiere decir que este suelo presenta secuelas de actividades antrópicas anteriores que a pesar de estar este en un proceso de recuperación presenta desgaste de su cobertura vegetal y una compresión del suelo, lo que ha tenido como consecuencia el impedimento de una correcta captación del agua (Llambí, y otros, 2012).

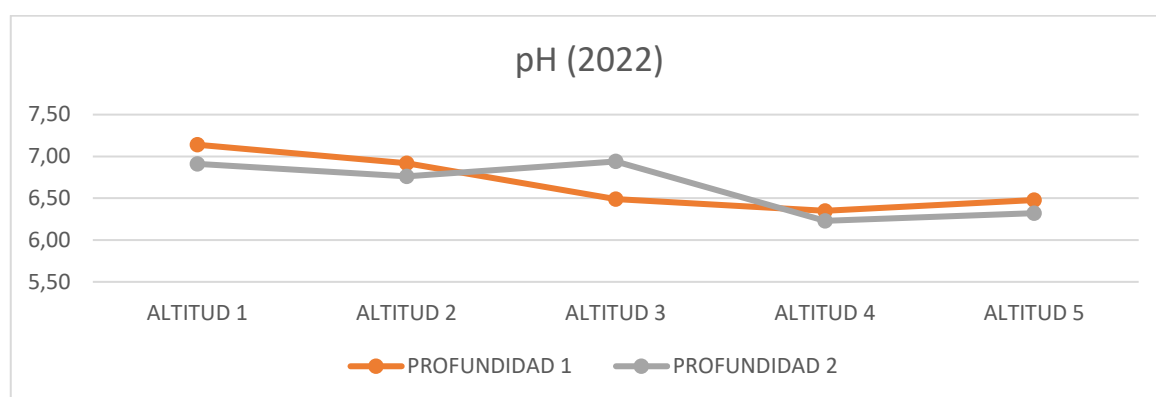
### 3.1.3. Resultado del promedio del pH

**Tabla 4-3.** Promedio del pH

Promedio del pH de la Cuenca Alta del río Patulú del 2022					
SUELO	ALTITUD 1 (4090 m.s.n.m)	ALTITUD 2 (4100 m.s.n.m)	ALTITUD 3 (4110 m.s.n.m)	ALTITUD 4 (4120 m.s.n.m)	ALTITUD 5 (4130 m.s.n.m)
PROFUNDIDAD 1 (0,0 m - 0,70 m)	7,14	6,92	6,49	6,35	6,48
PROFUNDIDAD 2 (0,7 m - 1,2 m)	6,91	6,76	6,94	6,23	6,32

Realizado por: Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

**Ilustración 4-3:** Representación del promedio del pH



Realizado por: Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

En la Tabla 4-3 y en el Gráfico 4-3, se observa que el pH en *P1* con respecto a *P2* se encuentra por encima de la misma, a excepción de la altitud 3 que se encuentra viceversa, en si el comportamiento característico del pH es que a mayor rango altitudinal menor potencial de hidrógeno se encuentra en el suelo y va disminuyendo de acuerdo a la profundidad (Mogollón, y otros, 2015).

**Análisis:** Para Llambí, et al (2012) los suelos de los páramos del norte del Ecuador en la zona del Chimborazo el rango de pH se encuentra entre 5,3 – 6,3, el cual es un pH ácido, dado este reconocimiento, en el área de estudio a la profundidad 1 (0,0 m – 0,70 m) el promedio fue de 6,68 y en la profundidad 2 (0,70 m – 1,20 m) el promedio fue de 6.63, promedios que resultaron de las parcelas con tres respectivas repeticiones realizadas, lo que hace estos suelos tengan una acidez considerable (Suárez, 2005).

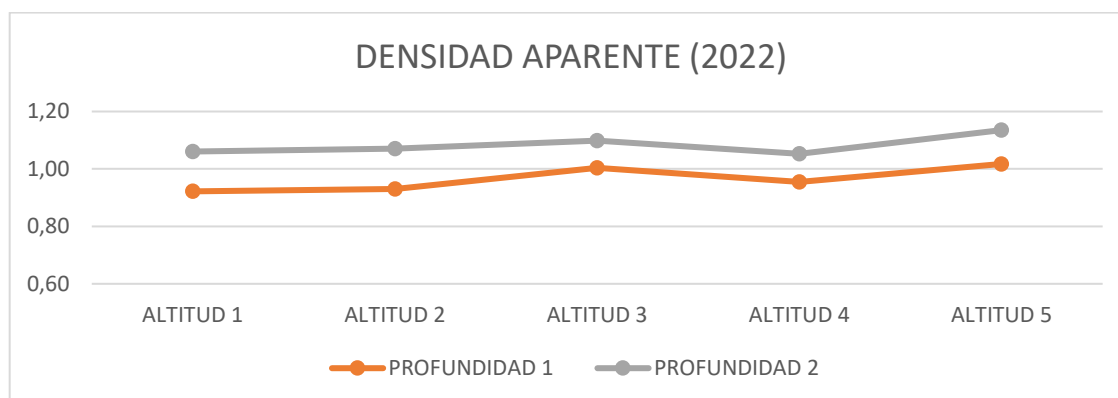
### 3.1.4. Resultados del promedio de la densidad aparente

**Tabla 5-3.** Promedio de la densidad aparente

<b>Promedio de la densidad aparente de la Cuenca Alta del río Patulú del 2022-2023</b>					
<b>SUELO</b>	<b>ALTITUD 1</b> (4090 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 2</b> (4100 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 3</b> (4110 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 4</b> (4120 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 5</b> (4130 m.s.n.m)
<b>PROFUNDIDAD 1</b> (0,0 m - 0,70 m)	0,92192	0,93043	1,00430	0,95504	1,01740
<b>PROFUNDIDAD 2</b> (0,7 m - 1,2 m)	1,06092	1,07120	1,09866	1,05271	1,13528

**Realizado por:** Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

**Ilustración 5-3:** Representación del promedio de la densidad aparente



**Realizado por:** Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

En la Tabla 5-3 y en el Gráfico 5-3, se encuentra que los valores de la densidad en *P2* está por debajo de *P1*, es decir que, la densidad aparente se encuentra en *P1* y *P2* en rangos favorables para el suelo en zona de páramo (Carrasco, y otros, 2016).

