



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUIMICA

**“DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO
ANDINO DE ICHUBAMBA Y GUARGUALLA, PARROQUIA
CEBADAS”**

Trabajo De Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

QUÍMICO

AUTOR/ES: CATHERINE JOHANNA BERMEO BRITO

MONSERRATH AZUCENA CORREA GUAÑA

DIRECTORA: Dra. MAGDY MILENI ECHEVERRÍA GUADALUPE. PhD

Riobamba – Ecuador

2020

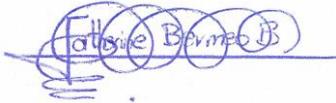
©2020, Catherine Johanna, Bermeo Brito, Monserrath Azucena, Correa Guaña

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

Nosotras, CATHERINE JOHANNA BERMEO BRITO y MONSERRATH AZUCENA CORREA GUAÑA declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

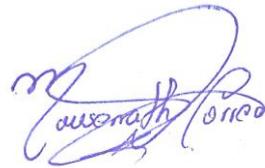
Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06-02-2020.



Catherine Johanna Bermeo Brito

CI: 060480979-8



Monserrath Azucena Correa Guaña

CI: 060408064-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

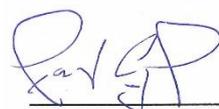
CARRERA DE QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo: Proyecto de Investigación “DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO ANDINO DE ICHUBAMBA Y GUARGUALLA, PARROQUIA CEBADAS”, de responsabilidad de las señoritas: CATHERINE JOHANNA BERMEO BRITO y MONSERRATH AZUCENA CORREA GUAÑA, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Robert Alcides Cazar Ramírez



06-02-2020

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dra. Magdy Mileni Echeverría Guadalupe



06-02-2020

DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos



06-02-2020

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo se lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, Alberto y Susana por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por ustedes he logrado llegar hasta aquí, gracias por el apoyo moral que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida y a mi hermana Heidi por el amor brindado cada día.

Catherine

A Dios, por haberme permitido tener una familia que me han inculcado valores y conocer a personas que contribuyeron a mi desarrollo académico y en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseado.

A mis padres Leonidas y Fanny que han sabido guiarnos y ayudarnos en todos los momentos con sabiduría y paciencia en largo recorrido de la vida.

A mi hermana por ser un apoyo incondicional y extendernos la mano en todas las circunstancias, a mi querido amor Wilson por haber sido una persona incondicional y sobre todo a mi pequeño angelito que me acompañado en todo este proceso.

Monserath

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios, quien con su bendición nos llena siempre de vida y sabiduría, a nuestros familiares por estar siempre presentes.

A nuestra asesora, Dra. Magdy Echeverría y al Ing. Andrés Beltrán, por impartirnos los conocimientos y por habernos permitido formar parte de un grupo de investigación (GIDAC) con una gran trayectoria.

A nuestros padres Susana Brito y Alberto Bermeo, Leonidas Correa y Fanny Guaña por su paciencia y apoyo incondicional, además a nuestros hermanos Heidy Bermeo, Andrea Correa y Néstor Correa por ser más que familia fueron nuestros amigos en todo este recorrido.

Catherine y Monserrath

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1 Antecedentes	4
1.2 Bases teóricas	6
1.2.1 <i>Carbono Orgánico</i>	6
1.2.2 <i>Suelo</i>	7
1.2.2.1 <i>Propiedades del suelo</i>	7
1.2.3 <i>Páramo</i>	7
1.2.3.1 <i>Tipos de Páramo</i>	8
1.2.3.2 <i>Sub páramo</i>	8
1.2.3.3 <i>Súper páramo</i>	9
1.2.3.4 <i>Páramo Típico</i>	9
1.2.4 <i>Suelos de Páramo</i>	9
1.2.5 <i>Formaciones Vegetales de Páramo</i>	10
1.2.6 <i>Ciclo del carbono</i>	10
1.2.6.1 <i>Fijación de carbono en el suelo</i>	10
1.2.7 <i>Conductividad eléctrica en el suelo</i>	11
1.2.8 <i>Textura</i>	11
1.2.9 <i>Estructura</i>	11

1.2.10	<i>Materia orgánica en el suelo</i>	12
1.2.10.1	<i>Capacidad de captura de carbono e importancia que tiene la materia orgánica en el suelo</i>	13
1.3	Bases Conceptuales	14
1.3.1	<i>Carbono orgánico del suelo</i>	14
1.3.2	<i>Páramo Andino</i>	14
1.3.3	<i>Litología</i>	15
1.3.4	<i>Los ecosistemas de páramo</i>	15

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	17
2.1	Área de estudio	17
2.1.1	<i>Ubicación geográfica</i>	18
2.1.2	<i>Uso de suelo</i>	19
2.2	Tipo y diseño de la investigación	20
2.2.1	<i>Según el enfoque de estudio</i>	20
2.2.2	<i>Según el área de estudio</i>	20
2.3.3	<i>Según el método usado</i>	20
2.3	Variables	20
2.4	Población de estudio	21
2.5	Muestra	21
2.5.1	<i>Tamaño de la muestra</i>	21
2.5.2	<i>Número de unidades muestrales</i>	22
2.5.3	<i>Diseño experimental</i>	23
2.5.4	<i>Selección de muestra</i>	25
2.5.5	<i>Muestreo</i>	28
2.6	Materiales y Equipos	28
2.6.1	<i>Materiales</i>	28
2.6.2	<i>Equipos</i>	33
2.7	Toma de muestras	36
2.8	Análisis de Laboratorio	37
2.8.1	<i>Parámetros Físico-Químicos</i>	37

2.8.1.1	<i>pH</i>	37
2.8.1.2	<i>Conductividad Eléctrica</i>	38
2.8.2	Parámetros Físicos	39
2.8.2.1	<i>Densidad Aparente</i>	39
2.8.2.2	<i>Color</i>	39
2.8.2.2	<i>Textura</i>	40
2.8.2.3	<i>Estructura</i>	43
2.8.3	Parámetros Químicos	43
2.8.3.1	<i>Materia Orgánica</i>	43
2.8.3.2	<i>Carbono Orgánico</i>	46

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS	48
3.1	Análisis de laboratorio	48
3.1.1	<i>Potencial Hidrógeno (pH)</i>	48
3.1.2	<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	47
3.1.3	<i>Color</i>	50
3.1.4	<i>Textura</i>	51
3.1.5	<i>Estructura</i>	52
3.1.6	<i>Materia orgánica</i>	53
3.2	Contenido de carbono orgánico en el suelo	55
3.3	Diferencia en el contenido de carbono orgánico	56
3.4	Análisis Estadístico	58

CONCLUSIONES	61
--------------------	----

RECOMENDACIONES	62
-----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

C:	Carbono
CE:	Conductividad Eléctrica
CO₂:	Dióxido de Carbono
COS:	Carbono Orgánico del Suelo
Da:	Densidad aparente
ESPOCH:	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
GAD:	Gobierno Autónomo Descentralizado
GIDAC:	Grupo de Investigación y Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático
GPS:	Global Positioning System
ha:	hectáreas
INEC:	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
LOI:	Loss on ignition (Pérdida por ignición)
MO:	Materia Orgánica
m s. n. m:	metros sobre el nivel del mar
n:	Tamaño de la muestra
PDOT:	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Litología, área y conglomerados	20
Tabla 2-2: Tabla ANOVA	23
Tabla 3-2: Coordenadas de los puntos de muestreo.....	26
Tabla 4-2: Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH.....	35
Tabla 5-2: Clave para determinar las clases texturales de suelo	39
Tabla 6-2: Tipo de estructura y característica de los suelos.....	41
Tabla 1-3: Cuantificación del contenido de COT	52
Tabla 2-3: Análisis de Varianza.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Estructura para la recolección de muestras	26
Figura 2-2: Barreno para muestreo de suelo	27
Figura 3-2: Cinta métrica para medición de parcela a parcela.....	27
Figura 4-2: Espátula para extracción de la muestra compactada	28
Figura 5-2: Cilindro para determinar densidad en suelos	28
Figura 6-2: Oz para retirar el exceso de pasto	28
Figura 7-2: Fundas Herméticas para recolección de muestras.....	29
Figura 8-2: Moldes de aluminio para determinar Densidad del suelo	29
Figura 9-2: Materiales de laboratorio	30
Figura 10-2: Crisol de porcelana para MO	30
Figura 11-2: Desecador de vidrio	31
Figura 12-2: GPS para la ubicación de puntos.....	31
Figura 13-2: Balanza para el pesaje de las muestras.....	32
Figura 14-2: pH-metro para análisis de las muestras	32
Figura 15-2: Conductímetro para análisis de las muestras	32
Figura 16-2: Estufa para secado de muestras	33
Figura 17-2: Horno mufla.....	33
Figura 18-2: pH-metro	35
Figura 19-2: Medición de conductividad eléctrica	36
Figura 20-2: Densidad aparente.....	37
Figura 21-2: Color, tabla de Munsell.....	38
Figura 22-2: Procedimiento para identificar textura en suelos	40
Figura 23-2: Análisis de Textura, método del tacto.....	40
Figura 24-2: Colocar crisoles con la muestra de suelo en la mufla	42
Figura 25-2: Colocar crisoles con la muestra de suelo en la estufa	42
Figura 26-2: Secado de muestras de suelo.....	43
Figura 27-2: Muestras de suelo molidas	43
Figura 28-2: Muestras de suelo tamizadas.....	43

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Delimitación de las litologías y ubicación de los puntos de muestreo	16
Gráfico 2-2: Ubicación geográfica y topográfica de la zona de estudio	17
Gráfico 3-2: Uso de suelo de la parroquia Cebadas	18
Gráfico 1-3: Resultados de pH, litologías JP; PT y dg (Ichubamba y Guargualla)	45
Gráfico 2-3: Resultados de CE, litologías JP; PT y dg (Ichubamba y Guargualla)	46
Gráfico 3-3: Resultados de color, litologías JP; PT y dg (Ichubamba y Guargualla)	48
Gráfico 4-3: Resultados de texturas, litologías JP; PT y dg (Ichubamba y Guargualla).....	48
Gráfico 5-3: Resultados de estructura, litologías JP; PT y dg (Ichubamba y Guargualla).....	49
Gráfico 6-3: Diferencia porcentual de MO en la litología JP (Ichubamba)	50
Gráfico 7-3: Diferencia porcentual de MO en la litología JP (Guargualla)	50
Gráfico 8-3: Diferencia porcentual de MO en la litología PT (Guargualla)	51
Gráfico 9-3: Diferencia porcentual de MO en la litología dg (Guargualla)	51
Gráfico 10-3: Diferenciación del contenido de COS en la litología JP (Ichubamba)	53
Gráfico 11-3: Diferenciación del contenido de COS en la litología JP (Guargualla)	53
Gráfico 12-3: Diferenciación del contenido de COS en la litología PT (Guargualla)	54
Gráfico 13-3: Diferenciación del contenido de COS en la litología dg (Guargualla)	54
Gráfico 14-3: Efectos del Lugar Ichubamba y Guargualla	56

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PÁRAMO GUARGUALLA E ICHUBAMBA

ANEXO B: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

ANEXO C: ANÁLISIS DE LABORATORIO

ANEXO D: REPORTE URKUND

ANEXO E: PERMISO DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (MAE)

RESUMEN

El objetivo fue determinar carbono orgánico en el suelo andino de Ichubamba y Guargualla, Parroquia Cebadas. El contenido de carbono orgánico del suelo (COS) se cuantificó a dos profundidades (0-30 y 30-60 de acuerdo a la metodología GIDAC) en el páramo de Ichubamba y Guargualla, ubicado en la parroquia de Cebadas, provincia de Chimborazo en diferentes litologías JP (Cuarcita, esquisto, filita, meta volcánica), PT (Andesita aglomerado, lava y dacita) y dg (Depósitos glaciares). Mediante un muestreo estratificado aleatorio se fijó un total de 72 puntos. Los parámetros físico-químicos (potencial de hidrogeno: pH y conductividad eléctrica: CE), físicos (textura, estructura, color) y químicos (materia orgánica: MO y COS) se determinaron mediante métodos estandarizados y analizados por protocolos del laboratorio GIDAC. La estadística descriptiva en el análisis del COS y MO a diferentes profundidades y diferentes tipos de litologías indican que los suelos sufren una diferencia en todos sus parámetros; de esta manera, se obtuvo valores promedios de pH que van desde medianamente ácidos (5,5) hasta ligeramente ácidos (6,7); la Conductividad eléctrica de 0,32 dS/m a 0,82 dS/m; la MO reportó valores altos a menor profundidad, mientras que a mayor profundidad se registraron valores bajos. Como conclusión se rechaza la hipótesis nula; el COS presenta diferencias significativas de acuerdo al sector, siendo mayor en Ichubamba que en Guargualla. Se recomienda realizar análisis de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) para saber la calidad de materia orgánica que presentan los suelos de páramo de Ichubamba y Guargualla.

Palabras claves: <QUÍMICA>, <CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO>, <PÁRAMO ANDINO>, <LITOLOGÍAS>, <ECOSISTEMA>.

REVISADO

10 FEB 2020

Ing. Jhonatan Parraño Uquillas, MSc.
ANALISTA DE BIBLIOTECA

ABSTRACT

The objective was to determine organic carbón in the andean soil of Ichubamba and Guargualla, Cebadas Parish. The organic carbon content of the soil (COS) was quantified at two depths (0-30 and 30-60 according to the GIDAC methodology) in the Ichubamba and Guargualla moorland, located in Cebadas parish, Chimorazo province in different lithologies JP (Quartzite, shale, phyllite, volcanic meta), PT (agglomerated Andesite, lava and dacite) and dg (Glacial deposits). A total of 72 points were established by random stratified sampling. The physical-chemical parameters (hydrogen potential: pH and electrical conductivity: EC), physical (texture, structure, color) and chemical (organic matter: MO and COS) were determined by standardized methods and analyzed by GIDAC laboratory protocols. Descriptive statistics in the analysis of COS and MO at different depths and different types of lithologies indicate that soils suffer a difference in all parameters; in this way, average pH values were obtained ranging from mildly acidic (5,5) to slightly acidic (6,7); the electrical conductivity of 0,32 dS/m to 0,82 dS/m; the MO reported high values at lower depth, while at greater depth low values will be recorded. In conclusión, the null hypothesis is rejected; the COS presents significant differences according to the sector, being higher in Ichubamba tan in Guargualla. It is recommended to perform Nuclear Magnetic Resonance Analysis (NMR) to know about the quality of the organic matter presented by the Ichubamba and Guargualla moorland soils.

Keywords:

<CHEMISTRY>, <SOIL ORGANIC CARBON>, <ANDEAN MOORLAND>, <LITHOLOGIES>, <ECOSYSTEM>.



INTRODUCCIÓN

El suelo del páramo del territorio hídrico de Ichubamba y Guargualla, son de origen volcánico, por lo tanto, tienen una alta concentración de materia orgánica, más del 5 %. Esto de alguna forma contribuye a mitigar el efecto del calentamiento global. Dado que en el suelo del páramo existe un alto contenido de COS almacenado que se puede liberar a la atmósfera en caso de perturbaciones humanas.

El proyecto “Soil Organic Carbon Evaluation and Sequestration in Ecuadorian Paramo Ecosystems” pretende evaluar y cuantificar el COS en suelo de paramo andino, sector Ichubamba-Guargualla. En una primera fase, se requiere evaluar contenido de COS del páramo andino sector Guargualla y posterior en el sector Ichubamba, en dependencia de las actividades antrópicas debido al cambio en el uso de suelo. Las localidades humanas en los páramos ecuatorianos ayudan a una interrelación con la fauna, la flora, y los factores ambientales; para lo cual, es apropiado que dichas poblaciones formen parte de las investigaciones elaboradas en los ecosistemas de páramo ecuatoriano, con lo cual se pretende conocer la cantidad de carbono orgánico que se almacena en el suelo de paramo y si es producido por actividades antrópicas.

Los suelos del páramo corresponden a aquellos a los que se les da el nombre científico de andasoles, suelos negros de origen volcánico y muy porosos, con alta capacidad de retención de agua y carbono (López, 2012, p. 29).

Su capacidad de almacenar agua se debe a que los suelos del páramo tienen una alta composición orgánica y eso les da una alta capacidad de retener el agua, en una relación de hasta tres veces su peso, por lo que se les considera verdaderas esponjas que se llenan en épocas de lluvia y se sueltan lentamente en estiaje. Esto se posibilita también por el tipo de vegetación que cubre el suelo y que impide su secamiento por el sol diario, además de capturar de la lluvia y la niebla el agua que luego penetra en el suelo. Sin esa cobertura vegetal el suelo rápidamente se erosiona y pierde su función (López, 2012, p. 29).

Otra capacidad importante que tiene el suelo del páramo es la de retener el carbono de esa materia orgánica que se descompone muy lentamente por las bajas temperaturas que la refrigeran. De esa manera, el carbono se va acumulando en el suelo y lo habría hecho por lo menos por unos 10 mil años, hasta constituir un 50% del peso del suelo del páramo. Si se reduce la superficie del páramo se está reduciendo también la cantidad de carbono capturado y si se utilizan mecanismos de quema, de manera inmediata se enviará CO₂ a la atmósfera (López, 2012, p. 29).

La textura de los suelos de los humedales es franco arenosa, por tanto la intemperización y meteorización de las partículas mejoran la retención del agua contribuyendo a la presencia de cobertura vegetal propia de la zona (Carrasco et al., 2016, p.6).

Se analizaron los recursos naturales: clima, suelo, flora y agua del páramo de Igualata administrado por la comunidad Pichan Central, provincia de Chimborazo-Ecuador. Se evaluaron las condiciones meteorológicas con una estación portátil durante el período de investigación de once meses, en el cual se emplearon: el método colorimétrico Walkley-Black en el cálculo del porcentaje de carbono orgánico en suelo y biomasa, método del cilindro en la densidad aparente del suelo, el método Gloria en la estimación de la densidad de flora y la Norma INEN, TULSMA en la calidad del agua. Las condiciones meteorológicas promedio en el día establecieron que el clima del páramo de Igualata es frío paramal. Los promedios del contenido de carbono orgánico en las muestras de biomasa y suelo indican que aumenta con la altitud. La densidad aparente del suelo varía de 1,01g/cm³ a 1,24g/cm³. La densidad de flora es 5,73 especies/m². El agua se encuentra dentro de los límites permisibles para consumo y uso recreacional (Carrasco et al., 2016, p.6).

Planteamiento del Problema

Mediante las cualidades establecidas en la zona de páramo andino de Ichubamba y Guargualla, se identificó la interrogante del problema:

¿Las Propiedades físico químicas varían en el contenido de carbono orgánico del suelo en Ichubamba y Guargualla?

Justificación

El verdadero problema del aumento en la concentración de Carbono Orgánico en el Suelo (COS) se da en el hecho de que los gases se dispersan sobre toda la atmósfera y no se concentran alrededor de sus fuentes, razón por la cual, todo el mundo siente el efecto del calentamiento global (Cárdenas, 2015, p.5-8). El propósito primordial por el cual se desarrolló esta investigación fue la de generar datos cuantitativos para estimar el contenido de carbono orgánico en suelos de ecosistemas de páramo en el sector de Ichubamba y Guargualla, parroquia Cebadas, cantón Guamote, provincia de Chimborazo ya que al contar con grandes extensiones de la misma no se ha establecido cifras del servicio ambiental que presta en lo referente a la captura de COS.

La presente investigación es parte del proyecto “Soil Organic Carbon Evaluation and Sequestration in Ecuadorin Páramo Ecosystems” financiado por la ESPOCH.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Determinar carbono orgánico en el suelo andino de Ichubamba y Guargualla, Parroquia Cebadas.

Objetivos Específicos:

- Analizar las propiedades físico-químicas, físicas y químicas en suelos de páramo en el sector Ichubamba y Guargualla, parroquia Cebadas, cantón Guamote, provincia de Chimborazo.
- Cuantificar el contenido de COS en diferentes litologías en suelos el páramo de Ichubamba y Guargualla, parroquia Cebadas, cantón Guamote, provincia de Chimborazo.
- Realizar un análisis comparativo del contenido de carbono orgánico a dos profundidades en suelos de páramos en el sector, Ichubamba y Guargualla parroquia Cebadas, cantón Guamote, provincia de Chimborazo.

Hipótesis

Hipótesis nula

Ho: El contenido de carbono orgánico en suelos de páramo no varía en el sector Ichubamba y Guargualla.

Hipótesis alternativa

Ha: El contenido de carbono orgánico en suelos de páramo varía en el sector Ichubamba y Guargualla.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El suelo hoy en día se ha convertido en uno de los recursos más vulnerables del planeta frente al cambio climático, la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad. El suelo es una importante reserva de carbono, conteniendo más carbono que la atmósfera y la vegetación terrestre en conjunto. El carbono orgánico del suelo (COS) es dinámico, no obstante, los impactos antropogénicos sobre el suelo pueden convertirlo en un sumidero o fuente neta de gases de efecto invernadero (GEI). Se ha logrado un enorme progreso científico en la comprensión y explicación de la dinámica del COS. Sin embargo, la protección y el monitoreo de las reservas de COS a nivel nacional y global todavía se enfrentan a desafíos complicados que obstaculizan el diseño e implementación de políticas efectivas sobre el terreno y adaptadas a regiones específicas (FAO, 2017, p.40-52).

Como lo afirma Kane, (2015) el carbono orgánico del suelo (COS) es una pequeña parte del ciclo global del carbono, el cual implica el ciclo del carbono a través del suelo, la vegetación, el océano y la atmósfera. Se estima que la reserva de COS almacena 1 500 PgC en el primer metro de suelo, lo cual supone más carbono que el contenido en la atmósfera (aproximadamente 800 PgC) y la vegetación terrestre (500 PgC) combinados pero este extraordinario reservorio de COS no es estático, sino que está constantemente circulando entre las diferentes reservas mundiales de carbono en formas moleculares diversas.

