UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO DEL PÁRAMO, PARROQUIA SIMÓN BOLÍVAR, CANTÓN SAN PEDRO DE PELILEO

AUTOR(ES):

Delber Isaias Tapuy Shiguango

Erika Andrea Merchán Sagbay

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Bravo Sánchez Luis Ramón

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	**Cuantificación del carbono almacenado en el suelo del páramo, parroquia Simón Bolívar, cantón San Pedro de Pelileo** Sí cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Sí cumple Resumen claro y conciso Abarca tipo de investigación, objetivos, metodología adecuadamente
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Sí cumple Articula correctamente las ideas Cumple con lo que indica la guía metodológica
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Si cumple Acorde a lo que se requiere en la investigación con sus respectivas citas bibliográficas
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Sí cumple Realiza y acoge recomendaciones en figuras

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Los resultados son claros y tributan a lo que se planteó en los objetivos alcanzar Muy bien lograda la tabulación en interpretación de los resultados alcanzados
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple
VALORACIÓN TOTAL	100	Muy buen trabajo felicitaciones a los autores y tutor

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
MARIA DEL CARMEN CASTELO NAVEDA

María del Carmen Castelo N
docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 7 días del mes de agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple con los criterios
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple con los criterios
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Cumple con los criterios
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumple con los criterios
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Cumple con los criterios

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	24/25	La cantidad de puntos de recolección (28) no coincide con la cantidad de muestras (3) mostradas en la 3.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Cumple con los criterios
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple con los criterios
VALORACIÓN TOTAL	99/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	99

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ESTELA GUARDADO

Estela Guardado Yordi
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 05 días del mes de agosto de 2022.

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 3 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a la estudiante: Delber Isaias Tapuy Shiguango, con C.I. 1500904345, con el Tema: "Cuantificación del carbono almacenado en el suelo del páramo, parroquia Simón Bolívar, cantón San Pedro de Pelileo.", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular: Luis Ramón Bravo Sánchez, ha sido revisado mediante el sistemaantiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 3 deagosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines

pertinentesAtentamente,

Firmado electrónicamente por:
LUIS
RAMON
BRAVO

Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez

C.I. 1757041452

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal

Document Information

Analyzed document	Cuantificación del carbono almacenado en el suelo del páramo, parroquia Simón Bol◆ ◆var 3-08.docx (D142634994)
Submitted	8/3/2022 5:50:00 PM
Submitted by	
Submitter email	lbravo@uea.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	lbravo.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W

URL: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13956/1/156T0010.pdf
Fetched: 12/3/2020 6:27:34 AM
4

SA

DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO ANDINO DE ICHUBAMBA Y GUARGUALLA, PA RROQUIA CEBADAS.docx
Document DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO ANDINO DE ICHUBAMBA Y GUARGUALLA, PA RROQUIA CEBADAS.docx (D63202567)
2

W

URL: https://www.redalyc.org/journal/2654/265452747016/html/
Fetched: 7/22/2021 6:27:27 AM
2

SA

TOAQUIZA LLUILEMA JUAN BENJAMÍN.pdf
Document TOAQUIZA LLUILEMA JUAN BENJAMÍN.pdf (D101388153)
1

SA

"EVALUACIÓN VERTICAL DE LOS CATIONES K LUIS PATIÑO- GILSON CASCO.docx
Document "EVALUACIÓN VERTICAL DE LOS CATIONES K LUIS PATIÑO- GILSON CASCO.docx (D118053493)
1

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / uic-asignación-de-revisión-506-Texto+del+artículo-4545.doc
Document uic-asignación-de-revisión-506-Texto+del+artículo-4545.doc (D142500188)
Submitted by: jromero@uea.edu.ec

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 3 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente a la estudiante: Erika Andrea Merchan Sagbay, con C.I. 0105399091, con el Tema: "Cuantificación del carbono almacenado en el suelo del páramo, parroquia Simón Bolívar, cantón San Pedro de Pelileo.", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente-director del Trabajo de Integración Curricular: Luis Ramón Bravo Sánchez, ha sido revisado mediante el sistemaantiplagio URKUND, reportando una similitud del 4%, Informe generado con fecha 3 deagosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines

pertinentesAtentamente,

Firmado electrónicamente por:
LUIS
RAMON
BRAVO

Dr. Luis Ramón Bravo Sánchez

C.I. 1757041452

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal

Document Information

Analyzed document	Cuantificación del carbono almacenado en el suelo del páramo, parroquia Simón Bol◆ ◆var 3-08.docx (D142634994)
Submitted	8/3/2022 5:50:00 PM
Submitted by	
Submitter email	lbravo@uea.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	lbravo.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W

URL: http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13956/1/156T0010.pdf
Fetched: 12/3/2020 6:27:34 AM
4

SA

DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO ANDINO DE ICHUBAMBA Y GUARGUALLA, PA RROQUIA CEBADAS.docx
Document DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO ANDINO DE ICHUBAMBA Y GUARGUALLA, PA RROQUIA CEBADAS.docx (D63202567)
2

W

URL: https://www.redalyc.org/journal/2654/265452747016/html/
Fetched: 7/22/2021 6:27:27 AM
2

SA

TOAQUIZA LLUILEMA JUAN BENJAMÍN.pdf
Document TOAQUIZA LLUILEMA JUAN BENJAMÍN.pdf (D101388153)
1

SA

"EVALUACIÓN VERTICAL DE LOS CATIONES K LUIS PATIÑO- GILSON CASCO.docx
Document "EVALUACIÓN VERTICAL DE LOS CATIONES K LUIS PATIÑO- GILSON CASCO.docx (D118053493)
1

SA

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / uic-asignación-de-revisión-506-Texto+del+artículo-4545.doc
Document uic-asignación-de-revisión-506-Texto+del+artículo-4545.doc (D142500188)
Submitted by: jromero@uea.edu.ec

Cuantificación del carbono almacenado en el suelo del páramo, parroquia Simón Bolívar, cantón San Pedro de Pelileo

Tapuy Shiguango Delber Isaias[1]
amb2015626@uea.edu.ec

Merchan Sagbay Erika Andrea[1]
amb2017084@uea.edu.ec

Dr. Bravo Sánchez Luis Ramón[1]
lbravo@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la vida, Carrera de Ingeniería Ambiental[1]

Resumen

La cuantificación de los contenidos de carbono almacenado en los ecosistemas de páramos es un tema de gran interés científico, debido a que estos ecosistemas actúan como fuentes de dióxido de carbono a la atmósfera. El objetivo de esta investigación fue estimar el contenido de carbono almacenado en el suelo del páramo de la parroquia Simón Bolívar del cantón San Pedro de Pelileo, a través de una metodología basada en muestreos in situ y una posterior cuantificación de la materia orgánica contenida en el suelo mediante incineración de muestras secas y uniformes en los laboratorios del CEIPA de la Universidad Estatal Amazónica. El contenido de carbono orgánico almacenado, estimado a partir del análisis de las muestras de suelo, permitieron evidenciar un buen estado de retención o secuestro de carbono pues se encuentran en valores alrededor de las 300 toneladas por hectárea, lo cual concuerda con lo reportado en la literatura para suelos de tipo histosol.