**Análisis:** Los valores promedios de la densidad aparente de la cuenca alta del río Patulú en *P1* se obtuvo  $0,97 \text{ g/cm}^3$  y en *P2* fue de  $1,08 \text{ g/cm}^3$  donde en comparación con lo mencionado por (Llambí, y otros, 2012) en este tipo de suelos de páramo se caracterizan por tener una baja densidad aparente como el resultado obtenido en el análisis de este suelo en ambas profundidades, donde cabe recalcar que se destaca una densidad aparente alta en *P2* a comparación *P1* en todas sus altitudes el cual se puede evidenciar en el grafico 5-3 y la Tabla 5-3. La mayoría de valores obtenidos son bajos (menores de  $1.3 \text{ kg/cm}^3$ ) este valor es influido por su porosidad, textura y cantidad de materia orgánica (Carrasco, y otros, 2016) lo que establece un indicador de degradación de la estructura del suelo, la resistencia mecánica y su cohesión, además estos valores indican un ambiente adecuado para el crecimiento de raíces de la vegetación de la zona y cambios no deseables como el bajo nivel de reducción de infiltración del agua en el suelo (FAO, 2009).

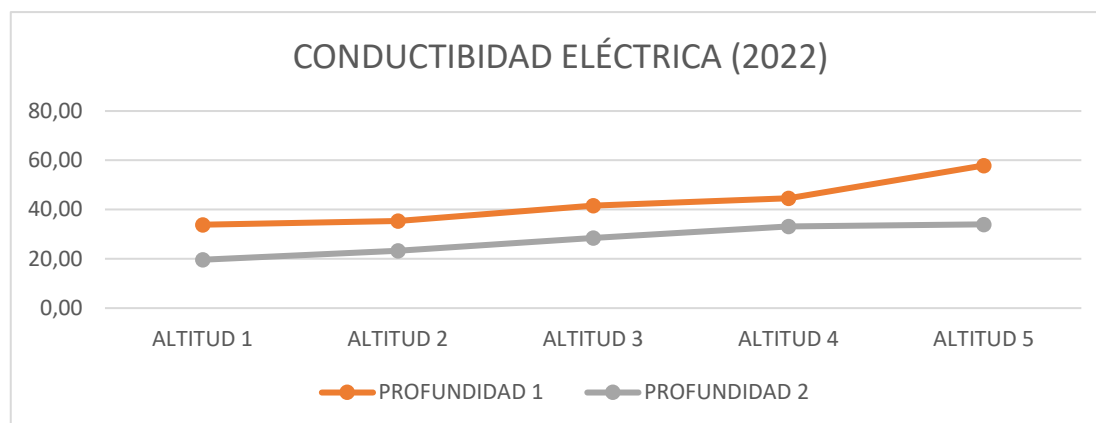
### 3.1.5. Resultados del promedio de la conductividad eléctrica

**Tabla 6-3.** Promedio de la conductividad eléctrica

<b>Promedio de la conductividad eléctrica de la Cuenca Alta del río Patulú del 2022</b>					
<b>SUELO</b>	<b>ALTITUD 1</b> (4090 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 2</b> (4100 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 3</b> (4110 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 4</b> (4120 m.s.n.m)	<b>ALTITUD 5</b> (4130 m.s.n.m)
<b>PROFUNDIDAD 1</b> (0,0 m - 0,70 m)	33,86	35,41	41,62	44,62	57,90
<b>PROFUNDIDAD 2</b> (0,7 m - 1,2 m)	19,64	23,27	28,45	33,17	34,00

Realizado por: Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

**Ilustración 6-3:** Representación del promedio de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).



Realizado por: Paola Guadalupe, 2022 (GIDAC)

En la Tabla 6-3 junto con el Gráfico 6-3, se observa que en *P1* se encuentra un mayor valor de conductividad eléctrica y un menor valor en *P2*, es decir que, a profundidades superficiales o menores, mayor será el contenido de conductividad eléctrica, esto se relaciona debido a que se encuentra a menor profundidad gran parte de los nutrientes del suelo.

**Análisis:** El resultado promedio en la conductividad eléctrica para la *P1* fue de  $42,68 \mu\text{s}/\text{cm}$  y para la *P2* fue de  $27,71 \mu\text{s}/\text{cm}$ , donde en *P1* y *P2* se encuentran en la clasificación de suelos no salinos debido a su baja conductividad eléctrica (Cárdenas, 2015), ya que está en un mecanismo de regeneración natural, mediante un proceso de restauración, lo cual permitirá mejorar sus propiedades y el nivel de calidad del suelo será alta (Paña, 2022).

### 3.1.6. ANOVA: Análisis de varianza

Se procedió a elaborar el análisis ANOVA, para la cuantificación del porcentaje de materia orgánica con relación a los parámetros físico-químicos, de manera que compruebe si son o no significativas con respecto a esta.

### 3.1.6.1. Porcentaje de Materia Orgánica a la profundidad 1

**Tabla 7-3:** Análisis de varianza (ANOVA) de la materia orgánica a la profundidad 1

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F
Altitud * % M.O	12,9943	4	3,24857	2,165
ERROR	15,0059	10	1,50059	<i>p</i>
TOTAL	28,0002	14		0,1468

Fuente: Autor

Para el contenido de materia orgánica en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación al rango altitudinal, no se encuentran efectos significativos, evidenciado con el valor *p*, ya que es mayor a los 0,05, es decir que el porcentaje de materia orgánica encontrada no produce cambios significativos en el suelo.