Lützow et al., (2006) menciona que el CO₂ (dióxido de carbono) y CH₄ (metano) son los principales gases atmosféricos basados en carbono, organismos autótrofos (principalmente plantas), y microbios foto y quimioautótrofos sintetizan el CO₂ atmosférico en material orgánico. El material orgánico muerto (principalmente en forma de residuos vegetales y exudados) es incorporado al suelo por la fauna del mismo, lo que conlleva la entrada de carbono en el suelo a través de la transformación del material orgánico por microorganismos heterótrofos. Este proceso de transformación de materiales orgánicos da como resultado una mezcla biogeoquímica compleja de residuos vegetales y productos de descomposición microbiana en varias etapas de descomposición.

El CO₂ se emite de vuelta a la atmósfera cuando la materia orgánica del suelo (MOS) es descompuesta (o mineralizada) por microorganismos. La pérdida de carbono también puede ser causada por exudados radiculares como el ácido oxálico, que liberan compuestos orgánicos de las protectoras asociaciones con minerales. Finalmente, el carbono también es parcialmente exportado de los suelos a ríos y océanos como carbono orgánico disuelto (COD) o como parte del material de erosión (Keiluweit et al., 2015, p.588-595).

Uno de los sumideros más importantes de COS son los ecosistemas de páramos que se ubican en la cadena montañosa denominada “Los Andes” diferenciado por tener una vegetación dominante como el pajonal. En el Ecuador los páramos ocupan una extensión de 1 337 119 ha, que corresponden aproximadamente al 5 % del territorio nacional. La provincia de Chimborazo, con una extensión de 648 124 ha, posee más de 236 000 ha de ecosistema de páramo, es decir el 36,9 % de la superficie de la provincia (Caranqui, Lozano, & Reyes., 2016, p.33-45).

Los páramos almacenan la mayor parte del carbono orgánico en el suelo los cuales se caracterizan por ser negros y húmedos (Ceron & García., 2009, p.113), beneficiando al proceso de acumulación de una capa gruesa de suelo orgánico (Llambí et al., 2012., p.45).

A esto suma Coronel, Chicaiza & Echeverría, (2016) que los páramos son muy trascendentales ya que ofrecen importantes funciones ecológicas pues es muy conocido por su capacidad de retener y almacenar agua, también se debe tomar en cuenta las características del suelo como su gran capacidad de almacenar y transformar el CO₂ en otros compuestos con características menos tóxicas contribuyendo positivamente a combatir a los efectos del calentamiento global producido por los humanos.

Según el MAE, (2014) afirman que el monitoreo de carbono en ecosistemas de páramo se a tornado muy importante para la investigación especialmente en años recientes, como resultado del cambio climático. Para esto es importante su cuantificación especialmente en estos ecosistemas ya que se ven afectados principalmente debido a su delicado equilibrio ecológico y por medio de estos se puede determinar los cambios globales del clima.

La finalidad de este estudio es que aporte información sobre la capacidad que tienen estos suelos discriminando entre unidades geológicas y taxonómicas de como almacenan estos ecosistemas el carbono en los suelos, así mismo esta información permitirá delinear investigaciones más profundas en esta área de investigación. Así tomando en consideración la información del PDOT, (2015) de la parroquia Cebadas donde se menciona que las comunidades que mayor extensión de páramo poseen, se ubican en el sector de Guargualla Grande, Guargualla San Eduardo, San Alberto, Tranca San Luis y Tranca Pucará, que conforman la Asociación ASARATAH posee la mayor superficie de páramo a nivel de la parroquia, con una extensión de 9 500 hectáreas; le sigue en orden de importancia: Cooperativa Yasepan, con 6 500

hectáreas; Retén Ichubamba con 5 450 hectáreas Pancún Ichubamba con 3 085 hectáreas y Atillo con 2 200 hectáreas lo que indica la importancia de este tipo de estudios en la zona ya que actualmente no se cuenta con esta información que resulta trascendental en temas relacionados con el cambio climático.

El stock de carbono orgánico del suelo del páramo de Igualata se evaluó durante tres períodos de estudio: 2012, 2013-2014, 2015. Las muestras de suelo material de este estudio se obtuvieron a través de un método de muestreo aleatorio factorial fijo completamente equilibrado. Para cubrir toda la ubicación, el suelo se muestreó tres veces a 5 altitudes 4090, 4100, 4110, 4120 y 4130 y dos profundidades de la siguiente manera: muestra de suelo 1 (0-0.7 m) y muestra de suelo 2 (0.7- 1,2 m) (Echeverría et al., 2018, p.4-7).

El contenido orgánico y la densidad aparente de todas las muestras se evaluaron utilizando el método colorimétrico Walkley-Black y el método del cilindro, respectivamente. La cuantificación de carbono orgánico en toneladas por hectárea (t / ha) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para los siguientes factores: altitud, material y relación altitud por material. Con respecto a la altitud, el contenido promedio más alto de carbono orgánico del suelo (SOC) de 302.13 t / ha se encontró a 4130 m.s.n.m., mientras que el más bajo de 98.91 t / ha a 4090 m.s.n.m. Con respecto al material, la muestra de suelo 1 mostró un contenido promedio más alto de carbono orgánico (306.89 T / ha) que la muestra de suelo 2 (161.55 t / ha). La relación altitud por material mostró que el contenido promedio más alto de materia orgánica del suelo (SOM) (377.69 t / ha) se encontró en la muestra de suelo 1 a la altitud máxima de 4130 m.s.n.m. mientras que el más bajo (47.59 t / ha) corresponde al suelo 2 a 4090 m. a. s.l (Echeverría et al., 2018, p.4-7).

Los resultados de este estudio demostraron claramente que el contenido promedio del stock de carbono orgánico en el páramo de Igualata aumentó a gran altitud y disminuyó de acuerdo con la profundidad del suelo (Echeverría et al., 2018, p.4-7).

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Carbono Orgánico

El Carbono Orgánico del Suelo (COS), es una fuente de alimento para la mayoría de la vida en el suelo, que a su vez sustenta a plantas superiores que existen como parte de sistemas ecológicos terrestres más complejo (Suárez et al., 2016, p.171).

La microbiología del suelo se ve afectada por dos ciclos: un ciclo lento, en el que la producción de carbono se mide en cientos de miles de años e implica el desgaste de las rocas y la disolución de carbonatos en la tierra y en los océanos y el ciclo de producción rápida de carbono, que se mide en años o décadas y constituyen una parte fundamental en el aspecto biológico de la naturaleza (Muñoz, Faz & Zornoza., 2013, p).

1.2.2 Suelo

Según Vásquez, Ladd, & Borchard, (2014) afirma que la formación de los suelos de páramo solo se inicia 10 000 años atrás, con la meteorización (conjunto de procesos externos que provocan la alteración y disgregación de las rocas en contacto con la atmósfera) de roca descubierta al cabo de las últimas glaciaciones, cuando la totalidad de la extensión de páramo estuvo cubierta de hielo. En zonas donde hay vulcanismo activo, el suelo tiene que formarse con cenizas volcánicas de edad todavía más reciente. Además, gracias a las bajas temperaturas, el proceso de formación de suelo es lento.

Una de las características más destacadas de los páramos son precisamente sus suelos, especialmente por la importancia que han adquirido últimamente como sustentadores primarios del servicio ambiental del páramo: la captación y distribución de agua hacia las tierras bajas como menciona Vela et al., (2009). También, este suelo contiene hasta un 50% de MO, es un sumidero de carbono y así contribuye a mitigar los efectos del calentamiento global por causa de la acumulación atmosférica de gases como es el CO₂.

1.2.2.1 Propiedades del suelo

Las propiedades físicas y químicas de los suelos determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. Se considera necesario para las personas involucradas en el uso de la tierra, conocer las propiedades físicas del suelo, para entender en qué medida y cómo influyen en el crecimiento de las plantas, en qué medida y cómo la actividad humana puede llegar a modificarlas, y comprender la importancia de mantener las mejores condiciones físicas del suelo posibles (McCarty et al., 2002, p.645).

1.2.3 Páramo

El páramo es un ecosistema natural sobre el límite de bosque cerrado en los Andes del Norte, dominado por pajonales, rosetales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes. Es un ecosistema de clima frío y es muy frágil a los cambios en el uso de la tierra, por lo que su potencial para el uso productivo es, en términos generales, muy limitado. Sin embargo, mucha gente de una gran riqueza cultural, pero pobreza económica está aprovechando los recursos de este paisaje. Al mismo tiempo, una gran población aguas abajo lo está aprovechando indirectamente, aunque de manera sustancial, especialmente a través de su servicio ambiental hídrico (Vásconez & Hofstede., 2006, p.71-75).

Los páramos se hallan en las partes altas de los Andes ecuatorianos, los cuales se ubican desde aproximadamente los 3 500 metros hasta la altitud en la que las condiciones climáticas y edáficas permitan la existencia de vida. No obstante, en ciertas zonas, ya sea por condiciones climáticas locales o por acciones humanas, además el ecosistema puede estar presente desde altitudes tan bajas como 2 800 m, especialmente en el sur (Vásconez & Hofstede., 2006, p.71-75).

Según De la Cruz et al., (2009) menciona que existen páramos de pajonal que parecen no haber sufrido impactos mayores y que representan una vegetación natural. Este tipo de páramo en el Ecuador, el pajonal, es uno de los varios tipos que se pueden encontrar en el país.

Los páramos en el Ecuador cubren el 5 % del territorio nacional, además, se caracteriza por presentar un clima de tipo montañoso intertropical, en donde la mayor parte de las plantas son arbustos que por lo general evolucionaron a través de los años para adaptarse a condiciones de vida extremas se encuentra localizado a una altura que supera los 2 500 metros sobre el nivel del mar y pueden llegar hasta los 5 000 metros por encima del mar, otra característica importante que nos provee los páramos es que son reguladores hídricos, almacenan el carbono además de contener un gran número de especies endémicas (Vásconez & Hofstede., 2006, p.71-75).

1.2.3.1 Tipos de páramo

La clasificación más aceptada es la de Cuatrecasas, que divide el páramo en subpáramo (la zona de transición entre el bosque montano y el páramo abierto), páramo propiamente dicho (el páramo “típico”, dominado por pajonal-rosetal) y superpáramo (la zona más alta, donde la vegetación escasea por el frío). A parte de estos el volcán Chimborazo posee un páramo de tipo seco sobre arenales el cual posee características especiales dentro de esta clasificación se desarrollan sobre un suelo arenoso resultado de procesos erosivos intensos. Hay una similitud con la vegetación del páramo seco pero la humedad es mayor y la escasez de cobertura vegetal se puede deber más bien a erosión climática y antropogénica (Ayala et al., 2014, p.45-52).

1.2.3.2 Sub páramo

Está caracterizado por el clima ecuatorial frío de alta montaña y el frío de la zona, las precipitaciones son muy abundantes, la vegetación es muy variable, de acuerdo a la latitud en que se encuentren ubicadas las montañas; por lo que puede causar confusión al no diferenciar sus formaciones vegetales Siempre está por encima de los 3 000 m. Las temperaturas máximas raramente superan los 20 °C, y los promedios anuales, fluctúan casi siempre entre 4 y 8 °C (Rajh, Budak & Anić., 2016, p.309-327).

1.2.3.3 Súper páramo

El "súper páramo" o "arenal" se encuentra en las cimas de los montes más altos. Las condiciones climáticas se parecen superficialmente a las tundras templadas, donde únicamente las plantas más resistentes al frío, la desecación fisiológica y el viento pueden sobrevivir (De la Cruz et al., 2009, p.100). Está caracterizado por el clima ecuatorial frío seco de alta montaña, donde la evaporación excede a la precipitación, por lo que ésta no es suficiente para alimentar corrientes de agua permanentes. Este se desarrolla en las montañas más altas, donde pocas especies vegetales pueden sobrevivir a las condiciones edáficas y climáticas sobre los 4200 metros.

1.2.3.4 Páramo Típico

Está caracterizado por el clima ecuatorial frío semihúmedo alta montaña y por la variación del clima de acuerdo a la altitud, es decir que este tipo de páramo es el que se extiende mayormente a lo largo de la microcuenca. Las temperaturas medias anuales generalmente oscilan entre 12 y 20 °C. Es el más extenso y responde de manera común a la idea que se tiene del páramo. Los

páramos de pajonal se encuentran en todas las provincias del país donde hay este ecosistema y cubren alrededor del 70% de la extensión del ecosistema en el Ecuador (Rajh, Budak & Anic., 2016, p.309-327).

1.2.4 Suelos De Páramo

Los suelos de los páramos del Ecuador se han desarrollado esencialmente sobre los depósitos piroclásticos resultantes de las erupciones de los numerosos edificios volcánicos de la llamada avenida de los volcanes. Se trata en general de andisoles o vitrosoles', pero su morfología y propiedades varían considerablemente según los principales factores de la pedogénesis, como la edad, naturaleza, la composición química de los materiales y las condiciones climáticas. Presentan globalmente altas capacidades de retención de agua (del 60 al 200 %) y a menudo importantes acumulaciones de materia orgánica (Balvanera, 2012, p.136-147).

Los páramos de los Andes son ecosistemas de montaña que pertenecen al dominio fitogeográfico amazónico. Se ubican discontinuamente en el neotrópico, desde altitudes de aproximadamente 3 000 msnm hasta la línea de nieves perpetuas, aproximadamente 4 300 msnm (Mena & Medina., 2000, p.34).

1.2.5 Formaciones Vegetales de Páramo

Las formaciones vegetales del Ecuador se encuentran en una serie de regiones naturales o eco regiones con historias geológicas, climáticas y evolutivas diferentes. En el Ecuador continental se pueden identificar regiones naturales claramente definidas: la región pacífica o Costa, la región andina o Sierra, incluyendo los valles interandinos y la región amazónica u Oriente, cada una de ellas dividida en varias subregiones o paisajes. Sobre la base de los criterios de clasificación y a las regiones naturales del Ecuador continental se han definido las formaciones vegetales, cuyas especificaciones se presentan en la Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental (MAE, 2013, p.55-78).

1.2.6 Ciclo del carbono

El ciclo de carbono en los vegetales comienza con la fijación del anhídrido carbónico atmosférico a través de los procesos de la fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el anhídrido carbónico y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno en forma simultánea que pasa a la atmósfera. Parte del carbohidrato se consume directamente para suministrar energía a la planta, y el anhídrido

carbónico así formado se libera a través de sus hojas o de su raíz (Montanarella, Pennock & McKenzie., 2016, p.18).

1.2.6.1 Fijación de carbono en el suelo

El suelo es un elemento natural de importancia máxima para la vida de los seres vivos. Además de brindar un medio adecuado para el desarrollo de las plantas, tiene la capacidad para purificar, almacenar y regular el abasto de agua, y de acumular carbono y retenerlo por varios periodos de tiempo, y transformar los residuos orgánicos que la agricultura genera, además de constituir un elemento fundamental del paisaje (Betancourt, 2015, p.3-19).

La acumulación de carbono orgánico en el suelo (COS) es un proceso importante para mitigar efectos del cambio climático, ya que el suelo, además de ser un sumidero, es un reservorio de carbono estabilizado.

El carbono se encuentra formando parte de la mayoría de los elementos que conforman la naturaleza así: en el agua bajo la forma de compuestos carbónicos disueltos y en el aire como dióxido de carbono o anhídrido carbónico. Este elemento es el más importante en la vida de los organismos vivos, ya que representan aproximadamente el 50% del peso seco (Betancourt, 2015, p.3-19).

1.2.7 Conductividad eléctrica en el suelo

La (CE) mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de esta; por lo tanto, la CE mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo. Su valor es más alto cuanto más fácil se mueva dicha corriente a través del mismo suelo por una concentración más elevada de sales así mismo esta aptitud depende principalmente del contenido, movilidad e interacción (fuerzas interiónicas) entre los iones (cationes y aniones) presentes en la disolución. Dicho de otro modo, el valor de la CE depende de la concentración de sales disueltas (Castro et al., 2017, p.135-146).

Además Cortés, Pérez & Camacho, (2013) agrega que cuando un suelo tiene un exceso de sales solubles se le denomina suelo salino. La medida de la conductividad eléctrica (CE) del suelo y de las aguas de riego permite estimar en forma casi cuantitativa la cantidad de sales que contiene. El análisis de la CE en suelos se hace para establecer si las sales solubles se encuentran en cantidades suficientes como para afectar la germinación normal de las semillas, el crecimiento de las plantas o la absorción de agua por parte de las mismas. Las sales solubles que se encuentran en los suelos en cantidades superiores al 0.1 % están formadas principalmente por los cationes Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} asociados con los aniones Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- y HCO_3^- .

1.2.8 Textura

Según Martínez, Fuentes, & Acevedo, (2008) el término textura aplicado a litología designa el modo en que los elementos constituyentes de la roca se agrupan en el espacio confiriéndole su conformación general y es ahí precisamente donde la proporción de cada elemento del suelo lo que se llama la textura, o dicho de otra manera, la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición.

1.2.9 Estructura

Se la define como el arreglo de las partículas del suelo. Se debe entender por partículas, no solo las que fueron definidas como fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), sino también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas. Por lo tanto, «partícula» designa a toda unidad componente del suelo, ya sea primaria (arena, limo, arcilla) o secundaria (agregado o unidad estructural) (Rodríguez, Camacho & Ruiz., 2009, p.34).

El arreglo entre las partículas del suelo, la estructura, determina el espacio entre las mismas, que son predominantemente macroporosos. Según el nivel de observación, se puede hablar de macroestructura o microestructura. La macroestructura, es el arreglo de las partículas secundarias y primarias visibles a simple vista. La microestructura es el arreglo de las partículas primarias para formar las secundarias; de ella depende en alto grado la macroestructura. Al atender a la microestructura, se observa que los componentes coloidales del suelo (plasma) actúan como cemento de los granos más gruesos (Murray et al., 2011, p.27-35).

1.2.10 Materia orgánica en el suelo

La materia orgánica está compuesta por los residuos orgánicos, ya sean vegetales o animales. Estos residuos normalmente proceden de la actividad agrícola, pecuaria y/o agroindustrial. Debido a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos propiciados por la humedad, la temperatura, el aire y los microorganismos, la materia orgánica del suelo (MOS) se transforma en humus en un lapso de 3 a 4 meses (Etter et al., 2006, p.369-386).

Además Morales et al., (2007) agrega que la materia orgánica está compuesta por carbohidratos, ligninas y proteínas. Los microorganismos del suelo descomponen la materia en dióxido de carbono y la materia más resistente en el componente tan deseado por los agricultores, el humus esto contribuir enormemente a la fertilidad del suelo. Tanto es así, que un suelo pobre en materia orgánica no es apto para la producción agropecuaria. Si los suelos no tienen la suficiente cantidad de este componente, las plantas no crecerán, enfermarán rápidamente y serán muy susceptibles a las plagas.

1.2.10.1 Capacidad de captura de carbono e importancia tiene la materia orgánica al suelo

En todo caso, en los suelos de la zonas de páramos se presenta una capacidad de captura de carbono promedio de 108 t/ha en los primeros 30cm de profundidad, esto se debe en primera instancia a las características orgánicas de los suelos taxonómicamente jóvenes, con órdenes como histosoles, andisoles e inceptisoles, en zonas de alta montaña (Fernández Pérez, Cely Reyes & Serrano., 2019, 121-133).

Tomando en cuenta que la vegetación es un factor determinante al momento de cuantificar el contenido de carbono orgánico del suelo ya que es la encargada de fijarlo en el suelo no es proporcional al contenido de carbono en la biomasa aérea debido al tipo de especies presentes en cada formación vegetal además de que no todas fijan carbono en iguales proporciones, la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo alberga ocho formaciones vegetales o ecosistemas cada uno con especies representativas y características típicas de entornos andinos. De estos ecosistemas se destaca el Bosque siempre verde del páramo el cual es el bosque que a mayor altitud en el Ecuador se sitúa por tal motivo las especies arbóreas han modificado su crecimiento para poder adaptarse al medio presentándose de forma achaparrada en asociación con arbustos lo que esto contribuye a una mayor cantidad de materia orgánica y por consiguiente mayor cantidad de CO Phillips et al., (2011) reporta valores de carbono en bosque maduro y achaparrados con especies del género *Polylepis* de 128 t/C/ha promedio y en un rango de Phillips et al., (2011) 48,1 a 129,4 t/C/ha en bosques andinos colombianos con diferentes gradientes altitudinales, de igual manera Köhl et al., (2015) en estudios en bosques de América del Sur reporta 122 t/C/ha.

Según Fernández Pérez, Cely Reyes, & Serrano, (2019) la materia orgánica del suelo desempeña un papel fundamental en el mejoramiento de los suelos y cumple una infinidad de funciones, de las se destaca las siguientes:

- Tiene un efecto positivo en la estructura del suelo, mejora su permeabilidad, su capacidad de almacenar agua y facilita el laboreo reduciendo la erosión.
- Aporta los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas durante el proceso de descomposición (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, cobre, hierro magnesio, etc.) al constituir, junto a la arcilla, el complejo de cambio que facilita la absorción de los nutrientes (formando quelatos y fosfohumatos).
- Ayuda a la proliferación de microorganismos aerobios a los que proporciona carbono y nitrógeno cuando está poco descompuesta. Favorece además la respiración de las raíces y la germinación de las semillas.
- Activa biológicamente el suelo ya que representa el alimento para toda la población biológica que existe en él.
- Mejora la estructura del suelo favoreciendo el movimiento del agua y del aire y por lo tanto el desarrollo del sistema radicular de las plantas;
- Incrementa la capacidad de retención de agua.
- Eleva la temperatura del suelo.
- Intensifica la fertilidad potencial del suelo.
- Aumenta la CIC del suelo en relación con la naturaleza coloidal del humus.