***Palabras Clave**:* páramo, secuestro de carbono terrestres, análisis de suelo, materia orgánica.

Abstract

The quantification of the carbon sock in moorland ecosystems is a topic of great scientific interest, because these ecosystems act as sources of carbon dioxide into the atmosphere. The objective of this research was to estimate the carbon content stored in the soil of the moorland of the Simón Bolívar parish of the San Pedro de Pelileo cantón, through a methodology based on in situ sampling and a subsequent quantification of the

organic matter contained in the soil by incineration of dry and uniform samples in the CEIPA laboratories of the Amazon State University. The content of stored organic carbon, estimated from the analysis of the soil samples, made it possible to demonstrate a good state of retention or sequestration of carbon, since they are found in values around 300 tons per hectare, which agrees with what was reported in the literature for histosol-type soils.

***Keywords**:* moorland, terrestrial carbon sequestration, soil analysis, organic matter

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es uno de los países donde se alberga la mayor parte de la diversidad de la Tierra, siendo un país megadiverso por su riqueza faunística y florística; dentro de los ecosistemas que se encuentran en el país los páramos tienen una extensión de 1, 250.00 ha, lo cual representa cerca del 6 % del territorio. Los páramos son ambientes de alta montaña que proveen varios servicios ecosistémicos como: la conservación de la biodiversidad, la provisión de agua y el almacenamiento de carbono atmosférico, tanto en la vegetación como en el suelo, lo cual ayuda a controlar las emisiones de efecto invernadero mediante la captación del dióxido de carbono (CO_2) (Pinos, Morales & Durán, 2021).

La cuantificación de los contenidos y flujos de carbono en los ecosistemas de páramos, actualmente es de gran interés científico, debido a que estos ecosistemas actúan como verdaderos sumideros o fuentes de CO_2 a la atmósfera (Yepes, Zapata, Bolívar, Monsalve, Espinosa, Sierra-Correa, & Sierra, 2015). Estos ecosistemas son característicos por su suelo de color negro, debido al clima frío, a la elevada humedad relativa, y a que están formados de cenizas volcánicas, por lo tanto, la descomposición de la materia orgánica es lenta, y por esta razón existe una gran cantidad de carbono almacenado en el suelo y en forma de hojarasca (Ayala, Villa, Aguirre & Aguirre-Mendoza, 2014).

Las principales actividades de las comunidades en los ecosistemas páramos son la ganadería tanto de ovinos y bovinos como de equinos, la agricultura como fuente de ampliación de la frontera agrícola, para luego instaurar pastos, extracción de abono de borrego, extracción de leña, hierbas, plantas medicinales y extracción de madera; estas actividades han causado un deterioro a gran escala (Gobierno Provincial de Tungurahua, 2015).

La crisis climática que atraviesa el planeta demuestra las consecuencias de las

incontrolables actividades antropogénicas que se realizan en nombre del desarrollo, siendo los ecosistemas los que paguen las consecuencias, como sucede con los páramos. En estos vitales ecosistemas es en donde mayormente se puede evidenciar la intervención de la población y el progreso de dichas comunidades, lo que trae como consecuencia el deterioro de los mismos, provocando un desequilibrio en servicios ecosistémicos tan importantes como el almacenamiento de carbono que se ve afectado debido al mal uso de los suelos. El peligro de que las grandes cantidades de carbono almacenado en el suelo se liberen a la atmósfera desencadenaría una problemática ambiental que es cada vez más probable (Chuncho & Chuncho, 2019).

Con el presente trabajo se pretende tener una visión mucho más actual sobre la importancia de los páramos en la zona de estudio: la parroquia Simón Bolívar perteneciente al cantón San Pedro de Pelileo, a través del análisis y cuantificación del carbono presente en su suelo, lo mismo que dará una visión de los aspectos positivos y negativos en cuanto al estado del ecosistema (Ayala et al., 2014). El objetivo de esta investigación es estimar el contenido de carbono almacenado sobre la base de la determinación de la materia orgánica en el suelo del páramo.

Como se menciona por (Castañeda & Montes, 2017), la cuantificación de carbono es vital para un buen manejo de los páramos, pues se puede analizar de forma más específica la cantidad de carbono fijado en el suelo, y así ayudar a determinar las causas y consecuencias que se pudieran dar a lo largo del tiempo, buscando soluciones para evitar que se destruyan los páramos, uno de los ecosistemas más importantes para el Ecuador (Goetz & Dubayah, 2011).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en los páramos de la zona de conservación Quitocucho situada en la parroquia Simón Bolívar, en el cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua a 26 km de distancia de la ciudad de Ambato a una altura promedio de 2900 msnm (Figura 1). Su temperatura media anual es de 9 - 13°C grados Celsius con una precipitación media anual de aproximadamente 500 - 1.600 mm anuales y una humedad relativa del 70 al 85% al año, su piso climático se encuentra en la zona Ecuatorial meso térmico semi húmedo. El área se caracteriza por tener un tipo de suelos de orden histosoles, con alto contenido de materia orgánica (MO), oscuros y húmedos (Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Bolívar 2019).