### 3.2.1.2. Porcentaje de Carbón Orgánico a la profundidad 1

**Tabla 8-3:** Análisis de varianza (ANOVA) del carbono orgánico en la profundidad 1

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F
Altitud * % C.O	5,07933	4	1,26983	2,648
ERROR	4,7962	10	0,47962	<i>p</i>
TOTAL	9,87553	14		0,09651

Fuente: Autor

En el contenido de carbono orgánico en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación al rango altitudinal, no se encuentran efectos significativos, debido a que el valor *p* es mayor a los 0,05, es decir que el porcentaje de carbono orgánico encontrado en el suelo no genera cambios significativos.

### 3.2.1.3. pH a la profundidad 1

**Tabla 9-3:** Análisis de varianza (ANOVA) del pH en la profundidad 1

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F
Altitud * pH	1,3502	4	0,33755	3,183
ERROR	1,06053	10	0,106053	<i>p</i>
TOTAL	2,41073	14		0,06262

Fuente: Autor

El contenido total de pH en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales como resultados, no se encuentran efectos significativos, debido a que el valor  $p$  es mayor a los 0,05, es decir que el promedio de pH encontrado en el suelo no genera cambios significativos.

#### 3.2.1.4. Conductividad Eléctrica a la profundidad 1

**Tabla 10-3:** Análisis de varianza (ANOVA) de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) de la profundidad 1

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F
Altitud * Cond. Elect.	1101,92	4	275,48	4,466
ERROR	616,876	10	61,6876	$P$
TOTAL	1718,8	14		0,02504

Fuente: Autor

La conductividad eléctrica en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales como resultado, se encontraron efectos significativos, como se evidencia en el valor  $p$  ya que este es menor a los 0,05, es decir que el promedio de la conductividad eléctrica encontrada en el suelo genera cambios significativos.

#### 3.2.1.5. Porcentaje de la humedad en la profundidad 1

**Tabla 11-3:** Análisis de varianza (ANOVA) de la humedad en la profundidad 1

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F
Altitud*Humedad	131,902	4	32,9754	1,087
ERROR	303,431	10	30,3431	$p$
TOTAL	435,333	14		0,4137

Fuente: Autor

La humedad en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales, no se encuentran efectos significativos, debido a que el valor  $p$  es mayor a los 0,05, es decir que el porcentaje de humedad encontrada en el suelo no genera cambios significativos.



### 3.2.1.6. Densidad aparente a la profundidad 1

**Tabla 12-3:** Análisis de varianza (ANOVA) de la densidad aparente en la profundidad 1

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F
Altitud * DENS. APART.	0,02232	4	0,005579	0,2531
ERROR	0,2205	10	0,02205	<i>p</i>
TOTAL	0,2428	14		0,9013

Fuente: Autor

La densidad aparente en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales, no se encuentran efectos significativos, debido a que el valor *p* es mayor a los 0,05, es decir que el promedio de la densidad aparente encontrada en el suelo no genera cambios significativos.

### 3.2.1.7. Porcentaje de materia orgánica en la profundidad 2

**Tabla 13-3:** Análisis de varianza (ANOVA) del porcentaje de materia orgánica de suelo 2

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F
Altitud * %M.O 2	1,7929	4	0,4482	0,4507
ERROR	9,9457	10	0,9946	<i>p</i>
TOTAL	11,7386	14		0,77

Fuente: Autor

El contenido de materia orgánica en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales, no se encuentran efectos significativos, debido a que el valor *p* es mayor a los 0,05, es decir que el porcentaje de materia orgánica encontrada en el suelo no genera cambios significativos.

### 3.2.1.8. Porcentaje de carbono orgánico en la profundidad 2

**Tabla 14-3:** Análisis de varianza (ANOVA) del carbono orgánico de la profundidad 2

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	gl	MEDIA CUADRÁTICA	F
Altitud * % C.O 2	0,8957	4	0,2239	0,5713
ERROR	3,9197	10	0,3919	<i>p</i>
TOTAL	4,8154	14		0,6897

Fuente: Autor

El contenido de carbono orgánico en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales, no se encuentran efectos significativos, evidenciado con el valor  $p$ , ya que es mayor a los 0,05, es decir que el porcentaje de carbono orgánico encontrado en el suelo no genera cambios significativos.

### 3.2.1.9. Promedio del pH en la profundidad 2

**Tabla 15-3:** Análisis de varianza (ANOVA) del promedio del pH en la profundidad 2

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>gl</b>	<b>MEDIA CUADRÁTICA</b>	<b>F</b>
<b>Altitud * pH 2</b>	1,34	4	0,335	1,928
<b>ERROR</b>	1,7379	10	0,173793	<b><math>p</math></b>
<b>TOTAL</b>	3,0779	14		0,1823

*Fuente:* Autor

El contenido total de pH en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales, no se encuentran efectos significativos, evidenciado con el valor  $p$ , ya que es mayor a los 0,05, es decir que el promedio de pH encontrado en el suelo no genera cambios significativos.

### 3.2.1.10. Promedio de la conductividad eléctrica en la profundidad 2

**Tabla 16-3:** Análisis de varianza (ANOVA) del promedio de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) en la profundidad 2

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>gl</b>	<b>MEDIA CUADRÁTICA</b>	<b>F</b>
<b>Altitud * COND. ELECT. 2</b>	464,409	4	116,102	2,145
<b>ERROR</b>	541,319	10	54,1319	<b><math>p</math></b>
<b>TOTAL</b>	1005,73	14		0,1495

*Fuente:* Autor

La conductividad eléctrica en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales, no se encuentran efectos significativos, evidenciado con el valor  $p$  ya que es mayor a los 0,05, es decir que los resultados encontrados en el suelo no generan cambios significativos.

