



**unl** | Universidad  
Nacional  
de Loja



## **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES  
RENOVABLES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL  
MEDIO AMBIENTE**

### **“EFECTO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA PÁRAMO EN EL CONTENIDO DE CARBONO TOTAL EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR”**

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE: INGENIERO EN MANEJO Y  
CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

**AUTOR:**

**Jhony Fernando Martínez Luzuriaga**

**DIRECTOR:**

**Ing. Pablo Alvarez Figueroa Mg. Sc.**

**Loja-Ecuador**

**2019**



## **CERTIFICACIÓN:**

En calidad de director de la tesis titulada **"EFECTO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA PÁRAMO EN EL CONTENIDO DE CARBONO TOTAL EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR"**, de autoría de la señor **Jhony Fernando Martínez Luzuriaga** egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, certifico que la investigación desarrollada, se ha cumplido a cabalidad y su tesis ha sido dirigida, revisada y desarrollada dentro del cronograma aprobado, por tal razón autorizo su presentación y aprobación.

Loja, 22 de marzo del 2019

Atentamente,

Ing. Pablo A. Alvarez Figueroa Mg. Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## CERTIFICACIÓN

En calidad de Tribunal Calificador de la tesis titulada “EFECTO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA PÁRAMO EN EL CONTENIDO DE CARBONO TOTAL EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR.”, de la autoría del señor **JHONY FERNANDO MARTÍNEZ LUZURIAGA**, egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, certificamos que la misma ha sido revisada e incorporada todas las sugerencias efectuadas por los miembros del tribunal, y una vez revisada se ha procedido a la respectiva calificación.

Por lo tanto, autorizamos al señor egresado, la publicación de la versión final de la tesis y entrega oficial para su disertación pública.

Loja, 14 de agosto del 2019.

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado Jaramillo, Mg. Sc.

**PRESIDENTE**

Ing. Raquel Verónica Hernández Ocampo, Mg.Sc

**VOCAL**

Ing. Jackeline Andrea Castillo Villalta, Mg. Sc.

**VOCAL**



## AUTORÍA

Yo, **Jhony Fernando Martínez Luzuriaga**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

**Autor: Jhony Fernando Martínez Luzuriaga**

**Firma:** -----

**Cédula:** 1900742774

**Fecha:** Loja, 15 de agosto de 2019

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA  
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Jhony Fernando Martínez Luzuriaga declaro ser autor de la tesis titulada “EFECTO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA PÁRAMO EN EL CONTENIDO DE CARBONO TOTAL EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR .”, como requisito para optar al grado de: INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la reproducción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las Redes de Información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de agosto del 2019.

Firma:



Autor:

Jhony Fernando Martínez Luzuriaga

Número de Cédula:

1900742774

Dirección: Loja, Cuídela Julio Ordoñez entre Av. Pio Jaramillo y Aristóteles

Correo electrónico:

jfmartinezl@unl.edu.ec

Teléfono:

3025223

Celular:

0959074392

**DATOS COMPLEMENTARIOS**

Director de Tesis:

Ing. Pablo Armando Alvarez Figueroa Mg. Sc.

Tribunal de Grado:

Ing. Vinicio Erasmo Alvarado Jaramillo, Mg. Sc.

Ing. Raquel Verónica Hernández Ocampo, Mg. Sc.

Ing. Jackelinne Andrea Castillo Villalta, Mg. Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que directa e indirectamente hicieron posible el desarrollo y culminación de mi investigación.

Al Ing. Omar Ojeda, representante del Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Suelos, Aguas y Bromatología de la UNL y en especial a los Técnicos encargado del mismo que me brindaron su ayuda y las facilidades para utilizar la infraestructura.

A mi Carrera, a los docentes y al personal administrativo por sus consejos y por los conocimientos técnico-científico brindados para formarme como ingeniero ambiental.

El Autor

## **DEDICATORIA**

A mi familia; en especial a mi madre Enid Angélica Luzuriaga Neira, por su apoyo incondicional que me ofrece diariamente. A mis hermanos que siempre han estado pendientes y que han sido un pilar importante en mi vida, Jorge Martínez, Natali Martínez, Tatiana Martínez y Jhinson Martínez. Que con todo el cariño aportó financiera y moralmente para la culminación de mi trabajo de tesis. A mi tío Richard Luzuriaga Neira que ha sido una gran fuente de cooperación anímica y económica. A mis abuelos Josefa Martina Neira Veintimilla (†) y Manuel Antonio Luzuriaga Cevallos (†), quienes han sido una fuente de inagotable de sabiduría, que a pesar de que ellos ya no se encuentra físicamente conmigo, siempre se encuentra presente en mis pensamientos, y diariamente en el cálido palpitar de mi corazón

## ÍNDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Pag.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1. Cambio Climático .....	3
2.2. El ecosistema de páramo como mitigador del cambio climático.....	4
2.2.1. Método para cuantificar el carbono orgánicos en el suelos. ....	4
2.3. Ciclo global del carbono .....	6
2.4. Factores que intervienen en el contenido de carbono. ....	7
2.5. Secuestro de carbono.....	8
2.6. Mayores reservas de carbono en el mundo .....	10
2.7. Forma de carbono en el suelo.....	11
2.8. Biomasa.....	11
2.9. Necromasa.....	12
2.10. Distribución y características de los páramos en la cordillera de los Andes y en la región sur del Ecuador .....	12
<b>3. METODOLOGÍA .....</b>	<b>15</b>
3.1. Área de estudio.....	15
3.2. Materiales.....	16
3.3. Metodología para cuantificar del contenido de carbono en la biomasa, necromasa y la concentración de diferentes formas de carbono en el suelo en la zona conservada y alterada del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador (RSE).....	17
3.3.1. Obtención de datos.....	17
3.4. Determinación de las variables ambientales y propiedades del suelo que influyen entre el contenido de carbono orgánico del suelo del ecosistema paramo de la región sur del Ecuador (RSE).....	22
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>24</b>



4.1. Cuantificar el contenido de carbono en la biomasa, necromasa y la concentración de diferentes formas de carbono en el suelo en la zona conservada y alterada del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador. ....	24
4.1.1. Análisis general del contenido de carbono total en la región sur del Ecuador (RSE).....	24
4.1.2. Análisis del contenido de carbono total del Parque Nacional Podocarpus (PNP). ....	26
4.1.3. Análisis del contenido de carbono total del Parque Nacional Yacuri (PNY). ....	28
4.2. Determinar las variables ambientales y propiedades del suelo que influyen en el contenido de carbono orgánico del suelo del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador. ....	30
4.2.2. Correlación entre variables ambientales y propiedades del suelo con el porcentaje de carbono orgánico del suelo (%COS) del PNP.....	31
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
5.1. Cuantificar el contenido de carbono en la biomasa, necromasa y la concentración de diferentes formas de carbono en el suelo en la zona conservada y alterada de ecosistema páramo de la región sur del Ecuador (RSE). ....	34
5.2. Determinar las variables ambientales y propiedades del suelo que influyen entre el contenido de carbono orgánico del suelo del ecosistema paramo de la región sur del Ecuador. ....	37
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>42</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Contenido</b>	<b>Pag.</b>
Tabla 1.Métodos para la determinación de contenido de CO.....	5
Tabla 2.Fórmulas para obtener el contenido de carbono en necromasa y biomasa.....	19
Tabla 3. Ecuación para obtener la densidad aparente del suelo .....	20
Tabla 4.Ecuaciones para obtener el centenido de carbono y materia orgánica .....	21
Tabla 5. Grado de correlación .....	23
Tabla 6. Fórmulas para el porcentaje de humedad del suelo.....	23
Tabla 7. Variables a correlacionar .....	23
Tabla 8.Contenido de carbono medio y total (t ha <sup>-1</sup> ) en los páramos de la región sur del Ecuador (RSE).....	25
Tabla 9. Contenido de carbono orgánico medio y total (t ha <sup>-1</sup> ) en el Parque Nacional Podocarpus (PNP).....	27
Tabla 10.Contenido de carbono orgánico medio y total (t ha <sup>-1</sup> ) del Parque Nacional Yacuri (PNY) .....	29
Tabla 11.Tabla de datos del estudio en el páramo del PNP .....	55
Tabla 12.Tabla de datos del estudio en el páramo del PNP .....	58
Tabla 13.Coordenadas de todas las parcelas muestreadas del PNP y PNY. ....	59
Tabla 14. Contenido de carbono en bioma, necromasa y suelo del PNP y PNY .....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Pag.</b>
Figura 1. Ciclo del carbono. ....	6
Figura 2. Captura y secuestro de carbono. ....	9
Figura 3. Sumideros y fuentes de carbono. ....	10
Figura 4. Mapa de ubicación del área de estudio RSE .....	16
Figura 5. Recolección de datos secundarios, para base de datos final. ....	17
Figura 6. Esquema metodológico para el primer objetivo. ....	18
Figura 7. Recolección y pesado de la biomasa y necromasa.....	19
Figura 8. Calitas para la obtención de las muestras de suelo y profundidad del horizonte orgánico .....	19
Figura 9. Muestra de suelo no disturbada saturada y pesado.....	20
Figura 10. Contenido de Carbono en la RSE en los diferentes compartimentos por estado de conservación: a) Biomasa, b) Necromasa, c) Suelo y d) Carbono Total .....	26
Figura 12. Contenido de Carbono en el PNP en los diferentes compartimentos por estado de conservación: a) biomasa, b) Necromasa, c) Suelo y d) Carbono Total.....	28
Figura 13. Contenido de Carbono en el PNY en los diferentes compartimentos por estado de conservación: a) Biomasa, b) Necromasa, c) Suelo y d) Carbono Total .....	30
Figura 14. Grado de correlación entre el variables ambientales y físicas del suelo y %COS del ecosistema páramo del RSE .....	31
Figura 15. Grado de correlación entre variables ambientales y físicas del suelo y el %C y del ecosistema páramo del PNP .....	32
Figura 16. Grado de correlación entre el % carbono orgánico del suelo y variables ambientales y físicas del suelo en el páramo del PNY .....	33

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Contenido</b>	<b>Pag.</b>
Anexo 1. Datos de carbono en el ecosistema páramo del Parque Nacional.....	55
Anexo 2. Datos de carbono en el ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri.....	58
Anexo 3. Ubicación de los puntos y número de parcelas muestreadas.....	59
Anexo 4. Datos totales de carbono en el ecosistema páramo del PNP y PNY.....	63
Anexo 5. Determinación de los contenidos de carbono en biomasa y necromasa del ecosistema páramo del PNP. ....	68
Anexo.6 Determinación de los contenidos de carbono orgánico en el suelo de del PNP.....	69
Anexo 7. Equipo de trabajo de campo y sitios de muestreo.....	71

## LISTA DE ACRÓNIMOS

<b>% C:</b>	Porcentaje de carbono
<b>SNAP:</b>	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
<b>C:</b>	Carbono
<b>COT:</b>	Carbono orgánico total
<b>COS:</b>	Carbono orgánico del suelo
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Dióxido de carbono
<b>G t:</b>	Gigatoneladas
<b>Pg C:</b>	Picogramos de carbono
<b>RSE:</b>	región sur del Ecuador
<b>PNY:</b>	Parque Nacional Yacuri
<b>PNP:</b>	Parque Nacional Podocarpus
<b>t ha<sup>-1</sup>:</b>	Toneladas por hectárea
<b>Hd:</b>	Humedad de suelo
<b>Pg:</b>	Picogramo
<b>E.E.:</b>	Error Estándar
<b>Min:</b>	Mínimo
<b>Max:</b>	Máximo

**EFECTO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DEL  
ECOSISTEMA PÁRAMO EN EL CONTENIDO DE CARBONO  
TOTAL EN LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR**

## RESUMEN

La investigación se la realizó en los páramos pertenecientes a la región sur del Ecuador (RSE), en la zona alterada y conservada, se apoyó de información secundaria generada en estudios realizados en el Parque Nacional Podocarpus (PNP) y Parque Nacional Yacuri (PNY), además se tomó nuevas muestras para completar información faltante de estudios anteriores ya realizados, así se generó una base de datos con información completa, para la realización de la presente investigación en la que se analizaron 171 datos en total, 54 alteradas y 117 conservadas.

La investigación tuvo como finalidad la cuantificación del contenido de carbono total (biomasa, necromasa y suelo) en la zona alterada y conservada en los páramos de la región sur del Ecuador y conocer las variables ambientales (temperatura, precipitación y altitud) y propiedades del suelo (humedad del suelo), que influyen en su contenido.

El contenido de carbono en la biomasa y necromasa se determinó por el método destructivo de Aguirre y Aguirre (2004) y el contenido de carbono del suelo por medio del método modificado de Walkey y Black (1947). Se determinó además las constantes hidrofísicas del suelo, por la metodología de Alberts *et al.*, (1987).

En la región sur del Ecuador el contenido medio de carbono en el ecosistema páramo fue de 148,82 t ha<sup>-1</sup> para la zona conservada con un aporte de 72% y 127, 03 t ha<sup>-1</sup> para la zona alterada con un 28% al contenido total de carbono, donde el suelo es el que mayor aporta aproximadamente el 88% al contenido de carbono orgánico total, con respecto al aporte de la biomasa 8% y 4% necromasa para ambas zonas de estudio (altera y conservada). La temperatura ( $r_s=-0,47$ ), la altitud ( $r_s=0,44$ ), el % de humedad del suelo a capacidad de campo (1/3 atm) ( $r_s=0,85$ ) y el % de humedad a saturación ( $r_s=0,89$ ) son las variables que influyeron en el contenido de carbono.

**Palabras clave:** Carbono orgánico del suelo, ecosistema páramo, almacenamiento de carbono, biomasa, necromasa, cambio de uso de suelo.

## ABSTRACT

The research was carried out in the paramos belonging to the southern region of Ecuador (RSE), in the altered and preserved area, supported by secondary information generated in studies carried out in the Podocarpus National Park (PNP) and Yacuri National Park (PNY). In addition, new samples were taken to complete missing information from previous studies already carried out, thus generating a database with complete information, for the realization of this research. 171 data were analyzed in total, 54 altered and 117 were preserved.

The research aimed to quantify the total carbon content (biomass, necromass and soil) in the altered and preserved area in the paramos of the southern region of Ecuador, and to know environmental variables (temperature, precipitation and altitude) and soil properties (soil moisture), which influence its content.

The carbon content in biomass and necromass was determined by the destructive method of Aguirre and Aguirre (2004) and the soil carbon content by the modified Walkey and Black method (1947). The hydrophysical constants of the soil were also determined by the methodology of Alberts *et al.*, (1987),

In the southern region of Ecuador the average carbon content in the páramo ecosystem was 148.82 t ha<sup>-1</sup> for the preserved area with a contribution of 72% and 127, 03 t ha<sup>-1</sup> for the area altered with 28% to the total carbon content, where soil contributes approximately 88% to the total organic carbon content, with respect to the contribution of biomass 8% and 4% necromass for both study areas (altera and conserved). Temperature (rs-0.47), altitude (rs-0.44), % soil humidity at field capacity (1/3 atm) (rs-0.85), and % humidity at saturation (rs-0.89) are the variables that influenced the carbon content.

**Keywords:** Soil organic carbon, paramo ecosystem, carbon storage, biomass, necromass, land use change.



## 1. INTRODUCCIÓN

El carbono almacenado en ecosistemas terrestres poseen la capacidad de disminuir el cambio climático debido al potencial de secuestro CO<sub>2</sub> atmosférico y acumularlo de manera paulatina en forma de carbono (Castañeda y Montes, 2018; Rodríguez, Lucía, y Galindo, 2018). Sin embargo, están siendo amenazados por procesos antropogénicos, reduciendo áreas disponibles para el almacenamiento de carbono, liberando emisiones de CO<sub>2</sub>; lo que hace que sea objeto de gran cantidad de investigaciones principalmente en el ecosistema páramo (Burbano, 2018; Caviglia, Wingeyer, y Novelli, 2016; Fachin & Salas, 2016; Romaniuk, Cosentino, Costantini, Taboada, y Lupi, 2018). La mayor parte de estudios están orientados a estimar el carbono total, en los bosques tropicales que acumulan la mayor cantidad (el 53 % del total del carbono terrestre) y el resto en el agua y suelo, este último es uno de los principales en el ecosistema páramo debido a su importancia; es estratégico ya sea como regulador y proveedor de bienes y servicios ambientales, o por su capacidad de captura de gases de efecto invernadero y su almacenamiento (Alba, Gonzáles, y Longo, 2016; Chaves, Santamaria, Sanchez, y Sarmiento, 2016; Torres, Hernández, y Triana, 2014).