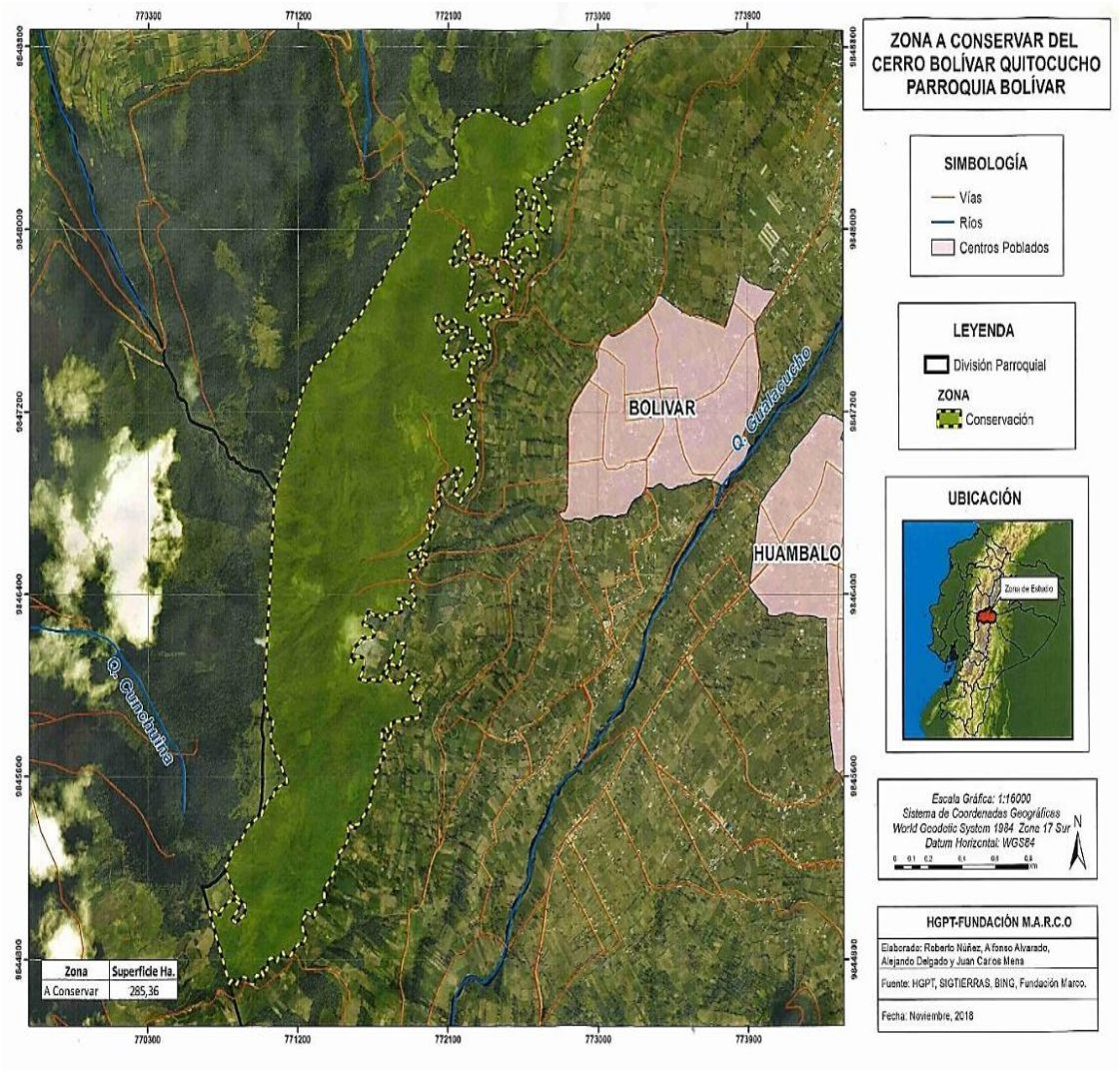

Figura 1. Mapa de la zona de estudio Quitocucho.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

2.2 Tipo de Investigación

La investigación realizada se dividió en dos fases, la primera se realizó "*in situ*" en donde se recorrió la zona de estudio y la segunda fase se llevó a cabo "*ex situ*" ya que las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Estudios Ambientales del CEIPA-UEA para poder analizar la cantidad de carbono presente en las mismas a través de la determinación de la materia orgánica, siendo así una investigación cuantitativa descriptiva.

2.3 Materiales e instrumentos

En la tabla 1 se describen los recursos materiales utilizados a lo largo de la investigación desarrollada.

Tabla 1. Materiales y equipos para el trabajo de campo y laboratorio.

CAMPO	LABORATORIO
Cinta métrica	Mufla
Pala excavadora	Tamiz
Balde	Balanza digital
Fundas ziploc	Desecador
Etiquetas	Crisol
Libreta de campo	
GPS	
Plástico	

Fuente: Elaboración propia, 2022

2.4 Fase 1: Muestreo "*in situ*"

In situ se realizó el muestreo de suelo, en los primeros treinta centímetros de profundidad (Locatelli & Sylvain, 2001). En el área de estudio se realizó un muestreo de recorrido aleatorio simple tomando muestras compuestas para poder obtener resultados más veraces. El espacio de distancia de cada sub muestra que se tomó era de 50 metros, en forma de "zigzag" y se recolectó un total de 24 submuestras para finalmente obtener 3 muestras y 2 réplicas de cada una. Los datos geográficos de las sub muestras se observan en la (Tabla 2).

2.4.1 Procedimiento para el muestreo

La primera fase de la investigación consistió en un tipo de muestreo en donde se procedió a tomar muestras de la matriz de suelo para su posterior análisis en la segunda fase, según se describe en los siguientes puntos.

- Se seleccionó aleatoriamente la parte del suelo de donde extraer cada sub muestra.
- Se limpió la superficie del suelo quitando la cobertura vegetal presente.
- Se realizó una calicata en forma de V con una profundidad de 30 cm**.**
- Se extrajo la muestra del suelo y se retiró cualquier impureza presente.
- De la sub muestra tomada, se colocó únicamente la mitad en el balde.
- Se continuó con el muestreo hasta obtener las 25 sub muestras.
- Una vez mezcladas las 10 primeras sub muestras se procedió a colocar el suelo sobre un plástico, extendiéndolo y dividiéndola en 4 partes.
- Se tomó una muestra inicial y sus dos réplicas de 200 g cada una y se colocaron

en las fundas ziploc.

- Se colocaron las etiquetas con los datos respectivos y se enviaron al laboratorio.