### 3.2.1.11. Porcentaje de humedad en la profundidad 2

**Tabla 17-3:** Análisis de varianza (ANOVA) de la humedad en la profundidad 2

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>gl</b>	<b>MEDIA CUADRÁTICA</b>	<b>F</b>
<b>Altitud * % HUMEDAD 2</b>	33,6616	4	8,41541	0,9331
<b>ERROR</b>	90,1831	10	9,01831	<b>p</b>
<b>TOTAL</b>	123,845	14		0,483

Fuente: Autor

El porcentaje de humedad en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales, no se encuentran efectos significativos, evidenciado con el valor *p* ya que es mayor a los 0,05, es decir que los resultados encontrados en el suelo no generan cambios significativos.

### 3.2.1.12. Densidad aparente en la profundidad 2

**Tabla 18-3:** Análisis de varianza (ANOVA) densidad aparente en la profundidad 2

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>gl</b>	<b>MEDIA CUADRÁTICA</b>	<b>F</b>
<b>Altitud * DENS. APAR. 2</b>	0,01355	4	0,0034	0,6398
<b>ERROR</b>	0,05295	10	0,0053	<b>p</b>
<b>TOTAL</b>	0,066499	14		0,6461

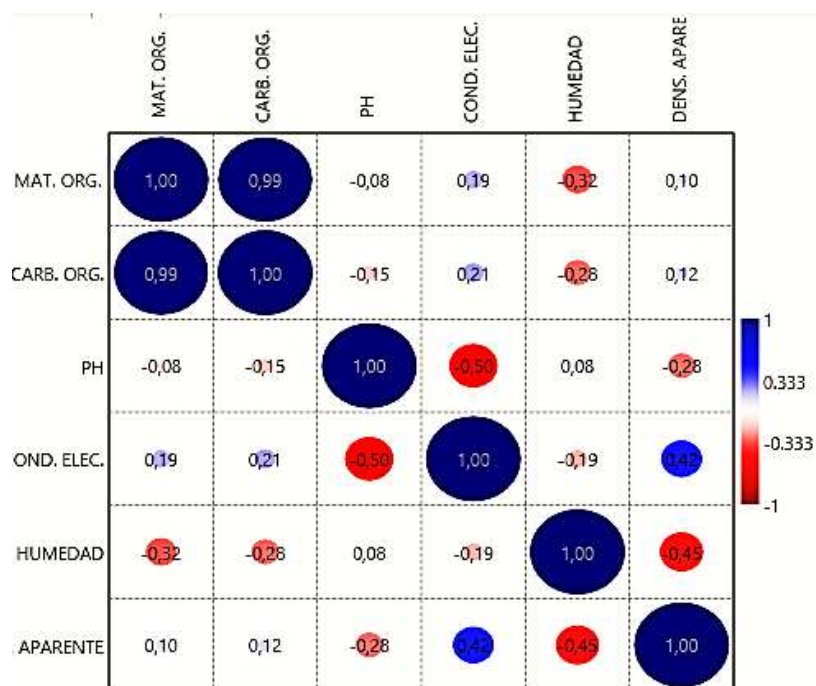
Fuente: Autor

La densidad aparente en el suelo de la cuenca alta del río Patulú con relación a los rangos altitudinales, no se encuentran efectos significativos, evidenciado con el valor *p* ya que es mayor a los 0,05, es decir que el promedio de pH encontrado en el suelo no genera cambios significativos.

### 3.1.7. Correlación de la materia orgánica y los parámetros físico-químicos de la Cuenca alta del río Patulú.

Se calculó la correlación de Pearson para medir el grado de significancia para *P1* y *P2* de los parámetros físico-químicos y el porcentaje de materia orgánica en la cuenca alta del río Patulú.

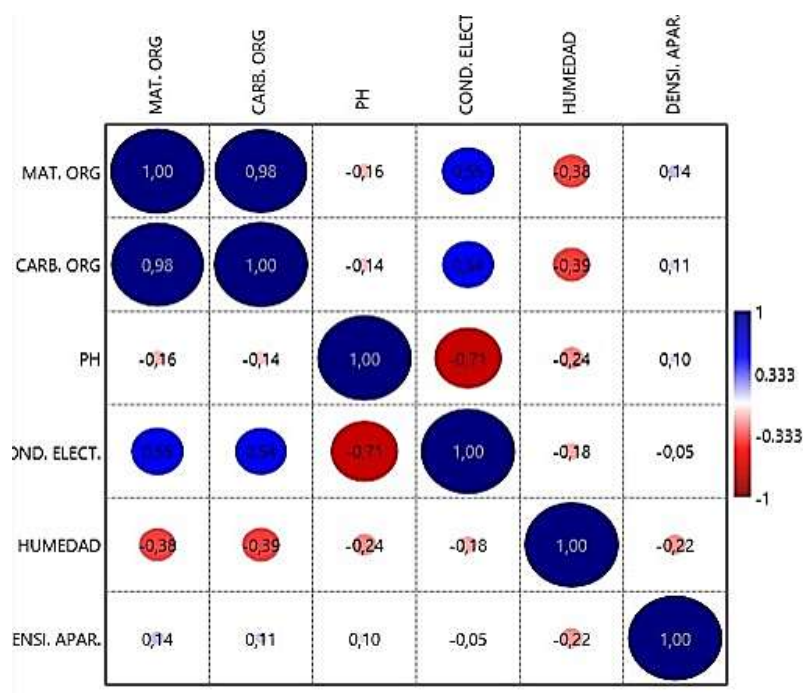
**Ilustración 7-3:** Correlación del porcentaje de materia orgánica y el análisis de los parámetros físico-químicos de la cuenca alta del río Patulú en la profundidad 1 del periodo 2022-2023.