El cambio y la gestión del uso de la tierra pueden perturbar la capacidad del suelo para apresar carbono; la magnitud de estos cambios es aún desconocida y su relación de los diferentes usos de la tierra con los contenidos y las formas de carbono en las zonas de suelo (Caviglia *et al.*, 2016; Herrera, Armas, y Cabrera, 2017). Las tasas actuales de pérdida de carbono debido al cambio en el uso del suelo son aproximadamente 1 640 Pg C, cuyo efecto ocurre por la expansión agrícola y ganadera de manera más significativa (Valenzuela y Visconti, 2018; Vásquez y Macías, 2017).

La superficie total de ecosistemas de páramo en el mundo se estima entre 35 000 y 77 000 km<sup>2</sup>, en Sudamérica el páramo ocupa más de 30 000 km<sup>2</sup> (O. Zambrano, 2018). El país con mayor proporción de su territorio cubierta por páramos es Ecuador, con el 7%, en relación a su extensión total (Moraes R, Øllgaard, Kvist, Borchsenius, y Balslev, 2006). En el país el ecosistema páramo en el norte se considera sobre los 3 500 msnm. y al sur sobre los 3 000 msnm. sin embargo en la provincia de Loja se

pueden hallar desde los 2 800 msnm, debido a que la cordillera de los Andes, esta área es más baja y angosta (Beltrán, León, y Velástegui, 2009; Hofstede, 2003).

El carbono en suelo es muy abundante en el ecosistema páramo, debido a las condiciones frías y de alta humedad, hacen que su almacenamiento sea lento pero continuo evitando su emisión en forma de CO<sub>2</sub> atmosférico. Sin embargo, estudios afines entre la cantidad carbono orgánico almacenado y el cambio de uso de suelo del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador (RSE) no constan en estudios relacionados en zonas alteradas, por tal razón esta investigación está enfocada en la cuantificación del contenido de carbono en dichas zonas.

Con estos antecedentes y conociendo la importancia de este ecosistema a nivel global, surge la presente investigación para determinar el efecto del estado de conservación en el contenido de carbono en la biomasa, necromasa y suelo, así como la incidencia de las propiedades físico-químicas del suelo y variables climáticas en el contenido de carbono orgánico total almacenado en el ecosistema páramo de la región sur del Ecuador. Para esto se plantearon los siguientes objetivos:

#### Objetivo general

- Determinar el efecto del estado de conservación en el contenido de carbono en la biomasa, necromasa y suelo, así como la incidencia de las propiedades físico-químicas del suelo y variables climáticas en el contenido de carbono orgánico total almacenado en el ecosistema páramo de la región sur del Ecuador.

#### Objetivos específicos

- Cuantificar el contenido de carbono en la biomasa, necromasa y la concentración de diferentes formas de carbono en el suelo en la zona conservada y alterada del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador.
- Determinar las variables ambientales y propiedades del suelo que influyen entre el contenido de carbono orgánico del suelo del ecosistema paramo de la región sur del Ecuador.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Cambio Climático**

El Cambio Climático se define según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), es la alteración de la composición de la atmósfera mundial, atribuido directa o indirectamente a las actividades antropogénicas, a la que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (Caballero, Lozano, Vázquez, y Ortega, 2017; Cruz y Martínez, 2015; Melgar y Nieto, 2017).

El mayor contenido de carbono se encuentra en los bosques con respecto a los demás ecosistemas terrestres; está estimado en  $1,64 \times 10^{15}$  Kg C por Sabine *et al.*, (2004) y es equivalente a un 220% del carbono atmosférico, en cambio el suelo es el principal almacén de carbono en el ecosistema páramo representa el 45 y 90% del Carbono, y el resto corresponde a la biomasa del matorral y pastizal, respectivamente (Morales y Vásquez, 2019; Pérez, 2017). Las regiones semiáridas podrían almacenar más carbono orgánico e inorgánico que las regiones áridas. El cambio de uso de suelo disminuye hasta en 50% el carbono orgánico del suelo (%COS), gases que al ser liberados incrementan drásticamente la temperatura del planeta (Cueto, 2016; López, 2018).

El ecosistema páramo, por sus características y al ser afectados por el cambio climático se convertirán en fuente de conflictos sociopolíticos y socioeconómicos, por la posible reducción de nacientes de agua, los cambios y uso de tierras y en pérdida de la biodiversidad (López, 2016; Morales y Vásquez, 2019). De esta manera, los daños que el cambio climático y los cambios de unos de suelo que puede generar sobre estos ecosistemas de altura, implicarán en nuevas afectaciones que hay que prevenir, lo cual plantean la urgente necesidad de implementar acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en este ecosistema de suma importancia (Ramírez, 2018; Ruiz, 2018).

## **2.2. El ecosistema de páramo como mitigador del cambio climático**

El páramo es un ecosistema natural, dominado por pajonales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes. Es un ecosistema de clima frío y frágil a cambios de uso de suelo, por lo que su potencial para su usanza productivo es muy limitado (Bastidas, 2018; Cuzco, 2017).

El ecosistemas páramo es muy diversos biológicamente y ofertan diferentes servicios ecosistémicos (Ayala, Villa, Aguirre, y Aguirre, 2014). Las grandes cantidades de carbono almacenado en este ecosistema, se debe por temperaturas bajas los cual reduce las tasas de descomposición de la materia orgánica (MO), este proceso es lento, el carbono almacenado se acumula en el suelo hasta  $600 \text{ t ha}^{-1}$ , situándose entre los suelos con mayor cantidad de carbono a nivel global (Acuario, 2015; I. Andrade, Sandio, & Domínguez, 2017; Peralvo, Llambi, Becerra, Avelia, & Díaz, 2019). La alta capacidad de los suelos de páramo para retener el recurso hídrico, favorece la prevalencia de las condiciones anaeróbicas del suelo (Moreno y Quinde, 2017), lo cual conlleva a retener altos niveles de carbono, especialmente en las zonas de relieve plano (Cáceres, 2016; Delgado, 2015; Granja, 2015; Rodríguez, Jiménez, Aguirre, Treviño, y Razo, 2009).

La acumulación de carbono orgánico total en el suelo (COT), es un proceso importante para mitigar efectos del cambio climático (Cotler, Martinez, y Etchevers, 2016; Paladino, Alvarez, y Cosentino, 2018), ya que el suelo, además de ser un sumidero, es un depósito de carbono estabilizado.

### **2.2.1. Método para cuantificar el carbono orgánicos en el suelos.**

Para facilitar y asegurar el monitoreo de forma regular, la reserva de COS debe ser medida usando un método que sea rentable y pueda cubrir una gran variedad de tipos de suelos. Sin embargo, aplicar un solo método para analizar el COS en diversas circunstancias es un gran desafío ya que el COS no está distribuido uniformemente en amplias superficies, profundidades, tipos de suelos y posiciones de paisaje (Lefevre, Rekik, Alcantara, & Wiesel, 2017).

Por lo tanto, se han desarrollado varios métodos para medir y evaluar la dinámica del COS. Hasta la fecha, no existe un método estandarizado para medir la concentración total de carbono en el suelo (Lorenz y Lal, 2016). La Tabla 1 ofrece una visión general de los principales métodos de medición del contenido de COS y MOS, mostrando sus ventajas/desventajas y las aplicaciones actuales. Se han alcanzado buenos resultados para la predicción del contenido de COS mediante métodos innovadores que pueden caracterizar el COS de manera rápida y económica (Viscarra Rossel *et al.*, 2006; Miltz y Don, 2012).

**Tabla 1.** Métodos para la determinación de contenido de COS

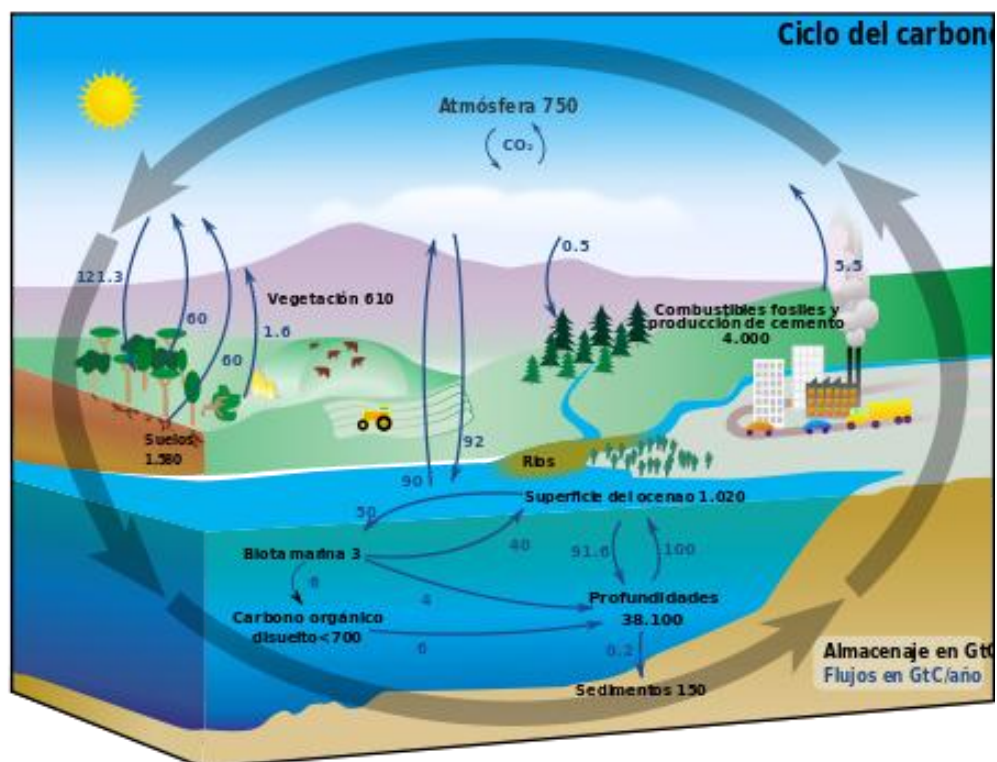
<b>Método</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>	
Analítico	Combustión seca	Analizador automático de carbono	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estándar actual</li> <li>- Actualmente el más fiable</li> <li>- Rápido</li> <li>- Sencillo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medición independiente del carbono orgánico y total del suelo raramente disponible</li> <li>- Requiere un gran número de muestra</li> <li>- Costoso</li> <li>- Alto consumo de energía</li> </ul>
		Pérdida por calcinación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anteriormente ampliamente utilizado</li> <li>- Método fácil de aplicar</li> <li>- Económico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No es fiable debido a reacciones no relacionadas con MO</li> <li>- Sobrevalora el contenido de materia orgánica.</li> <li>- COS obtenido de la MOS con un factor de conversión (0.58) que se sabe que es incorrecto para capas orgánicas</li> </ul>
	Combustión húmeda	Walkley-Black	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ampliamente utilizado</li> <li>- Económico</li> <li>- Evaluación aproximada rápida</li> <li>- Se dirige de manera selectiva a los grupos de OM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destructivo</li> <li>- Oxidación incompleta: factor de corrección necesario</li> <li>- Tiende a subestimar el COS</li> <li>- Requiere químicos nocivos</li> </ul>

**Fuente:** (Lefevre *et al.*, 2017)

### 2.3. Ciclo global del carbono

El carbono (C) es un elemento primordial de los compuestos orgánicos, que se combina con nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S), oxígeno (O) e hidrógeno (H) para constituir las moléculas más substanciales para la vida (Torres *et al.*, 2014). La disponibilidad de carbono no es infinita en el planeta, como sucede con todos los elementos y, por tanto, el carbono circula entre la materia orgánica y el ambiente físico-químico de manera constante (López *et al.*, 2016).

Todas las partes y flujos de carbono, normalmente se considera como una serie de los cuatro principales depósitos de carbono (atmósfera, biosfera, océanos y sedimentos) interconectados por vías de intercambio (IPCC, 2007). El ciclo del carbono está definido por el almacenamiento y transferencia de moléculas de carbono entre la atmósfera, biosfera, litosfera y océanos (Eurídice y Baker, 2010).



**Figura 1.** Ciclo del carbono.  
Fuente: Moran, L.( 2015).

#### **2.4. Factores que intervienen en el contenido de carbono.**

Los desafíos en el secuestro y preservación de COS son múltiples. Algunos se deben a factores inducidos por el ser humano, tales como las bajas tasas de adopción de prácticas sostenibles de gestión del suelo, debido a razones diversas (Avagyan, Karttunen, DeVit, y Rioux, 2015). Otros están relacionados con factores abióticos y están más allá del control humano.

**Climatología.**- El clima va a condicionar el tipo de vegetación, la producción de biomasa y la actividad microbiana en el suelo, por lo que está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica (Montaño *et al.*, 2016). Algunos autores relacionan la climatología con la génesis y las características del suelo, introduciendo conceptos como el régimen de humedad y el régimen de temperatura. En general podemos hablar de contenidos elevados de materia orgánica en zonas tropicales, donde los aportes son continuos, aunque debido a la humedad y la temperatura, también se incrementan los procesos de mineralización. En climas fríos, la materia orgánica se acumula, mientras que en climas áridos con poca vegetación, los contenidos son muy bajos, debido a que se ven favorecidos los procesos de mineralización frente a los de humificación (Ibáñez, 2010).

**Relieve.** - Las formas del relieve varían a lo largo del tiempo, y estas variaciones influyen en las características de los suelos que se desarrollan en estas zonas. En función del grado de inclinación de una ladera, su longitud, orientación y posición, tendrán mayor o menor repercusión los procesos de meteorización, transporte o erosión (Ibáñez, 2010).

**Vegetación.** - Es el factor determinante a la hora de cuantificar la cantidad y calidad de la necromasa que se aporta al suelo. Variará en función del ecosistema en el que nos encontremos y tendrá una especial incidencia en el contenido de materia orgánica en el suelo (Avila, Leiva, y Darghan, 2017).

**Organismos del suelo.** - Intervienen en los procesos de alteración de la materia orgánica y en su interacción con la materia mineral. Podemos hablar de microflora, bacterias, hongos, actinomicetos, alga, microfauna, en el caso de

nematodos, protozoos, etc. y macrofauna, refiriéndonos a los artrópodos, anélidos, moluscos y mamíferos.

**Textura del suelo.-** Los suelos con textura arcillosa se caracterizan por una mayor retención de agua y nutrientes, lo que favorece la producción de biomasa y por consiguiente un mayor contenido de materia orgánica (Orozco, A. Valverde, M. Tellez, R. Chavéz, C. y Benabides, 2016). Aunque si los contenidos de arcilla son muy elevados podemos encontrarnos problemas de aireación que dificulten la descomposición de esa materia orgánica, que tenderá a acumularse si el suelo está permanentemente saturado de humedad, dando lugar a un suelo orgánico, como es el caso de las turberas (Ibáñez, 2010).

**Composición mineralógica de las arcillas.** - En función de la composición de las arcillas se va a producir un mecanismo de adsorción o complejación de las moléculas orgánicas, que va a actuar como coraza protectora frente a la acción de los microorganismos.

**Uso del suelo.** - Las técnicas de laboreo suponen en general una pérdida de materia orgánica en el suelo, debido a la extracción por parte del cultivo, escasez de aportes, pérdida por erosión o por una mayor entrada de oxígeno debido al labrado. En la actualidad se tiende a llevar a cabo técnicas de mínimo laboreo con el fin de conseguir un mayor almacenamiento de carbono.