Tabla 2. Datos geográficos de las sub muestras

	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud msnm
P1	770821	9844884	3632
P2	770827	9844986	3660
P3	770863	9845054	3666
P4	770890	9845055	3658
P5	770919	9845133	3651
P6	770898	9845213	3639
P7	770931	9845994	3643
P8	770980	9846995	3668
P1	771006	9845613	3660
P2	771014	9845693	3653
P3	770996	9845827	3655
P4	771010	9845859	3652
P5	77105	9846079	3646
P6	770959	9846220	3611
P7	770952	9846364	3619
P8	770955	9846348	3614
P1	770940	9846511	3676
P2	790907	9846612	3654
P3	770892	9846552	3664
P4	771027	9846738	3625
P5	771061	9846833	3603
P6	771071	9846831	3597
P7	771048	9847016	3595
P8	771036	9847042	3589

Fuente: Elaboración propia, 2022.

2.5 Fase 2: Análisis de las muestras en laboratorio ("*ex situ*").

La segunda parte del proceso consistió en llevar las muestras de suelo al laboratorio, aplicar el método de calcinación en mufla, el cual consistió en exponer la muestra a altas

temperaturas y posteriormente calcular la diferencia entre el peso final e inicial de las muestras y el correspondiente porcentaje de materia orgánica; la temperatura en estos procesos se debe mantener en 600°C (Andrade, 2004).

2.5.1 Procedimiento de análisis

En la fase dos se enviaron las muestras previamente recolectadas en la fase uno al laboratorio para el análisis respectivo mediante método más idóneo y sencillo para la obtención de los datos necesarios, según los siguientes pasos.

- Se realizó una limpieza a las muestras para retirar cualquier impureza.
- Se secaron las muestras de suelo a 40ºC por 72 horas.
- Se redujo el tamaño de partícula en un mortero con su pistilo.
- Se tamizaron las muestras por un tamiz de 2 mm para lograr una uniformidad.
- Se pesó 5 g de suelo inicialmente en cajas Petri y se secó a 105ºC durante 2 horas en estufa.
- Se determinó el peso seco (peso inicial) en una balanza analítica con precisión de 0.1 mg de la muestra seca en crisoles de porcelana previamente secados y tarados.
- Se calcinaron las muestras a 600ºC por 5 horas.
- Se retiraron las muestras de la mufla y se dejó enfriar en desecador hasta que alcanzó la temperatura ambiente.
- Se registró el peso final.
- Los cálculos de porcentaje de materia orgánica se realizaron mediante la siguiente expresión matemática:

$$\boldsymbol{MO}\ (\%) = \frac{(\boldsymbol{peso\ inicial - peso\ final})\ \boldsymbol{x}\ \mathbf{100\%}}{\boldsymbol{peso\ inicial}}$$

- A parir del porcentaje calculado se estimó el contenido de carbono orgánico en el suelo del páramo en toneladas por hectárea (t/ha).

A continuación, se resume el procedimiento de laboratorio a través de un diagrama de flujo (Figura 2).

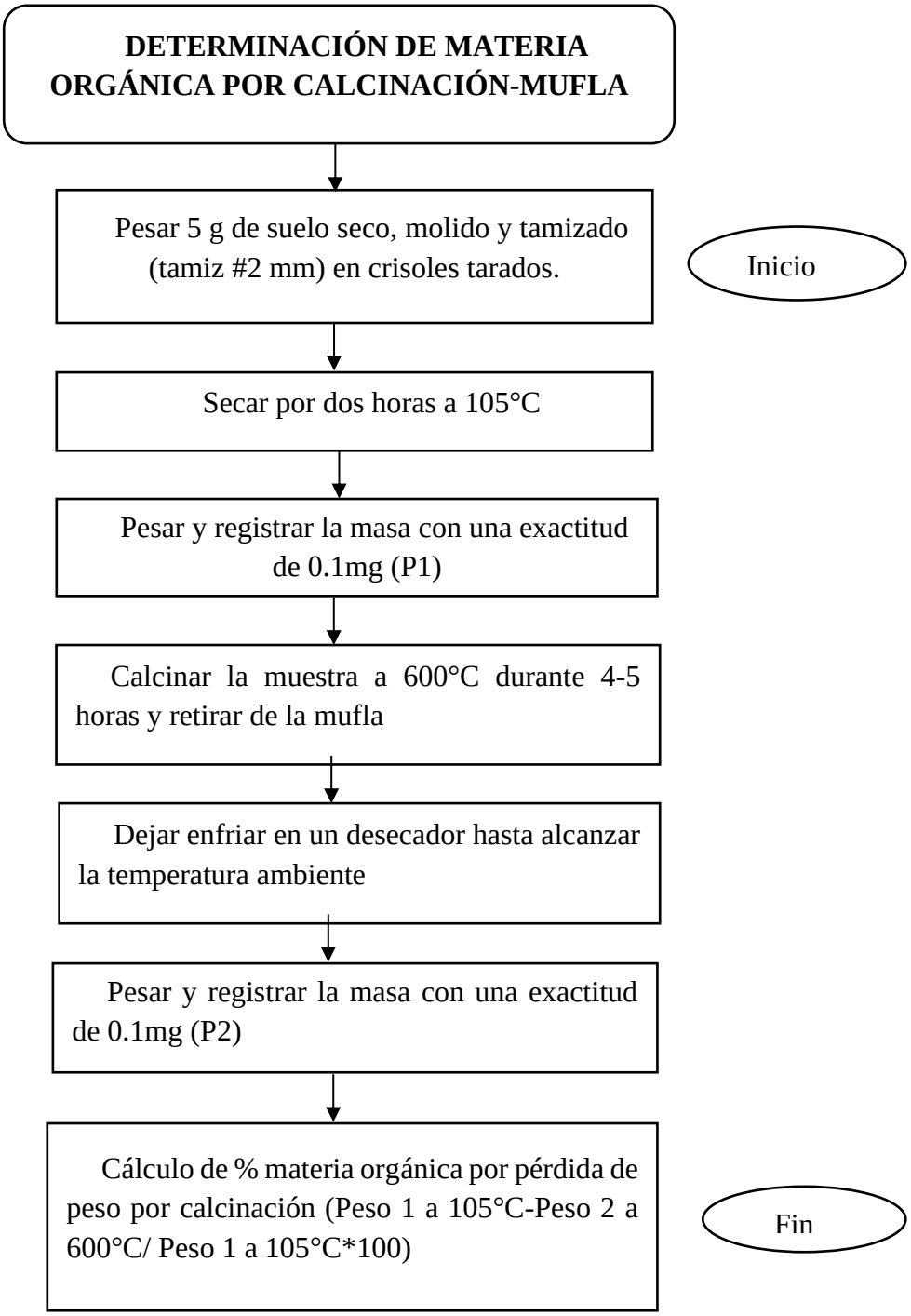

Figura 2. Diagrama de flujo del análisis del laboratorio.