**Fuente:** Guadalupe, Paola. 2023

En el gráfico de correlación se observa los resultados con su respectivo valor de significancia. Donde los factores que se relacionan con un 99% de significancia es el carbón orgánico con la materia orgánica, además con un 42% de significancia esta la densidad aparente con la conductividad eléctrica, al 21% encontramos el porcentaje de carbón orgánico y al 19% se encuentra la materia orgánica ambos con la conductividad eléctrica y al 10% y 12% de materia orgánica y carbón orgánico con la densidad aparente donde todos estos porcentajes se encuentran con un valor de significancia positiva. Los factores en estudios a excepción del carbón orgánico no poseen una relación fuerte con el porcentaje de materia orgánica debido a que se encuentran entre 0,10 hasta 0,49 el cual se concluye que tienen una relación moderadamente baja ya que esta sea una correlación positiva o negativa (López, 2016).

**Ilustración 8-3:** Correlación del porcentaje de materia orgánica y el análisis de los parámetros físico-químicos de la cuenca alta del río Patulú en la profundidad 2 del periodo 2022-2023.



**Fuente:** Guadalupe, Paola. 2023

En el gráfico 2-3 de correlación a la profundidad del suelo 2 (70 cm hasta los 120 cm) se observa los diferentes niveles de significancia que se encontraron entre los factores en estudio. Al 98% de correlación se encuentra el porcentaje de materia orgánica con el carbón orgánico con una relación directa muy alta, el pH con la conductividad eléctrica tienen un 71% con una relación indirecta de nivel moderado, también encontramos en una correlación del 55% y 54% el porcentaje de materia orgánica y carbón orgánico respectivamente con la conductividad eléctrica, siendo una relación directa moderada, además la relación de la humedad con el porcentaje de materia orgánica y carbón orgánico es indirecta baja con un porcentaje de 38% y 39% respectivamente. Además, se puede retener que la materia orgánica tiene un nivel de correlación inversa muy débil del 16% con respecto al pH y directa muy débil con la densidad aparente del 14% en la investigación a la profundidad del suelo 2.

## CONCLUSIONES

- En la cuenca alta del río Patulú en el periodo 2022 – 2023 se encontró un 6,06% de materia orgánica a la profundidad de 0,0 – 0,70 metros y un 3,31% de materia orgánica en la profundidad de 0,70 – 1,20 metros, en total a las dos profundidades del suelo se encontró un 4,68% de contenido de materia orgánica.
- Las propiedades físico-químicas que se estudiaron en el suelo de la cuenca alta del río Patulú como es la humedad, la densidad aparente, la materia orgánica, el carbono orgánico, el pH, no han generado valor significativos, es decir, que no se generan cambios significativos sobre este suelo, y la conductividad eléctrica si ha generado una influencia significativa por sus resultados obtenidos, evidenciados en la comparación de su valor p ya que este es menor a los 0,05, aceptando la hipótesis nula en esta variable.
- Se valoró la relación entre los parámetros físico – químicos y el contenido de materia orgánica del suelo, con un nivel de correlación muy bajo se encuentra la materia orgánica con la conductividad eléctrica del 19% de significancia positiva en *PI* y con la densidad aparente al 12% de significancia en la misma profundidad. Además, la conductividad eléctrica mantiene una relación positiva moderada con el 55% y la humedad tiene una relación negativa baja del 38%, aun cuando el pH tiene un nivel de correlación inversa muy débil del 16% y finalmente tiene una correlación directa muy débil con la densidad aparente del 14%.

## RECOMENDACIONES

- Socializar los resultados obtenidos a las autoridades de la parroquia San Isidro para futuras propuestas de políticas públicas a manera de minimizar el impacto ambiental del suelo de la Cuenca alta del río Patulú.
- Incentivar al cuidado de la cuenca alta del río Patulú y las zonas cercanas al páramo para su biorremediación natural.
- En futuras investigaciones incluir parámetros como cubierta vegetal, tipo de especies de plantas y contenido de metales pesados como cadmio, cobre, zinc y arsénico en el contenido de materia orgánica del suelo para interpretar el nivel de contaminación y formular posibles soluciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Misael. 1984.** *Los paramos andinos del Ecuador*. . Quito : Publicaciones Científicas MAS, 1984.
- Amendaño, Erika. 2018.** Repositorio PUCE. *Propuesta de gestión del recurso hídrico de la vertiente La Merced para el desarrollo sostenible, provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia Cutuglagua*. [En línea] Julio de 2018.  
[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15286/TESIS\\_AMENDA%C3%91O\\_ERIKA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15286/TESIS_AMENDA%C3%91O_ERIKA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Andes: Linking climate, land use, and land cover transformations*. **Costanza y Loez, S & Wright, C. 2016.** 1, s.l. : ELSIVIER, 2016, Vol. VIII. ISSN 2352-9385.
- Arízaga, F, y Játiva, S. 2016.** Repositorio PUCE. “ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DE LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO LABORAL POR COMPETENCIAS Y LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL CON INFORMACIÓN RECOPIADA POR UNA EMPRESA CONSULTORA”. [En línea] 2016.  
<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11230/TESIS%20CORRELACI%C3%93N%20AR%C3%8DZAGA%20%20J%C3%81TIVA.pdf?sequence=1>.
- Ayala, L, Villa, M y Aguirre, Z & Aguirre, N. 2014.** UNL. *Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador*. [En línea] 2014. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/237/220>.
- Ayala, Leonardo, Aguirre, Nicole y Aguirre, Zhofree & Villa, Maria. 2014.** 1, Loja : CEDAMAZ, 2014, Vol. IV. ISSN-1390-5902.
- Beck, E. 1994.** Cold tolerance in tropical alpine plants. *Tropical alpine environments. Plant form and function*. . s.l. : Cambridge University Press, 1994.
- Blake, G & Hartge, K. 1986.** Bulk Density . *Methods of Soil Analysis*. Estados Unidos : SSSA Book, 1986.
- Cáceres, José. 2019.** Los páramos de la parte altoandina de la reserva de la biosfera Macizo de Cajas (Ecuador): Gestión para el mantenimiento de los servicios Ecosistémicos. *Universidad Autónoma de Barcelona*. [En línea] 2019.  
<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/670141/jfca1de1.pdf;jsessionid=7A4AF10ED99A515F9D6701D2EFE6D290?sequence=1>.