1.3 Bases Conceptuales

1.3.1 Carbono orgánico del suelo

El carbono orgánico del suelo (COS) es un componente de gran importancia en el ciclo global del Carbono. El suelo puede actuar como fuente o reservorio de Carbono dependiendo de su uso y manejo (Martínez, Fuentes & Acevedo., 2008, p.68-96).

El carbono orgánico del suelo está en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas de composición próxima al carbono elemental (Martínez, Fuentes & Acevedo., 2008, p.68-96).

La mayoría de los suelos en la parroquia Cebadas, tienen su origen en los depósitos de ceniza volcánica que son materiales piroclásticos finos, los cuales provienen de erupciones volcánicas, acumulados en espesores que alcanzan varias decenas de metros (PDOT, 2015).

1.3.2 Páramo Andino

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. Es una formación ecológica específica de los Andes septentrionales (Colombia y Venezuela) que se localiza entre las cotas de los 3 200 y los 4 700 msnm (metros sobre el nivel del mar) (CESA, 1983, p. 74).

El Ecuador ocupa una posición geográfica intermedia entre estos polos y sus praderas naturales de altura hacen transición entre ambos tipos. En el norte del país se encuentra el límite sur del páramo con frailejón (Espeletia) que es una formación vegetal muy extensa en Colombia y Venezuela; en los valles de Sumbahua y Palmira, condiciones edáficas (suelos sobre material pedregoso fluvio glacial o sobre piedra pómez) y condiciones climáticas (llanuras en posición de “sotavento”) hacen que la pradera de *Stipa ichu*, esparcida en matas diseminadas, se asemeje a la puna (CESA, 1983, p. 74).

En suelo de páramo de Ichubamba y Guargualla se trabajaron con altitudes que van desde los 3 200 m s n m, hasta los 4 000 m s n m, con un área total de estudio de 12 737,94.

1.3.3 Litología

La Litología es la parte de la Geología que trata de las rocas: el tamaño de grano, de las partículas y sus características físicas y químicas. La litología es fundamental para entender cómo es el relieve, ya que dependiendo de la naturaleza de las rocas se comportarán de una manera concreta ante los empujes tectónicos, los agentes de erosión y transporte, y los diferentes climas de la Tierra (Ayala et al., 2014, p.91).

Además del comportamiento de las rocas, ante los demás agentes del relieve, hay que tener en cuenta que cuando en una región existe un solo tipo de roca (o este es dominante) puede condicionar el relieve, incluso por encima de otros factores (Ayala et al., 2014, p.91).

En el páramo de Ichubamba y Guargualla, situado en la parroquia de Cebadas, se trabajaron con diferentes litologías: JP (Cuarcita, esquisto, filita, meta volcánica), PT (Andesita aglomerado, lava y dacita) y dg (Depósitos glaciares).

1.3.4 Los ecosistemas de páramo

El carbono orgánico en el suelo (COS) es la cantidad total de este elemento presente en forma de materia orgánica que se deriva de restos animales y vegetales presentes en el suelo, por tal motivo se fundamenta que esta medida es un indicador de la calidad de suelo es por esto que su variación puede tener implicaciones en los procesos ambientales principalmente en la erosión y flujo de gases de efecto invernadero (Stolbovoy et al., 2007, p.15).

Biológicamente los ecosistemas altoandinos son muy diversos y brindan un sin número de servicios ambientales, almacenan grandes cantidades de carbono, como en los suelos de Ichubamba y Guargualla, esto gracias a que son influenciado por las bajas temperaturas lo que reduce la tasa de descomposición de la materia orgánica, así este proceso se torna lento, a pesar de que la disponibilidad de toda la biomasa aérea no son exuberantes la (MO) se acumula en el suelo y puede alcanzar hasta 60Kg/C/m^2 por tal razón se encuentra entre los suelos con mayores reservas de carbono en el mundo (Castañeda & Montes., 2017, p.210-221).

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Área de estudio

El área de estudio se establece en el páramo Andino del sector de Guargualla-Ichubamba, ubicado en la parroquia de Cebadas, provincia de Chimborazo, a una altitud que oscila desde los 2 600 hasta los 4 640 msnm (PDOT, 2015, p.9-33).

La parroquia Cebadas tiene una extensión territorial de 57 077,40 hectáreas, de las cuales el 71.6 % se ubican en el ecosistema de páramo, con una superficie de 40 852,6 hectáreas. Esta reserva importante de páramo permite generar y dar origen a ríos importantes: como Atillo, Ozogoche, Yasipan, Pancún, Tingo, Guarguallá, entre los principales, con un caudal aproximado de 20 metros cúbicos por segundo, aportando a la irrigación de importantes áreas agro-productivas, tanto de la parroquia y de manera especial de parroquias y cantones vecinos; al igual que para la generación hidroeléctrica: Agoyán y San Francisco. Así como para la dotación de consumo doméstico a las diferentes comunidades y cabecera parroquia de Cebadas (PDOT, 2015, p.9-33).

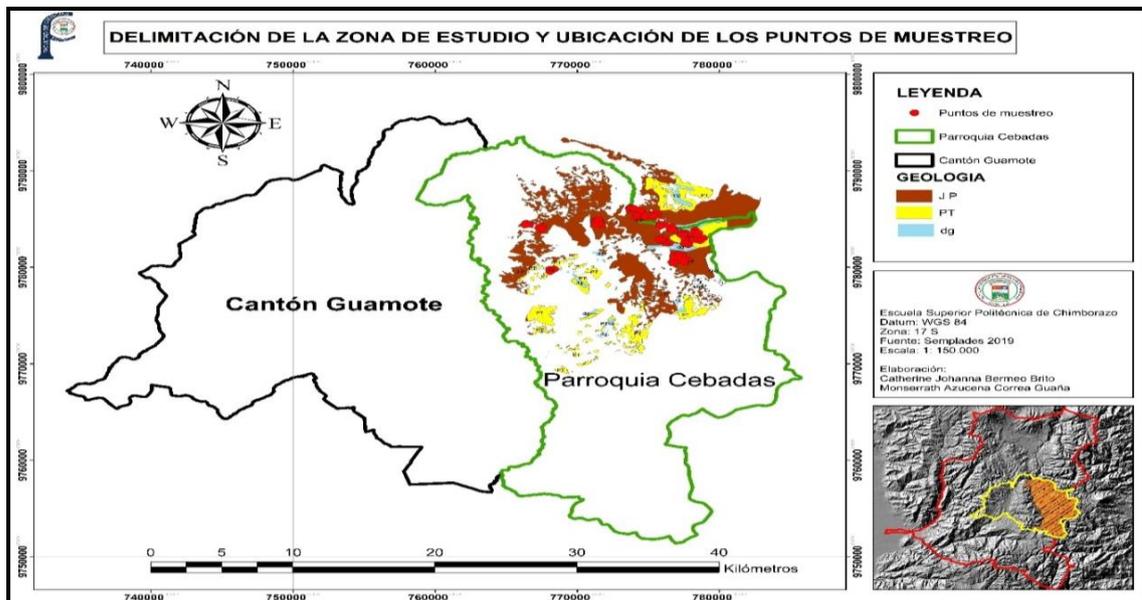


Gráfico 1-2: Delimitación de las litologías y ubicación de los puntos de muestreo.

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.1.1 Ubicación geográfica

La microcuenca del río Cebadas cubre un área de 410,36 km², superficie que territorialmente se encuentra dentro de la parroquia rural de Cebadas del cantón Guamote, cuya longitud de cauce principal es de 28,00 Km (PDOT, 2015, p.9-33).

La topografía general del sector donde se realizó el diagnóstico, es irregular con desniveles, es decir una topografía plana en un 40 % y accidentada o irregular en un 20 %, sus coordenadas geográficas son:

Longitud: Entre 2°5'17,941"S y 1°52'8,867"S

Latitud: Entre 78°35'37,934"W y 78°36'34,288"W

Altitud: En la cota superior 3 320 msnm y en la cota inferior 2 920 msnm (PDOT, 2015, p.9-33).

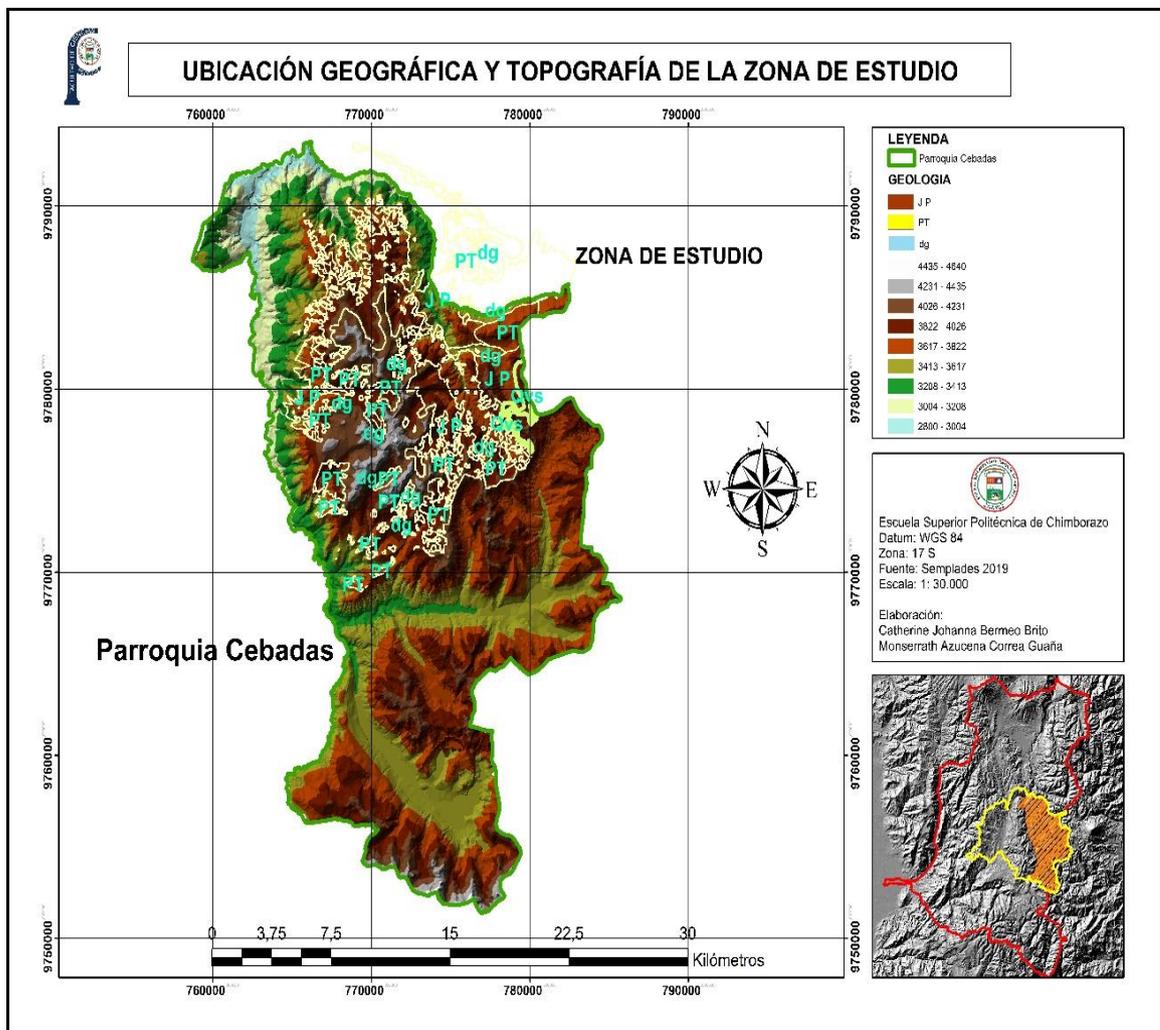


Gráfico 2-2: Ubicación geográfica y topográfica de la zona de estudio.

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.1.2 Uso de suelo

En función del último Censo de Población y Vivienda levantada en el año 2010, la parroquia Cebadas posee una población total de 8 218 personas que representa el 18,20 % de la población del cantón Guamote (45 153 habitantes) y el 1,79 % (458 581 habitantes) en relación a la población total de la provincia de Chimborazo. De esta población, 4 199 personas son mujeres que significa el 51,10 % y 4 019 son hombres (48,90 %) (PDOT, 2015, p.9-33).

El 79,7 % de la población económicamente activa se dedica a actividades agropecuarias, tan solo el 2,2 % de la PEA se dedica a actividades de manufactura/industrias; de igual forma únicamente el 2,4% de la PEA se dedica a actividades de comercio (PDOT, 2015, p.9-33).

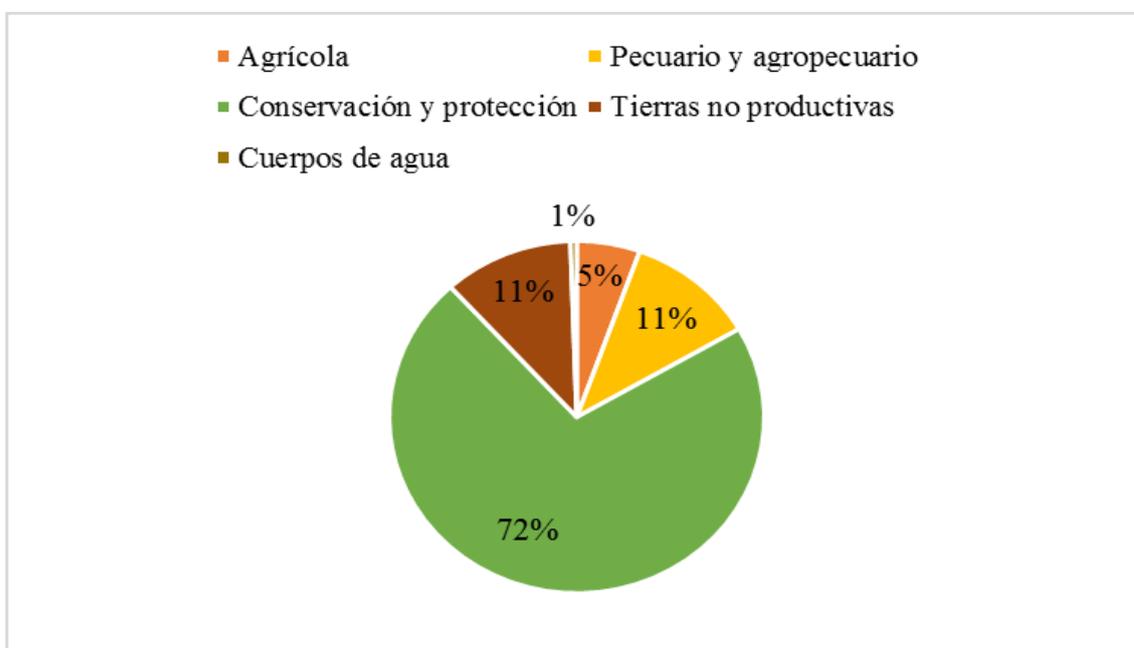


Gráfico 3-2: Uso de suelo de la parroquia Cebadas.

Fuente: GADP Cebadas, 2015.

En función de las encuestas levantadas en cada una de las comunidades, los productores de la parroquia Cebadas han destinado 9 395,8 hectáreas para actividades agropecuarias, de las cuales el 76,4 % son pastizales y el 23,6 % son tierras dedicadas a la producción agrícola. Considerando que la parroquia Cebadas viven 2 178 jefes de familia, cada familia en promedio es propietaria de 4,3 hectáreas de suelo agropecuario (PDOT, 2015, p.9-33).

2.2 Tipo y diseño de la investigación

2.2.1 Según el enfoque de estudio

Cuantitativa

En el presente trabajo de titulación se realizó una investigación de tipo cuantitativa ya que se generaron resultados a partir de datos recolectados en campo y posteriormente analizados en el laboratorio tales como: tipología, propiedades físicas (Textura, Estructura) químicas (pH, Conductividad eléctrica) estos fueron evaluados generando conjeturas y además permitieron especificar los parámetros medidos; es decir que se usaron valores numéricos para especificar los resultados y aceptar o rechazar la hipótesis del problema en asunto.

2.2.2 Según el área de estudio

Correlacional

La investigación desarrollada es de tipo descriptiva ya que se usaron metodologías para detallar las características que correspondientes a suelos de paramo perteneciente a la parroquia cebadas, en el sector Ichubamba y Guargualla y técnicas en la intervención de los 24 conglomerados en el contenido de carbono orgánico del suelo, además dicha investigación se enfocó en la intervención de las actividades antrópicas y para la correlación de los análisis de laboratorio.

2.2.3 Según el método usado

Deductivo

La investigación es de tipo deductivo porque se desarrolló conclusiones partiendo de ciertas magnitudes tales como: pH, CE, MO, Textura, Estructura COS datos que fueron medidos y tabulados durante la investigación y además la intervención de variables donde se pudo especificar los resultados para corroborar la hipótesis planteada.

2.3 Variables

- *Variables Independientes:* Suelos de páramo
- *Variables Dependientes:* Carbono orgánico del suelo

2.4 Población de estudio

Para determinar el universo se debe tener claro cuál es la unidad de análisis del estudio para lo cual se considera como población o universo a toda el área de tratamiento de suelo de páramo andino en el sector Ichubamba y Guargualla de la Parroquia Cebadas, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo, para lo cual se denotó 12 737,94 hectáreas, para la recolección de muestras.

2.5 Muestra

La recolección de la información se realiza mediante diseños completos al azar definido por estratos, considerando como estratos a las litologías y con una afijación proporcional para cada estrato.

2.5.1 *Tamaño de la muestra*

Para determinar el tamaño de la muestra que se va a seleccionar en este estudio de investigación de acuerdo al planteamiento del problema, la población, los objetivos y el propósito de la investigación.

Unidades geológicas

$$n = \frac{N * p * q * Z^2}{(N - 1) * d^2 + p * q * Z^2}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: población

p: probabilidad de éxito, o proporción esperada

q: probabilidad de fracaso

d: precisión

z: nivel de confianza

$$n = \frac{12737,94 * 0.5 * 0.95 * 1.96^2}{(12737,94 - 1) * 0.05^2 + 0.5 * 0.95 * 1.96^2}$$

n= 72 puntos de monitoreo distribuidos en el área de herbazal.

Las 3 parcelas hacen un conglomerado, por lo que se tendría un total de 24 parcelas que se van a distribuir de acuerdo a la proporcionalidad de unidades litológicas.

Se va a trabajar en un ecosistema de Herbazal de Páramo.

La delimitación del área de estudio dentro de la microcuenca del Rio Cebadas se estratificó mediante las litologías con una profundidad de (0-30 y 30-60) para cada una y se estableció para Ichubamba JP: 9 muestras y para Guargualla JP: 36, para PT: 18 y para dg: 9 muestras.

Tabla 1-2: Litología, área y conglomerados.

LUGAR	SÍMBOLO	LITOLOGÍA	ÁREA	% MUESTREO	CONGLOMERADOS
ICHUBAMBA	JP	CUARCITA, ESQUISITO, META VOLCANICA, FILITA	1449,44	11,30	3
GUARGUALLA	JP	CUARCITA, ESQUISITO, META VOLCANICA, FILITA	7296,77	57,36	12
	PT	AGLOMERADO, LAVA, DACITA	2868,75	22,52	6
	dg	DEPÓSITOS GLACIARES	1122,98	8,82	3
TOTAL			12 737,94	100	24

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.5.2 Número de unidades muestréales

Para el análisis estadístico se tomó en consideración los criterios y fórmulas del Manual de Ordenación de Montes de Andalucía Rodríguez et al., (2004) donde se procedió a determinar la intensidad de muestreo bajo la siguiente ecuación:

$$i = \frac{n \times a}{A} \times 100\%$$

Donde:

i = intensidad de muestreo

n = número de parcelas seleccionadas
a = parcela expresada en hectáreas
A= número total de parcelas establecidas

El tamaño de la muestra se aplicó mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{t^2 s^2}{E^2 \frac{t^2 s^2}{N}}$$

Donde:

n = magnitud de la muestra en número de unidades.

t² = se obtiene de la tabla de t student y su valor depende la magnitud de la muestra n

s² = varianza poblacional estimada.

N = tamaño de la población.

Para el análisis estadístico se trabajó con un error del 5 % y 95 % de certeza para ello, se utilizó parcelas óptimas donde el tamaño de la muestra aproximado para estimar p con un límite de B para el error de estimación, determinándose el número de puntos donde se recolectarían los datos para su análisis donde se utilizó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^L N_i^2 p_i q_i / a_i}{N^2 D + \sum_{i=1}^L N_i^2 p_i q_i}$$

Donde:

a_i = es la fracción de observaciones fijadas al estrato

i, p_i = es la proporción poblacional para el estrato

i y D = B²/4

2.5.3 *Diseño experimental*

El diseño de experimentos es una metodología basada en el método científico, que tiene por meta muestrear datos a partir de unas categorías definidas por el investigador en uno o varios factores de interés, y su posterior análisis con técnicas estadísticas pertinentes, para la determinación de efectos de los factores, es decir, significancia de las variables, y así resolver el problema de cierta investigación. Al basarse en el método científico para la ejecución, el diseño

experimental se enmarca en la rigurosidad científica de una planeación previa y la reproducibilidad.

Dependiendo del tipo de muestreo y la planeación previa se puede conformar el mismo tamaño de la muestra para los diferentes niveles en análisis, denominados como diseños balanceados, mientras que, cuando el tamaño de la muestra cambia dependiendo del tratamiento, se trata de diseños no balanceados, siendo este último el que se trata en el presente proyecto.

Los diseños completos al azar estudian un factor de interés y su efecto en una variable respuesta, técnica pertinente para el presente estudio, puesto que se desea definir los factores de interés, individualmente, del suelo (Lugar y Profundidad) que producen cambios significativos en el contenido de Carbono Orgánico Total del suelo de páramo Andino. Para el análisis se aplicará una técnica denominada ANOVA de un factor, que examina los diferentes niveles de un factor, y define si existe o no diferencias significativas entre estos niveles, y mediante un estadístico de Fisher, determina si el factor de interés, tiene un efecto activo en relación a la variable respuesta, contenido de carbono orgánico del suelo, para este estudio.