Fuente: Recommended Soil Testing Procedures for the Northeastern United States Last Revised, (10/2009).

Para estimar el contenido de carbono orgánico en el suelo (COS), en toneladas de carbono por hectárea, se tuvo en cuenta el contenido de materia orgánica determinado experimentalmente (kg de M.O./100kg de suelo), la densidad real de un histosol (0,11 g/cm^3) (Llambí et al., 2012) y la profundidad de la muestra tomada: 30 centímetros. El

cálculo se realizó teniendo en cuenta el procedimiento descrito, el cual, para que pueda ser reproducido por otros investigadores, se puede resumir a través de la siguiente expresión matemática:

$$\mathbf{COS = MO * Prof. * \rho * 100}$$

Donde:

MO= porcentaje de materia orgánica calculado

Prof.= profundidad de muestreo (m)

ρ= densidad según el tipo de suelo (kg/m^3)

100= factor matemático de corrección que incluye las transformaciones de unidades respectivas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez procesadas y analizadas las muestras se obtuvieron los resultados que se observan en la tabla 3. Además del porcentaje de materia orgánica, se expresaron los resultados de COS en toneladas por hectárea, y de esta forma poder establecer comparaciones con los datos bibliográficos.

Tabla 3. Contenido de carbono en el suelo del páramo

N. º	Muestras	MO (%) Kg MO/100kg	COS t/ha	Media	s	CV (%)
	Muestra 1					
1	Réplica 1	91,48	301,9			
2	Réplica 2	91,34	301,4	301,37	0,55076	0,1828
3	Réplica 3	91,16	300,8			
	Muestra 2					
4	Réplica 1	90,38	298,3			
5	Réplica 2	90,17	297,6	297,73	0,51316	0,1724
6	Réplica 3	90,10	297,3			
	Muestra 3					
7	Réplica 1	88,67	292,6			
8	Réplica 2	88,52	292,1	292,23	0,32146	0,1100
9	Réplica 3	88,47	292,0			

Fuente: Elaboración propia,2022.

Los resultados concuerdan con lo expresado por Castañeda & Montes (2017), de que, en el ecosistema de páramo, entre 0 y 40 cm de profundidad, el carbono almacenado en el suelo puede variar entre 119 y 397 t/ha, bajo vegetación natural, lo cual puede indicar un adecuado estado de conservación del área de estudio. Los resultados estadísticos permiten observar que la variabilidad entre las réplicas correspondientes a una misma muestra fue muy pequeña, inferior al 1% en términos de coeficiente de variación (CV), lo cual indica una precisión adecuada en los análisis realizados. La variabilidad entre las muestras no resultó significativa, ya que el coeficiente de variación calculado para los tres valores medios fue de 1,55%, lo que indica uniformidad en cuanto a COS en el área de estudio. Algunos investigadores plantean que las condiciones edáficas constituyen un elemento fundamental en las potencialidades del suelo para la captura de carbono y de hecho existen reportes que vinculan los órdenes del suelo con su potencialidad de almacenamiento de carbono orgánico. Los histosoles, como es el caso de esta investigación se encuentran entre los que más acumulan carbono, presentando las mayores relaciones COS/superficie (Llambí et al., 2012).

4. DISCUSIÓN

En el Ecuador se han ido implementando estrategias que promueven acciones de mitigación del cambio climático como son los programas socio bosques que son mecanismos de incentivo económico y el Programa REDD+ que reducen las causas de la deforestación y promueven la conservación, el manejo forestal sostenible y la recuperación de los bosques y sus reservas de carbono (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica Redd+, 2022). Esto apunta hacia la convergencia con la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible como lo detalla el objetivo 13: acción por el clima, sobre la adopción de medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales con alcances de solución tanto en la actividad económica más sostenible y más respetuosa con el medio ambiente y como lo especifica el objetivo 15: vida de ecosistemas terrestres (Objetivos De Desarrollo Sostenible, 2016). En este caso se tomarán en cuenta los ecosistemas páramos para incluirlos como zonas de conservación por sus servicios ambientales que es un cambio de paradigma que considera el valor de los ecosistemas y su mantenimiento (Pagiola, y Platais 2002).

Estudios recientes sobre la dinámica del carbono forman parte de algunas de las actividades de propuesta para la implementación del plan de acción REDD+ que se viene ejecutando en el país y considerando que uno de los principales objetivos es aumentar la

cantidad de almacenamiento del carbono tanto en la vegetación como en el suelo (MAE Redd+, 2022). No obstante, existen muchas limitaciones que imposibilitan desarrollar y poner en práctica estas estrategias y una de las principales causas es la falta de recursos económicos destinados a proyectos de investigación como en este caso la cuantificación de carbono en el suelo del páramo Quitocucho, por lo que es necesario que existan alianzas entre organizaciones tanto públicas como privadas así como las universidades que planteen y generen información y que permitan asegurar estas iniciativas de conservación de los ecosistemas páramos del Ecuador. Además, es importante tomar en cuenta que en muchos páramos se encuentran propiedades privadas, por lo que estas estrategias de conservación deben ser trabajadas conjuntamente con las comunidades que habitan en estos ecosistemas. En la cuantificación del carbono del páramo de la parroquia simón Bolívar los resultados obtenidos de carbono orgánico son de alrededor de 300 (t/ha), la cual representa una concentración alta de carbono; esto se relaciona con los factores edafoclimáticos como la altitud, en este caso las muestras recolectadas fueron a una altura aproximada de 3600 msnm, las bajas temperaturas, la alta humedad y la baja presión atmosférica favorecen la acumulación de materia orgánica en el suelo en este caso el páramo Quitocucho es una fuente natural con gran capacidad de almacenamiento de carbono orgánico (Minaya et al., 2016).