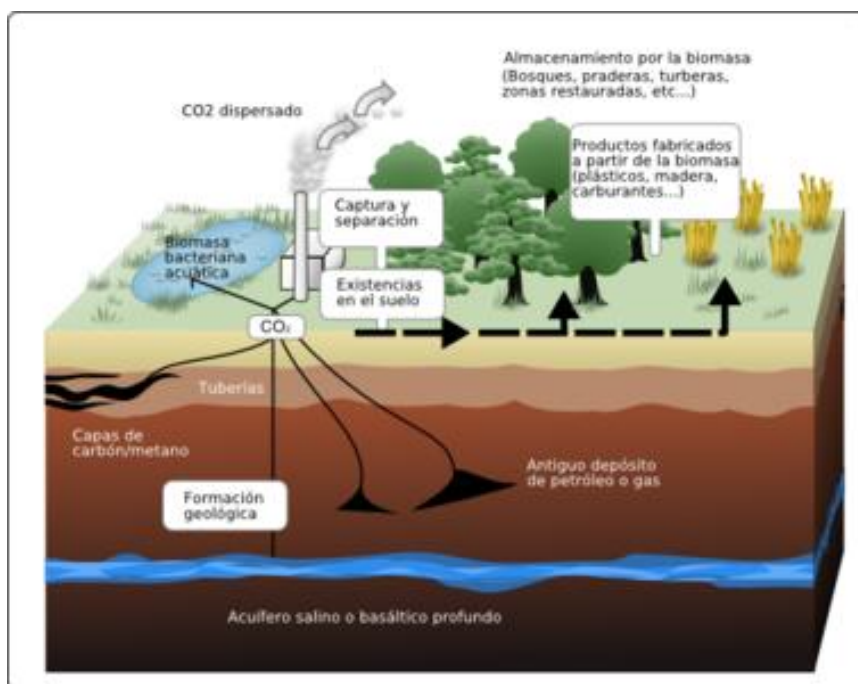
## **2.5. Secuestro de carbono**

Es la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> atmosférico, en ecosistemas terrestres, tal es el potencial de secuestro de carbono de un sistema forestal que depende del contenido inicial en carbono orgánico, de las tasas de crecimiento y edad del rodal, de la capacidad biológica inherente al lugar y, finalmente, de la utilización de los productos que se obtengan (Couto, 2014; H. López, Vaides, y Alvarado, 2018; Pardos, 2010). La proporción de carbono acumulado en suelo y vegetación varía entre ecosistemas y tipos de bosques. En latitudes elevadas, con clima frío, la materia orgánica se descompone lentamente como es el ecosistema de páramo (Esquivel *et al.*, 2014; Fluker y Olivera, 2016).



Existe un contenido de carbono en el suelo mayor que en la vegetación para todos los biomas, salvo en los bosques tropicales en los que el contenido en la vegetación se iguala con el del suelo y sobrepasa con mucho al de la vegetación de cualquier otro bioma (Couto, 2014; Molina, 2016).

Se ha estimado que los suelos son capaces de secuestrar alrededor de 20 Pg en 25 años, más del 10% de las emisiones antropogénicas (Carrillo, Silva, Rollenbeck, Célleri, & Bendix, 2019; Isaza, 2014). Además de beneficios para el suelo, los cultivos y calidad del ambiente, ante la prevención de erosión y la desertificación, así lograr un incremento de la biodiversidad en estos compartimentos; pero la degradación, disminuye los rendimientos de los cultivos, sino que también reduce el almacenamiento de carbono en los distintos ecosistemas agrícolas, y puede llevar a reducir la biodiversidad (FAO, 2009; Pardos, 2010; Pérez, 2008).



**Figura 2.** Captura y secuestro de carbono.

**Fuente:** Grady, B. (2015)

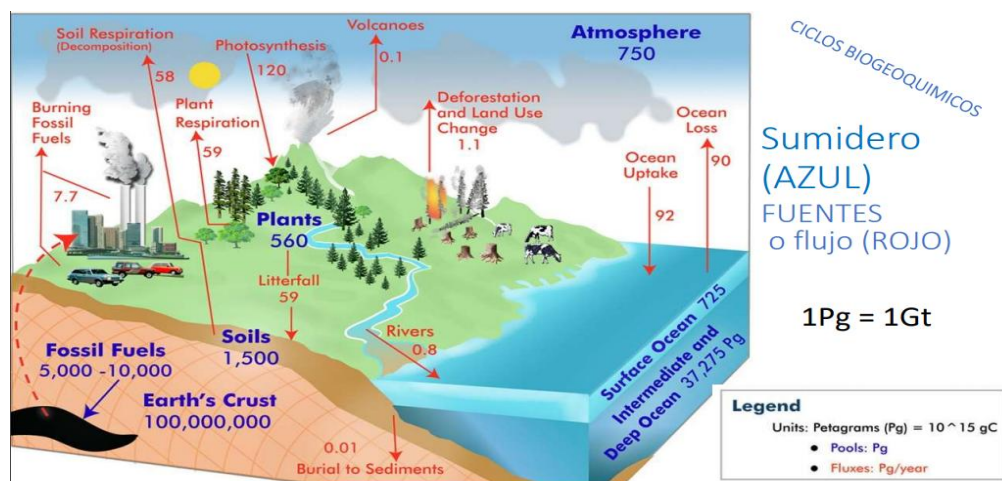
La distribución del total de las stocks de carbono del suelo, muestran grandes diferencias en el almacenamiento del carbono orgánico sobre todo en relación a la temperatura y lluvia (Carrillo, Silva, Rollenbeck, Célleri, y Bendix, 2019). Las existencias de carbono en el suelo hasta un metro de profundidad varían entre 40 t ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> en las zonas áridas y 210-240 t ha<sup>-1</sup> en las regiones polares o boreales, con valores intermedios de 80 a 100 t ha<sup>-1</sup> en las zonas tropicales (Ayala *et al.*, 2014; FAO, 2002). El aumento de la concentración del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera y para reducir su efecto al ambiente (reducción de emisión y fijación), el páramo juega un papel fundamental, como reservorio de carbono, que al mantener se reducirá las emisiones de este gas al ambiente ( Hofstede *et al.*, 2014; Lazo, Mosquera, McDonnell, y Crespo, 2019).

Estudios sobre las cantidades de carbono almacenado en los diferentes tipos de suelo son escasos. De acuerdo a varios estudios el contenido de carbono en los suelos de Ecuador se estima 3,6 x 10<sup>9</sup> t ha<sup>-1</sup>, combinado con el aporte de carbono de la biomasa y necromasa da un estimado de carbono total para el Ecuador de 5,2 x 10<sup>9</sup> t ha<sup>-1</sup> (Granja, 2015; Hernández y Moreno, 2018; Melgar y Nieto, 2017) .

## 2.6. Mayores reservas de carbono en el mundo

Las cuatro mayores reservas de carbono en el mundo son la atmósfera, los océanos, existencias de combustibles fósiles y ecosistemas terrestres incluyendo vegetación y suelos (Castañeda y Montes, 2018). Las cantidades anuales de carbono intercambiadas por procesos como erosión, vulcanismo y formación de rocas sedimentarias durante milenios, han sido pequeñas y generalmente ignoradas en las existencias de carbono cuantificadas (Africano, Cely, y Serrano, 2017).



**Figura 3.** Sumideros y fuentes de carbono.  
**Fuente:** Morgán, R. (2014).

## **2.7. Forma de carbono en el suelo**

Los factores que afectan directamente la cantidad de materia orgánica en el suelo son: naturaleza de los materiales primarios, clases vegetales, topografía, clima y el tiempo al que está expuesta la vegetación.

La vegetación es la fuente de la materia orgánica del suelo, lo que se puede considerar como la introducción de la formación de suelos. La materia orgánica está distribuida en el suelo de acuerdo a la distribución y presencia de resto dejados por las plantas.

La irregularidad topográfica difiere en la formación de un suelo, esta es una condicionante a los efectos de la humedad. Un suelo con pendientes pronunciadas presenta muchos desbordamientos provocados por las aguas, quedando poca humedad para las plantas. Los suelos de las pendientes tienen poca profundidad ya que el desarrollo de las raíces está limitado por la ausencia de agua. El suelo de una pendiente muy pronunciada tiene más aireación y es más templado y la materia orgánica se descompone más rápidamente. En consecuencia, el contenido de materia orgánica en pendientes pronunciadas es menor que en suelo con poca pendiente a pesar de tener la presencia de los mismos factores.

El clima es otro factor que influye en la acumulación de materia orgánica de dos maneras, una es que el clima ejerce influencia sobre la cantidad total de residuos que vuelve al suelo cada año y la otra es la influencia del clima en la velocidad de descomposición de los residuos.

## **2.8. Biomasa**

Benítez *et al.*, (2016), define a la biomasa como la cantidad total de materia viva presente en un sistema biológico, por lo general se expresa en unidades de peso seco por unidad de superficie.

El IPCC (2010), define a la biomasa como la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dado. La biomasa también se puede definir como todo

tipo de materia orgánica sea esta aérea o subterránea, viva o muerta esta puede estar por encima o debajo del suelo como, por ejemplo: árboles, los cultivos, las gramíneas, las raíces. Lo que respecta a la biomasa aérea, es toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje (FAO *et al.*, 2011).

## **2.9. Necromasa**

Es la materia orgánica que reposa en el suelo, generalmente en estado fresco y con bajo grado de descomposición. Esta puede incluir material cosechado por animales y materia orgánica (FAO *et al.*, 2011).

Conjunto de cadáveres y materia vegetal muerta unida aún a las plantas vivas (madera muerta en pie en los bosques, raíces muertas) para algunos autores, la biomasa es el conjunto de toda la materia orgánica, viva o muerta, que hay en el ecosistema (Sarmiento, 2014).

## **2.10. Distribución y características de los páramos en la cordillera de los Andes y en la región sur del Ecuador**

Los páramos sudamericanos, se distribuyen desde la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y la Cordillera de Mérida en Venezuela, hasta la depresión de Huancabamba en el Perú (aproximadamente entre los 11° de latitud Norte y los 8° de latitud Sur) (Ayala y Villa, 2013; Sarmiento, 2001) y constituyen un componente importante de la biodiversidad de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Chicaiza, Chontasi, Correa, Maldonado, y Romero, 2002).

En el Ecuador, el páramo cubre alrededor de 1 250 000 ha es decir aproximadamente un 7 % del territorio nacional. En términos relativos, el Ecuador es el país que más páramos posee con respecto a su extensión de territorio (Cunalata y Inga, 2012; Duque, 2015).

El estado de conservación de este ecosistema en el Ecuador, al igual –en términos generales– que en los otros países párameros, se puede señalar que existe un

mosaico de diferentes estados desde bien conservado hasta muy degradado (Mena y Hofstede, 2006; Miño, 2011; Vinueza, 2015). Un estudio demostró para el Ecuador una cantidad de carbono mayor, esto en sentido de que el estado de conservación de los páramos del norte, del sur y del oriente es más alto que los páramos occidentales y centrales (Hofstede *et al.*, 2002; Vinueza, 2015). En los estudios de Hofstede *et al.*, (2002), ha considerado que el 50% de páramos de pajonal tiene un deterioro en su estado de conservación y apenas un 10% poseen un buen estado de conservación. Esto se debe básicamente a su ubicación, es decir que en las provincias de la Sierra central y particularmente en la cordillera occidental, son de fácil acceso y han tenido más presencia de habitantes, que en zonas que presentan topografía y un clima poco propicios para las asentamientos y actividades humanas (Mena y Hofstede, 2006).

Los páramos están por encima de lo que es o lo que algún día fue el ecosistema de bosques andinos, en la actualidad fuertemente alterado (Saravia y Vintimilla, 2016). La zona de transición entre los dos ecosistemas, marcada en términos generales por la disminución en la altura y densidad de los árboles con respecto al bosque nublado inferior, se denomina subpáramo (Mena y Hofstede, 2006).

En Ecuador los páramos están a lo largo de la Cordillera de los Andes, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- Al norte los páramos de Carchi, Imbabura y Pichincha,
- Al centro los páramos de Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar y Chimborazo y
- Al sur los páramos de Cañar, Azuay y Loja (Chicaiza *et al.*, 2006).

En la región sur del Ecuador se encuentran dos tipos de páramos, los de tipo herbáceo y arbustivo. Los páramos herbáceos en el país se extienden de 2 800 msnm y raramente cerca de 4 000 msnm. Estos páramos están dominados por hierbas de los géneros Calamagrostis, Festuca y de Stipa (Cuesta, Sevink, Llambi, De Bièvre, y Posner, 2014). Los páramos arbustivos se encuentran sobre 3 100 msnm, en la cordillera oriental, con difícil acceso y dentro de áreas protegidas, mientras que los páramos de pajonal se encuentran ubicados en el lado interandino y cuentan con mucha mayor accesibilidad (Hofstede *et al.*, 2002).

Los escasos estudios realizados en la región sur del Ecuador, han demostrado que estos páramos son diferentes a los del resto del país, particularmente por sus notables diferencias en la composición florística y estructura (Urgiles *et al.*, 2018). En la región centro y norte los páramos están dominados por gramíneas en forma de penachos, tales como *Calamagrostis intermedia*; *Festuca spp.*; y *Stipa ichu*; mientras que, en los páramos del sur y en especial del Parque Nacional Podocarpus (PNP) las gramíneas no son abundantes y están reemplazadas por *Calamagrostis macrophylla*, *Cortaderia bifida*, *Chusquea microphylla*, *Chusquea asymetrica*, *Chusquea nana* y abundantes arbustos achaparrados (Izco, Pulgar, y Aguirre, 2007; Urgiles, Santin, Cevallos, y Aguirre, 2015); y del Parque Nacional Yacuri, algunas especies vegetales registradas en esta área son: *Ageratina dendroides*, *Brachyotum campii*, *Disterigma empetrifolium*, *Lycopodium clavatum*, *Vaccinium floribundum*, *Chuquiraga jussieu*, *Loricaria thuyoides* (Ayala *et al.*, 2014).

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Área de estudio**

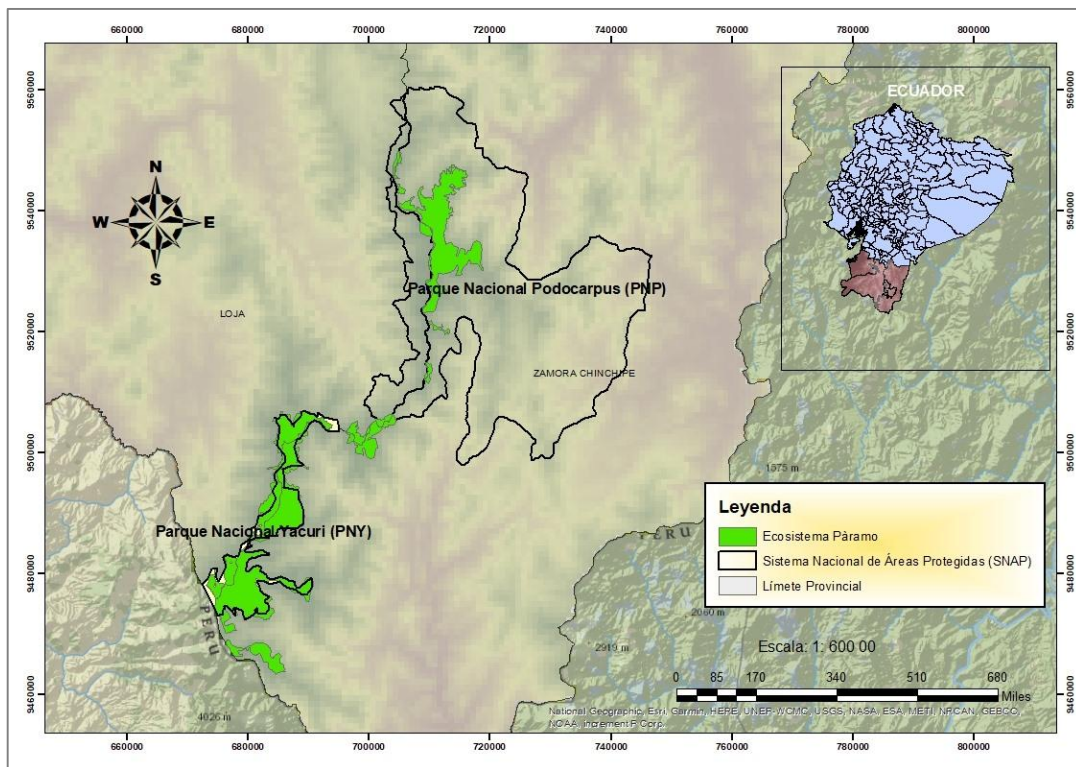
La investigación se realizó en el ecosistema páramo de la Región Sur del Ecuador (RSE), primordialmente en los páramos del Parque Nacional Podocarpus (PNP) y Parque Nacional Yacurí (PNY), los cuales están localizados entre las provincias de Loja y Zamora Chinchipe (ver Figura 4).