El modelo estadístico del ANOVA propuesto es el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

ANOVA de un factor

En libro de Gutiérrez y de la Vara (2008), se menciona que la meta de un ANOVA en el Diseño Completo al Azar es definir si existe igualdad entre los tratamientos de acuerdo con una variable de respuesta, lo que se resume en la siguiente hipótesis:

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

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

Para probar estas hipótesis se descompone la variabilidad total de los datos en componentes: debido a los tratamientos (factor de interés, Lugar y Profundidad), y el componente de error aleatorio el cual cuantifica en cierta medida el error producido por los factores no estudiados; estas dos en conjunto forman el componente de variabilidad total. Estas componentes pueden ser medidas a partir de las sumas de cuadrados de cada una de ellas.

La Suma de Cuadrados de los Tratamientos es la siguiente:

$$SC_{TRAT} = \sum_{i=1}^k \frac{Y_{i\cdot}^2}{n_i} - \frac{Y_{\cdot}^2}{N}$$

Donde:

Y_i : La suma de todas las muestras pertenecientes al tratamiento i .

n_i : El tamaño de muestra en el tratamiento i .

Y_{\cdot} : La suma de todos los elementos muestrales.

N : Tamaño total de la muestra.

La Suma de Cuadrados Total se debe calcular con la fórmula que se encuentra a continuación:

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{\cdot}^2}{N}$$

Donde:

Y_{ij}^2 : Define a la observación j , en el tratamiento i , elevada al cuadrado.

Y la Suma de Cuadrados del Error se define con la formula siguiente:

$$SC_E = SC_T - SC_{TRAT}$$

Posteriormente se puede realizar el cálculo del estadístico F, que determinará si los tratamientos producen o no diferencias significativas, y su cálculo se lo resume en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Tabla ANOVA

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F ₀	Valor P
<i>Tratamiento</i>	SC_{TRAT}	$k - 1$	$CM_{QA} = \frac{SC_{TRAT}}{k - 1}$	$\frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
<i>Error</i>	SC_E	$N - k$	$CM_E = \frac{SC_E}{N - k}$	-	-
<i>Total</i>	SC_T	$N - 1$	-	-	-

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.5.4 Selección de la muestra

Se realizó el mapa de las curvas de nivel de la microcuenca, por medio del programa Google Earth y se colocaron los puntos de muestreo.

Se ingresaron las coordenadas en el GPS, para tener una pauta de ubicación de los puntos durante las salidas de campo., como se muestra en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Coordenadas de los puntos de muestreo.

Lugar	Litología	X-COORD	Y-COORD	ALTITUD (msnm)	RANGO	Conglomerados
Ichubamba	JP	773728	9785862	3440	3200-3400	1
	JP	773703	9786132	3280		
	JP	773914	9786127	3275		
	JP	774249	9785645	3362	3400-3600	4
	JP	774483	9785632	3440		
	JP	774411	9785875	3525		
JP	766624	9784451	3620			
JP	766400	9784550	3520			
JP	766334	9784391	3640			
Guargualla	JP	774302	9785102	3411	3400-3600	4
	JP	774097	9785170	3288		
	JP	774227	9785368	3320		
	JP	775070	9785411	3948		
	JP	774826	9785428	3570		
	JP	774766	9785216	3340		
	JP	775641	9785496	3762	3600-3800	5
	JP	775383	9785506	3633		
	JP	775343	9785301	3604		
	JP	776466	9782519	3658		
	JP	776183	9782504	3679		
	JP	776164	9782741	3720		
	JP	771290	9784773	3920		
	JP	771535	9784772	3780		
	JP	771469	9784965	3810		
	JP	776044	9783009	3762		
	JP	775952	9782806	3738		
	JP	775730	9782878	3820		
	JP	771681	9784379	3838	3800-4000	5
	JP	771504	9784494	3840		
	JP	771338	9784388	3886		
	JP	777066	9781308	3846		
	JP	776834	9781253	3806		
	JP	776796	9781004	3878		
JP	776986	9780688	3964			
JP	776744	9780637	3824			
JP	776740	9780424	3882			
JP	777359	9781254	3926	3800-4000	5	
JP	777150	9781210	3879			

Continúa

JP	777167	9780982	4005		
JP	777769	9780797	3842		
JP	777571	9780744	3912		
JP	777580	9780503	3842		
JP	767520	9784244	3968		
JP	767323	9784102	3918		
JP	767507	9783933	3998		
PT	777603	9783554	3640	3400-3600	2
PT	777369	9783557	3409		
PT	777301	9783368	3675		
PT	777810	9782356	3640		
PT	777582	9782382	3622		
PT	777587	9782536	3675		
PT	777762	9783358	3762	3600-3800	2
PT	777502	9783299	3642		
PT	777560	9783043	3815		
PT	778282	9783845	3640		
PT	778271	9783607	3642		
PT	778499	9783575	3679		
PT	778011	9783172	3824	3800-4000	2
PT	777958	9782923	3926		
PT	778176	9782859	3920		
PT	778860	9783031	3886		
PT	778620	9783025	3880		
PT	778641	9782767	3804		
dg	776118	9784419	3442	3400-3600	2
dg	775863	9784433	3484		
dg	775800	9784234	3524		
dg	776627	9784201	3530		
dg	776554	9783962	3560		
dg	776793	9783874	3562		
dg	768346	9779821	3850	3600-3800	1
dg	768091	9779798	3765		
dg	768080	9779568	3844		

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.5.5 Muestreo

En el sitio de muestreo una vez que se accedió con las coordenadas establecidas para cada punto se procede a colocar la muestra de suelo en las fundas ziploc que se encuentran etiquetadas de acuerdo a la litología, parcela y profundidad.

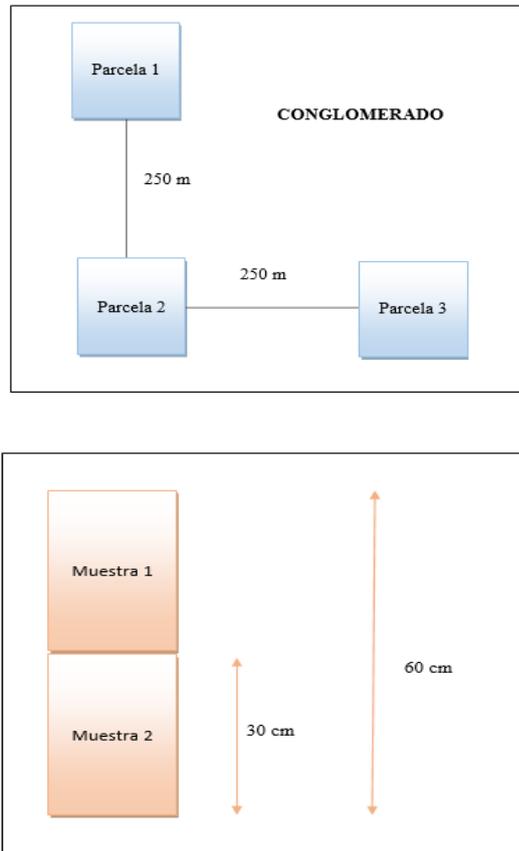


Figura 1-2: Estructura para la recolección de muestras.

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.6 Materiales y Equipos

2.6.1 Materiales

- **Barreno**

Para la obtención de muestras de suelo se utilizó un barreno tipo gubia, es muy parecido a un muestreador de suelo. Todos disponen de la mitad cilíndrica con bordes cortantes paralelos verticalmente. Esta parte operativa puede variar en longitud, así como en diámetro. La longitud

más adecuada depende de la resistencia a la penetración, la sustancia del suelo y la profundidad de perforación requerida (Reynaldo, Mendoza & Espinoza., 2017, p.35).

El barrero que se usó para la recolección de muestras fue construido de acero de alta resistencia con un diámetro de 2,5 y un 1 m de longitud, con punta afilada para la perforación del lugar del terreno, y mango en forma de T para facilitar su manipulación (Reynaldo, Mendoza & Espinoza., 2017, p.35).



Figura 2-2: Barreno para muestreo de suelos.

Fuente: www.imagenesmi.com.

- **Cinta Métrica**

La cinta métrica es un instrumento de medición, con la particularidad de que está construido en chapa metálica flexible (debido su escaso espesor) o una lámina de fibra de vidrio, dividida en unidades de medición (milímetros, centímetros, metros, etc.), y que se enrolla en espiral dentro de una carcasa metálica o de plástico, la cual se utilizo para medir la distancia de un conglomerado a otro, al igual que de una parcela a otra, facilitando la obtencion de muestras (De Ruil., 2000, p.12).



Figura 3-2: Cinta métrica para medición de parcela a parcela.

Fuente: www.imagenesmi.com.

- **Espatula**

Se utilizó este instrumento para facilitar la extracción de la muestra, ya que cuando se recolecta en el barreno, esta mucha de las ocasiones se encuentra muy compactada y con su ayuda se desprende todo lo que en el barreno se encuentra (De la Herrán, et al., 2015, p.34).



Figura 4-2: Espátula para extracción de la muestra compactada.

Fuente: www.imagenesmi.com.

- **Cilindro**

El cilindro es de acero inoxidable, con el cual después de haber retirado cierta cantidad de suelo, este se coloca a dos profundidades donde se recolecta una cantidad de muestra que se compacta en el cilindro para su posterior análisis (De la Herrán, et al., 2015, p.34).



Figura 5-2: Cilindro para determinar densidad en suelos.

Fuente: www.imagenesmi.com.

- **Oz**

Este material hecho de carbono se utilizó para cortar el pasto que se encontraba en ciertos lugares, el cual impedía obtener solo la muestra de suelos, el cual tiene un material resistente (De la Herrán, et al., 2015, p.34).



Figura 6-2: Oz para retirar el exceso de pasto.

Fuente: www.imagenesmi.com.

- **Fundas Ziploc**

Para almacenar y transportar las muestras se usaron bolsas plásticas (polietileno lineal de baja densidad) que tiene alta resistencia a la tensión y cierre hermético. Las dimensiones que se utilizaron fueron de 16 x 20 (Fundas medianas) con una capacidad de 1kg (Estrella, 2013, p.18).



Figura 7-2: Fundas Herméticas para recolección de muestras.

Fuente: www.imagenesmi.com.

- **Moldes de Aluminio**

Estos moldes se utilizan para recolectar la muestra que proviene del cilindro y este colocarlo en la estufa para la determinación de la densidad del suelo., los mismos que tienen dimensiones de Largo: 19.1 cm, Ancho: 14 cm y Alto: 5.1 cm (Estrella, 2013, p.18).



Figura 8-2: Moldes de aluminio para determinar densidad del suelo.

Fuente: www.imagenesmi.com.

- **Recipientes Volumétricos**

- a. Vasos de Precipitación de 250 ml para realizar el análisis de PH y conductividad.
- b. Probeta de 100 ml para medir la cantidad de agua desionizada.
- c. Una Varilla de agitación para la mezcla del suelo con el agua desionizada.

(Sánchez & Nilton., 2010, p.39-44).



Figura 9-2: Materiales de laboratorio.

Fuente: www.imagenesmi.com.

- **Crisoles**

El crisol de porcelana se utilizó para la calcinación del suelo el cual se pudo calcular la cantidad de materia orgánica que se encuentra en el mismo. Se empleó crisoles de 50 mL para colocar los 5 gramos de suelo usados para el análisis de MO (Sánchez & Nilton., 2010, p.39-44).



Figura 10-2: Crisol de porcelana para MO.

Fuente: www.imagenesmi.com.

- **Desecador**

El desecador es un recipiente de vidrio con tapa que se adapta ajustadamente, el cual se utiliza para mantener limpia y deshidratada una sustancia por medio del vacío. El borde de vidrio es esmerilado y su tapa permite que el recipiente este herméticamente cerrado y en él se observan dos cavidades, la primera más grande y superior, permite poner a secar la sustancia, y la otra segunda cavidad se usa para poner el desecante, más comúnmente gel de sílice (Sánchez & Nilton., 2010, p.39-44).



Figura 11-2: Desecador de vidrio.

Fuente: www.imagenesmi.com.

2.6.2 Equipos

- **GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un servicio propiedad de los EE.UU. que proporciona a los usuarios información sobre posicionamiento, navegación y cronometría. Este sistema está constituido por tres segmentos: el segmento espacial, el segmento de control y el segmento del usuario (De Ruil., 2000, p.12-14).

Se utilizó un equipo GPS que permite determinar la posición de los puntos y coordenadas de muestreo, con una precisión hasta de centímetros, aunque lo habitual son unos pocos metros (De Ruil., 2000, p.12-14).



Figura 12-2: GPS para la

ubicación de puntos.

Fuente: Informática, 2019.

- **Balanza Analítica**

Posee una estabilización rápida y operación confiable, mejoradas con Auto Cal TM para garantizar un rendimiento de pesaje sólido y resultados precisos y confiables. Las dos puertas laterales de dos piezas montadas en la parte superior reducen el espacio de las puertas en la parte trasera de la balanza cuando están abiertas y se abren por completo hacia ambos lados para proporcionar un espacio amplio para la colocación de muestras (Sánchez & Nilton., 2010, p.39-44).



Figura 13-2: Balanza para el pesaje de las muestras.

Fuente: OHAUS 2019.

- **pH-metro de mesa**

El Acumen es un equipo diseñado para laboratorio con ventajas de fácil manejo y pantalla de fácil lectura posee un control por microprocesador con once botones de lenguaje claro y pantalla de cristal líquido de 76 x 108 mm Retro-iluminada. Almacena hasta 500 registros en memoria no volátil, y es un indicador de lectura estable. Posee un rango de ± 2000.0 mV y una precisión de $\pm 0,2$ mV o $\pm 0,05\%$ el que sea mayor (Sánchez & Nilton., 2010, p.39-44).



Figura 14-2: pH-metro para análisis de las muestras.

Fuente: Scientific, 2012.

- **Conductímetro**

Es un instrumento ideal para laboratorio, con una pantalla de cristal líquido, retroiluminada, con pictogramas. Sus escalas de medida para conductividad son de 0.01 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 500 mS/cm , trabaja con un error de medida $\leq 0.5 \%$ (Sánchez & Nilton., 2010, p.39-44).



Figura 15-2: Conductímetro para análisis de las muestras.

Fuente: Hach, 2010.

- **Estufa de convección forzada marca ESCO.**

Es un horno de laboratorio de clase mundial de la marca Esco, que se calienta hasta 300 °C. Tiene interfaces ergonómicas e intuitivas, controles PID de microprocesador con opciones de programación, chaqueta de aire calefactada de 4 zonas, paquete de ventilación y aislamiento, el cual está ajustado y probado (ESCO, 2019), (Sánchez & Nilton., 2010, p.39-44).



Figura 16-2: Estufa para secado de muestras.

Fuente: ESCO, 2019.

- **Horno mufla marca**

El horno es ideal para asentar la mayoría de los tipos de muestras orgánicas e inorgánicas, tratar térmicamente pequeñas piezas de acero, realizar pruebas de ignición, realizar análisis gravimétricos y para la determinación de sólidos volátiles y suspendidos. Su profundidad

métrica interior es de 13 cm y trabaja en un rango de temperatura entre 100° a 1100 °C (Sánchez & Nilton., 2010, p.39-44).



Figura 17-2: Horno Mufla.
Fuente: www.imagenesmi.com.

2.7 Toma de muestras

Metodología de campo.

- Planificación
- Registro de datos, ubicación geográfica, datos generales, puntos de referencia.
- Ubicación GPS: Puntos teóricos (coordenadas).

Puntos reales: datos exactos.

Recolección de las muestras.

- Técnica de Barrenación (equipo de barreno) selecciona un monolito que se va a traer para hacer el análisis.
- Se remueve una capa de suelo para limpiarlo y después se introduce el barreno y presiona hasta que llegue a la profundidad requerida. Se remueve la parte inferior y solo se utiliza la parte intermedia de los primeros 0.30 m. Una vez que se recolecta se coloca en fundas de sello hermético (ziploc) con el fin de que se evite perdidas por evaporación. Se recoge la muestra se presiona la funda para sacar el aire y se etiqueta.
- Densidad Aparente se realiza mediante la técnica de volumen conocido, se utiliza un cilindro con el que se extrae la muestra de suelo en condiciones reales, se realiza un corte de 0 - 0.30; 0.30 - 0.60 m en la mitad se inserta un cilindro y se le va girando para que el suelo se quede en condiciones reales de compactación, una vez que tengamos el cilindro compactado con el suelo se utiliza papel celofán y se lo embala y coloca en otra funda de sello hermético (ziploc) para no perder la compactación.
- Etiqueta debe tener una codificación clara, se la realiza de acuerdo a la clasificación por uso de suelo herbazal de paramo.

2.7 Análisis de Laboratorio

2.8.1 Parámetros Físico-Químicos

2.8.1.1 Ph

El pH de suelo permite caracterizar la acidez del suelo, por medio del pH podemos entender procesos químicos, la génesis del suelo, la fertilidad y la disponibilidad de nutrientes para la planta (Zapata, 2009, p.16)

Para determinar el pH de los suelos de páramo se realizó el siguiente procedimiento:

- Se pesa una cantidad determinada de suelo seco y molido y se coloca en un vaso de precipitación. Se añade agua desionizada en proporción 1:25 y se mezcla con una varilla de agitación durante 10 minutos.
- El pH-metro debe estar calibrado previamente con las respectivas soluciones buffer de pH 4, 7 y 10.
- Posteriormente se introduce en la muestra y se procede a realizar la lectura de pH.
- Registra los resultados obtenidos (FAO, 2009) .

Tabla 4-2: Clasificación de los suelos de acuerdo a su pH.

Tipo de Suelo	pH
Extremadamente ácido	<4
Fuertemente ácido	4,0 - 4,9
Medianamente ácido	5,0 - 5,9
Ligeramente ácido	6,0 - 6,9
Neutro	7,0
Ligeramente alcalino	7,0 - 8,0
Medianamente alcalino	8,1 - 9,0
Fuertemente alcalino	9,1 - 10,0
Extremadamente alcalino	10,1

Fuente: (Fassbender, 1975)



Figura 18-2: pH-metro

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.8.1.2 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica es una medida que permite determinar la concentración de sales solubles presente en el suelo; además, mide la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica. Las medidas utilizadas para medir la CE son dS/m, medida que es equivalente a la que anteriormente se utilizaba: mmhos/cm (Erazo et al., 2019, p.39-59)

Para determinar la conductividad se usaron las mismas muestras de suelo que fueron preparadas para medir el pH, pero se les mantuvo en reposo durante 24 horas previas a su lectura. Se utilizó un conductímetro y se registraron los valores de conductividad (Erazo et al., 2019, p.39-59)



Figura 19-2: Medición de conductividad eléctrica.

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.8.2 Parámetros Físicos

2.8.2.1 Densidad Aparente

La Da describe la compactación del suelo representando la relación entre sólidos y espacio poroso. La determinación de la Da se realiza por medio del método de cilindro o por medio de un terrón parafinado (Erazo et al., 2019, p.39-59)

La densidad aparente (Da) se estimó en campo y en muestras no alteradas de suelo utilizando cilindros de 7 cm de diámetro y 6 cm de altura, para estimar el contenido de carbono se utilizó el propuesto por Jean Dumas o de combustión seca, este permitió determinar si el Carbono Orgánico Total (COT), es exacto y preciso (McCarty et al., 2002, p.640-646).

Método de cilindro

- En campo se introduce un cilindro de acero inoxidable en el suelo a una profundidad de 0-30 y 30-60 cm.
- En laboratorio se retira la muestra de suelo del cilindro y se procede a colocar en bandejas de aluminio, después se introduce a la estufa a 105 °C por 24 horas.
- Posteriormente se sacan y pesan las muestras de suelo.



Figura 20-2: Densidad aparente.

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.8.2.2 Color

El color de suelo refleja la composición, así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción del suelo. Está determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas y materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de hierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental. (FAO, 2009)

Procedimiento

El color se determina mediante la tabla de Munsell de suelos, se toma una muestra de no más de 20 g de suelo y se compara en la tabla el color. Posteriormente se anota los valores de color obtenidos.

Recomendaciones

- El color de la matriz del suelo de cada horizonte se debe registrar en condiciones de humedad (o en ambas condiciones, seco y húmedo cuando fuera posible).
- Para descripciones de rutina, se deben determinar los colores del suelo sin la incidencia directa de los rayos solares.
- Cuando sea posible, el color del suelo se debe determinar bajo condiciones uniformes (FAO, 2009).

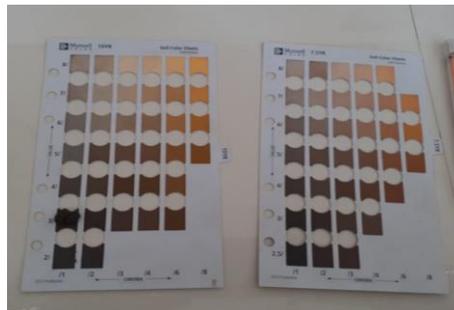


Figura 21-2: Color, tabla de Munsell.

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

2.8.2.2 Textura

La textura, es el porcentaje de arena, arcilla y limo que contiene el suelo. También se lo hace directamente en el campo con muestras frescas.

Procedimiento:

- Colectar una muestra de suelo fresco (no más de 50 g), seguidamente humedecer el suelo, hasta que este tenga la consistencia de masilla de tal forma que este sea trabajable.
- Colocar la muestra entre el pulgar y el índice, después presionar el pulgar hacia arriba de forma de una cinta (método de Textura por tacto).
- Luego determine la clase textural correspondiente. Para ello utilice la clave que se detalla en el cuadro.