Por otro lado, los suelos de Tipo histosol son de características volcánicas la mayor parte del carbono se encuentra en las primeras capas de materia orgánica ya que se encuentran constituidas de porciones de origen de materia vegetal y animal que son degradados mediante macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. Finalmente, es importante recalcar que mientras aumenta la profundidad y la actividad de los organismos es menor, el suelo se compacta más y la densidad aparente aumenta (Romoleroux Cajas, 2019); al llegar a las capas más profundas la estabilización es mayor, lo que reduce su tasa de descomposición y de mineralización (Lorenz et al. 2011).

5. CONCLUSIONES

El contenido de carbono orgánico almacenado estimado a partir del análisis de las muestras de suelo del páramo de la parroquia Simón Bolívar del cantón San Pedro de Pelileo permiten evidenciar un buen estado de salud de dicho ecosistema pues se encuentran en valores alrededor de las 300 toneladas por hectárea, lo cual concuerda con lo reportado en la literatura para suelos de tipo histosol.

6. REFERENCIAS

Andrade, R. (2004). Determinación del contenido de materia orgánica. ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITOCARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO. https://es.scribd.com/document/351364656/Determinacion-de-materia-organica-metodo-por-calcinacion-docx

Ayala, L., Villa, M., Aguirre Mendoza, Z., & Aguirre-Mendoza, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, *4*(1), 45-52. https://doi.org/https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz

Castañeda Martín, A. E., & Montes Pulido, C. R. (2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Ciencias agrícolas 731*, *13*(1), 210-221. https://doi.org/http://orcid.org/0000-0003-1560-3464

Chuncho, C., & Chuncho, G. (2019). Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión. *Bosques Latitud Cero*, *9*(2), 71-73.

Crissman, C. (2003). La agricultura en los páramos: Estrategias para el uso. *CONDESAN*.

Estupiñán, L. H. (2001). Los páramos ecosistemas para conservar. *UDCA*, 1-6.

GADM, P. (2020). Adecuación del plan de desarrollo y ordenamiento territorial parra el cantón San Pedro de Pelileo. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón San Pedro de Pelileo, Pelileo. https://es.scribd.com/document/527201212/PDOT-2020-05-2020-Adecuacion1

Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Bolívar. (2019). Plan de ordenamiento territorial del GADT Bolívar.

Gobierno Provincial de Tungurahua. (2015). Estudio del estado actual del ecosistema páramo. Geoinformática y Sistemas Cía. Ltda.

Hayes, M., & Malcolm, R. (2001). Considerations of Compositions and of Aspects of the Structures of Humic Substances. *Soil Science*. https://doi.org/https://doi.org/10.2136/2001.humicsubstances.c2

Kane, D. (2015). Carbon Sequestration Potential on Agriculture Land; A Review of Current Science and Avaliable Practices. *National sostenible agriculture Collection Breakthrough strategies and Solutions, LLC*, 1-35. https://doi.org/https://sustainableagriculture.net/wp-content/uploads/2015/12/Soil_C_review_Kane_Dec_4-final-v4.pdf

Keiluweit, M., Bougoure, J., Nico, P., Pett-Ridge, J., Weber, P., & Klever, M. (2015). Mineral protection of soil carbon counteracted by root exudates. *Nature Climate Change*, *5*, 588-595. https://doi.org/https://doi.org/10.1038/nclimate2580

Llambí, L. D., Soto-W, A., Cérelli, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). Ecología, hidrología y suelo de páramos. *Páramos andinos*, 1-92. https://doi.org/www.flacsoandes.edu.ec

Locatelli, B., & Sylvain, L. (2001). Un método para medir el carbono almacenado en los bosques de Malleco. *267*(1), 74-76. file:///C:/Users/Erika-PC/Downloads/UN%20M%C3%89TODO%20PARA%20MEDIR%20CARBONO%20ALMACENADO%20EN%20BOSQUES.pdf

Ltda, G. y. (2015). Estudio del estado actual del ecosistema páramo. *Cooperación Alemana para el Desarrollo*, 2-239.

Lützow, M. v., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, E., Marschner, B., & Flessa f, H. (2006). Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions – a review. *European Journal of soils Science, 57*(4), 426-445. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.2006.00809.x

Meléndez, G., & Soto, G. (2003). Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. *UNIVERSIDAD DE COSTARICA*, 1-155.

Minaya, V., Corzo, G., Romero-Saltos, H., van der Kwast, J., Lantinga, E., Galárraga-Sánchez, R., & Mynett, A. (2016). Altitudinal analysis of carbon stocks in the Antisana páramo, Ecuadorian Andes. *Journal of Plant Ecology, 9*(5), 553-563. https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jpe/rtv073

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica Redd+. (2022). Reddecuador. Recuperado 2 de julio de 2022, de http://reddecuador.ambiente.gob.ec/redd/?page_id=378

Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2016). Naciones Unidas CEPAL. Recuperado 2022, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311197/agenda-2030-y-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible.pdf

Patricio Mena Vásconez, G. M. (2001). Los páramos del Ecuador. https://www.portalces.org/sites/default/files/references/044_Mena%20et%20al.%20(Eds.).%20%202001.Paramos%20Ecuador%20PORTADA%2B_%2BHOJA%2BTECNICA%2BY%2BPRESENTACION.pdf

Pinos Morocho, D., Morales Matute, O., & Durán López, M. E. (2021). Suelos de páramo: Análisis de percepciones de los servicios ecosistémicos y valoración económica del contenido de carbono en la sierra sureste del Ecuador. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci), 55*(2), 157-179. https://doi.org/https://doi.org/10.15359/rca.55-2.8

Podwojewski, P., & Poulenard, J. (2000). Los suelos de los páramos del Ecuador. *ORSTOM*, 2-25. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/282170002

Romoleroux Cajas, C. C. (2019). Cuantificación de carbono en el suelo del Bosque Siempreverde y el Herbazal del Páramo del Área de Conservación Hídrica Paluguillo (Pifo, Pichincha). En UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS (Vol. 1, pp. 1-44). Recuperado 2022, de http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19895/1/T-UCE-0016-CBI-027.pdf

Schulte, E., & Hoskins, B. (2011). *Recommended Soil Organic Matter Tests*. Publicación Regional del Noreste No. 493. https://doi.org/https://www.udel.edu/academics/colleges/canr/cooperative-extension/fact-sheets/soil-testing-procedures-northeastern-US/