**Camacho, M. 2013.** EL páramo como ecosistema. [aut. libro] Miguel Camacho. *Los páramos ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*. Quito : ANALES, 2013.

**Camacho, Miguel. 2013.** Repositorio de la Universidad Central del Ecuador. *Los páramos ecuatorianos: Caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible*. [En línea] diciembre de 2013.

file:///C:/Users/MORENO/Downloads/4713%20(1).pdf.

**Cañadas, Luis. 1983.** *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito : MAG-PRONAREG, 1983.

*Carbono orgánico del suelo en una gradiente altitudinal.* **Mogollón, J y Rivas, W Martínez, A & Campos, Y. 2015.** 3, Venezuela : Multiciencia, 2015, Vol. XV. ISSN 1317-2255..

**Cárdenas, Myriam. 2015.** Universidad Politécnica Salesiana . *Evaluación de calidad de los suelos de páramo intervenido y no intervenido en la comuna Monjas Bajo, Parroquia Juan Montalvo, Cantón Cayambe*. [En línea] mayo de 2015.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9368/1/UPS-QT07111.pdf>.

**Cargua, F., Rodríguez, M., Recalde, C., & Vinueza, L. 2014.** Quantification of carbon in a forest plantation of Pine insignis (*Pinus radiata*) and moor stratum of low ozogoché, Sangay National Park, Ecuador. *SCielo*. [En línea] febrero de 2014.

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v25n3/art11.pdf>. Vol. 25(3), 83-92 (2014).

**Carrasco, Miguel y Padilla, Alex & Echeverría, Magdy. 2016.** CEAA. *Análisis del ecosistema Páramo Igualata frente al cambio climático en base a los recursos naturales*. [En línea] 2016. <http://ceaa.esPOCH.edu.ec:8080/revista.perfiles/Articulos/Perfiles15Art2.pdf>. ISSN 2477-9105.

**Catañeda, A y Montes, C. 2017.** Signatory of Dora . *Carbono almacenado en páramo andino*. [En línea] 01 de junio de 2017. [Citado el:

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/427/338> de febrero de 2023.]

**Chuncho, Carlos & Chuncho, G. 2019.** Latindex. *Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: una revisión* . [En línea] 2019.

[https://drive.google.com/file/d/1\\_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIpNs/view?pli=1](https://drive.google.com/file/d/1_m4ZobqzjfgTfv2S3CvB4AIjSh5IIpNs/view?pli=1). ISSN: 2528-7818.

**Ciancaglini, Nicolás. 2009.** PROSAP. *R- 001- Guía para la determinación de textura de suelos por método*. [En línea] 2009. [Citado el: 17 de 11 de 2022.]

[http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\(R-001\)-](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20(R-001)-)

%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf.

—. **2018**. PROSAP. *Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico*. [En línea] 2018.

[http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\\_R001\\_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf).

**CIELab. 2012.** *Tabla de color Munsell*. CIELab, Mexico : 2012.

*Clay mineralogy of the soils in the south Ecuadorian páramo region.* **Buytaert, W y Deckers, J & Sevinkc, J. 2004.** 1, Cuenca : ELSIVIER, 23 de febrero de 2004, Vol. XXVII. ISSN 0016-7061.

*Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador.* **Caraqui, J y Lozano, & Reyes, J. 2016.** 1, Riobamba : Enfoque UTE, 2016, Vol. VII.

**Davis, J y Laban, P & Metternicht, G. 2018.** UICN. *Biodiversidad de suelos y carbono orgánico en suelos: cómo mantener vivas las tierras áridas*. [En línea] 2018.

<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2018-004-Es.pdf>. ISBN: 978-2-8317-1891-0.

*Daza, M; Hernández, F & Triana, F. Colombia, Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz -.* **2014.** 1, Medellín : BOARD, 2014, Vol. LXVII. ISSN 0304-2847.

**Dercon, G, y otros. 2000.** Los Suelos del Páramo. *EcoCiencia*. [En línea] 2000. <https://es-static.z-dn.net/files/d5c/a9751b4293c82c26ef428db85b953254.pdf>. ISBN 9978-04-591-0.

**Díaz, Mario y Navarrete, Juan & Suárez, Tatiana. 2005.** 22, Bogotá : SciELO, 2005. ISSN 0121-4993.

**Dominguez, J, Román, A y García, F & Acevedo, O. 2012.** ReMexca. *Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos*. [En línea] 2012.

<https://www.redalyc.org/pdf/2631/263123192010.pdf>. ISSN: 2007-0934.

**Dorronsoro, C. 2017.** Edafología. *propiedades del suelo*. [En línea] 2017.

<http://www.edafologia.net/introeda/tema00/progr.htm>.

**FAO. 2009.** ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. *Guía para la descripción de suelos*. [En línea] 2009.

<https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>.

**Farley, Kathleen & Bremer, Leah. 2017.** “Water Is Life”: Local Perceptions of Páramo Grasslands and Land Management Strategies Associated with Payment for Ecosystem Services. *Annals of the American Association of Geographers*. [En línea] Taylor & Francis Online, 2017.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24694452.2016.1254020>.

**Guamán, Cristian. 2018.** Repositorio de la Universidad de Cuenca . *Validación del método para determinar materia orgánica en el suelo por la técnica de Walkley And Black*. [En línea] 2018.

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31352/1/Trabajo%20de%20titulacion.pdf>.

**Gutiérrez, J, y otros. 2020.** 1, Bogotá : AEET, 2020, Vol. XXIX. ISSN 1697-2473.

**Gutiérrez, M. 2015.** Repositorio de la Universidad Nacional de Colombia. *Carbono como indicador de degradación de la calidad del suelo bajo diferentes coberturas en el páramo de Guerrero*. [En línea] Universidad Nacional de Colombia, 2015.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55409>.