- Posteriormente, proceda a estimar los contenidos de arena, limo y arcilla para cada una de las clases texturales encontradas.

Tabla 5-2: Clave para determinar las clases texturales de suelo.

CARACTERÍSTICAS	CLASE TEXTURAL	CÓDIGO
1. No es posible enrollar y formar un cordón o chorizo de un diámetro cercano a 7 mm (como el diámetro de un lápiz)		
1.1 No ensucia, no es arenoso, no deja material fino en los dedos. - Si el tamaño de granos es mixto. - Si la mayoría de granos son muy gruesos. - Si la mayoría de los granos son de tamaño medio. - Si la mayoría de los granos son de tamaño fino pero aun granuloso. Si la mayoría de granos son de tamaño muy fino tendiendo a ser arenoso.	Arena	A
	Arena no clasificada	AN
	Arena muy gruesa y gruesa	AG
	Arena media	AM
	Arena fina	Afi
	Arena muy fina	AMF
1.2 No es harinoso, granuloso, material escasamente fino entre los dedos, débilmente moldeable, ligeramente adhesivo a los dedos. Moderadamente harinoso.	Arena Franco	AF
	Franco arenoso	FA
2. Es posible enrollar y formar un cordón cilindro de un diámetro de 3-7 mm (cerca de la mitad del diámetro de un lápiz), pero se rompe cuando se trata de formar al cordón cilindro de 2.3 cm de diámetro, moderadamente cohesivo se adhiere a los dedos.		
2.1 Muy harinoso y no cohesivo - Se sienten algunos granos. - No se sienten granos. Moderadamente Cohesivo, se adhiere a los dedos, tiene una superficie áspera y desmenuzada luego de apretarla entre los dedos. - Muy granuloso y no pegajoso. - Granos moderadamente arenosos. No granuloso pero distintamente harinoso y algo pegajoso. De superficie áspera y moderadamente brillante luego de apretarlo entre los dedos, es pegajoso y granuloso a muy granuloso.	Franco limoso	FL
	Limoso	L
	Franco arenoso	FA
	Franco	F
	Franco limoso	FL
	Franco arcilloso arenoso	FYA
3. Es posible enrollar y formar un cordón chorizo de más o menos 3 mm de diámetro de un lápiz y formar un aro de 2-3 cm de diámetro cohesivo.		
3.1 Muy granuloso - Moderadamente plástico, superficie moderadamente brillante. - Alta plasticidad, superficie brillante. No hay granos visibles ni se siente. - Plasticidad baja. - Plasticidad alta, superficie moderadamente brillante. - Plasticidad alta superficie brillante.	Arcilloso arenoso	YA
	Franco arcilloso	FY
	Arcilloso	Y
	Franco arcilloso Limoso	FYL
	Arcilloso limoso	YL
	Arcilla pesada	YP

Fuente: (ONU – REDD+ del Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012).

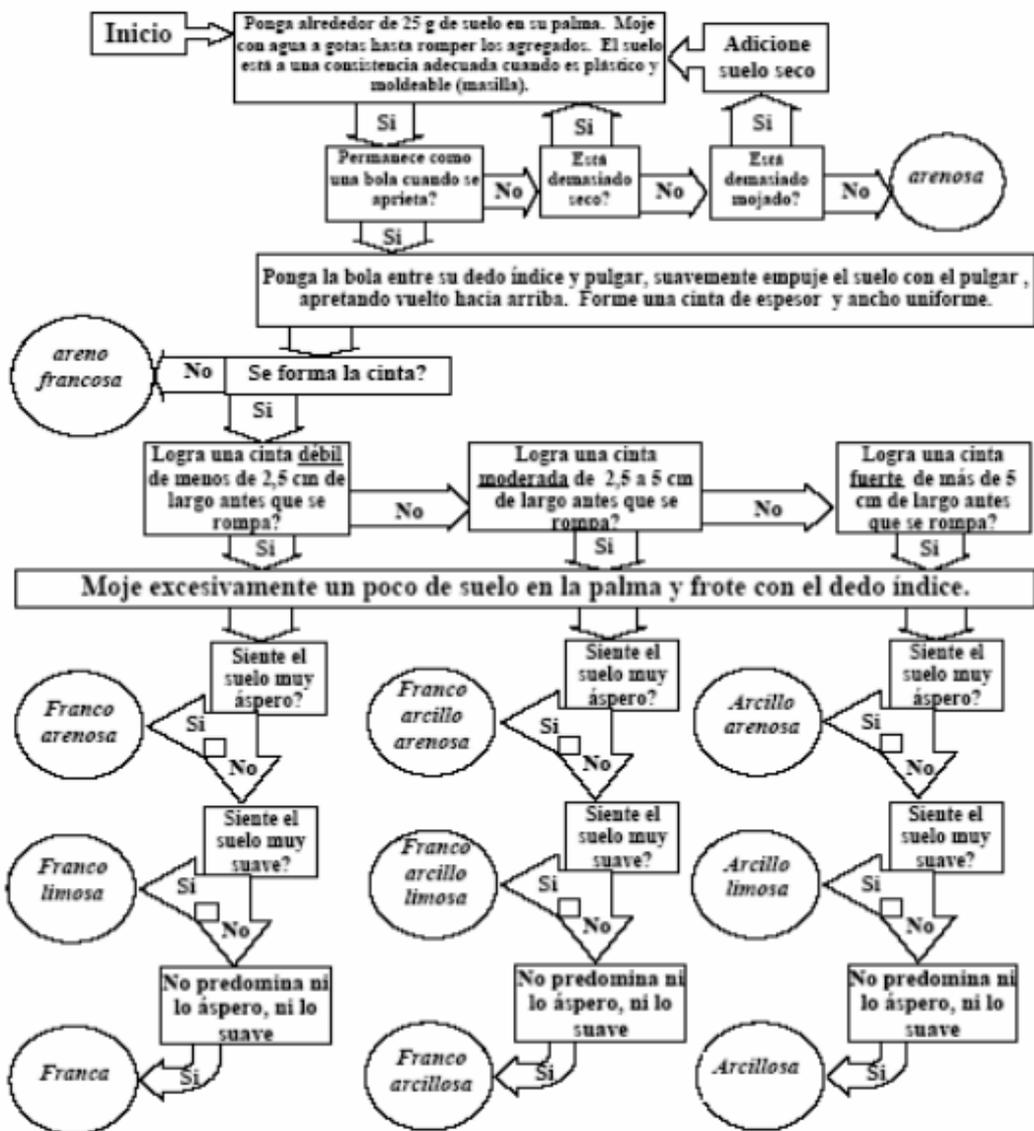


Figura 22-2: Procedimiento para identificar textura en suelos.

Fuente: (Nicolás Ciancaglini- Prosap 2000).



Figura 23-2: Análisis de Textura método del tacto.

Realizado: Bermeo & Correa, 2020

2.8.2.3 Estructura

La estructura se refiere a la forma como se unen las partículas primarias del suelo (arena, limo, arcilla) y el tamaño de las mismas. Para su evaluación en el campo se recomienda considerar el siguiente cuadro. (ONU – REDD+ del Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012).

Tabla 6-2: Tipo de estructura y características de los suelos.

Nombre	Características
Granular	Estructura granulares y migajosas: son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos. El agua circula muy fácilmente a través de esos suelos. Por lo general, se encuentran en el horizonte A de los perfiles de suelos.
En bloque	Estructura en bloques: son partículas del suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados. Los bloques relativamente grandes indican que el suelo resiste la penetración y el movimiento del agua. Suelen encontrarse en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla.
Prismático	Estructuras prismáticas: son partículas del suelo agregadas en láminas o capas finas que se acumulan horizontalmente una sobre otra. A menudo las láminas traslapan, lo que dificulta notablemente la circulación del agua. Esta estructura se encuentra casi siempre en los suelos boscosos, en parte del horizonte A y en los suelos formados por capas de arcilla.

Fuente: (ONU – REDD+ del Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2012).

2.8.3 Parámetros Químicos

2.8.3.1 Materia Orgánica

La parte más estable de la materia orgánica se denomina humus, una parte que se consigue luego de que se ha descompuesto la mayor parte de las sustancias animales y vegetales incorporadas al suelo. En la mineralización, las sustancias sufren un proceso de degradación de sus componentes elementales: proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. Los productos resultantes son distintas formas húmicas, como fracción orgánica del suelo y pueden ser objeto de nuevos procesos de resíntesis o de repolimerización.

En la determinación de materia orgánica del suelo se utilizó el método de calcinación o pérdida por ignición (loss on ignition) LOI, que cuantifica directamente el contenido de MO y se

caracteriza en determinar la pérdida de peso de una muestra de suelo al ser sometida a elevadas temperaturas.

Para determinar la cantidad de materia orgánica de cada una de las muestras, se procedió de la siguiente manera en el laboratorio.

- Se pesaron crisoles de 30 ml los cuales se encuentran tarados y se registraron los pesos en la lista de datos como Peso 1.
- Con la balanza analítica encerrada se pesaron 5 g de la muestra de suelo previamente tamizada y se colocó en los crisoles, se registró el peso en la lista de datos como Peso 2.
- Los crisoles con la muestra se colocaron en la estufa por un tiempo de 24 h con una temperatura de 105 °C, posteriormente se enfriaron los crisoles en el desecador y se procede a pesar otra vez, registrando en la listan de datos como Peso 3.
- Los crisoles se colocaron en la mufla, por un tiempo de 2 horas a una temperatura de 360 °C y se repitió los pasos de colocar en el desecador y pesado para conseguir el Peso 4.

Para determinar el porcentaje de materia orgánica se procedió a aplicar la siguiente ecuación:

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



Figura 24-2: Colocar crisoles con la muestra de suelo en la mufla.

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.



Figura 25-2: Colocar crisoles con la muestra de suelo en la estufa.
Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

Secado y Tamizado

Las muestras de suelo previamente secadas durante un tiempo de 48 horas a temperatura ambiente se separan en un tamiz el cual tiene diámetros de 425 μm , 212 μm y 2 mm.



Figura 26-2: Secado de muestras de suelo.
Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.



Figura 27-2: Muestras de suelo molidas.
Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.



Figura 28-2: Muestras de suelo tamizadas.

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

Para los análisis de pH y conductividad se utilizó las muestras tamizadas pertenecientes al tamiz de 2 mm y para el análisis de materia orgánica se realizó con las muestras tamizadas en un tamiz de 425 μm .

2.8.3.2 *Carbono orgánico*

Para estimar el contenido de carbono se utilizó el propuesto por Jean Dumas o de combustión seca, este permitió determinar si el Carbono Orgánico Total (COT), es exacto y preciso (McCarty et al. 2002). Para convertir el COT a Materia Orgánica (MO), se utiliza el factor propuesto por Van Bemmell en el cual indica que el 58 % de la MO está compuesta por carbono.

Para algunos suelos de la región andina se compararon las técnicas de determinación de COT de Walkley & Black, pérdida por ignición (LOI) con respecto al método de combustión seca de Dumas, tomado como referencia. Se determinó que la pendiente de la correlación entre la MO establecida por LOI y el COT determinado por el método de Dumas (1,697) no difirió del valor de 1,724 habitualmente empleado para la conversión de COT a MO (Rodríguez et al., 2004, p.63). La metodología de Dumas mostró mayor veracidad y precisión respecto de las demás técnicas de determinación de COT (Rodríguez et al., 2004, p.63). Así para estimar del CO se determinó a partir de la siguiente ecuación:

$$\% C = \% MO/1.724 \text{ o } \% C = \% MO (0,58) \text{ (Rodríguez et al., 2004, p.63)}$$

A continuación, el contenido de carbono orgánico total en suelo se calculó en base a la siguiente fórmula.

$$COS = CO \text{ (Da) Ps} \text{ (Rodríguez et al., 2004, p.63)}$$

Donde:

COS =Carbono orgánico total en suelo por superficie (Mg ha^{-1})

COT= Carbono orgánico total (%)

$D_a =$ Densidad aparente (g/cm^3)

$P_s =$ Profundidad del suelo (m)

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

3.1 Análisis de laboratorio

3.1.1 Potencial Hidrógeno (pH)

Mediante la recolección de muestras en campo y su posterior análisis en el laboratorio se establece los valores del potencial hidrógeno tomado a dos profundidades (0 - 30 y 30 – 60 cm) y de la misma manera se registra los valores en húmedo de las litologías de Ichubamba y Guargualla, objeto de estudio que se observa en el grafico 1-3.

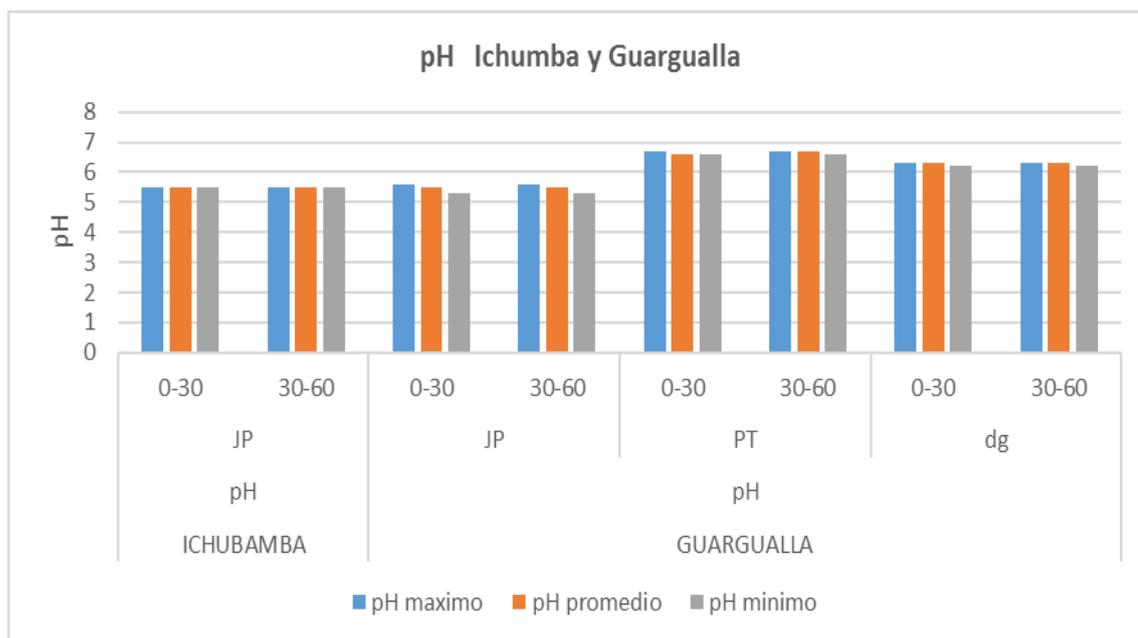


Gráfico 1-3: Resultados de pH, litologías JP; PT y dg (Ichubamba y Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

De acuerdo con los análisis químicos en las diferentes litologías a diferentes gradientes altitudinales y según la escala Fassbender, (1975) se tiene en Ichubamba: para JP valores promedios de 5,5 y 5,6 en húmedo que representan en la escala de pH a medianamente ácido, mientras que en Guargualla: para JP los valores promedios son 5,6 y 5,7 siendo medianamente ácidos, en la litología PT valores promedios de 6,6 y 6,7 ligeramente ácido, en cuanto a la

litología dg los valores promedios oscilan entre 6,3 y 6,4 ligeramente ácidos, lo que indica que el valor promedio en los sectores de Ichubamba y Guargualla, diferenciándose con los valores obtenidos por Quichimbo et al., 2012, p.138-153 en suelos de páramo de la microcuenca del río Zhurucay donde se registra valores de pH de 4,7 lo cual corresponde a suelos fuertemente ácidos.

Los resultados de pH obtenidos en los suelos de paramo del sector Guargualla-Ichubamba concuerdan con los descritos por Ceron & García., (2009) en la Reserva Pueblo Viejo en el Sur Oeste de Colombia, departamento de Mallama en zonas de páramos con condiciones edafoclimáticas similares obtiene resultados de pH que van de 5,8 a 6,2 con la categorización de moderadamente ácidos y ligeramente ácido.

3.1.2 Conductividad eléctrica (CE)

En las muestras de suelo se estableció la CE para medir la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de esta; por lo tanto, se midió la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo. Su valor es más alto cuanto más fácil se mueva dicha corriente a través del mismo suelo por una concentración más elevada de sales. Las unidades que se utilizó son en dS/m (decisiemens por metro) los cuales se trabajó con los valores promedios de cada una de las litologías cuyos resultados corresponde a la categoría de no salinos como se muestran a continuación en el grafico 3-2

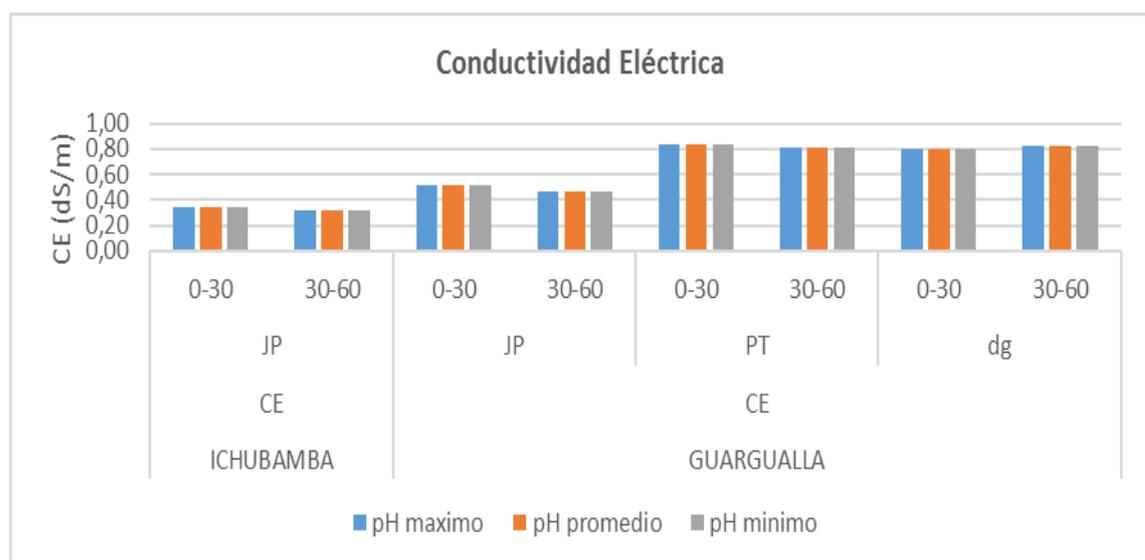


Gráfico 2-3: Resultados de CE, litologías JP; PT y dg (Ichubamba y Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

Mediante los análisis obtenidos en el laboratorio de las muestras de suelos la litología PT y dg en el sector de Guargualla muestran valores de CE altos en comparación con los valores de JP en Ichubamba y Guargualla puede deberse a que la infiltración del agua en el suelo que produce un lavado de las sales en los primeros centímetros, y este a su vez está en relación con la textura del suelo. Simón et al., (2013) afirma que mientras mayor sea el contenido de MO mayor debería ser la capacidad del mismo para conducir la electricidad no obstante las muestras contienen altos niveles de MO pero baja conductividad eléctrica lo que ratifica que los suelos del callejón interandino tienen sus propias particularidades con respecto a otros sitios con un mismo gradiente altitudinal, por otro lado los resultados son similares a los obtenidos por Cárdenas, (2015) en cuanto a MO Y CE en estudios efectuados en los páramos de Monjas Bajo en la Sierra Norte ecuatoriana en las estribaciones del nevado Cayambe en un gradiente que va desde los 3 600 a 3 900 msnm.

Simón et al., (2013) en estudios efectuados al sur de la provincia de Córdoba se obtuvieron valores similares en gradientes altitudinales parecidos donde menciona además que en cuyos suelos donde los agregados finos son más abundantes se produce pequeños espacios entre las partículas lo que ocasiona que retengan más el agua y como resultado de esto exista una mayor CE.

3.1.3. Color

La anotación taquigráfica de los colores en las diferentes muestras de suelo presenta características morfológicas típicas de suelos de páramos, se establece que está determinado por el tipo de material parental, el tipo y cantidad de materia orgánica del suelo además de la composición de los productos resultado de la destrucción de los materiales volcánicos acumulados, las muestras presentan colores con tonalidades de negro entre 5 YR Y 10YR presentes en todas las litologías a diferentes gradientes altitudinales, similares resultados presenta Quichimbo et al., (2012) en cuanto a la coloración del suelo en estudios en el Austro ecuatoriano en suelos de la microcuenca del río Zhurucay en altitudes que van de los 3 400 a 3 900 msnm.

El color de los suelos a una profundidad de 0 – 30 en el sector de Ichubamba y Guargualla por lo general es arcilloso y franco arcilloso presentaron colores muy oscuros debido a los elevados contenidos de materia orgánica humificada. Los ácidos húmicos presentes en esta materia orgánica poseen un fuerte poder de coloración negra. Sin embargo, no todos los horizontes ricos en humus son negros.

El color de los suelos a una profundidad de 30 – 60 en el sector de Ichubamba y Guargualla presentaron colores no tan diferenciados, pero si se puede notar que tienen una tonalidad más clara y que a su vez son de tipo franco arenoso, franco arcilloso y arcilloso limoso, sin embargo, también los hay de otros tipos de textura y dependen del material parental. Además, el color del suelo está en dependencia de los minerales expuestos y acumulados por disgregación a partir del material parental.

Las tonalidades obtenidas concuerdan con las de Llambí et al., (2012) donde obtiene coloraciones similares en suelos de páramo en la región de los Andes tropicales donde además menciona que las cenizas volcánicas, materia orgánica y raíces de las plantas están estrechamente relacionadas en cuanto al color se refiere.