Shovik, D., Bhanu Singh, B., Biswapati, M., Amitava, R., & Harikesh Bahadur, S. (2015). Soil organic carbon: Towards better soil health, productivity and climate change mitigation. *Climate Change and Environmental Sustainability, 3*(1), 26. https://doi.org/Soil organic carbon: Towards better soil health, productivity and

climate change mitigation

Smit, B., & Skinner, M. W. (2002). Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 7*(1), 85-104. https://doi.org/10.1023/A:1015862228270

Thevenot, M., Dignac, M.-F., & Rumpel, C. (2010). Fate of lignins in soils: A review. *Soil Biology & Biochemistry, 42*, 1200-1211. https://doi.org/https://www.academia.edu/13690567/Fate_of_lignins_in_soils_A_review

Tipos de páramo en el Ecuador. (03 de 06 de 2015). http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/congresoparamo/labiodiversidad.pdf

Tisdall, J. M., & Oades, J. M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science, 33*(2), 141-163. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x

van der Hammen, T., & Hooghiemstra, H. (2000). Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. *Quaternary Science Reviews, 19*(0), 725-742. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00024-4

Vásconez, P. M. (2006). *Los páramos ecuatorianos.* Quito.

Yepes, A., Zapata, M., Bolívar, J., Monsalve, A., Espinosa, S. M., Sierra Correa, P. C., & Sierra, A. (2015). Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano. *Biología tropical*, 1-14. https://doi.org/chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.invemar.org.co/documents/10182/14479/Ecuaciones+manglar+GEF-SAMP.pdf

ANEXO

MARCO TEÓRICO

ANTECEDENTES

Los páramos son un ambiente único debido a la vegetación, condiciones climáticas, suelos y elevaciones que los caracterizan (van der Hammen & Hooghiemstra, 2000). Asimismo, se consideran herramientas estratégicas para la prestación de servicios ambientales, entre los que destacan la regulación hidrológica, la biodiversidad única, el carbono almacenado presente en la fracción orgánica del suelo y la biomasa epigea sino también en las fracciones de materia orgánica del suelo (Castañeda Martín & Montes Pulido, 2017). Las diferentes actividades desarrolladas por las comunidades como la ganadería tanto de ovinos, bovinos y equinos, la agricultura como fuente de ampliación de la frontera agrícola, para luego instaurar pastos, extracción de leña, hierbas, plantas medicinales y extracción de madera, han causado un deterioro a gran escala de los ecosistemas páramos por lo tanto la eliminación de la vegetación nativa reduce la entrada de materia orgánica en suelos y disminuye el contenido de carbono que almacena el páramo (Ltda, 2015). Según menciona (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017). "El suelo se ha convertido en uno de los recursos más vulnerables del mundo frente al cambio climático, la degradación de la tierra y la pérdida de biodiversidad". El suelo es un importante sumidero de carbono, conteniendo más carbono que en la atmósfera y la vegetación terrestre en conjunto. El contenido de materia orgánica (MO) del suelo proporciona datos muy importantes para el estudio de la dinámica del carbono (C), que de esta forma permite evaluar los impactos y cambios a los que se someten los suelos debido a los diferentes usos. El carbono orgánico total (COT) es el elemento producido por la mayor cantidad de materia orgánica del suelo, de tal manera es importante y necesario tener métodos precisos y rápidos para la cuantificación del COT (Shovik et al., 2015).

La cuantificación y monitoreo de los ecosistemas de alta montaña se ha tomado interés por parte de investigadores como resultado del cambio climático esta cuantificación dispondrá de datos exactos y se tendrá como referencia para el adecuado manejo y conservación de los páramos, las negociaciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la deforestación y degradación vegetal (Castañeda Martín & Montes Pulido, 2017).

Se utilizó el método de calcinación o pérdida de porcentaje de materia orgánica por ignición por sus siglas en inglés Loss of weigth On Ignito (LOI), cuantifica el contenido de MOS, a partir de diferencias gravimétricas a temperaturas de 105^0 C y 600^0 C (Schulte & Hoskins, 2011). Las bajas temperaturas, la humedad y la baja presión atmosférica favorecen la acumulación de materia orgánica en el suelo, con respecto a las unidades geológicas y pisos altitudinales se ha encontrado poca información de cómo se almacena el carbono orgánico de acuerdo a estas variables (Minaya et al., 2016). Por lo general, los estudios de carbono en suelo de páramo son pocos, a pesar que es muy importante en la dinámica del carbono de la tierra. Es importante usar varias mediciones de carbono en profundidad, similares a las que se usan para estimar el carbono en turberas y áreas deforestadas para ver qué posibilidades existe en este ecosistema de la reducción de gases de efecto invernadero (Castañeda Martín & Montes Pulido, 2017; Castañeda Martín & Montes Pulido, 2017). Las actividades antropogénicas como; la expansión de la frontera agrícola, la ganadería, incendios, cambio de uso de suelo y la tala de bosques han hecho que los ecosistemas páramos sufran alteraciones ambientales, mediante la emisión de dióxido de carbono (CO_2) contribuyendo a la contaminación de la atmósfera. La cuantificación y el monitoreo del carbono almacenado en el suelo que es necesario para determinar la cantidad fijada que contiene el páramo de la parroquia Simón Bolívar en la provincia de Tungurahua. Esta cuantificación servirá como indicadores tempranos de emisión y contaminación de (CO_2) a la atmósfera, ayudará a mitigar el cambio climático y tomar medidas de conservación y el manejo adecuado de los páramos ya que son grandes sumideros de carbono.

Páramo

Los páramos son uno de los ecosistemas de alta montaña más grandes del planeta empiezan donde termina el dominio de los bosques (Estupiñán, 2001). La vegetación dominante en estos ecosistemas son los pajonales, la chuquiragua, arbustales y pequeños bosques densos (Vásconez, 2006). Caracterizados por tener un clima frío y ser muy frágiles al cambio del uso de la tierra. Los páramos del Ecuador se encuentran a una altura promedio de 3300 m s n m, abarcando el 6 % del territorio con una extensión total de 1.250.000 ha (Patricio Mena Vásconez, 2001). Los servicios ecosistémicos que proveen son los recursos hídricos y son grandes sumideros de carbono principalmente. Los páramos debido al cambio de uso de suelo, incendios, la minería, introducción de

especies de plantas y el cambio climático están siendo afectadas de manera significativa y por ende al deterioro de estos lugares (Chuncho & Chuncho, 2019).