El PNP se localiza en la región la región sur del Ecuador entre los límites de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, está comprendida en una extensión de 144 993,74 ha, de los cuales el 8% (11 636,58 ha) está ocupado por el ecosistema páramo, con un rango altitudinal que va de los 2 800 y 3 800 msnm, con una precipitación anual entre 2 000 mm a 4 000 mm y una temperatura promedio diaria de 10°C, con mínimas de 0 a 3°C (Lozano, Bussmann y Küppers, 2007)

El PNY ubicado al sur del Ecuador, limita al norte con el cantón Loja en las parroquias Quinara y Yangana, al sur con la República del Perú, al este con el cantón Palanda con las parroquias Valladolid y Palanda, y el cantón Chinchipe con su parroquia San Andrés; y al oeste con el cantón Espíndola en las parroquias de Santa Teresita, Amaluza y Jimbura, provincia de Loja, con una superficie de 43 090,6 ha, con un rango altitudinal entre 2 120 a 3 880 msnm con una temperatura que oscila de 8 a 16°C y una precipitación entre 750 mm temporadas secas y de 3 500 mm temporadas lluviosas (Morocho *et al.*, 2008).

Del total de la superficie del PNY, el 14,2% se encuentra en el cantón Espíndola que equivale a 6 120,3 ha; en el cantón Chinchipe se encuentra el 26,2% que equivale a 11 281,1 ha y en el cantón Palanda el 59,6% de la superficie equivalente a 25 689,2 ha (Ayala *et al.*, 2014).

El ecosistema paramo de la región sur del Ecuador, presenta una topografía predominante por valles y laderas escarpadas, con un relieve muy irregular formado por montañas y colinas (CIGA & HREL, 2006).



**Figura 4.** Mapa de ubicación del área de estudio RSE

### 3.2. Materiales

#### Materiales de Campo

- GPS (sistema global de posicionamiento),
- Cilindros Kopecky,
- Fundas plásticas,
- Lampa, barreta y machete y
- Libreta de campo.

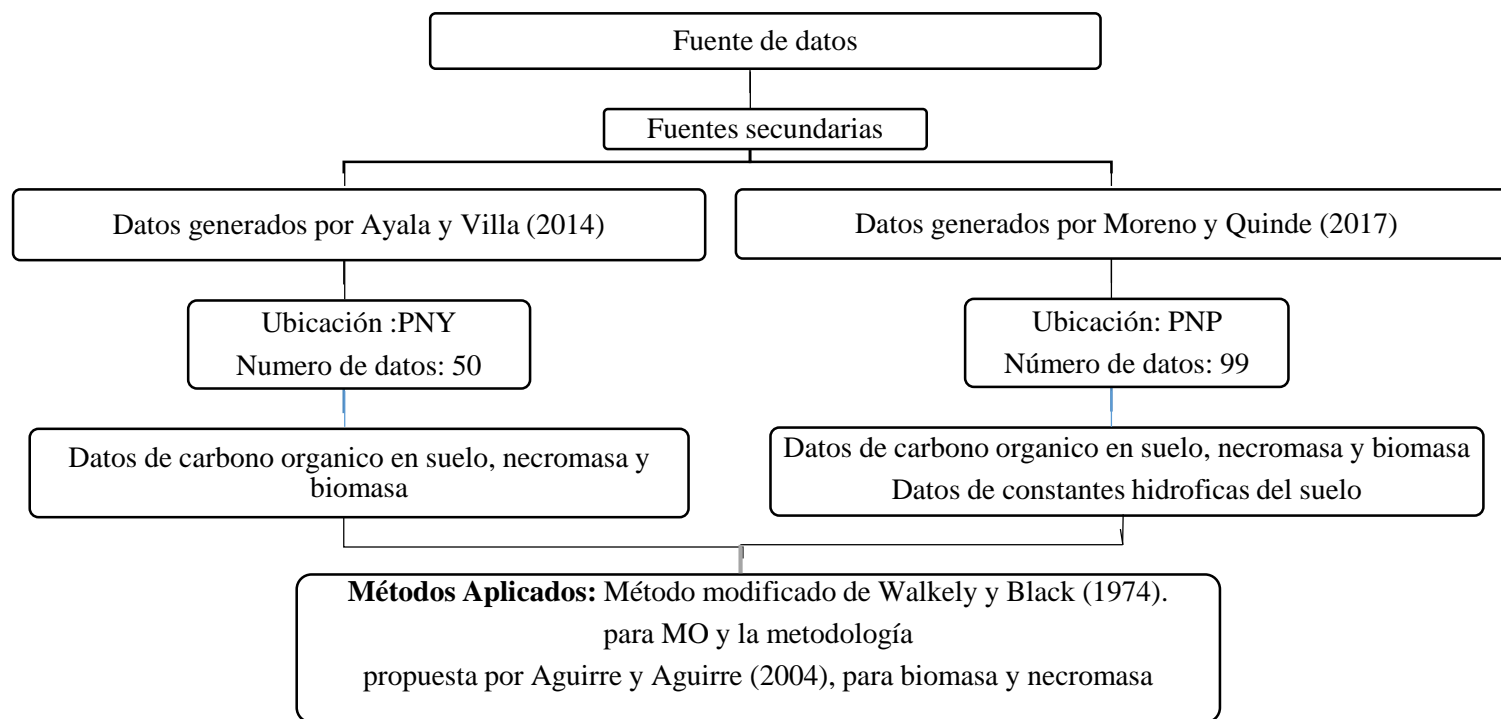
#### Materiales de laboratorio.

- Reactivos químicos para MO.
- Equipo de constates hidrofísicas,
- Estufas y
- Balanza analítica.



3.3. *Metodología para cuantificar el contenido de carbono en la biomasa, necromasa y la concentración de diferentes formas de carbono en el suelo en la zona conservada y alterada del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador (RSE).*

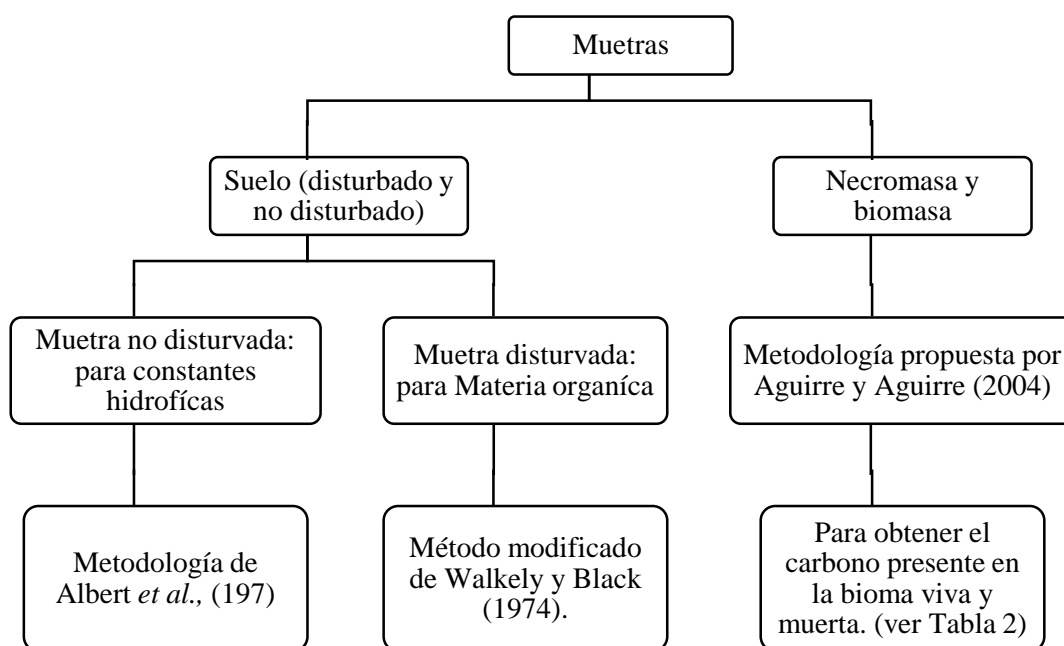
3.3.1. **Obtención de datos secundarios**



**Figura 5.** Recolección de datos secundarios, para base de datos final.

Se utilizaron datos generados por Moreno y Quinde (2017), realizados en el PNP (ver Anexo 1), y se complementaron con 22 nuevas parcelas temporales del mismo parque, así mismo se usaron datos generados por Ayala y Villa (2014), en su estudio realizado en el PNY (ver Anexo 2); de estos se tomaron nuevas muestras no disturbadas en cilindros Kopecky, para obtener las constantes hidrofísicas que el estudio carecía. Dándonos un total de 171 puntos de trabajo. (ver Anexo 3 y 4), para zona alterada 54 y 117 para la zona conservada, para ello se realizaron visitas a campo y además de la ayuda de tesistas que ya han realizado estudios en esta área, para establecer las zonas alteradas y conservadas que serán analizadas en el presente estudio.

Para el análisis de las muestras tomadas en los sectores El tiro y cerro Toledo del PNP se aplicó, la siguiente metodología:



**Figura 6.** Esquema metodológico para el primer objetivo.

En las 22 parcelas temporales se midió y pesó la cantidad de biomasa, necromasa; que fueron procesadas y analizadas en el laboratorio de suelos de la Facultad Agropecuaria de la Universidad Nacional de Loja. Para el contenido de carbono en la biomasa y necromasa, se aplicó el método destructivo (extracción y recolección de todos los individuos vegetales presentes en cada parcela de muestreo),

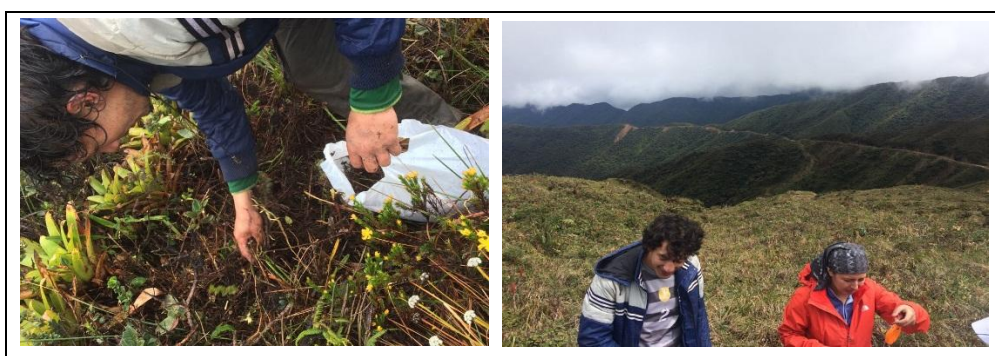
Para determinar el contenido de carbono en la biomasa y necromasa se empleó la metodología propuesta por Aguirre *et al.*, (2014), como se indica en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Fórmulas para obtener el contenido de carbono en necromasa y biomasa

Compartimientos	Fórmulas Biomasa	Fórmulas Carbono
<b>Arbustivo</b>	$Biomasa = Ph * r$	Contenido de Carbono = Biomasa x 0,5
<b>Herbáceo</b>	$Biomasa = Ph * r$	Contenido de Carbono = Biomasa x 0,5
<b>Necromasa</b>	$Biomasa = Ph * r$	Contenido de Carbono = Necromasa x 0,5

**Nota:** donde, el Ph= peso húmedo de la muestra; *r*= Relación peso seco/peso húmedo; 0,5= factor de contenido carbono para la biomasa y necromasa.

**Fuente:** (Aguirre *et al.*, 2014).



**Figura 7.** Recolección y pesado de la biomasa y necromasa

En las mismas parcelas, se hicieron calicatas, donde se tomaron dos muestras de suelo (disturbada y no disturbada) y se tomó la profundidad (cm) del horizonte orgánico.



**Figura 8.** Calicatas para la obtención de las muestras de suelo y profundidad del horizonte orgánico

La muestra disturbada de 500 g aproximadamente, se aprovechó para obtener el contenido de materia orgánica *método modificado* de Walkely y Black (1974), y para la toma de la muestra no disturbada se empleó un cilindro Kopecky para calcular la densidad aparente por el *método del volumen* conocido de Doran (1999) y constantes

hidrofísicas, mediante la metodología de Alberts *et al.*, (1987), realizado en el laboratorio de Aguas, Suelos y Bromatología de la UNL (Anexo 3).

Para obtener las constantes hidrofísicas de la muestra no disturbada, se realizó lo siguiente:

Se saturó los cilindros Kopecky por 24 hrs, registrando su peso húmedo. Posteriormente se la ingreso al equipo de constantes hidrofísicas a 1/10 atm por 24 hrs, registrando nuevamente su peso, luego se sometió a una presión de 1/3 por 24 hrs y se anotó su peso

Se colocó las muestras en la estufa a 105°C durante 24 hrs y se registró el peso seco del suelo y del cilindro Kopecky. Luego se procedió a tamizar por una malla de 2 mm. Para ser colocadas en anillos plásticos 20 g y saturadas por 24 hrs, estas muestras se sometieron a una presión de 15 atm por 48 horas

Finalmente, estas muestras se colocaron a 105 °C en la estufa por 24 hrs, y se registrando su peso.



**Figura 9.** Muestra de suelo no disturbadas saturada y pesado.

Para determinar la densidad aparente se empleó el método del cilindro como se indica en la tabla 3:

**Tabla 3.** Ecuación para obtener la densidad aparente del suelo

Ecuación.	Donde
$da (g\ cm^{-3}) = \frac{\text{Peso seco del suelo}}{\text{Volumen Cilindro}}$	<i>da</i> : densidad aparente

**Fuente:** Doran (1999)

El contenido de carbono orgánico en el suelo se determinó por el método modificado de Walkley y Black (1947), el cual está basado en la oxidación del carbono orgánico con la aplicación del oxidante dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ), el cual oxidará el carbono del suelo, transformándolo en  $CO_2$ . A partir de ello se podrá determinar la cantidad de oxidante que se ha empleado y ha reaccionado con el carbono, registrando su valor para obtener posteriormente contenido de carbono y materia orgánica.

Con los datos generados se calculó el contenido de carbono y materia orgánica, empleando las ecuaciones:

**Tabla 4.** Ecuaciones para obtener el contenido de carbono y materia orgánica

Ecuaciones para MO.	Donde
$\%C = \frac{(V_o - V) * N * 0.39}{(PM)}$	<p><b><i>V<sub>o</sub></i></b>: volumen gastado en la titulación del blanco</p> <p><b><i>V</i></b>: volumen gastado en la titulación de la muestra</p> <p><b><i>N</i></b>: normalidad exacta de sulfato de hierro</p> <p><b><i>0,39</i></b>: peso químico equivalente del carbono</p>
$MO(\%) = \frac{(V_o - V) * N * 0.39 * 1.72 * 1.1}{(PM)}$	<p><b><i>1,72</i></b>: constante de conversión de C a MO sobre la hipótesis de que la materia orgánica contiene 58 % de C en la generalidad de los suelos encontrados en el Ecuador.</p> <p><b><i>1,1</i></b>: error de conversión de C a MO (10 %)</p> <p><b><i>PM</i></b>: peso de muestra de suelo</p> <p><b><i>F</i></b>: factor de corrección de la sal de Morh</p>
Ecuación para carbono orgánico en el suelo (COS) por hectárea.	
$COS = \%C * da * ps * 100$	<p><b><i>COS</i></b>: carbono orgánico en el suelo, en toneladas por hectárea (<math>t\ ha^{-1}</math>)</p> <p><b><i>%C</i></b>: porcentaje de carbono en el suelo</p> <p><b><i>da</i></b>: densidad aparente</p> <p><b><i>ps</i></b>: profundidad del suelo en metros (m)</p>

Fuente: Walkley y Black (1947)

Finamente, para conocer el contenido de carbono total, se adiciona los valores obtenidos de biomasa, necromasa y suelo. Además, se completa la base de datos con los generados en el presente estudio y con los obtenidos de estudios anteriores para su posterior análisis. (ver anexo 5)

- **Análisis de los datos obtenidos.**

Para el primer objetivo determinar el contenido de carbono (biomasa, necromasa y suelo), de la zona altera y conservada del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador (RSE), Parque Nacional Podocarpus (PNP) y Parque Nacional Yacuri (PNY), se verificó la relación entre el contenido de carbono total y los contenidos de carbono para biomasa necromasa y suelo.

Se aplicó a los datos generados estadística descriptiva empleando el software *STATISTIC 7*, la opción caja de gráficas (box plot), para representar la distribución de los contenidos de carbono por cada uno de los compartimentos, biomasa, necromasa y suelo por el estado de conservación del mismo.

**3.4. *Determinación de las variables ambientales y propiedades del suelo que influyen entre el contenido de carbono orgánico del suelo del ecosistema paramo de la región sur del Ecuador (RSE).***

Para el segundo objetivo, se realizó una correlación con el coeficiente de correlación de Spearman que es un método estadístico no paramétrico, cuya finalidad es examinar la intensidad de asociación entre dos variables cuantitativas, cuando dichas variables no siguen una distribución normal. Su grado de la correlación varía entre -1 y +1 (Morgán, 2014) como se indica en la tabla 5.