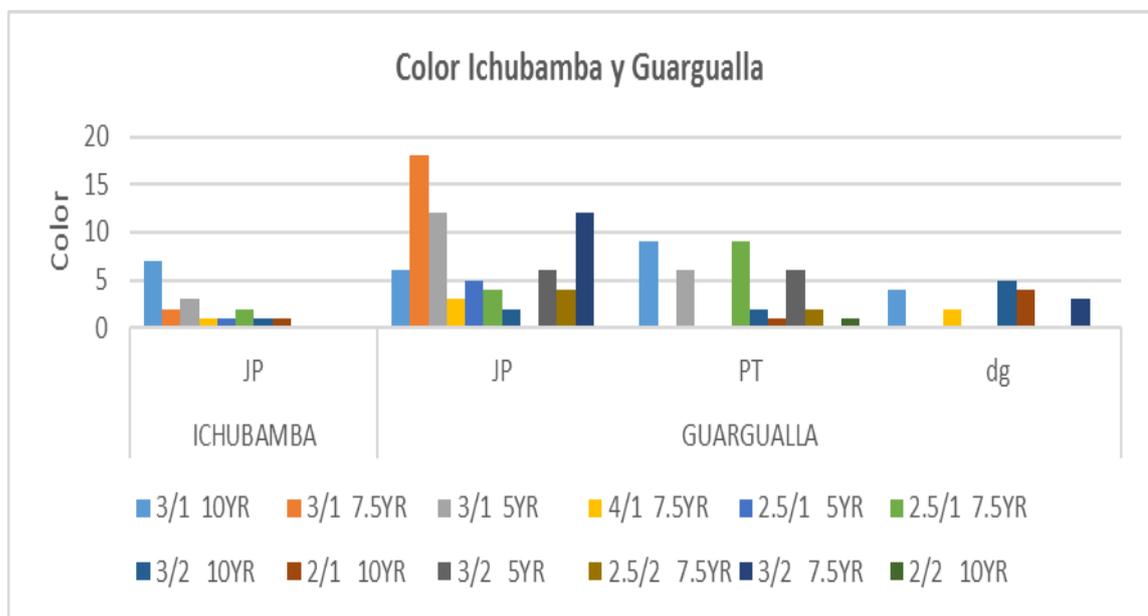


Gráfico 3-3: Resultados de color, litologías JP; PT y dg (Ichubamba y Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

3.1.4. Textura

El análisis de la textura de las muestras de suelo se determinó de acuerdo a la metodología del tacto que propone Lesikar, et al ., (2005) donde se determinó cuatro categorías (Areno francoso, franco arenoso, Franco limoso, Franco), una vez establecidas las texturas se procedió a contabilizar y sacar el número total de cada una de ellas para luego expresarlas en porcentaje tomando en consideración que las 144 muestras representan el 100 % de los datos obteniendo en el gráfico 4-3.

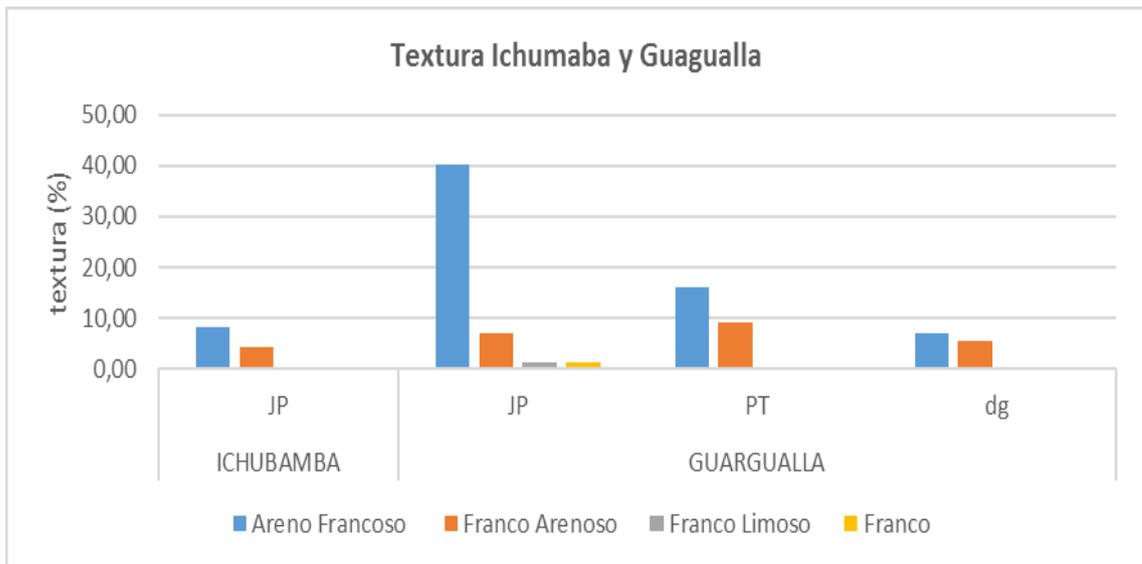


Gráfico 4-3: Resultados de texturas, litologías JP, PT, dg (Ichubamba y Guagualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

En el análisis de las muestras de suelo la categoría JP en Guagualla en las cuatro clases texturales se identificaron un valor de 18 muestras lo que representa un 12,5 % del total, de la misma manera se estableció para la categoría JP en Guagualla donde se identificó 72 muestras que representan 50,0% siendo el que tiene la mayoría de clase textural Arenos Francoso y 36 para la categoría PT que representan el 25,0 %, y por último se registró el valor de la categoría dg obteniendo 18 que representa el 12,5%.

3.1.5. Estructura

Con efecto de determinar la estructura de las 144 muestras de suelo de las diferentes litologías a dos profundidades en Ichubamba y Guagualla, se registró dos tipos de estructura (Prismático y granular) correspondiendo para JP en Ichubamba un 4,86% de estructura granular y un 7,64 % de estructura prismático, para JP en Guagualla se tuvo como resultado 39,58% para la estructura granular mientras que para la prismática se tiene 10,42%, mientras que para PT se tiene un 25% en la estructura granular y por último para dg se obtiene un 12,50 % para la estructura granular, obteniendo en mayor porcentaje la estructura granular.

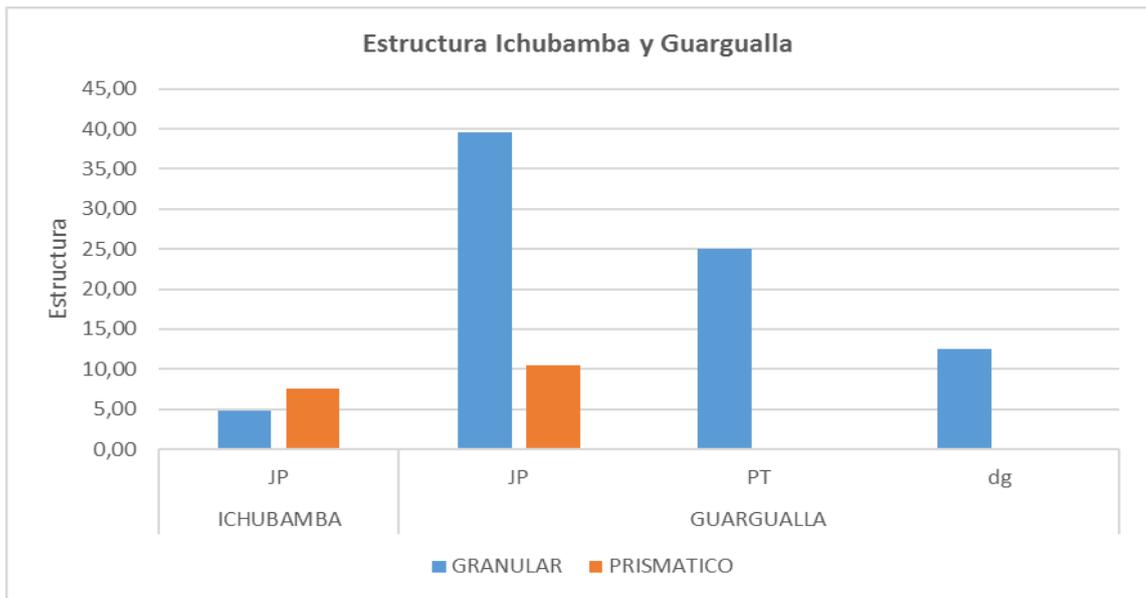


Gráfico 5-3: Resultado de estructura, litologías JP; PT y dg (Ichubamba y Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

3.1.6. Materia orgánica

Teniendo en consideración que el contenido de MO es fundamental para determinar el COS mediante la metodología antes mencionada en este estudio se establece valores bajos y medios de MO los cuales tiene además una estrecha relación con el tipo de vegetación presente en la zona de estudio ya que al realizar las calicatas respectivas se pudo constatar como se muestra los resultados a continuación en cada una de las litologías.

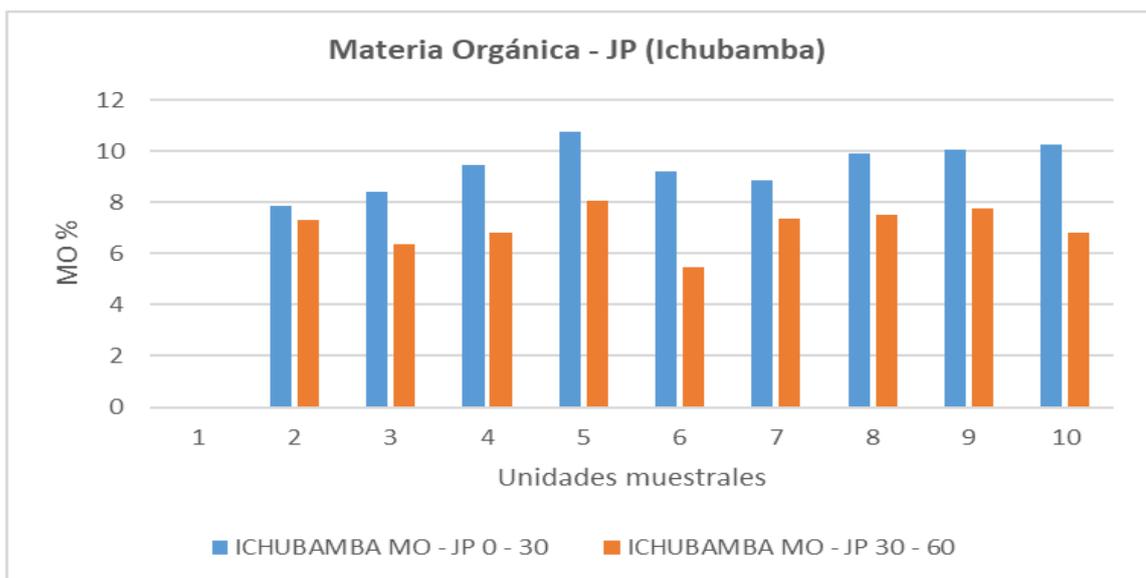


Gráfico 6-3: Diferencia porcentual de MO en la litología JP (Ichubamba).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

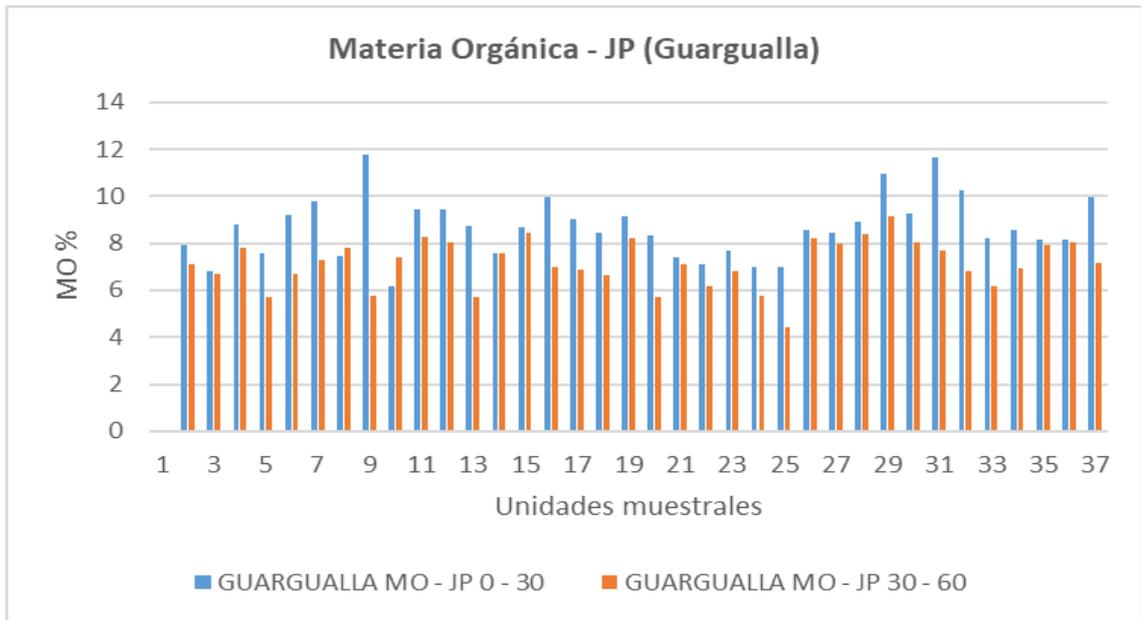


Gráfico 7-3: Diferencia porcentual de MO en la litología JP (Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

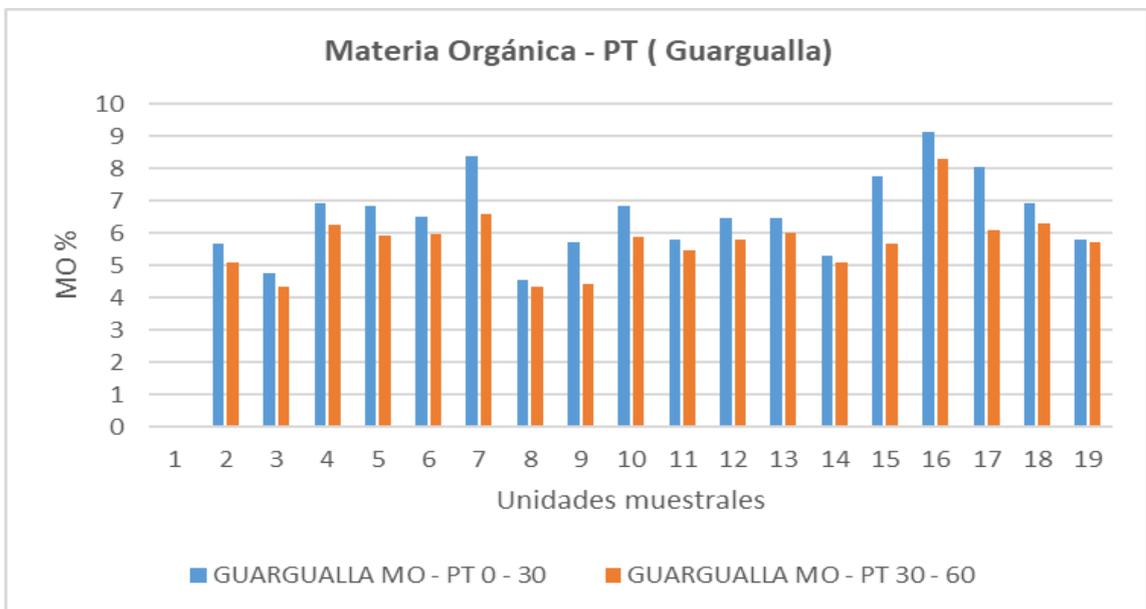


Gráfico 8-3: Diferencia porcentual de MO en la litología PT (Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

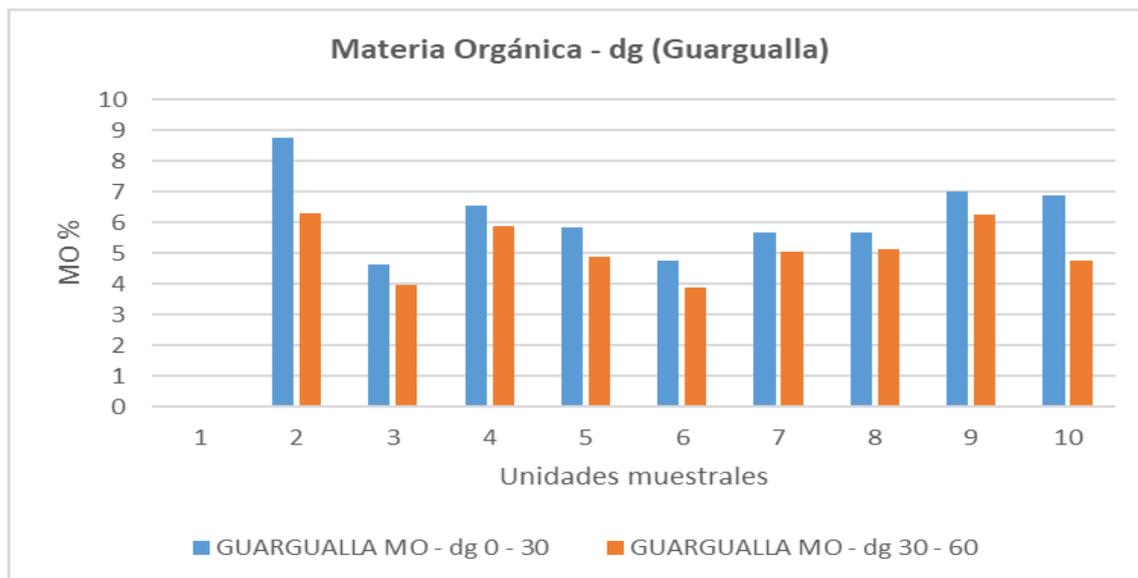


Gráfico 9-3: Diferencia porcentual de MO en la litología dg (Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

En estudios efectuados por IDEAM, (2015) en el valle del Cauca Colombia concluyen que el contenido de materia orgánica contribuye enormemente a mantener el funcionamiento hidrológico en los páramos ya que mientras más MO contenga un suelo menor grado de infiltración tendrá, permitiendo una mayor escorrentía del agua a esto sumado la captura de lluvia horizontal por el tipo de vegetación existente constituye la base para el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos.

Los resultados obtenidos de los análisis de suelo para determinar el contenido de MO se establecen que en la litología JP en Ichubamba en 9 muestras, JP en Guargualla 36 muestras, PT 18 y dg 9 muestras a dos diferentes profundidades (0 – 30) y (30 - 60) cm los valores más altos se contempla en los primeros 30 centímetros en las tres litología no obstante hay que mencionar que estos no son muy representativos o no tienen mucha variabilidad ya que la desviación estándar entre los resultados son de 0,48; 0,07; 0,06 y 0,25 respectivamente.

3.2 Contenido de carbono orgánico en el suelo

Para determinar el COT de las muestras de suelo en cada una de las litologías del sector de Ichubamba y Guargualla se procedió a establecer un valor medio de Kg de CO y densidad aparente, el volumen de tierra fue una constante de 6 000 ya que para el COT no se tomó y una masa de 6 294 000 como se muestra en la tabla 3-1. De esta manera se obtuvieron los siguientes resultados; Para la litología JP en Ichubamba se trabajó con una densidad aparente media de 1 005 por consiguiente se obtuvo un dato de 301,10 t/CO/ha este valor se multiplico por 8 747, 21 dándonos como resultado final de esta litología 2 633 784,93 de igual manera se procedió para

la litología JP en Guargualla obteniendo una densidad aparente de 1 061 con un valor promedio de 285,45 t/CO/ha multiplicando a este valor por 8 747, 21 teniendo un resultado final de 2 496 891,09, para PT cuya densidad aparente media fue de 1 292 y un valor promedio de 275,02 multiplicado por una superficie de 1 190,82 se obtuvo un valor de 327 499,32 t/CO/ha y por último se calculó para dg una densidad aparente de 1 405, un total de CO de 270,20 y una superficie de 858,21 ha así está última aporta con 231 888,34 t/CO/ha y entre las cuatro obtenemos un valor total de 5 690 063,68 t/CO.

Tabla 3-1: Cuantificación del contenido de COT.

Num	Sector	Geología	Superficie (ha)	Total t/COT
1	Ichubamba	JP	8 747,21	2633784,931
2	Guargualla	JP	8 747,21	2496891,095
3	Guargualla	PT	1 190,82	327499,3164
4	Guargualla	dg	858,21	231888,342

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

3.3 Diferencia en el contenido de carbono orgánico

El análisis de las muestras reveló que el contenido de COS disminuye a medida que aumenta la profundidad del suelo, es así que se efectuó el análisis en las profundidades establecidas (0–30 y 30–60) donde se determina que la diferencia de la litología JP en Ichubamba difiere una de la otra en 630,57 toneladas de COS, mientras que en la litología JP en Guargualla difiere en 525,89 toneladas de COS, para PT en Guargualla la diferencia es de 212,79 toneladas de COS y por último la litología dg en Guargualla contiene 176,39 toneladas de COS.