**Herrera, H. 2013.** AIDA. *Páramos=agua=vida*. [En línea] RJAColombia, 2013. <https://aida-americanas.org/es/blog/p%C3%A1ramos-agua-vida>.

**Hofstede, R, y otros. 2014.** *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. Quito : UICN, 2014. ISBN: 978-9978-9932-9-3.

*Insights into the water mean transit time in a high-elevation tropical ecosystem.* **Breuer, L, y otros. 2016.** 7, s.l. : Creative Commons, 2016, Vol. XX. ISSN: 1607-7938.

**Jorgensen, P & Ulloa, C. 1994.** *Seed plants of the high Andes of Ecuador*. Quito : Paperback, 1994. ISBN 87 8760 060 9.

**Laban, Peter & Metternicht, Graciela. 2018.** Biodiversidad del suelo, materia orgánica en el suelo y carbono orgánico en el suelo. [aut. libro] Jonathan Davis y Peter & Metternicht, Graciela Laban. *Biodiversidad de suelos y carbono orgánico en suelos: cómo mantener vivas las tierras áridas*. Suiza : Gland, 2018.

**Larrea, Carlos. 2006.** *Hacia una historia Ecológica del Ecuador*. Quito : ECOCIENCIA, 2006. ISBN-10:9978-84-410-4.

**Llambí, L, y otros. 2012.** Flacso Andes. *Ecología, Hidrología y Suelos de Páramo*. [En línea] agosto de 2012. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>. ISBN: 9789942115492.

**López, Yendry. 2016.** Slideshare. *Coefficiente de correlacion de pearson y spearman*. [En línea] 31 de julio de 2016. <https://es.slideshare.net/yendry1510/coeficiente-de-corelacio-de-pearson-y-spearman>.

**MasterGis. 2020.** *La cuenca hidrigráfica*. MASTERGIS, México : 2020.

*Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua.* **Sanchez, B y Ruiz, M & Ríos, M. 2005.** 4, Maracay : SciELO, 2005, Vol. LVI. ISSN 0002-192X.

**Mena, P & Medina, G. 2002.** Los páramos del Ecuador: Particularidades, problemas y perspectivas. [aut. libro] P Mena y G & Hofstede, R Medina. *La biodiversidad de los páramos en el Ecuador*. Quito : Abya Yala, 2002.

**Mena, P. 2010.** Los páramos ecuatorianos: Paisajes diversos, frágiles y estratégicos . *AFESE*. [En línea] 2010. <https://afese.com/img/revistas/revista54/paramos.pdf>.

**Mena, P, y otros. 2011.** *ECOCiencia. Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. [En línea] 2011. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56328.pdf>. ISBN: 978-9942-09-016-4.

**Mogollón, José, Rivas, Wilder y Martínez, Alicia & Campos, Edjuly. 2015.** 3, Venezuela : MultiCiencias, 2015, Vol. XV. ISSN: 1317-2255.

**Ordoñez, Juan. 2011.** Global Water Partnership. *¿QUÉ ES CUENCA HIDRÓLOGICA?* [En línea] 2011. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/cuenca\\_hidrologica.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf). ISBN: 978-9972-602-76-4.

**Paña, Byron. 2022.** Detrminación de la respiración Edáfica en el páramo de Igualata, provincia de himborazo, Ecuador. *Repositorio ESPOCH*. [En línea] 2022. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17614/1/236T0613.pdf>.

*Páramo de Papallacta - A physiogeographical map 1:50.000 of the area around the Antisana (Eastern Cordillera of Ecuador).* **Lauer, W & Rafiqpoor, M. 2000.** 1, Quito : Erkunde, 2000, Vol. LIV.

*Páramos: Hidrosistemas Sensibles.* **Díaz, Mario y Navarrete, Juan & Suárez, Tatiana. 2005.** 22, Bogotá : SciELO, 2005. ISSN 0121-4993.

**Pereira, César, y otros. 2011.** *Edafología 1*. Colombia : Espacio gráfico Comunicaciones S.A, 2011. ISBN: 978-968-817-880-5.

**Podwojewski, Pascal & Poulenard, Jerome. 2000.** Los Suelos del Páramo. *EcoCiencia*. [En línea] Abya Yala, 2000. <https://es-static.z-dn.net/files/d5c/a9751b4293c82c26ef428db85b953254.pdf>. ISSN 1390-1222.

**Porta, J y López, M & Poch, R. 2011.** *Introducción a la Edafología*. Madrid : Mundi-Prensa, 2011. ISBN : 978-84-8476-405-2.

**Reinoso, D. 2020.** Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato. *Influencia de la cobertura vegetal y relieve sobre el almacenamiento de carbono en el suelo del ecosistema páramo*. . [En línea] 2020.  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31454/1/011%20Tesis%20maestr%C3%ADas%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20-%20Reinoso%20Daniel.pdf>.

**Sanchez, B y Ruiz, M & Rios, M. 2005.** 4, Maracay : SciELO, 2005, Vol. 56. ISSN 0002-192X.

**Sánchez, B y Ruiz, M & Ríos, M. 2005.** 4, Maracay : SciELO, 2005, Vol. LVI. ISSN 0002-192X.

**Serrano, D & Galárraga, R. Serrano, D & Galárraga, R** *The Andean Páramo: geographic characterization and state of their environment. An interdisciplinary contribution.* 2013. 1, Quito : Estudios Geográficos, 2013, Vol. LXXV. ISSN: 0014-1496.

**Suárez, Tatiana. 2005.** Impacto del Cambio del Uso de la Tierra en la Respuesta Hidrológica de un Ecosistema de Páramo. *Repositorio de la Universidad de Los Andes*. [En línea] 2005.  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/22154/u260822.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**Zambrano, Y. 2008.** Universidad Nacional Agraria. *Plan de Manejo y Gestión de la Subcuenca del Río San Francisco*. [En línea] 2008. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp10z24.pdf>.