Este coeficiente, se empleó para obtener la correlación y el tipo de concordancia entre el porcentaje de carbono orgánico y variables climáticas y ambientales como: la altitud (Alt), pendiente (%), precipitación (mm), temperatura (°C), el porcentaje de humedad del suelo a capacidad de campo (%Hs) (1/3 atm) y con el porcentaje de humedad del suelo a saturación (%Hs) (0 atm), con la finalidad de averiguar cuales factores influyen en el contenido de carbono orgánico del suelo.

**Tabla 5.** Grado de correlación

Grado	Correlación
0-0,25	Baja
0,25-0,50	Media
0,50-0,75	Moderada
0,75-1,00	Alta

Fuente: Morocho *et al.*, (2008)

Los datos climáticos se obtuvieron de la plataforma en línea de *Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas* (CHELSA, 2016) y se los proceso en el software *Arc Gis 10.3* y el porcentaje de humedad del suelo se lo obtuvo de las constantes hidrofísicas analizadas en laboratorio de suelos, empleando las ecuaciones:

**Tabla 6.** Ecuaciones para el porcentaje de humedad del suelo

Ecuaciones.
$\%Hd \text{ Suelo } Sat_{0 \text{ atm}} = \frac{\text{Peso muestra saturada} - \text{Peso suelo seco}}{\text{Peso suelo seco}}$
$\%Hd \text{ Suelo } CC_{1/3 \text{ atm}} = \frac{\text{Peso muestra } 1/3 \text{ atm} - \text{Peso suelo seco}}{\text{Peso suelo seco}}$

Fuente: Alberts *et al.*, (1987)

Las variables a relacionar con el porcentaje de carbono en el suelo se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 7.** Variables a correlacionar

Variables		Correlación
<b>Ambientales</b>	<b>Propiedades del suelo</b>	% carbono orgánico del suelo
Temperatura (°C)	Humedad del suelo a capacidad de campo (%Hs) (1/3 atm)	
Altitud (Alt)		
Precipitación (mm),	Humedad del suelo a saturación (%Hs) (0 atm)	
Pendiente (%)		

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Cuantificar el contenido de carbono en la biomasa, necromasa y la concentración de diferentes formas de carbono en el suelo en la zona conservada y alterada del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador.**

Completada la base de datos (secundarios y primarios), se procedió a realizar los respectivos análisis del cual se obtuvieron los siguientes resultados:

#### **4.1.1. Análisis general del contenido de carbono total en la región sur del Ecuador (RSE).**

El contenido total de carbono (biomasa, necromasa y suelo) en los 547,27 Km<sup>2</sup> que componen el ecosistema páramo de la región sur del Ecuador (RSE), fue de 24 271,47 t ha<sup>-1</sup>. La zona conservada tuvo un aporte de 17 411,88 t ha<sup>-1</sup> (72%) con una media de 148,82 t ha<sup>-1</sup>, y en la zona alterada fue 6 859,59 t ha<sup>-1</sup> (28%) con una media de 127,03 t ha<sup>-1</sup>.

Por compartimentos el suelo fue considerablemente mayor con un 88% de aporte al contenido de carbono total de la RSE, seguido por la biomasa con un 8% y un 4% para la necromasa. Tendencia que no cambia, al analizar el contenido de carbono por estado de conservación, con un aporte de 88% de carbono del suelo, 8% de la biomasa y 4% de la necromasa en la zona conservada; y, 90% de carbono del suelo, 6% de la biomasa y 4% de la necromasa en la zona alterada.

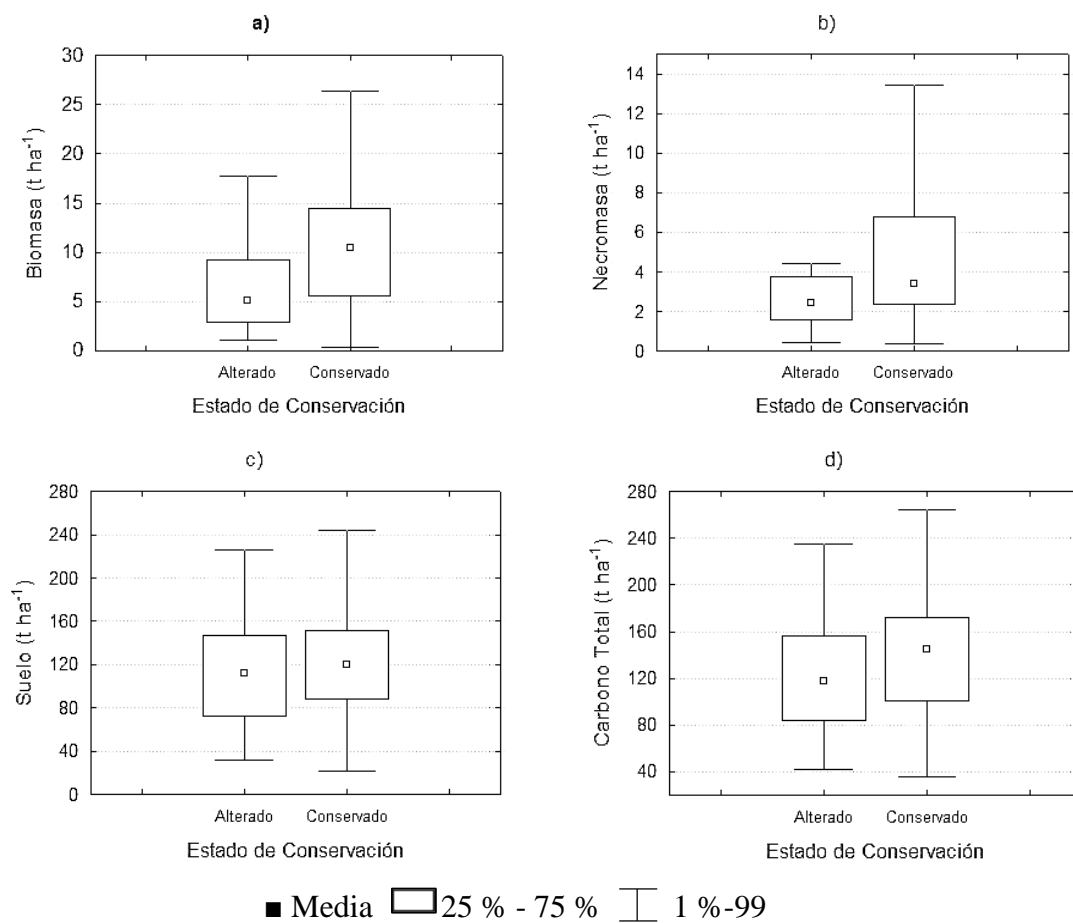
Por estado de conservación, los contenidos de carbono medio en los compartimentos biomasa, necromasa y suelo su contenido es mayor en la zona conservada que en la zona intervenida.



**Tabla 8.** Contenido de carbono medio y total ( $t\ ha^{-1}$ ) en los páramos de la región sur del Ecuador (RSE)

Estado de Conservación	Compartimento	Media ( $t\ ha^{-1}$ )	E.E.	Min	Max	Total ( $t\ ha^{-1}$ )
<b>Alterado</b>	Biomasa	7,72	1,17	1,09	55,02	416,81
	Necromasa	3,77	0,51	0,40	15,04	203,56
	COS	115,54	7,21	31,11	321,31	6 239,22
	<b>Carbono total</b>	<b>127,03</b>	<b>7,92</b>	<b>41,85</b>	<b>391,31</b>	<b>6 859,59</b>
<b>Conservado</b>	Biomasa	11,62	0,79	0,32	46,94	1 359,79
	Necromasa	6,65	0,70	0,37	43,50	777,94
	COS	130,55	7,51	21,13	522,16	15 274,15
	<b>Carbono total</b>	<b>148,82</b>	<b>7,58</b>	<b>35,93</b>	<b>530,13</b>	<b>17 411,88</b>
<b>Análisis General del contenido de carbono en la RSE</b>						
<b>Conservado + Alterado</b>	<b>Biomasa</b>	<b>10,39</b>	<b>0,67</b>	<b>0,32</b>	<b>55,02</b>	<b>1 776,60</b>
	<b>Necromasa</b>	<b>5,74</b>	<b>0,51</b>	<b>0,37</b>	<b>43,50</b>	<b>981,50</b>
	<b>COS</b>	<b>125,81</b>	<b>5,63</b>	<b>21,13</b>	<b>522,16</b>	<b>21 513,37</b>
	<b>Carbono total</b>	<b>141,94</b>	<b>5,80</b>	<b>35,93</b>	<b>530,13</b>	<b>24 271,47</b>

Con respecto a la distribución de los contenidos de carbono total y de los compartimentos de biomasa, necromasa, suelo para zona altera y conservada de la RSE (ver Figura 10), se observó una distribución asimétrica para todos los compartimentos. En el compartimento de biomasa (ver Figura 10a) y necromasa (ver Figura 10b) de la zona conservada presentó mayor contenido de carbono, con una mayor variabilidad respecto a la zona alterada. En cambio, en el compartimento de suelo (ver Figura 10c) el contenido de carbono que presentó la zona altera es menor al contenido carbono de la zona conservada (ver Tabla 8), presentando mayor variabilidad en la zona conservada. Por último, en el carbono total (ver Figura 10d), el aporte de carbono en la zona conservada es mayor que a la zona intervenida, en donde dicha zona presentó una menor variabilidad de contenido de carbono.



**Figura 10.** Contenido de Carbono en la RSE en los diferentes compartimentos por estado de conservación: a) Biomasa, b) Necromasa, c) Suelo y d) Carbono Total

#### 4.1.2. Análisis del contenido de carbono total del Parque Nacional Podocarpus (PNP).

El contenido total de carbono (biomasa, necromasa y suelo) en los 116, 37 Km que componen el ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus, fue de 17 415, 50 t ha<sup>-1</sup>. La zona conservada tuvo un aporte de 12 637,85 t ha<sup>-1</sup> (72%) con una media de 152,26 t ha<sup>-1</sup>, y en la zona alterada fue 4 777,65 t ha<sup>-1</sup> (28%) con una media de 125,73 t ha<sup>-1</sup>.

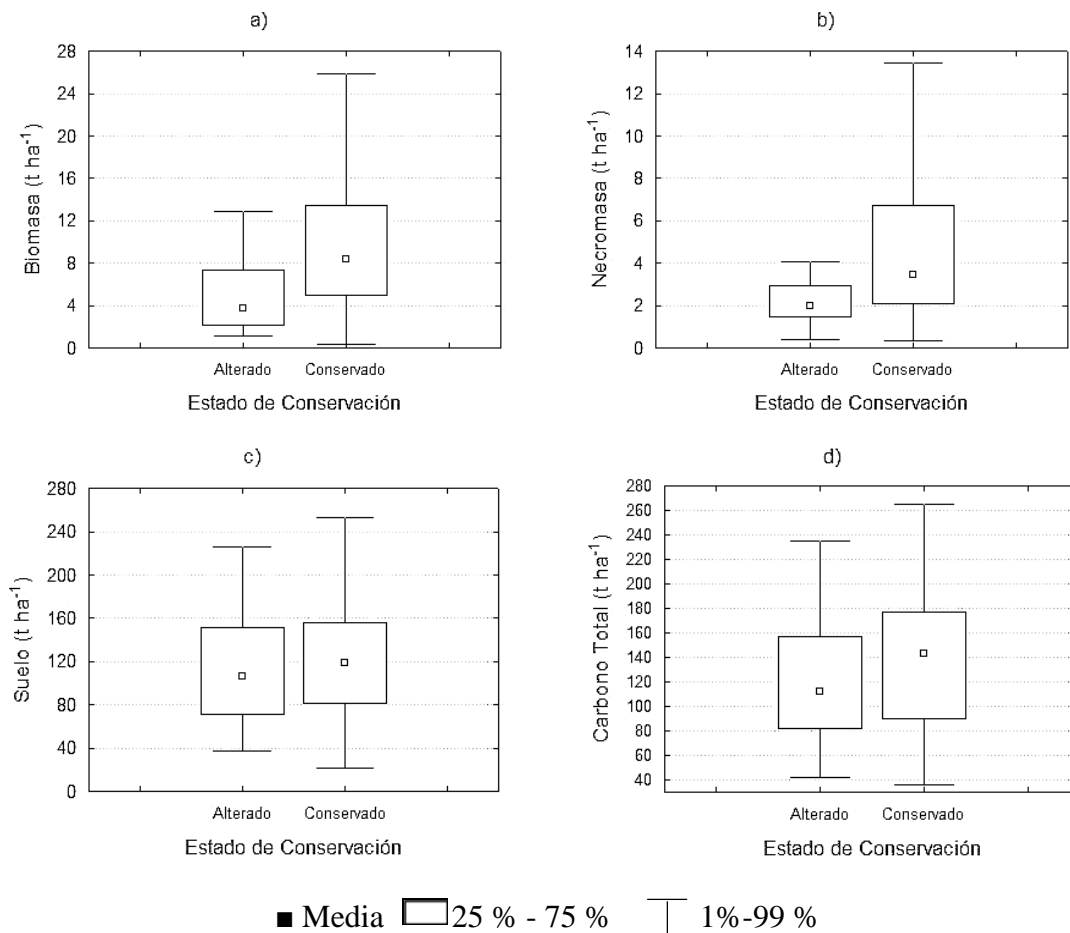
Por compartimentos el suelo fue ampliamente mayor con un 90% de aporte al contenido de carbono total de la PNP, seguido por la biomasa con un 7% y un 3% para la necromasa. Tendencia que no cambia, al analizar el contenido de carbono por estado de conservación, con un aporte de 88% de carbono del suelo, 8% de la biomasa y 4%

de la necromasa en la zona conservada; y, 93% de carbono del suelo, 5% de la biomasa y 2% de la necromasa en la zona alterada.

**Tabla 9.** Contenido de carbono orgánico medio y total (t ha<sup>-1</sup>) en el Parque Nacional Podocarpus (PNP)

Estado de Conservación	Compartimento	Media (t ha <sup>-1</sup> )	E.E.	Min	Max	Total (t ha <sup>-1</sup> )
<b>Alterado</b>	Biomasa	6,63	1,51	1,09	251,98	251,58
	Necromasa	2,60	0,39	0,40	14,99	98,76
	COS	116,50	9,24	37,44	321,31	4 426,91
	<b>Carbono total</b>	<b>125,73</b>	<b>10,35</b>	<b>41,85</b>	<b>391,31</b>	<b>4 777,65</b>
<b>Conservado</b>	Biomasa	11,21	1,01	0,32	46,94	1 359,79
	Necromasa	6,17	0,80	0,37	43,50	777,94
	COS	134,89	10,23	21,13	522,16	15 274,15
	<b>Carbono total</b>	<b>152,26</b>	<b>10,26</b>	<b>35,93</b>	<b>530,13</b>	<b>17 411,88</b>
<b>Análisis General del contenido de carbono en el PNP</b>						
<b>Conservado + Alterado</b>	<b>Biomasa</b>	<b>9,77</b>	<b>0,86</b>	<b>0,32</b>	<b>55,02</b>	<b>1 182,65</b>
	<b>Necromasa</b>	<b>5,04</b>	<b>0,58</b>	<b>0,37</b>	<b>43,53</b>	<b>614,42</b>
	<b>COS</b>	<b>129,11</b>	<b>7,61</b>	<b>21,13</b>	<b>522,16</b>	<b>15 622,43</b>
	<b>Carbono total</b>	<b>143,93</b>	<b>7,81</b>	<b>35,93</b>	<b>530,13</b>	<b>17 415,50</b>

Así mismo la distribución de los contenidos de carbono en los compartimentos de biomasa, necromasa, suelo y carbono total por zona altera y conservada (ver Figura 11), se observó una distribución asimétrica para todos los compartimentos. En el compartimento de biomasa (ver Figura 11a) y necromasa (ver Figura 11b), la zona conservada presentó mayor contenido de carbono, con mayor desigualdad en sus valores y mayor variabilidad esto respecto a la zona alterada. En cambio, en el compartimento de suelo (ver Figura 11c) los contenidos de carbono en ambas zonas son casi similares, presentando mayor variabilidad en la zona conservada. En el carbono total (ver Figura 11d) el contenido de carbono en la zona alterada es superando por la zona conservada, y presentó una mayor variabilidad de contenido de carbono.