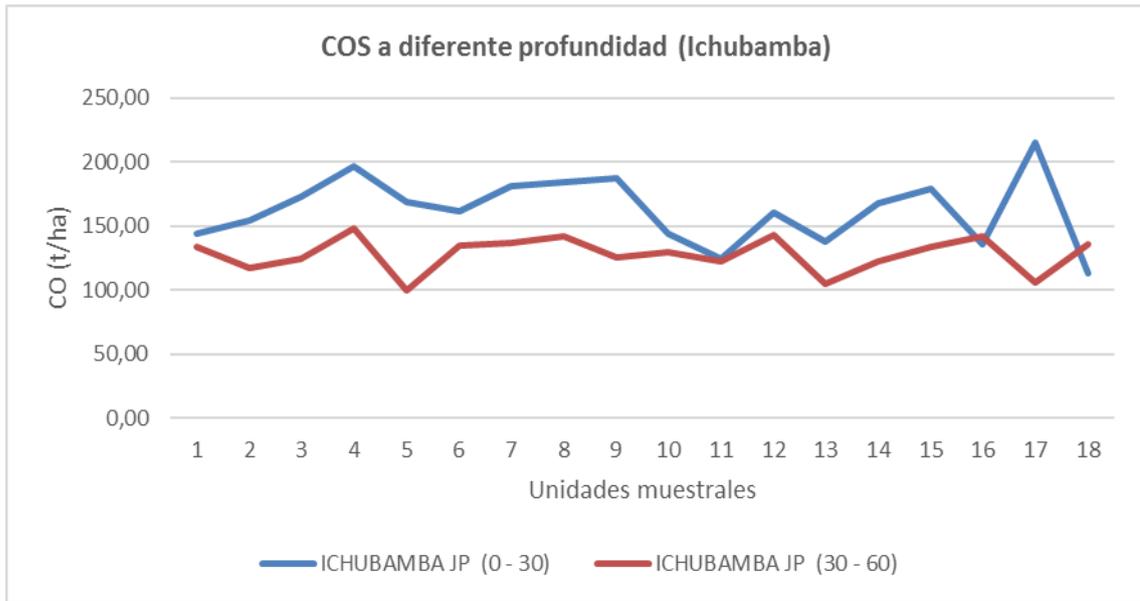


Gráfico 10-3: Diferenciación del contenido de COS en la litología JP (Ichubamba).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

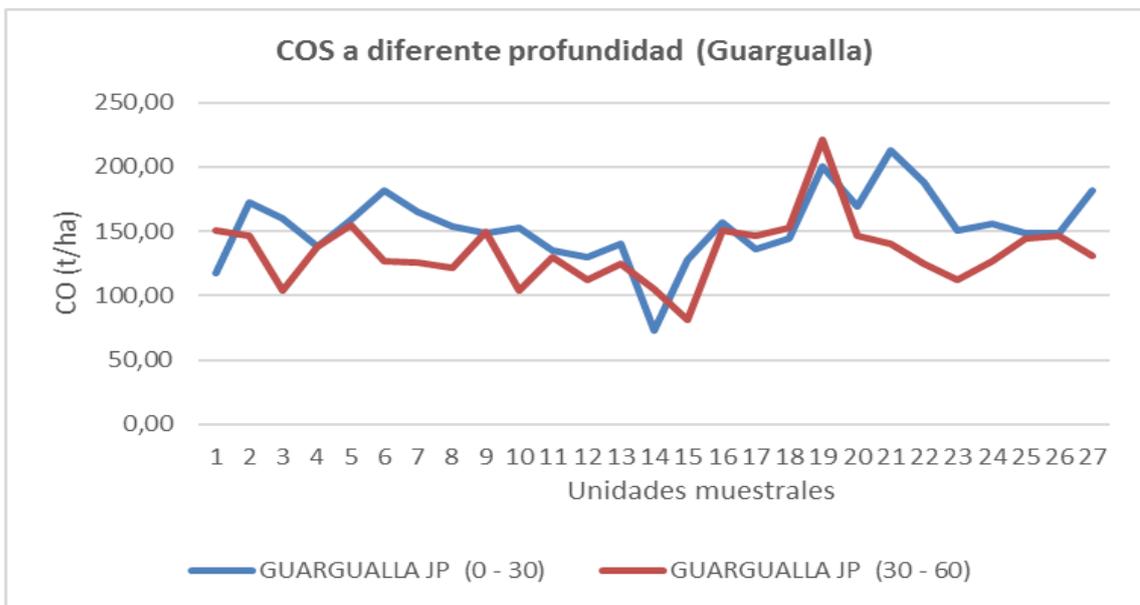


Gráfico 11-3: Diferenciación del contenido de COS en la litología JP (Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

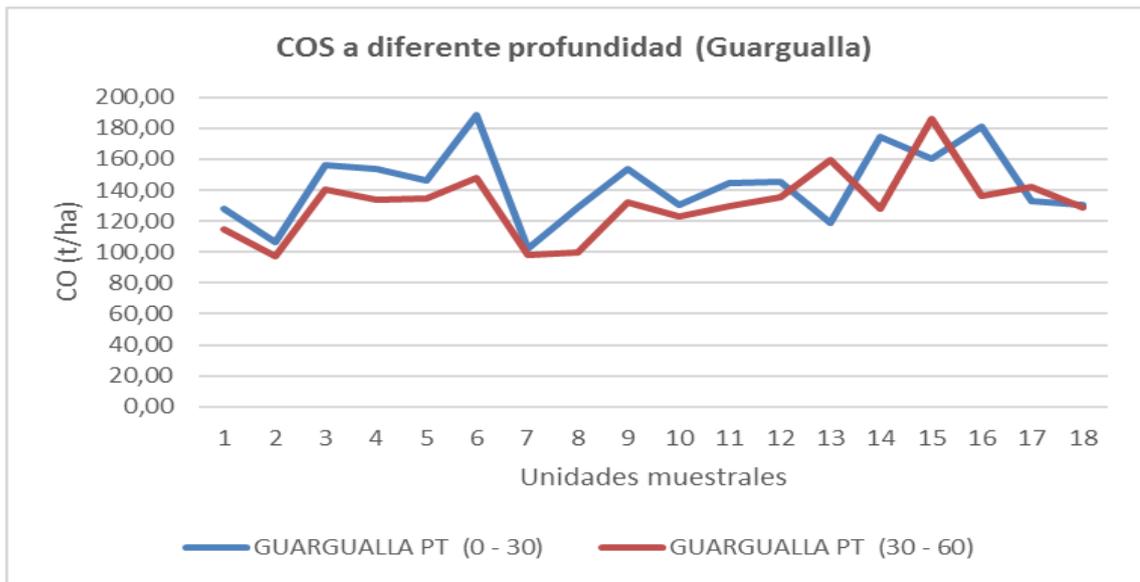


Gráfico 12-3: Diferenciación del contenido de COS en la litología PT (Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

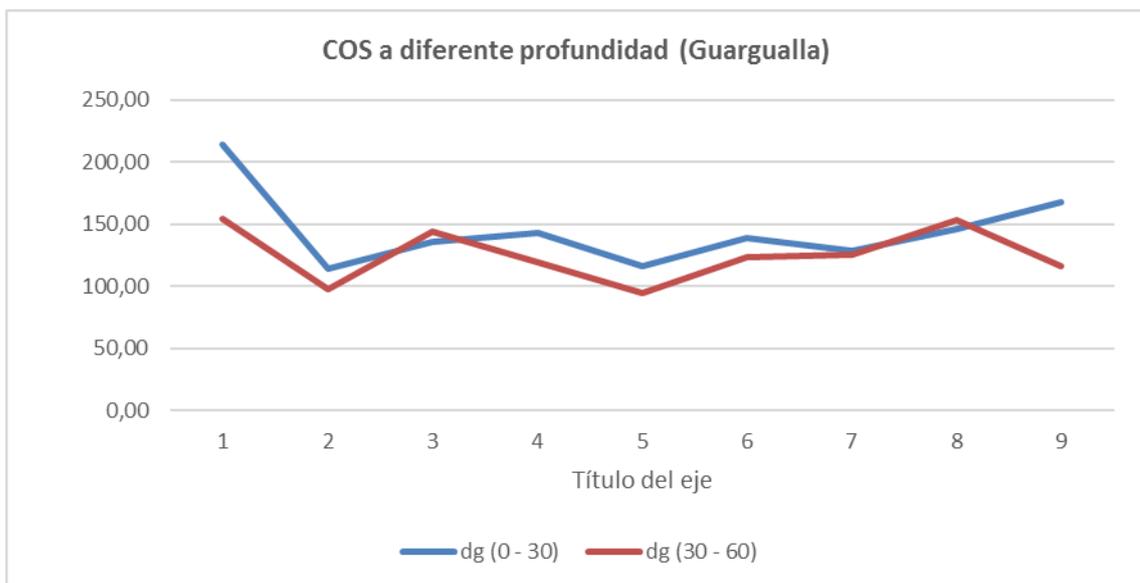


Gráfico 13-3: Diferenciación del contenido de COS en la litología dg (Guargualla).

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

Mediante los resultados analizados se constata lo mencionado por Morales et al., (2007) y Ramos, et al., (2013) en estudios en zonas de páramos donde afirma que el contenido de CO en Guantiva La Rusia, Boyacá los suelos de pajonal a una profundidad de 0,30 cm reportaron en valor de 144,93 t/CO/ha además estos presentan altos contenidos de materia orgánica principalmente en el primer horizonte

Por otro lado Urgiles et al., (2018) realizan estudios en diferentes coberturas de suelo obteniendo valores altos de 110,03 t/C/ha que en áreas de pajonal, mientras que para áreas con cobertura mínima registra 95.03 % de carbono orgánico del suelo; estos estudios destacan la importancia del efecto positivo de la cobertura con vegetación nativa como lo confirma Africano, Cely & Serrano., (2016) donde obtiene en suelos de pajonal valores de CO elevados de 872,26 t/C/ha pero en zonas sin perturbación lo que indica la variabilidad de CO almacenado depende fundamentalmente de la no alteración de estas zonas además también de otros factores como la precipitación, temperatura, altitud, pendiente, tipo de vegetación y actividad microbiana.

3.4 Análisis Estadístico

ANOVA del Diseño Completo al Azar

Se aplica un ANOVA de un factor, con el fin de determinar si existen diferencias significativas del contenido de carbono orgánico del suelo en los sectores de Ichubamba y Guargualla, además de obtener el gráfico de efectos principales, para cuantificar esta diferencia.

Planteamiento de Hipótesis:

$$H_0: \mu_{Ichubamba} = \mu_{Guargualla}$$

$$H_1: \mu_{Ichubamba} \neq \mu_{Guargualla}$$

Estadístico de Prueba:

Tabla 2-3: Análisis de Varianza.

Respuesta: Porcentaje_COS

	Df	Sum Sq	Media Sq	F valor	Pr (>F)	
Lugar	2	1355.90	677.95	264.12	< 2.2e-16	***
Residuales	142	364.49	2.57			

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

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

Para el Lugar, se calcula un valor p de aproximadamente 0, por lo que se puede afirmar que este factor de interés produce cambios significativos en el porcentaje de carbono orgánico del suelo,

es decir, que si existe una diferencia entre el contenido de carbono orgánico del suelo en Ichubamba frente al Contenido de Guargualla.

Efecto del factor Lugar:

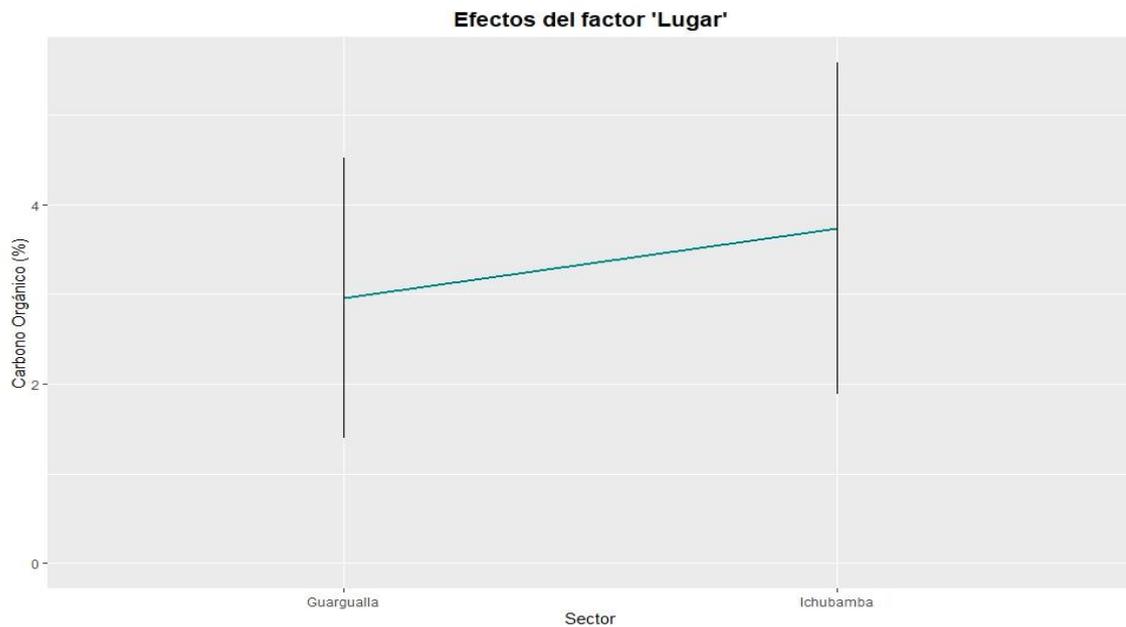


Gráfico 14-3: Efectos del Lugar Ichubamba y Guargualla.

Realizado por: Bermeo C., Correa, M. 2020.

El factor Lugar define que el sector de Ichubamba tiene un contenido de carbono orgánico del suelo más alto (3.8%) en comparación con el contenido en el sector de Guarguallá (3.5%), y aunque la diferencia no es relativamente amplia, la prueba estadística ANOVA define que es una diferencia estadísticamente significativa, aunque las muestras cuentan con una dispersión considerable, en comparación con los valores medidos.

Como se menciona en el PDOT, (2015) que en el territorio de las comunidades que pertenecen a la parroquia cebadas en Ichubamba se determinó que es una zona que tiene mayor conservación de páramo en comparación con Guargualla que es una zona conservada, sin embargo se pudo determinar que existía mayor cantidad de actividades antrópicas como lo cita Hofstede, (2001) que en los páramos de las provincias de la Sierra central y particularmente en la cordillera occidental los páramos tienen mayor accesibilidad y tienen mayor cantidad de habitantes en comparación a otros páramos del Ecuador debido a su topografía y clima son poco propicios para asentamientos y actividades de los seres humanos Hofstede et al., (2002) estima que la mitad de todos los páramos de pajonal tiene un bajo estado de conservación y apenas una décima para está en buen estado de conservación.

Para el presente estudio, se considera como otro factor en análisis a la Profundidad en la que se tomó la muestra, definiendo dos niveles para esta: de 0 a 30 cm y de 30 a 60 cm. Este factor se

procede a analizar individualmente por sector, para determinar si existe diferencia entre las profundidades de la muestra en cada sector estudiado.

CONCLUSIONES

- Los análisis físico químicos de las 72 muestras analizadas indican que efectivamente existe variación en los resultados de Ichubamba y Guargualla, los cuales van desde medianamente ácidos hasta ligeramente ácidos, la Conductividad eléctrica se encuentran en la categoría de no salinos, la MO reportó valores altos a menor profundidad, mientras que a mayor profundidad se registraron valores bajos.
- La cuantificación de carbono orgánico del suelo en coberturas de páramo en el sector de Ichubamba en JP tiene un área de 8 747,21 ha reflejó 2 633 784,93 t/COT, mientras que para JP en Guargualla 8 747,21 ha se tiene 2 496 891,09 t/COT, en PT se obtuvo en 1 190,82 ha un valor de 327 499,31 t/COT y para la litología dg en 858,21 ha se reporta 231 888,34 t/COT. El contenido de COS analizado se concluye que existe diferencia en el contenido de MO y por consiguiente en el COS, cabe recalcar que no es significativa en las litologías determinadas; Sin embargo, en Ichubamba para JP existe un contenido de 630,57 t/COS, para Guargualla: en la litología JP se tiene 525,89 t/COS, y una diferencia de 212,79 t/COS en PT y para dg una diferencia aproximada de 176,39 t/COS.
- Los resultados del COS obtenidos en Ichubamba y Guargualla reportan valores altos a < profundidad (0-30 cm), posiblemente a que, en estos lugares, son suelos que son ricos en materia orgánica y también las bajas temperaturas impiden la descomposición rápida de la materia orgánica, reteniendo con mayor eficacia el carbono orgánico en el suelo.

RECOMENDACIONES

- Realizar análisis de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) para saber la calidad de materia orgánica que presentan los suelos de páramo de Ichubamba y Guargualla.
- Se recomienda para futuras investigaciones analizar otros posibles parámetros que alteren el contenido de Carbono orgánico como cubierta vegetal y tipo de especies de plantas.
- Socializar con el GAD parroquial de Cebadas tomar en cuenta los resultados alcanzados en esta tesis en lo referente al contenido de carbono en el suelo para el nuevo Plan de Desarrollo de Ordenamiento Territorial.

BIBLIOGRAFÍA

AFRICANO, K., CELY, G. y SERRANO, P. “Potencial de Captura de CO₂ asociado al componente edáfico en páramos Guantiva-La Rusia, departamento de Boyacá, Colombia”. *Perspectiva Geográfica* [en línea], 2016, (Colombia), vol. 21, no. 1, pp. 91. ISSN 0123-3769. DOI 10.19053/01233769.4572.

AYALA, L., et.al. “Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri Loja”. *CEDAMAZ*, vol. 4, no. 1 (2014), (Ecuador) pp. 45-52

BALVANERA, P. “Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales”. *Ecosistemas* [en línea], 2012, vol. 21, no. 1-2, pp. 136-147. ISSN 1697-2473. DOI 10.7818/re.2014.21-1-2.00.

BETANCOURT, M., “Composicion. Inia Tacuarembó”, vol. 2 (2015), pp. 3-19.

BURBANO ORJUELA, H. “El carbono orgánico y su papel frente al cambio climático”. *Revista de Ciencias Agrícolas* [en línea], 2018, vol. 5, no. 1, pp.82. ISSN 0120-0135. DOI 10.22267/rcia.183501.85.

CARANQUI, J., LOZANO, P. y REYES, J. “Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador (Composition and diversity of High Andean in the Fauna Production Reserve Chimborazo, Ecuador)”. *ENFOQUE* [en línea], 2016, (Ecuador) vol. 1, pp. 33-45. ISSN 1390-9363.

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

CÁRDENAS, M. “Evaluación de la calidad de los suelos de páramo intervenidos y no intervenidos en la comunidad de Monjas Bajo parroquia Juan Montalvo, cantón Cayambe”. 2015, (Ecuador), pp. 5-8. S.l.: s.n, ISBN 1718812728.

CASTAÑEDA, A. y MONTES, C. “Carbono almacenado en páramo andino”. *ENTRAMADO* [en línea], 2017, vol 13, no. 1, pp. 210-221. ISSN 19003803. DOI 10.18041/entramado.2017v13n1.25112.

CASTRO, F., et.al. “Predicción de contenido de arcilla superficial utilizando conductividad eléctrica aparente y esquemas de muestreo basados en modelos”. *Ciencia del Suelo* [en línea], 2017, vol. 35, no. 1, pp. 135-146. ISSN 03263169.

CERON, P. y GARCÍA, H. “Propiedades del suelo en bosque y pajonal; Reserva Natural Pueblo Viejo, Nariño, Colombia”. *Actualidad & Divulgación Científica* [en línea], 2009, (Ecuador) vol. 12, no. 1, pp. 113-120. ISSN 0123-4226.

CESA, “Políticas y economías campesinas en ecosistemas de altura: caso Pilahuín, zona interandina, Ecuador”, en CEPAL PNUMA, *Sobrevivencia Campesina en Ecosistemas de Altura*, 1983, vol. 2, pp. 67-150.

CIANCAGLINI, - PROSAP, “Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico”. [en línea], 2000, pp. 10. Disponible en: http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO_R001_Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico.pdf.

CORONEL, A y ECHEVERRÍA, M. Determinación de carbono **orgánico en suelo** y biomasa del páramo de la Comunidad Chocaví de la Parroquia San Isidro. Facultad de Ciencias, 2016, vol. 1, pp. 129.

CORTÉS, D., PÉREZ, J y CAMACHO, J. “Relación Espacial Entre La Conductividad Eléctrica Y Algunas Propiedades Químicas Del Suelo”. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 2013, vol. 16, no. 2, pp. 401-408. ISSN 0123-4226.

DE LA CRUZ, R., et.al. “Gente y Ambiente de Páramo: Realidades y Perspectivas en el Ecuador”. *EcoCiencia-Abya Yala* [en línea], 2009, (Ecuador) Quito. S.l.: s.n, pp. 100. ISBN 978-9978-22-823-4.

DE LA HERRÁN, A., MARTINEZ, J y CABRERA, A. “Manual de Equipos operativos y Herramientas de Intervencion”. *ceis.antium*. [en línea] Griker Orgemer, 2015. http://ceis.antium.net/docus/pdfsonline/m6/M6_EOV_v4_05_equipos_herramientaManual/M6-EOV-v4-05-equipos-herramientaManual.pdf.

DE RUIL, L. Unican. [en línea] 2000. [Consulta 10 noviembre 2019]. Disponible en: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/259/course/section/161/tema2.pdf>.

ECHEVERRÍA, M., et.al. “Quantification of organic carbon stored in the soil in the paramo of Igualata, Chimborazo province-Ecuador: PROCEEDINGS OF THE 2ND INTERNATIONAL CONGRESS ON PHYSICS ESPOCH (ICPE 2017)” [en línea], 2018, Riobamba, Ecuador; s.n, pp 020004. [Consulta: 26 enero 2020]. DOI 10.1063/1.5050356. Disponible en: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5050356>.

ERAZO, C., et.al. “Actualización de la cobertura de suelo mediante teledetección para la estimación del umbral de escorrentía en la Cuenca del Río Chimborazo threshold in the Chimborazo River Basin”, 2019, vol. 3, pp. 39-59.

ESCO, Isotherm® Hornos de Laboratorio de Convección Forzada. [En línea], 2019, Disponible en: <http://www.escoglobal.es/product/hornos-de-laboratorio/hornos-de-laboratorio-de-conveccion-forzada/ofa/>

ESTRELLA, F. Biblioteca Digital Escuela Politecnica Nacional, 2013. [Consulta octubre 2019]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6358/1/CD-4891.pdf>.

ETTER, A. “Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia”. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006, vol. 114, no. 2-4, pp. 369-386. ISSN 01678809. DOI 10.1016/j.agee.2005.11.013.