## ANEXOS

### ANEXO A: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO EN FASE DE CAMPO

**A1:** Recolección de muestras de suelo en la profundidad 1 (0,0 m – 0,70 m).



**Fuente:** Guadalupe, Paola. (2022)

**Nota:** La recolección se la realizó con el barreno el mismo que se utilizó en todas las recolecciones de muestras en ambas profundidades.

**A2:** Recolección de muestras de suelo en la profundidad 2 (0,70 m – 1,20 m).



**Fuente:** Guadalupe, Paola. (2022)

**Nota:** La recolección se la realizó con el barreno el mismo que se utilizó en todas las recolecciones de muestras en ambas profundidades.

**A3:** Recolección de muestras de suelo en la profundidad 1 (0,0 m – 0,70 m) y profundidad 2 (0,70 m – 1,20 m) en cilindros de acero inoxidable.



**Fuente:** Guadalupe, Paola. (2022)

**Nota:** La recolección se la realizó con cilindros de acero, el cual se conoce el volumen de cada uno de ellos para cada muestra en las diferentes parcelas en ambas profundidades.

## ANEXO B: ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS A MUESTRAS DE SUELO

### B1: Análisis de humedad y densidad aparente de la muestra de suelo en estudio









<b>B1.1:</b> pesaje del recipiente que contendrá la muestra de suelo	<b>B1.2:</b> vaciado del cilindro en el recipiente tarado	<b>B1.3:</b> pesaje de la muestra de suelo contenida en el cilindro
		
<b>B1.4:</b> secado de las muestras de suelo en la estufa a 105 °C durante 24 horas	<b>B1.5:</b> Enfriado de las muestras de suelo después de las 24 horas de secado en la estufa	<b>B1.6:</b> para los cálculos de la densidad aparente se pesa el cilindro
		



<p><b>B1.7:</b> Medición de la altura del cilindro</p>	<p><b>B1.8:</b> Medición del diámetro del cilindro</p>	<p><b>B1.9:</b> pesaje después de enfriamiento de las muestras de suelo</p>
		

**Nota:** Este procedimiento se realizó para todas las muestras recolectadas en el estudio realizado para el respectivo análisis.

**B2:** Análisis de pH y conductividad eléctrica de la muestra de suelo en estudio.

<p><b>B2.1:</b> pesaje de aprox. 20 gramos de la muestra de suelo</p>	<p><b>B2.2:</b> medición de los 45 mL de agua destilada</p>	<p><b>B2.3:</b> Mezcla de los 45 mL de agua destilada con la muestra de suelo</p>
		
<p><b>B2.4:</b> Se agita con una varilla de vidrio durante 15 minutos</p>	<p><b>B2.5:</b> Reposo de la muestra de 5 minutos</p>	<p><b>B2.6:</b> Se procede a calibrar el equipo con un estándar neutro para el pH</p>
		
<p><b>B2.7:</b> Medición de pH</p>	<p><b>B2.8:</b> Después del reposo de 24 horas se mide la conductividad eléctrica.</p>	
		










**Nota:** Este procedimiento se realizó para todas las muestras recolectadas en el estudio realizado para el respectivo análisis.

**B3:** Análisis de textura de las muestras de suelo en estudio

<p><b>B3.1:</b> Colocación de la muestra de suelo en la palma de la mano.</p>	<p><b>B3.2:</b> Se añade gotas de agua hasta tener una masa consistente.</p>	<p><b>B3.3:</b> Formación de una pelota con la muestra de suelo</p>
		
<p><b>B3.4:</b> Verificación si la muestra de suelo no se destruye y sentir su textura</p>	<p><b>B3.5:</b> Molde en forma de tira hasta su ruptura</p>	<p><b>B3.6:</b> Medición del largo y verificar en la tabla el tipo de suelo y anotar en la base de datos</p>
		

**Nota:** Este procedimiento se realizó para todas las muestras recolectadas en el estudio realizado para el respectivo análisis.

**B4:** Análisis del porcentaje de materia orgánica y carbón orgánico de las muestras de suelo en estudio.

<p><b>B4.1:</b> Secado de la muestra después de las 72 horas y tamizado</p>	<p><b>B4.2:</b> tamizado desde 2000 <math>\mu\text{m}</math> , 250 <math>\mu\text{m}</math> y 180 <math>\mu\text{m}</math></p>	<p><b>B4.3:</b> Recolección del nivel de 250 <math>\mu\text{m}</math></p>
		
<p><b>B4.4:</b> Crisoles llevados a ser tarados en la mufla a 600 °C durante 2 horas</p>	<p><b>B4.5:</b> Enfriamiento de crisoles tarados en el desecador</p>	<p><b>B4.6:</b> Pesaje de los crisoles fríos, peso uno "P1"</p>
		
<p><b>B4.7:</b> Pesaje de los 5 gramos de la muestra de suelo de la fracción de 250 <math>\mu\text{m}</math> en el crisol.</p>	<p><b>B4.8:</b> Después de pesar los 5g son llevados en el desecador a la estufa a 105°C durante 1 día.</p>	<p><b>B4.9:</b> La muestra de suelo es llevada a enfriar en el desecador para luego ser pesada "P3"</p>
		

<p><b>B4.10:</b> La muestra es llevada en el desecador hacia la mufla por 2 horas a 360°C “P4”</p>	<p><b>B4.11:</b> Las muestras son sacadas de la mufla al desecador para dejar enfriar</p>	<p><b>B4.12:</b> Pesaje de las muestras de suelo “P4”</p>
		

**Nota:** Este procedimiento se realizó para todas las muestras recolectadas en el estudio realizado para el respectivo análisis.



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 18 / 02 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Paola Lizbeth Guadalupe Moreno
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Química
<b>Título a optar:</b> Química
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

2180-DBRA-UPT-2023