**Figura 101.** Contenido de Carbono en el PNP en los diferentes compartimentos por estado de conservación: a) biomasa, b) Necromasa, c) Suelo y d) Carbono Total

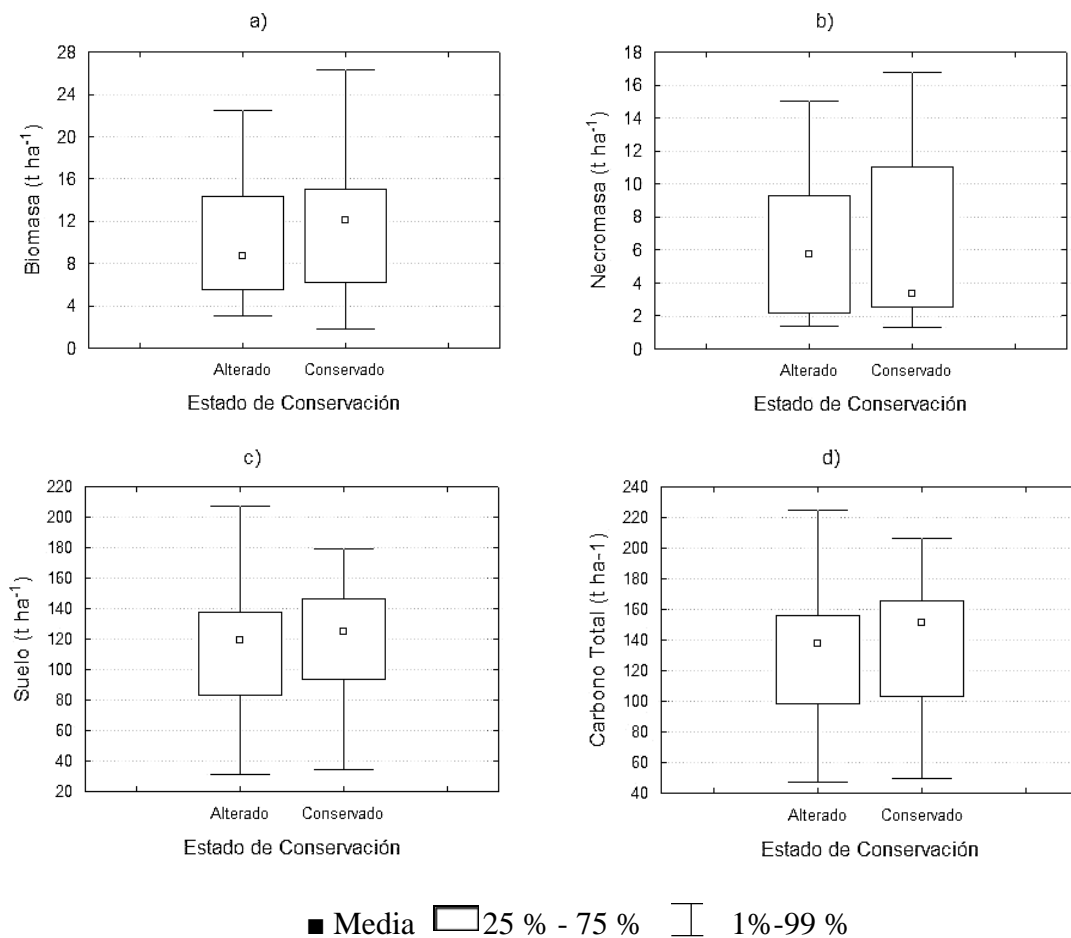
#### 4.1.3. Análisis del contenido de carbono total del Parque Nacional Yacuri (PNY).

El contenido total de carbono (biomasa, necromasa y suelo) en los 430, 91 Km<sup>2</sup> que componen el ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri (PNY), fue de 4 774,03 t ha<sup>-1</sup>. La zona conservada tuvo un aporte de 4 774,03 t ha<sup>-1</sup> (70%) con una media de 140,41 t ha<sup>-1</sup>, y en la zona alterada fue 2 081,93 t ha<sup>-1</sup> (30%) con una media de 130,12 t ha<sup>-1</sup>. Por compartimentos el suelo fue ampliamente mayor con un 86% de aporte al contenido de carbono total de la PNY, seguido por la biomasa con un 9% y un 5% para la necromasa. Tendencia que no cambia, al analizar el contenido de carbono por estado de conservación, con un aporte de 85% de carbono del suelo, 9% de la biomasa y 6% de la necromasa en la zona conservada; y, 87% de carbono del suelo, 9% de la biomasa y 6% de la necromasa en la zona alterada.

**Tabla 10.** Contenido de carbono orgánico medio y total ( $t\ ha^{-1}$ ) del Parque Nacional Yacuri (PNY)

Estado de Conservación	Compartimento	Media ( $t\ ha^{-1}$ )	E.E.	Min	Max	Total ( $t\ ha^{-1}$ )
<b>Alterado</b>	Biomasa	10,30	1,51	3,08	22,48	164,83
	Necromasa	6,55	1,21	1,39	15,04	104,80
	COS	113,27	10,89	31,11	207,52	1 812,31
	<b>Carbono total</b>	<b>130,12</b>	<b>10,92</b>	<b>47,21</b>	<b>224,97</b>	<b>2 081,93</b>
<b>Conservado</b>	Biomasa	12,62	1,10	1,85	26,32	429,12
	Necromasa	7,83	1,42	1,60	7,83	266,28
	COS	119,96	6,47	34,10	179,06	4 078,63
	<b>Carbono total</b>	<b>140,41</b>	<b>7,28</b>	<b>49,30</b>	<b>206,63</b>	<b>4 774,03</b>
<b>Análisis General del contenido de carbono en el PNY</b>						
<b>Conservado + Alterado</b>	<b>Biomasa</b>	<b>11,58</b>	<b>0,90</b>	<b>1,85</b>	<b>26,32</b>	<b>593,95</b>
	<b>Necromasa</b>	<b>7,42</b>	<b>1,04</b>	<b>1,39</b>	<b>27,53</b>	<b>371,08</b>
	<b>COS</b>	<b>117,82</b>	<b>5,57</b>	<b>31,11</b>	<b>207,52</b>	<b>5 890,94</b>
	<b>Carbono total</b>	<b>137,12</b>	<b>6,04</b>	<b>47,21</b>	<b>224,97</b>	<b>6 855,96</b>

El análisis de la distribución de los contenidos de carbono en los compartimentos de biomasa, necromasa, suelo y carbono total por zona altera y conservada del PNY (ver Figura 12), se observó una distribución asimétrica para todos los compartimentos. En el compartimento de biomasa (ver Figura 12a) y necromasa (ver Figura 12b), la zona conservada presentó un mayor contenido de carbono, con una mayor variabilidad del contenido de carbono con respecto a la zona alterada. En cambio, en el compartimento de suelo (ver Figura 12c) el contenido de carbono en ambas zonas es similar (ver Tabla 10), presentando mayor variabilidad en la zona alterada. Para el carbono total (ver Figura 12d) el contenido de carbono en la zona conservada es mayor que en la zona alterada, en donde la zona conservada presentó mayor variabilidad de contenido de carbono.



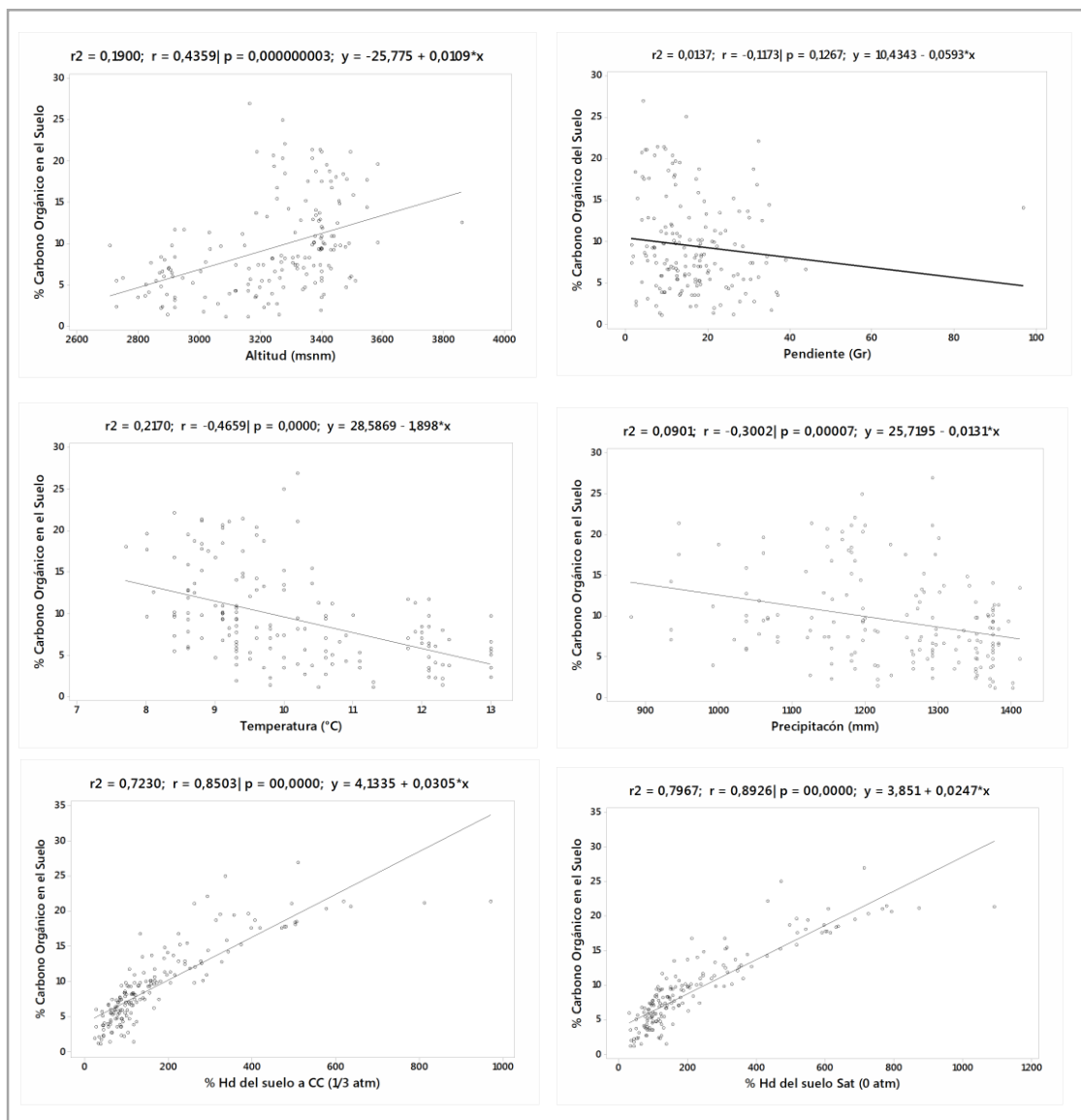
**Figura 12.** Contenido de Carbono en el PNY en los diferentes compartimentos por estado de conservación: a) Biomasa, b) Necromasa, c) Suelo y d) Carbono Total

#### 4.2. Determinar las variables ambientales y propiedades del suelo que influyen en el contenido de carbono orgánico del suelo del ecosistema páramo de la región sur del ecuador.

##### 4.2.1. Correlación entre variables ambientales y propiedades del suelo con el porcentaje de carbono orgánico del suelo (%COS) de la región sur del Ecuador (RSE).

En la prueba de correlación de Spearman (ver Figura 12) entre el porcentaje de carbono del suelo (%COS) con variables ambientales y propiedades del suelo, presentó una correlación ( $r$ ) positiva media entre el %COS y la altitud (msnm) ( $r_s=0,44$ ), así mismo presentó una correlación negativa media con la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $r_s=-0,47$ ).

Para las variables físicas del suelo, existió una correlación positiva alta, tanto con el porcentaje de humedad del suelo a capacidad de campo (1/3 atm) ( $r_s=0,85$ ) y con el porcentaje de humedad de suelo a saturación (0 atm) ( $r_s=0,89$ ).

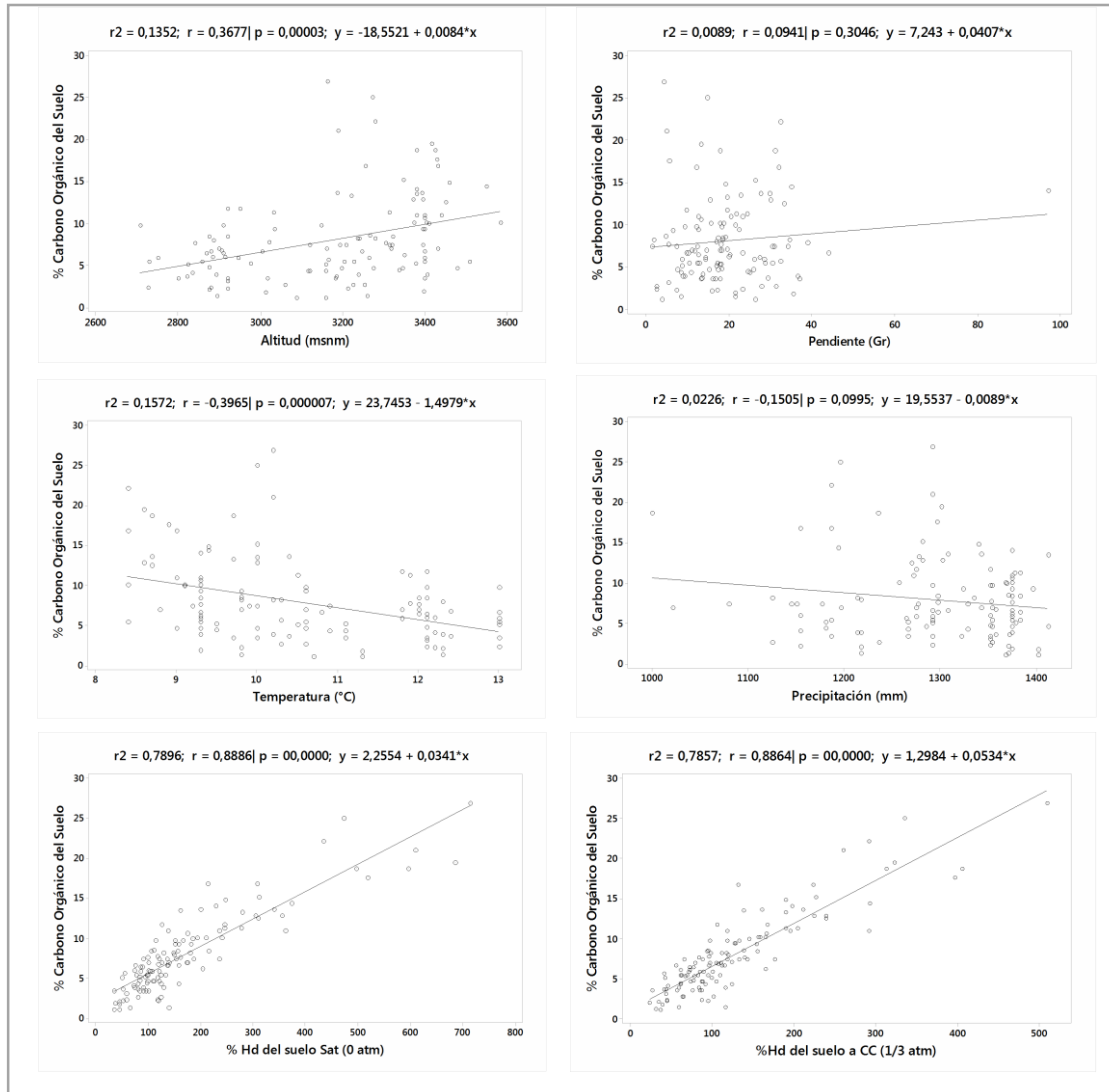


**Figura 113.** Grado de correlación entre el variables ambientales y físicas del suelo y %COS del ecosistema páramo del RSE

#### 4.2.2. Correlación entre variables ambientales y propiedades del suelo con el porcentaje de carbono orgánico del suelo (%COS) del PNP.

El porcentaje de carbono del suelo (%COS) con variables ambientales y propiedades del suelo, para el PNP, se observó una correlación ( $r$ ) positiva media entre el %COS y la altitud (msnm) ( $r_s = 0,37$ ), así mismo una correlación negativa media con la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) ( $r_s = -0,40$ ). Respecto, a las propiedades físicas del suelo, se estuvo una correlación positiva alta, tanto con el porcentaje de humedad del suelo a

capacidad de campo (1/3 atm) ( $r_s = 0,89$ ) y con el porcentaje de humedad de suelo a saturación (0 atm) ( $r_s = 0,89$ ) respectivamente.