FAO, Guía para la descripción de suelos. *Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación* [en línea], 2009, pp. 100. Disponible en: [file:///C:/Users/AlinaBelenOrtiz/Downloads/a0541s00\(1\).pdf](file:///C:/Users/AlinaBelenOrtiz/Downloads/a0541s00(1).pdf).

FAO, Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura Roma, Italia.* Roma: s.n, 2017, pp. 30-41. ISBN 9789253096817.

FASSBENDER, H. Química de Suelos: *Enfásis en suelos de América Latina.* Turrialba, Costa Rica, 1975, vol. 2CA.

FERNÁNDEZ, C., et.al. “Quantification of carbon sequestration and analysis of soil properties in natural coverages and a pine plantation in the páramo of rabanal, Colombia”. Cuadernos de Geografía, 2019, vol. 28, no. 1, pp. 121-133. ISSN 22565442. DOI 10.15446/rcdg.v28n1.66152.

GONZÁLEZ, P., et.al. Cambios en el pH del perfil de un suelo ácido o cultivado y enmendado con diversos materiales para incrementar su fertilidad. *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo*, 2003, vol. 6, pp. 373-378.

HACH, *sensION+ EC5 HACH 0710.indd - 1003352_4.* [en línea], 2010. Disponible en: https://support.hach.com/ci/okcsFattach/get/1003352_4 [Último acceso: 2019].

HERNÁNDEZ, W., et.al. “Variabilidad espacial del pH y del contenido de Fe₂O₃ en suelos de la cuenca del río Tabure del estado Lara”. Ciencia y Tecnología [en línea], 2018, vol. 11, no. 1, pp. 18-26. ISSN 1390-4051. DOI 10.18779/cyt.v11i1.202.

- HOFSTEDE, R.** El impacto de las Actividades Humanas sobre el Páramo. En P. Mena Vásconez, *Los Páramos del Ecuador Particularidades, Problemas y Perspectivas*, 2001, pp. 161-182. Quito: Abya Yala/ Proyecto Páramo.
- HOFSTEDE, R. y VÁSCONEZ, P.** Los páramos ecuatorianos. *Botánica económica de los Andes Centrales*, 2006, pp. 91-109.
- HOFSTEDE, R.G.M. y M. ALBÁN.** Payment for hydrological services in the Ecuadorian Andes: water taxes and water funds at Municipal level. *ETFRN News*, 2002, vol. 35, pp. 45-47.
- IDEAM,** Estado actual de los suelos y las tierras. *Suelos y Tierras de Colombia*, 2015, S.l.: s.n., pp. 811-840.
- INFORMÁTICA, T.** *Tecnología e informática*. [En línea], 2019. Disponible en: <https://tecnologia-informatica.com/que-es-gps-como-funciona-aplicaciones/>
- KANE, D.** Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands: A Review of Current Science and Available Practices In association with: National Sustainable Agriculture Coalition Breakthrough Strategies and Solutions, LLC, 2015, vol. 1, pp. 33-41.
- KEILUWEIT, M., et.al.** “Mineral protection of soil carbon counteracted by root exudates”. *Nature Climate Change* [en línea], 2015, vol. 5, no. 6, pp. 588-595. ISSN 17586798. DOI 10.1038/nclimate2580.
- KÖHL, M., et.al.** “Changes in forest production, biomass and carbon: Results from the 2015 UN FAO Global Forest Resource Assessment”. *Forest Ecology and Management*, 2015, vol. 352, pp. 21-34. ISSN 03781127. DOI 10.1016/j.foreco.2015.05.036.
- KURNIATUN, H., et.al.** Medición del carbono de los usos de la tierra, 2005, pp 5-30. In: White, Douglas y Minang, Peter, eds. *Estimación de costos de oportunidad de REDD+*. Manual de capacitación. Versión 1.4. Washington: Banco Mundial.
- LESIKAR, B., et.al.** On-Site Wastewater Treatment Systems: Soil Particle Analysis Procedure. *Texas FARMER Collection*. S.l.: s.n., 2005, pp. 18.
- LLAMBÍ, L., et.al.** *Páramos Andinos: Ecología, hidrología y suelos de páramos*, 2012. S.l.: s.n. ISBN 9789942115492.
- LÓPEZ ISCH, E.** El cambio climático y gestión de páramos. *Consortio Camaren*, 2012, pp. 29.

LÜTZOW, M., et.al. “Stabilization of organic matter in temperate soils: Mechanisms and their relevance under different soil conditions” - A review. *European Journal of Soil Science*, 2006, vol. 57, no. 4, pp. 426-445. ISSN 13510754. DOI 10.1111/j.1365-2389.2006.00809.x.

MAE, *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito*, 2013, S.l.: s.n. ISBN 9780874216561.

MAE, Protocolo Para El Procesamiento Del Mapa De Densidades De Carbono. *Evaluación nacional forestal*. S.l.: s.n., 2014, pp. 1-32.

MARTINEZ, E., FUENTES, J. y ACEVEDO, H. “Carbono orgánico y propiedades del suelo”. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* [en línea], 2008, vol. 8, no. 1, pp. 68-96. ISSN 0717635X. DOI 10.4067/S0718-27912008000100006.

MCCARTY, G., et.al. “Reflectance Spectroscopy for Soil Carbon”. *Soil Carbon*, 2002, vol. 66, no. March 2002, pp. 640-646. DOI 10.2136/sssaj2002.6400.

MENA, P., JOSSE, C. y MEDINA, G. *Los suelos del páramo*, 2000, S.l.: s.n. ISBN 9978045910.

MONTANARELLA, L., PENNOCK, D. y MCKENZIE, N. *Estado mundial del recurso del suelo*, 2016, S.l.: s.n. ISBN 9789253089604.

MORALES, M., et.al. *ATLAS DE PARAMOS DE COLOMBIA*. S.l.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C. 208 p, 2007, ISBN 9588151915.

MUÑOZ, M., FAZ, A. y ZORNOZA, R. “Carbon stocks and dynamics in grazing highlands from the Andean Plateau”. *Catena*, 2013, vol. 104, pp. 136-143. ISSN 03418162. DOI 10.1016/j.catena.2012.11.001.

MURRAY, R., et.al. “Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México”. *Revista Biociencias* [en línea], 2011 (México), vol. 1, no. 3, pp. 27-35.

OHAUS, Balanzas de precisión. [Consulta: 15 diciembre 2019]. Disponible en: <https://mx.ohaus.com/es-mx/products/balances-scales/precision-balances>.

ONU- REDD+ del Ministerio del Ambiente del Ecuador, Manual de campo proyecto de Evaluación Nacional Forestal y el programa nacional conjunto Bajo la cooperación del Programa “*Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático*” *FAO Filandia y el componente*. Quito, 2012.

PDOT, C. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Gobierno Autónomo Descentralizado de Cebadas – Ecuador, 2015.

PHILLIPS, J., et.al. *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia.* Bogotá: s.n, 2011. ISBN 9789588067339.

QUICHIMBO, P., et.al. Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. Suelos Ecuatoriales [en línea], 2012, vol. 42, no. 2, pp. 138-153.

RAJH, E., BUDAK, J y ANIĆ, I. Hofstede's culture value survey in Croatia: Examining regional differences. *Drustvena Istrazivanja*, 2016, vol. 25, no. 3, pp. 309-327. ISSN 13300288. DOI 10.5559/di.25.3.02.

RAMOS, C., et.al. Variabilidad ambiental y respuestas fisiológicas de *polylepis* cuadriflora (Rosaceae) en un ambiente fragmentado en el páramo de la Rusia, Colombia. *Biología Tropical* [en línea], 2013, vol. 61, no. 1, pp. 351-361. ISSN 00347744.

REYNALDO, B., MENDOZA y ESPINOZA, A. Centenaria del Agro. [En línea] 2017. Disponible en: <http://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>.

RODRIGUEZ, F., et.al. *Manual de ordenación de montes de andalucía.* Consejería. Andalucía: s.n, 2004, ISBN 84-95785-59-5.

RODRÍGUEZ, Y., CAMACHO, I y RUIZ, E. Las propiedades químicas del suelo para definir la zona de aplicación del laboreo localizado en los suelos arcillosos pesados *Chemical soil properties to define the zone of application of stripe tillage in heavy clay soil*, 2009, pp. 67-70.

SÁNCHEZ, G. NILTON, L. Instrumentos y Materiales de Laboratorio, 2010. [Consulta: 12 julio enero 2019]. Disponible en: file:///C:/Users/WinUser/Downloads/Instrumentos_Materiales_de_laboratorio.pdf.

SCIENTIFIC, F. *fisher-scientific-accumet-ab-series-instruction-manual-spanish.pdf.* [En línea] 2012. Disponible en: <https://www.fishersci.com/us/en/products/JOSEYUQ7/ph-meters.html>.

SIMÓN, M., PERALTA, N. y COSTA, J. Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Ciencia del Suelo* [en línea], 2013, vol. 31, no. 1, pp. 45-55. ISSN 03263169.

STOLBOVOY, V., et.al. Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soil of the European Union. *Version 2 EUR 21576 EN/2. 56.*, 2007, S.I.: s.n. ISBN 978-92-79-05379-5.

SUÁRES, D., et.al. “Análisis del carbono secuestrado en humedales altoandinos de dos áreas protegidas del Ecuador”. *Ecología Aplicada* [en línea], 2016, vol. 15, no. 2, pp. 171. ISSN 1726-2216. DOI 10.21704/rea.v15i2.756.

URGILES, N., et.al. “Plant diversity, community structure, and aerial biomass in a paramo ecosystem of Southern Ecuador”. *Bosques Latitud Cero*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 13. ISSN 2528-7818.

VÁSQUEZ, E., LADD, B y BORCHARD, N. “Carbon storage in a high-altitude *Polylepis* woodland in the Peruvian Andes”. *Alpine Botany*, 2014, vol. 124, no. 1, pp. 71-75. ISSN 1664221X. DOI 10.1007/s00035-014-0126-y.

VELA, G., et.al., 2009. Vulnerabilidad del suelo de conservación del distrito federal ante el cambio climático y posibles medidas de adaptación. *Informe Final, Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México, Instituto de Ciencia y Tecnología del D. F., México.,* 2009, pp. 1-63.

www.imagenesmi.com, s.f. *Soil Probes For Testing.* [En línea] Available at: <https://www.imagenesmi.com/im%C3%A1genes/soil-probes-for-testing-86.html> [Último acceso: Febrero 2019].

ZAPATA, D., H. *Casos Especiales de Acidez.* 2009. S.l.: s.n.

ANEXOS

ANEXO A. PÁRAMO GUARGUALLA-ICHUBAMBA

	
A.1 Páramo Guargualla a 3 600 msnm	A.2 Páramo Guargualla a 3 800 msnm
	
A.3 Páramo Guargualla a 3 400 msnm	A.4 Páramo Guargualla a 4 000 msnm
	
A.5 Páramo Ichubamba a 3 400 msnm	A.6 Páramo Ichubamba a 3 600 msnm

ANEXO B. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS



B.1 Utilización de la pala hoyadora para remover el exceso de suelo



B.2 Introducción del barreno para recolectar la muestra de suelo



B.3 Remoción de la muestra de suelo



B.4 Introducción del cilindro para muestras de densidad



B.5 Utilización de la oz para remoción de paja



B.6 Utilización del hacha para extracción de las raíces

ANEXO C. ANALISIS EN EL LABORATORIO



C.1 Peso de las muestras de suelo



C.2 Medición del pH



C.3 Medición de la Conductividad



C.4 Tamizaje de las muestras de suelo



C.5 Peso del Suelo en el crisol para materia orgánica



C.6 Muestras de suelo en crisoles



C.7 Colocar las muestras de suelo en la estufa



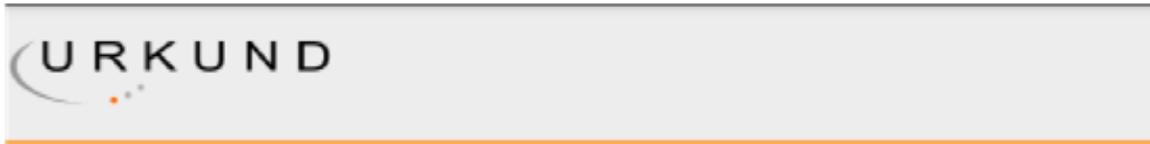
C.8 Secado de las muestras en el Desecador



C.9 Colocar los crisoles en la mufla



C.10 Ordenar las muestras de suelo



Urkund Analysis Result

Analysed Document: DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO ANDINO DE ICHUBAMBA Y GUARGUALLA, PA RROQUIA CEBADAS.docx (D63202567)
Submitted: 1/30/2020 3:27:00 PM
Submitted By: magdy.echeverria@esPOCH.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

INFLUENCIA DE LA INTERVENCIÓN EN LOS SUELOS DEL PÁRAMO DE NAVAG-CHIMBORAZO EN EL C ONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA.pdf (D62956482)
ESTIMACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO Y BIOMASA DEL PÁRAMO DE QUIMIAG.pdf (D61006781)
EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN EL ECOSISTEMA DE PÁRAMO DE LA MICROCU ENCA DEL RÍO CHIMBORAZO EN BASE A LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS.docx (D47872320)
TESIS FINAL BRAYAN CHILUIZA.docx (D60634955)
TESIS FINAL UNMSM Marzo 2017 - copia.pdf (D26290473)
ZUMBA YUNGA JAVIER ALEJANDRO_PT-011017.pdf (D35677667)
872acaf031d39e60b7d6466d2d528a61c814483a.pdf (D58717059)
CUANTIFICACIÓN DE LA RESPIRACIÓN EDÁFICA COMO MEDIDA DE LA ACTIVIDAD MICROBIANA E N SUELOS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CHIMBORAZO.docx (D47949879)
prueba moodle 2.doc (D12976085)
0823ab48-a250-4dc9-8fb4-1685bd75b168
<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>
<https://repositorio.unicach.mx/bitstream/20.500.12114/1345/1/BIO%20631.477275%20P47%202017.pdf>

Instances where selected sources appear:

ANEXO E: Permiso del ministerio del ambiente (MAE)

**MINISTERIO DEL AMBIENTE**
DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO

*Toda una Vida*

**EL GOBIERNO DE TODOS**

DIRECCIÓN PROVINCIAL DEL AMBIENTE DE CHIMBORAZO

AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Nro. 001-IC-DPACH-MAE-2020

FLORA: **FAUNA:** **VARIOS: X**

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

Nombres y Apellidos	C.C.	Nacionalidad
Bermeo Brito Catherine Johanna	0604809798	Ecuatoriana
Ilvay Caluña Jorge Iván	1803296936	Ecuatoriana
Correa Guaña Monserrath Azucena	0604080648	Ecuatoriana
Damián Carrión Diego Armando	0604631572	Ecuatoriana

Para llevar a cabo la investigación: **"Determinación de carbono orgánico total en el suelo andino de Ichubamba y Guarguallá"**.

De acuerdo a las siguientes especificaciones:

- Solicitud de Bermeo Brito Catherine Johanna y Correa Guaña Monserrath Azucena.
- Auspicio de institución científica nacional: ESPOCH,
- Auspicio de institución científica internacional: Ninguna
- Institución que financia la investigación: Grupo GIDAC ESPOCH y solicitante.
- Contraparte de la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo: Mz. María Dolores Astudillo.
- Vigencia de esta Autorización: 07/02/2020 a 07/07/2020
- Fecha de entrega de informe final: 07/07/2020
- Valoración Técnica del Proyecto: Mvz. María Dolores Astudillo.
- Se autoriza la colección de muestras de suelo, una compuesta y 2 repeticiones a 0-30cm y de 30-60 cm en 72 sitios de muestreo según la metodología que consta en el proyecto.
- Las muestras serán analizadas en los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.
- Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA / FAUNA O MICROORGANISMOS**, sin el correspondiente permiso. Competencia de cada una de las direcciones provinciales del MAE, y que deberá gestionarse en cada dependencia.
- Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA/FAUNA O MICROORGANISMOS**, sin la correspondiente autorización de la Dirección Nacional de Biodiversidad o cada uno de los Centros de Tenencia y Manejo de Flora/Fauna (Herbarios/ Museos de Historia Natural) que cuente con patente vigente emitida por la Autoridad Ambiental.
- De los resultados que se desprenda de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente.
- Estos especímenes NO podrán ser utilizados en actividades de BIOPROSPECCIÓN NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO, sin la correspondiente Autorización del Ministerio del Ambiente, caso contrario se procederá como lo establece el COIP.- Artículo 248.- Delitos contra los recursos del patrimonio genético nacional.**

Obligaciones del investigador:

- Entregar a la Dirección provincial del Ambiente de Chimborazo, (02) dos copias del informe final impreso en formato PDF, (incluyendo una versión digital), de los resultados de la autorización otorgada. (Solicitar Formato). La falta de entrega de los resultados finales o informes parciales de avance, será causa suficiente para que el investigador no pueda continuar sus actividades de investigación en el país.
- Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos científicos el número de Autorización de Investigación Científica otorgada por el Ministerio del Ambiente, con el que se colectó el material biológico.
- Entregar copias de las publicaciones a la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo
- Entregar copias del material fotográfico que puedan ser utilizados para difusión. (Se respetará los derechos de autoría).

Dirección: 9 de Octubre y Duchicela, Quinta Macaji / Riobamba - Ecuador / **Twitter:** @MAEChimborazo - **Facebook:** Mae Chimborazo
Teléfono: 032 610 029 / Código Postal: 060103

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales 15,16, 17, 18 se responsabiliza a los investigadores: Bermeo Brito Catherine Johanna, Correa Guña Monserrath Azucena, Damián Carrión Diego Armando, Ilvay Caluña Jorge Iván.

SE AUTORIZA LA COLECCION EN LAS PROVINCIAS, CANTONES Y ÁREAS PROTEGIDAS:
Provincia de Chimborazo: Cantón Guamote. Parroquia Cebadas.
Sectores de Ichubamba y Guargullá.

Coordenadas de referencia					
Nro.	X	Y	Nro.	X	Y
1	773728	9785862	37	777359	9781254
2	773703	9786132	38	777150	9781210
3	773914	9786127	39	777167	9780982
4	774249	9785645	40	777769	9780797
5	774483	9785632	41	777571	9780744
6	774411	9785875	42	777580	9780503
7	766624	9784451	43	767520	9784244
8	766400	9784550	44	767323	9784102
9	766334	9784391	45	767507	9783933
10	774302	9785102	46	777603	9783554
11	774097	9785170	47	777369	9783557
12	774227	9785368	48	777301	9783368
13	775070	9785411	49	777810	9782356
14	774826	9785428	50	777582	9782382
15	774766	9785216	51	777587	9782536
16	775641	9785496	52	777762	9783358
17	775383	9785506	53	777502	9783299
18	775343	9785301	54	777560	9783043
19	776466	9782519	55	778282	9783845
20	776183	9782504	56	778271	9783607
21	776164	9782741	57	778499	9783575
22	771290	9784773	58	778011	9783172
23	771535	9784772	59	777958	9782923
24	771469	9784965	60	778176	9782859
25	776044	9784965	61	778860	9783031

26	775952	9782806	62	778620	9783025
27	775730	9782878	63	778641	9782767
28	771681	9784379	64	776118	9784419
29	771504	9784494	65	775863	9784433
30	771338	9784388	66	775800	9784234
31	777066	9781308	67	776627	9784201
32	776834	9781253	68	776554	9783962
33	776796	9781004	69	776793	9783874
34	776986	9780688	70	768346	9779821
35	776744	9780637	71	768091	9779798
36	776740	9780424	72	768080	9779568

SE AUTORIZA EL ESTUDIO DE MUESTRAS BIOLÓGICAS CON EL PROPÓSITO DE:
Determinar carbono orgánico en el suelo de páramo andino en el sector Guarguallá – Ichubamba.

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

Materiales y equipos	
GPS	Fundas ziploc
Barreno	Excavadora manual
Machete	Estufa
Mufla	Cilindro
Desecador	Balanza analítica
Phmetro	Conductímetro

OBLIGACIONES Y CONDICIONES PARA LA VIGENCIA DE ESTA AUTORIZACIÓN:

1. LAS MUESTRAS PRODUCTO DE ESTA INVESTIGACIÓN DEBERAN SER CATALOGADAS POR INDIVIDUO O LOTES.
2. ESTA AUTORIZACIÓN FACULTA LA COLECCIÓN/ MANIPULACIÓN DE ESPECIMENES VIVOS, MISMO QUE NO PODRÁN SER UTILIZADOS COMO MATERIAL PARENTAL PARA MANEJO COMERCIAL.
3. ESTA AUTORIZACIÓN ES EMITIDA BAJO LOS TÉRMINOS EXPRESADOS EN LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, EN TAL SENTIDO HABILITA EL MANEJO DE FLORA Y SUELO QUE HAYAN ESTADO EXPRESADOS EN LA PROPUESTA TÉCNICA TANTO EN TAXONES COMO EN NUMERO DE INDIVIDUOS.
4. LOS INVESTIGADORES DEBERÁN REALIZAR SUS INTERVENCIONES EN CAMPO BAJO UN MANEJO RESPONSABLE Y ÉTICO CON LOS ESPECÍMENES ASÍ COMO CON LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN.
5. PARA EL INGRESO A AREAS DE PROPIEDAD PRIVADA LOS INVESTIGADORES DEBERAN CONTAR CON LA AUTORIZACIÓN DEL RESPECTIVO PROPIETARIO.
6. NO SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE ARMAS DE FUEGO, EXPLOSIVOS O SUBSTANCIAS VENENOSAS COMO METODOLOGIA DE ESTA INVESTIGACION.
7. ESTA AUTORIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA PODRÁ SER RENOVADA ANUALMENTE PREVIO AL CUMPLIMIENTO DE LAS OBLIGACIONES CONTRAIDAS POR EL INVESTIGADOR, ENTREGA Y APROBACIÓN DE INFORMES PARCIALES O FINALES EN LAS FECHAS INDICADAS.