Tipos de páramo del Ecuador

En nuestro país Ecuador existen 10 tipos de páramos como; Páramo arbustivo de los Andes del sur, Páramo de frailejones, Páramo de pajonal, Páramo herbáceo de almohadillas; paramo herbáceo de pajonal y almohadillas, Paramo pantanoso, Paramo seco, Paramo sobre arenales, superpáramos y superpáramos azonal (Tipos de páramo en el Ecuador, 2015)**.**

Importancia de los páramos

Los servicios ecosistémicos que brindan los páramos son importantes principalmente porque son proveedores de fuentes hídricas, son sumideros naturales de carbono orgánico del suelo, encargados de la regulación del clima, belleza paisajística, la producción agrícola y poseer flora y fauna endémica (Estupiñán, 2001). Aproximadamente el 95 % del agua que utiliza la ciudad de Quito proviene de los ecosistemas páramos, sabemos que los páramos, humedales y los bosques andinos son las que se encargan de proveer el agua a la región, la dinámica de las cuencas hídricas es conocida y por ello es difícil llevar a cabo una adecuada gestión integral del agua y dar el aprovechamiento sostenible de estas fuentes hidrológicas (Crissman, 2003).

Tipo suelo en el Páramo

El suelo del páramo es histosol tipo 3, el color general del horizonte superior es negro debido a la alta tasa de materia orgánica, la estructura es muy estable con microagregación y alta porosidad. Son suelos resistentes a la erosión, con una buena tasa de humedad y una gran permeabilidad que permite un buen desarrollo de las raíces (Podwojewski & Poulenard, 2000). son tierras arables, por lo que existe la necesidad de usar prácticas de manejo de suelo y agua. Generalmente se encuentran en pendientes menores al 12 %, son terrenos adecuados para cultivos con limitaciones muy severas, también son muy adecuados para la ganadería y la forestación. (Gobierno autónomo descentralizado de la parroquia Bolívar, 2019).

Materia orgánica.

La (MOS) hace referencia a la acumulación de materiales heterogéneos de origen vegetal o animal parcial o totalmente descompuesto con base de carbono, el proceso de

transformación se da por macro y microorganismos que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía. La descomposición está acompañada de la liberación del dióxido de carbono (CO_2) y residuos orgánicos (Llambí et al., 2012). La descomposición y acumulación (MOS) son de gran importancia en el proceso del ciclo edáfico del carbono, con un aproximado del 0.7% de producción neta anual terrestres secuestradas como humus (Hayes & Malcolm, 2001). Una fracción pequeña de (MOS) está constituida por carbohidratos, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas y grasas y en su mayor parte están formadas por las llamadas sustancias húmicas, que son una serie de compuestos de alto peso molecular (Meléndez & Soto, 2003).

El contenido de materia orgánico en el suelo en los últimos años ha sido objeto de múltiples evaluaciones por ser uno de los más grandes sumideros de carbono, cabe mencionar que el contenido de MOS es un parámetro fundamental a considerar durante prácticas del uso y manejo de suelo, evitando la degradación de la tierra por la deforestación y uso agrícola, la MOS influye tanto en los procesos y funciones suelo (Porta, López & Roquero, 2003).

Siendo a su vez fuente y sumideros de nutrientes para la vegetación y organismos del suelo, además la interrelación positiva entre la agregación del suelo y la MOS se obtiene beneficios positivos como; mejorar la infiltración del agua, aire, la erosionabilidad del suelo y permeabilidad. Mejorando el poder de amortiguamiento cuando se aplique pesticidas a los agroecosistemas (Tisdall & Oades, 1982). En el caso de los ecosistemas páramos debido a los factores climáticos la descomposición de la materia orgánica es muy lenta (Llambí et al., 2012).

Captura de carbono en el suelo

El carbono orgánico del suelo es una parte del ciclo global del carbonó estos se encuentran en la vegetación, el océano, la atmósfera y mayoritariamente en el suelo, se estima que el carbono almacenado en el primer metro del suelo es de $5.1429x10^{\wedge 16}$ toneladas por hectárea (t/ha), en la atmósfera aproximadamente $2.1429x10^{\wedge 16}$ (t/ha) y en la vegetación terrestre $1.7143x10^{\wedge 16}$ (t/ha), la cual se sabe que este carbono está circulando constantemente entre las diversas reservas mundiales de carbono como son los ecosistemas páramos. Siendo el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4) los principales gases atmosféricos con relación al carbono, siendo los organismos autótrofos como las plantas y microbios foto y quimio-autótrofos quienes sintetizan el dióxido de carbono atmosférico en materia orgánica (Kane, 2015).

La materia orgánica muerta en forma de residuos vegetales y exudados son incorporados al suelo a través de la transformación del material orgánico por microorganismos heterótrofos. Este proceso de transformación de materiales orgánicos da como resultado una mezcla descomposición biogeoquímicas de vegetales y exudados (Lützow et al., 2006). Asociadas a minerales del suelo dándose así la persistencia del carbono en el suelo durante décadas, ciclos e incluso milenios (Smit & Skinner, 2002) Cuando la materia orgánica es descompuesta o mineralizada por microorganismos se emite dióxido de carbono a la atmósfera (Keiluweit et al., 2015).

El carbono del suelo también puede ser exportado a los ríos y océanos como parte del material de erosión. La cantidad de carbono almacenado en los suelos dependen del equilibrio entre la cantidad de carbono que es fijado en el suelo y la que sale en forma de gases, procedentes de la mineralización microbiana y la lixiviación del suelo en menor medida, es decir que los niveles de almacenamiento de carbono se controlan gestionando la cantidad y tipo de residuo que entra al suelo y minimizar las pérdidas de carbono (FAO, 2017). Los principales factores que regulan y controlan la descomposición de la materia orgánica del suelo son las condiciones climáticas de los ecosistemas páramos como; la temperatura y el contenido de agua de las mismas, estas influyen de gran manera el almacenamiento del carbono en el suelo por su efecto sobre la actividad microbiana (Thevenot et al., 2010).

Características Climáticas

El lugar de estudio se encuentra en la zona Ecuatorial Meso térmico Semi Húmedo va con una precipitación de 500 - 1.600 mm anuales, la temperatura oscila de 9 y 13 °C, con una humedad relativa del 70 al 85% (PDOT, 2014).