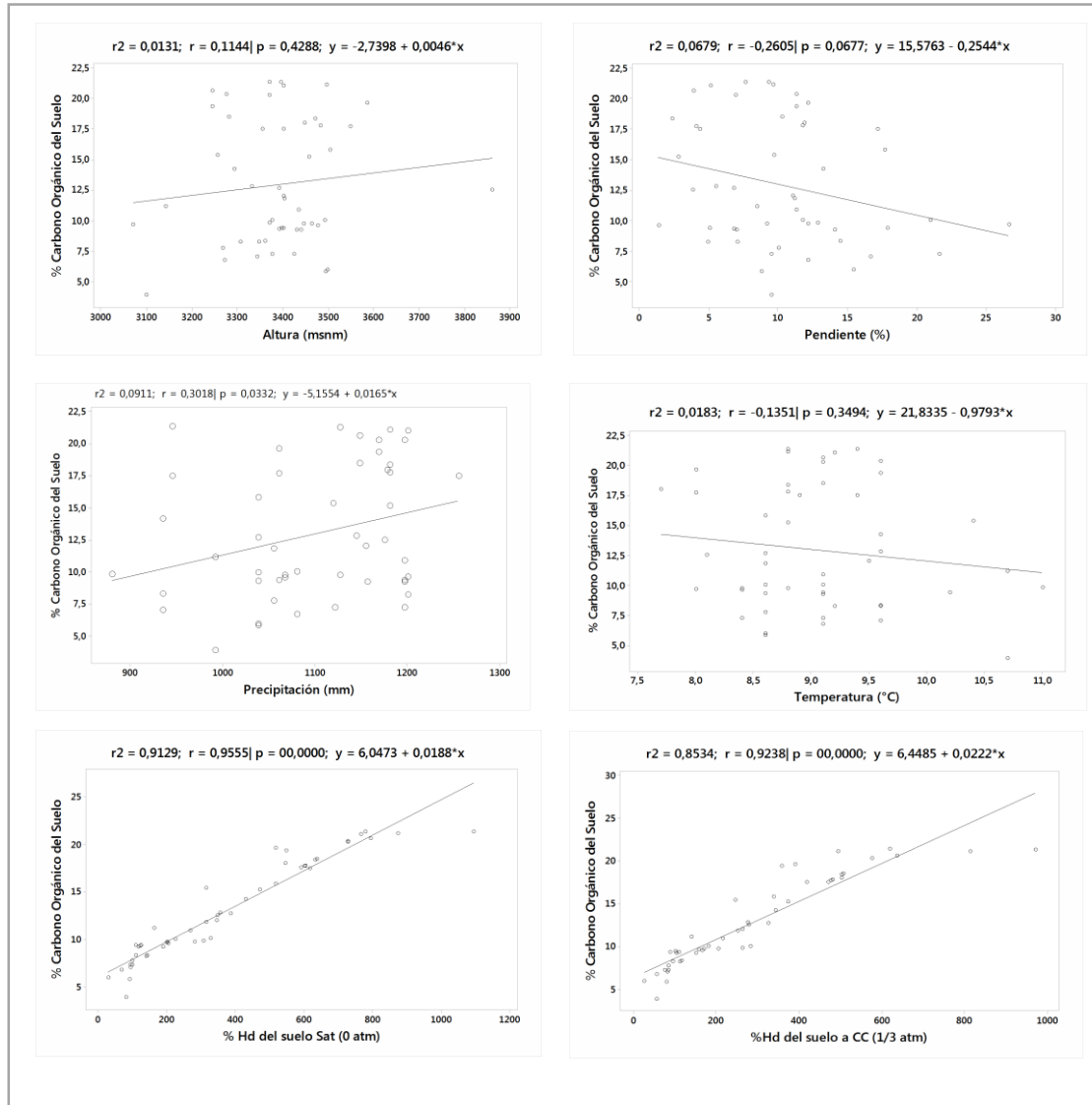
**Figura 124.** Grado de correlación entre variables ambientales y físicas del suelo y el %C y del ecosistema páramo del PNP

#### 4.2.3. Correlación entre variables ambientales y propiedades del suelo con el porcentaje de carbono orgánico del suelo (%COS) del PNY.

En la Figura 15 se indica el porcentaje de carbono del suelo (%COS) con variables ambientales y propiedades del suelo, demostraron una correlación ( $r$ ), positiva baja entre el %COS y la altitud (msnm) ( $r_s = 0,11$ ), y una correlación negativa baja con la temperatura ( $r_s = -0,13$ ). Con respecto a las variables físicas del suelo, dio una correlación positiva alta con el porcentaje de humedad del suelo a capacidad de



campo (1/3 atm) ( $r_s=0,95$ ) y con el porcentaje de humedad de suelo a saturación (0 atm) ( $r_s=0,92$ ) individualmente.



**Figura 135.** Grado de correlación entre el % carbono orgánico del suelo y variables ambientales y físicas del suelo en el páramo del PNY

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1. **Cuantificar el contenido de carbono en la biomasa, necromasa y la concentración de diferentes formas de carbono en el suelo en la zona conservada y alterada de ecosistema páramo de la región sur del Ecuador (RSE).**

En términos generales se ha estimado que las mayores cantidades de carbono almacenadas se encuentran en la materia orgánica del suelo, en contraste con el carbono de la biomasa y necromasa. Estas reservas varían ampliamente en función del estado de conservación (Eurídice y Baker, 2010; Granja, 2015).

Los resultados de este estudio, presentaron diferencias significativas respecto a los valores de carbono almacenado tanto en la zona alterada y conservada del ecosistema páramo de la RSE con un contenido total de 24 271,47 t ha<sup>-1</sup>, donde la zona conservada tuvo un aporte de 17 411,88 t ha<sup>-1</sup> (72%) con una media de 148,82 t ha<sup>-1</sup>, y en la zona alterada fue 6 859,59 t ha<sup>-1</sup> (28%) con una media de 127,03 t ha<sup>-1</sup> con respecto al aporte de carbono total en la zona de estudio. Estos valores son mayores a los encontrados por León (2014), en su estudio realizado, en el páramo de Sachahuayco del cantón Mocha, donde la cantidad media de carbono orgánico almacenado que en la zona conservada es 13,18% y en la zona intervenida existe una media de carbono orgánico de 4,16%. Por otro lado, Cunalata *et al.* (2013) realizaron estudios en diferentes coberturas y obtuvieron porcentajes de carbono de 8,7% en áreas con pajonal alto, mientras que para las áreas con cobertura mínima encontraron 4,7% de carbono orgánico; estos estudios destacan la importancia del efecto positivo de las coberturas vegetales sobre el contenido de carbono total. Valores que al ser comparados con el contenido de carbono total, encontrados en un estudio realizado por Suárez, Acurio, Chimbolema, y Aguirre, (2016), en la Reserva Ecológica Antisana (REA) y Parque Nacional Cajas (PNC), donde la zona conservada aportó un mayor contenido de carbono en ambas áreas, que el aporte de la zona en recuperación y zona alterada, esto se debe a la diferente historia de manejo del ganado que han tenido en esos ecosistemas.

.Las diferencias encontradas en los contenidos de carbono en las zonas conserva y alterada, se deben posiblemente a la densidad del suelo y los contenidos de materia orgánica donde fueron en su mayoría más altos en la zona conservada que en la zona intervenida, presentando así una correlación positiva a mayor cantidad de carbono menor densidad del suelo y por ende su captura y almacenamiento de igual forma (Martínez, Fuentes, y Acevedo, 2008; Quito, 2018).

Con respecto al contenido de carbono presente en compartimento suelo en el páramo de la RSE, tanto de la zona intervenida como conservada, el suelo es el compartimento que mayor aporta al contenido de carbono total, con un contenido medio de  $126 \text{ t ha}^{-1}$ . La zona intervenida aporta un valor promedio  $115,52 \text{ t ha}^{-1}$  y la zona conservada  $130,55 \text{ t ha}^{-1}$ , tendencia que se repite al analizar el contenido de carbono en suelo, del páramo de Guantiva-La Rusia, departamento de Boyacá-Colombia, los cuales reportan que el contenido más alto de carbono orgánico se registró en la parcela no intervenida con un valor promedio de  $144,93 \text{ t ha}^{-1}$ , mientras que el contenido más bajo se presentó en la parcela intervenida, con un valor promedio de  $60,41 \text{ t ha}^{-1}$  mencionado por Africano *et al.*, (2017). Así mismo, valores encontrados por Andrade y Yepez (2014), en suelos colombianos quienes reportaron contenidos de carbono orgánico para vegetación nativa de  $134,41 \text{ t ha}^{-1}$  y para vegetación de pastos (intervenida) de  $101,75 \text{ t ha}^{-1}$ .

Los estudios antes mencionados concuerdan, con los resultado del presente estudio nos demuestran que los páramos en la zona conservada son capaces de almacenar grandes cantidades de carbono, debido a que son zonas que tienen menos intervención humana manteniendo el carbono almacenado y reduciendo su liberación en forma de  $\text{CO}_2$ , lo contrario ocurre en la zona intervenida ya sea por incendios, plantación de especies exótica, ganadería y agricultura, los cuales liberan el contenidos de carbono pudiendo ocasionar más perjuicios que beneficios en lo referente a los servicios ambientales que se obtienen de estos ecosistemas.

Con respecto a los valores encontrados en el presente estudio del PNP y PNY del compartimento suelo, en la zona conservada del PNP, aportó en promedio el 88% con una media de  $134,89 \text{ t ha}^{-1}$ , así mismo la zona alterada aportó un 92% con una

media de 116,50 t ha<sup>-1</sup>, tendencia que se repite al analizar el contenido de carbono total de la zona conservada y alterada del páramo en el PNY, que aporta en promedio el 85% con una media de 120,92 t ha<sup>-1</sup> en la zona conservada y 88% con una media de 134,28 t ha<sup>-1</sup> de la zona alterada al contenido de carbono total respectivamente. Esta condición favorable de suelo se debe a las cantidades altas de materia orgánica, presentes en la zona conservada, ya que esta mejora propiedades como la porosidad del suelo, evitando problemas como la compactación, permitiendo que su densidad sea baja lo cual aumenta la capacidad de almacenamiento de carbono. En cambio, la zona alterada por lo general se encuentra a los extremos de los parques, la cual esta propensa al cambio de unos de suelo además de compactación del suelo por presencia de ganadería disminuye la densidad del mismo.

Es importante al momento de cuantificar carbono, muestrear y monitorear la vegetación (Ayala *et al.*, 2014). Terrenos actualmente ocupados con pastos dedicados a ganadería extensiva y minifundios poseen menor contenido de carbono, respecto a suelos con vegetación natural, debido a la ausencia de fertilización, combinada con altos niveles de erosión de los mismos (Castañeda y Montes, 2018). De esta manera asumimos que la diferencia depende de las formaciones vegetales que posee el área de estudio, así como también factores ambientales (temperatura, precipitación, altitud entre otras), la presencia de intervención antrópica especialmente en los extremos de las áreas de estudio. Por ende, es importante su conservación y buen manejo del área protegida (PNP y PNY), que en su mayoría son un área intacta que merece ser conservada, siendo un ecosistema óptimo para conservar su vegetación. Tanto los valores encontrados en el compartimento biomasa y necromasa de páramo del PNP y PNY (zona alterada y conservada), se obtuvieron mayores contenidos de carbono en la biomasa de la zona conservada y alterada, con respecto al contenido de la necromasa de la zona conservada y alterada.

En términos general el contenido de carbono de biomasa presentes en el PNP y PNY en la zona conservada, concuerda con lo dicho por Castañeda y Montes (2017), donde menciona que en Suramérica el carbono en biomasa varía entre 13,21 t ha<sup>-1</sup> y 183 t ha<sup>-1</sup>. Mientras que otros estudios sugieren que estos ecosistemas podrían

almacenar entre 100 a 200 t ha<sup>-1</sup> o más, según su estado de conservación (Ayala *et al.*, 2014; Zimmermann *et al.*, 2010; Zúñiga, Peña, Torres, Cuero, y Peña, 2013). En el ecosistema de páramo existen diferentes presiones sobre el recurso suelo y sobre la vegetación, especialmente las relacionadas con actividades agrícolas y pecuarias que, sin ser lógicas, se han arraigado durante décadas en estos escenarios naturales (Africano *et al.*, 2017). Cuando se altera el suelo por prácticas de manejo se puede afectar la superficie expuesta (suelo), así, la perturbación del suelo por labranza es una de las causas de la disminución de la materia orgánica del suelo (Olson *et al.*, 2005), lo cual incrementa los flujos de CO<sub>2</sub> desde el suelo hacia la atmósfera.

## **5.2. Determinar las variables ambientales y propiedades del suelo que influyen entre el contenido de carbono orgánico del suelo del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador.**

El almacenamiento de carbono en los suelos del ecosistema páramo, depende de las condiciones y del estado climático y del cambio de temperatura en el zona de estudio, teniendo con esta variable una correlación negativa con el contenido de carbono en el suelo, es así que a menores rangos de temperatura el porcentaje de carbono en el suelo aumenta (% COS) (Longbottom, Townsend, Owen, y Maurari, 2014; Mogollón, Rivas, Martínez, y Marquez, 2015; Pérez, Ramírez, Jaramillo, y Bautista, 2013). Los suelos de los páramos estudiados, se caracterizan por tener altos contenidos de materia orgánica, generalmente con presencia de cenizas volcánicas, baja densidad aparente, alta conductividad hidráulica saturada y alta capacidad de retención de humedad, aún a punto de marchitez permanente. Lo anterior está de acuerdo con lo reportado por diferentes autores para suelos de páramo (Buytaert, 2004; Hincapié y Tobón, 2011; Iñiguez *et al.*, 2015; Mena *et al.*, 2000).

Es así que en el suelo del ecosistema páramo de la RSE, se encontró una correlación negativa media  $r_s = -0,39$ , tendencia que se repite en los páramo del PNP y PNY con una correlación negativa media  $r_s = -0,40$  y  $r_s = -0,35$  respectivamente, esta tendencia es similar a la descrita por Moreno y Quinde (2017), encontrada en el PNP, quienes señalan, una correlación negativa media con la temperatura ( $r_s = -0,39$ ), siendo

esta característica propia de este tipo de ecosistemas con temperatura bajas (Yan *et al.*, 2017; Zúñiga *et al.*, 2013).

La influencia del relieve presente en los páramos es determinante tanto en la cantidad como en la calidad de la materia orgánica (MO), en consecuencia, al contenido de carbono orgánico del suelo (COS), el cual depende de su mayor o menor contenido a diferentes factores: precipitación, temperatura, humedad relativa, contenido de arcilla, altitud (asociada con la disminución de la temperatura), material parental, etc. Los contenidos de materia orgánica aumentan con la altitud, el contenido y la composición del COS (Sánchez, Ruiz, y Ríos, 2005). Ochoa *et al.*, (2000) encontraron una correlación positiva y altamente significativa entre la altitud de muestreo y el contenido de carbono en suelos venezolanos ( $r_s = 0,77$ ). Para la RSE se consiguió una correlación media positiva para la altitud  $r_s = 0,44$ , por otra parte en el PNP y PNY presentaron una correlación media  $r_s = 0,37$  y  $r_s = 0,45$  respectivamente. El incremento del COS con la altitud fue asociado a una disminución de la temperatura, fundamentalmente para las partes altas mayores a 3 000 msnm, donde se presentaron el mayor porcentaje de carbono y los menores contenidos de carbono se presentaron altitudes inferiores a 2 900 msnm.

La temperatura desempeña un papel notable en el contenido y almacenamiento de carbono, ya que los mayores contenidos de carbono en RSE, se presentan un rango de temperatura entre 9 a 11 °C, en cambio los menores contenidos de carbono se presentaron en los extremos del ecosistema páramo, donde se evidencian los mayores rangos de temperatura de este ecosistema, los cuales van entre 11 y 14 °C, además los extremos se encuentran en zonas más bajas por ende la temperatura aumenta, lo cual disminuye la capacidad de almacenar y secuestrar carbono, además estas áreas están propensas a cambio de uso de suelo.

A más de estos factores, el contenido de carbono almacenado en el suelo tiene relación directa con los valores de humedad en el suelo, lo cual afecta las propiedades físicas del mismo como la humedad aprovechable, a la capacidad y movilidad de aire, agua y de gases en el suelo (Cruz & Martínez, 2015; Mogollón *et al.*, 2015). Al analizar estas propiedades en los suelos del ecosistema páramo de la RSE se encontró una

correlación positiva alta  $r_s = 0,85$  entre porcentaje de carbono (%C) con el porcentaje de humedad (%Hd) del suelo a capacidad de campo (CC) (1/3 atm) y una correlación alta  $r_s = 0,89$  con %Hd del suelo a saturación (Sat) (0 atm), tendencia que sigue al analizar esta característica por PNP y PNY se encontró una correlación alta ( $r_s = 0,88$ ) entre el %C con el %Hd del suelo a CC (1/3 atm) y alta ( $r_s = 0,88$ ) con %Hd del suelo a Sat (0 atm) en los páramos del PNP, esta tendencia es similar en los suelos del ecosistema páramo de los PNY con una correlación alta ( $r_s = 0,92$ ) entre el %C con el %Hd del suelo a CC (1/3 atm) y alta ( $r_s = 0,95$ ) con %Hd del suelo a Sat (0 atm). Estudios similares realizados en México por Anaya, Mendoza, Rivera, Páez, & Olovarés (2016), donde el porcentaje de humedad a campo CC y el porcentaje a Hd correlacionó positivamente con el porcentaje de COS, con  $r_s = 0,74$  y  $r_s = 0,57$ .

La retención de humedad en el suelo es afectada por la textura, la densidad aparente y la concentración de materia orgánica. No obstante, es difícil interpretar el efecto independiente de dichas propiedades del suelo porque éstas interactúan entre sí (Anaya *et al.*, 2016). Las relaciones entre la materia orgánica, expresada en %C (Rico & Suárez, 2018; A. Torres, Esquivel, y Tinoco, 2017), la densidad aparente y la humedad del suelo en el presente estudio, son explicadas por Zambrano, Apráez, y Navia (2014), quienes encontraron en su estudio que los valores de densidad aparente están directamente relacionados con los altos contenidos de MO, debido a que ésta última hace disminuir la densidad al incrementar la estabilidad de los agregados del suelo y ocupa un menor volumen en comparación con el mineral propio del suelo (Atencio, Díaz, & Prada, 2018); a su vez, lo anterior permite una mayor retención de agua (Avila *et al.*, 2017; Buenaver & Rodríguez, 2016).

## 6. CONCLUSIONES

- El contenido de carbono en el ecosistema páramo de la región sur del Ecuador por estado de conservación, se evidencia que el mayor aporte de contenido medio de carbono fue la zona conservada  $149 \text{ t ha}^{-1}$ , en cambio la zona alterada, aportó con una media de  $127 \text{ t ha}^{-1}$ , por lo tanto se podría decir que el estado de conservación es un factor clave para entender y generar estas diferencias.
- El análisis del contenido de carbono total por compartimentos (suelo, bioma y necromasa) del ecosistema páramo de la región sur del Ecuador, el suelo por su baja densidad aparente aporta con 88% del contenido de carbono total, le sigue la biomasa con 8% y la necromasa un 4%.
- De los factores ambientales analizados los que mayormente influyen en el contenido de carbono total en el ecosistema páramo de la región sur del Ecuador son temperatura y precipitación, siendo éstas variables útiles para predecir el contenido de carbono en estos ecosistemas de altura.
- La zona conservada del ecosistema paramo desempeñan un rol fundamental al constituirse en grandes sumideros de carbono que a su vez les permite brindar servicios ecosistémicos uno de ellos es la provisión de agua.
- Con más tiempo y más recursos, sería posible obtener más información y dar una mejor explicación a los efectos que generan las alteraciones antrópicas en los páramos, actividad que genera cambios en el suelo y en la cobertura vegetal de estos ecosistemas únicos, frágiles y altamente estratégicos.



## **7. RECOMENDACIONES**

- Es necesario proteger el ecosistema páramo, el cual almacenan y secuestra grandes cantidades de carbono, evitando así el cambio del uso de este ecosistema, preservando fuentes hídricas y de más servicios ambientales.
- A partir de este estudio se recomienda seguir realizando investigaciones respecto al almacenamiento y estimación de carbono en este tipo de ecosistema, ya que se encontró con limitada información sobre este tema en este tipo de ecosistemas.
- Difundir la información obtenida en la presente investigación a instituciones involucradas en la conservación y manejo de este tipo áreas, dando a conocer el alto potencial que poseen este tipo de ecosistema.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Acuario, C. (2015). *Análisis de la influencia del estado de conservación de los humedales altoandinos del Parque nacional cajas y la Reserva Rcológica Antisana en el secuestro de carbono*. 1–120. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7082/1/03> FOR 259 TRABAJO DE GRADO.pdf
- Africano, K., Cely, G., y Serrano, P. (2017). Potencial de Captura de CO2 asociado al componente edáfico en páramos Guantiva-La Rusia, departamento de Boyacá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 21(1), 91. <https://doi.org/10.19053/01233769.4572>
- Alba, Á., Gonzáles, G., y Longo, M. (2016). Macroinvertebrados asociados a macrófitas en la laguna La Virginia, páramo Sumapaz, Colombia. *Biota Colombiana*, 17(2), 19. <https://doi.org/10.21068/c001>
- Anaya, C., Mendoza, M., Rivera, M., Páez, R., y Olovares, D. (2016). *Contenido de carbono organico y retención de agua en los suelos de un bosque de niebla en Michoacán, México*. 251–269. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v50n2/1405-3195-agro-50-02-00251.pdf>
- Andrade, A., y Yopez, H. (2014). *Almacenamiento De Agua Y Cuantificacion De Carbono En El Ecosistema Paramo Dentro De Un Esquema Global*. 1–131.
- Andrade, I., Sandio, J., y Domínguez, J. (2017). *Biodiversidad Y Territorial.innovación para la gestión adaptativa frente al cambio global insumos técnicos para el plan de acción nacional para la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos*. Retrieved from <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32559/467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Atencio, C. H., Díaz, C., y Prada, K. (2018). *Características físico-químicas de suelos con relación a su conformación estructural*. 6, 58–69.

- Avagyan, A., Karttunen, K., DeVit, C., & Rioux, J. (2015). *Learning tool on Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs) in the agriculture, forestry and other land use (AFOLU)*.
- Avila, E., Leiva, F., y Darghan, A. (2017). *Friabilidad y su relación con algunas propiedades físicas y químicas de suelos cultivados con caña de azúcar* *Friability and its relationship with some physical and chemical properties of soils under sugar cane*. 34(2), 19–32. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v34n2/v34n2a02.pdf>
- Ayala, L., y Villa, M. (2013). “Cuantificación del carbono existente en el ecosistema páramo del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe.” In □□□□□□.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., y Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Cedemaz*, 4(1), 45–52. Retrieved from [http://unl.edu.ec/sites/default/files/investigacion/revistas/2014-12-1/art\\_5.pdf](http://unl.edu.ec/sites/default/files/investigacion/revistas/2014-12-1/art_5.pdf)
- Bastidas, K. (2018). *Caracterización de las condiciones del páramo en la cordillera occidental de la provincia del Carchi. análisis desde la perspectiva de la aplicación del código orgánico del ambiente COA*. Retrieved from [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15285/CARACTERIZACION\\_DE\\_LAS\\_CONDICIONES\\_DEL\\_PARAMO\\_EN\\_LA\\_CORDILLERA\\_OCCIDENTAL\\_DE\\_LA\\_PROVINCIA\\_DEL\\_CAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15285/CARACTERIZACION_DE_LAS_CONDICIONES_DEL_PARAMO_EN_LA_CORDILLERA_OCCIDENTAL_DE_LA_PROVINCIA_DEL_CAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Beltrán, K., León-yáñez, S., & Velástegui, A. (2009). sistemas ecológicos y caracterización florística de los páramos en el Ecuador. *EcoCiencia*.
- Buenaver, M., y Rodríguez, A. (2016). *Determinación de la estabilidad de agregados del suelo en diferentes agroecosistemas del Departamento Norte de Santander*. 46, 42–50. Retrieved from [http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos\\_ecuatoriales/article/view/60/](http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/60/)

- Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 82–96. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Caballero, M., Lozano, S., Vázquez, L., y Ortega, B. (2017). Evidencias de cambio climático y ambiental en registros glaciales y en cuencas lacustres del centro de México durante el último máximo glacial. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 62(3), 359–377. <https://doi.org/10.18268/bsgm2010v62n3a4>
- Cáceres, C. (2016). *determinación de stock de carbono a través de ecuaciones alométricas en bosques de Terraza Alta, provincia de Tambopata-región madre de Dios*. 1–127. Retrieved from <http://190.116.37.5/bitstream/handle/UNAMAD/240/004-2-3-045.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrillo, G., Silva, B., Rollenbeck, R., Célleri, R., y Bendix, J. (2019). The breathing of the Andean highlands: Net ecosystem exchange and evapotranspiration over the páramo of southern Ecuador. *Agricultural and Forest Meteorology*, 265(November 2018), 30–47. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.11.006>
- Castañeda, A., y Montes, C. (2018). Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, 13(1), 210–221. <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25112>
- Caviglia, O., Wingeyer, B., y Novelli, E. (2016). El rol de los suelos agrícolas frente al cambio climático. *Serie de Extensión INTA Paraná*, (78), 27–32.
- Chaves, M. E., Santamaria, M., Sanchez, E., y Sarmiento, C. (2016). *Páramos Y Humedales Construcción De Insumos Técnicos Para La Gestión Integral Del Terri Torio Y La Adaptación Al Cambio Cl Imát Ico En Ecosistema S Estratégicos*. <https://doi.org/978-958-8889-92-4> Primera

- Chicaiza, L., Chontasi, R., Correa, G., Maldonado, P., & Romero, J. (2002). *Caracterización y diagnóstico de los los páramos*. 159. Retrieved from <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/f1743c8f7d64481d9cd15ee6226b8715.pdf>
- Cotler, H., Martínez, M., y Etchevers, J. (2016). Organic Carbon in Agricultural Soils of Mexico : Research and Public Policy. *Terra Latinoamericana*, 34, 125–138. Retrieved from <http://190.116.37.5/bitstream/handle/UNAMAD/240/004-2-3-045.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Couto, T. (2014). *Revista oficial do Instituto de Biodiversidade Agraria e Desenvolvimento Rural (IBADER)*. 1–111. Retrieved from [http://www.ibader.gal/archivos/RR\\_SerieCursos\\_N01\\_2004-66.pdf#page=59](http://www.ibader.gal/archivos/RR_SerieCursos_N01_2004-66.pdf#page=59)
- Cruz, Y., y Martínez, P. (2015). Cambio Climático: Bases Científicas y Escepticismo. *CULCyT*, 0(46), 5–12.
- Cuesta, F., Sevink, J., Llambi, L., De Bièvre, B., y Posner, J. (2014). *Avances en la investigación para la conservación de los Paramos andinos*.
- Cueto, M. (2016). Potencial de producción de biochar en España a partir de residuos de la industria papelera, de lodos de E.D.A.R., de residuos sólidos urbanos y de residuos ganaderos: Estudio de la fijación de carbono. *Tesis*, 1–236.
- Cunalata, C., y Inga, C. (2012). Cuantificación de Carbono Total Almacenado en Suelos de Páramos en las Comunidades Shobol - Chimborazo, San Juan Chimborazo. *Facultad de Ciencias, Bachelor*, 428. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2012>
- Cuzco, E. (2017). *"Captura y almacenamiento de carbono en el ecosistema páramo de Jambimachi del cantón Cayambe"*. Retrieved from <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7082>
- Delgado, A. (2015). *Evaluación del efecto de actividades agropecuarias sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos*. 1–169. Retrieved from

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4545>

- Duque, J. (2015). *Caracterización florística en el gradiente altitudinal del páramo del volcán Sangay*.
- Esquivel, E., Rubilar, R., Sandoval, S., Acuña, E., Cancino, J., Espinosa, M., y Muñoz, F. (2014). Efecto de plantaciones dendroenergéticas en el carbono a nivel de suelo, en dos suelos contrastantes de la región de Biobío, Chile. *Revista Árvore*, 37(6), 1135–1144. <https://doi.org/10.1590/s0100-67622013000600015>
- Eurídice, H., y Baker, T. (2010). *Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques Amazónicos*. 54. Retrieved from [http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Honorio\\_Baker2010\\_Manual\\_carbono.pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/Honorio_Baker2010_Manual_carbono.pdf)
- Fachin, R., y Salas, T. (2016). *22-104-1-Pb. 1(2)*, 57–67.
- FAO. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos No. 96*. Retrieved from [http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OKZt9agfRksC&oi=fnd&pg=PR3&dq=CAPTURA+DE+CARBONO+EN+LOS+SUELOS+PARA+UN+MEJOR+MANEJO+DE+LA+TIERRA&ots=5xOjDqvtWf&sig=c9-6h5Q4W\\_qU0xBHudD4IqchYyc](http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=OKZt9agfRksC&oi=fnd&pg=PR3&dq=CAPTURA+DE+CARBONO+EN+LOS+SUELOS+PARA+UN+MEJOR+MANEJO+DE+LA+TIERRA&ots=5xOjDqvtWf&sig=c9-6h5Q4W_qU0xBHudD4IqchYyc)
- Fluker, R., y Olivera, V. S. (2016). *Captura de carbono en un sistema silvopastoril con aliso (Alnus acuminata), en el distrito de Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas 2016*. 1–90. Retrieved from [http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1221/REBECA\\_STACY\\_FLUKER\\_PUSCAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1221/REBECA_STACY_FLUKER_PUSCAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Grady, B. (2015). Más allá de las emisiones: la promesa de los productos del carbono capturado. Retrieved from <https://www.greenbiz.com/article/beyond-emissions-promise-products-captured-carbon>
- Granja, C. (2015). *Comparación de los contenidos de carbono entre la Amazonía y los*

*páramos del Ecuador*. 53. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Hernández, M., y Moreno, P. (2018). Almacenes y flujos de carbono en humedales de agua dulce en México. *Madera y Bosques*, 24. <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401881>

Herrera, M., Armas, S., y Cabrera, T. (2017). Artículo indexado: Almacenamiento de agua y fijación de carbono en reserva ecológica El Ángel y su impacto en el uso del suelo. *FIGEMPA, AÑO IV / VOLUMEN 1 / NÚMERO 8- ISSN 1390-7042. Quito. (Edt). 2017. (R), 1–7*. Retrieved from <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/RevFIG/article/view/1400>

Hofstede, R. (2003). *Los Páramos del Mundo*.

Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., y Vásquez, A. (2014). *Los Páramos Andinos*. Retrieved from <https://goo.gl/8j2MdU>

Hofstede, R. G. M., Coppus, R., Váscquez, P. M., Segarra, P., Wolf, J., y Sevink, J. (2002). El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos*, 15(1), 3–18. Retrieved from <http://dare.uva.nl/record/116312>

Ibáñez, J. (2010). Factores que intervienen en el contenido de materia orgánica en los suelos. Retrieved from <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/02/08/13137>

IPCC. (2007). “Cambio climático 2007: Informe de síntesis”. ISBN 92-9169-322-7. In ... *de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra: ...*

Isaza, C. (2014). *Análisis de oportunidades para la gestión eficiente del carbono en un sistema de producción de café en el departamento de Caldas*. 88.

Izco, J., Pulgar, Í., y Aguirre, Z. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador Floristic study of the southern bunchgrass paramos of Ecuador. *Rev. Peru. Biol.*, 14(2), 237–246.

Lazo, P., Mosquera, G., McDonnell, J., y Crespo, P. (2019). The role of vegetation,

- soils, and precipitation on water storage and hydrological services in Andean Páramo catchments. *Journal of Hydrology*, 572, 805–819. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.050>
- Lefevre, C., Rekik, F., Alcantara, V., y Wiesel, L. (2017). Carbono orgánico del suelo - el potencial Oculto. In *Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO*.
- León, A. (2014). "Valoración del almacenamiento de agua y carbono entre las zonas intervenidas y no intervenidas de los humedales del páramo de Sachahuayco del cantón Mocha". *I*(1–106). Retrieved from [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7553/1/tesis-015 Maestría en Agroecología y Ambiente - CD 234.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7553/1/tesis-015%20Maestría%20en%20Agroecología%20y%20Ambiente%20-%20CD%20234.pdf)
- Longbottom, T., Townsend, A., Owen, L., y Maurari, M. (2014). *Climatic and topographic controls on soil organic carbon storage and dynamics in the Indian Himalaya: Potential carbon cycle and climate change feedbacks*. 135. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.03.002>
- López, E. (2016). El cambio climático y gestión de páramos. *Consortio Camaren*, 29.
- López, H., Vaides, E., y Alvarado, A. (2018). Evaluación de carbono fijado en la biomasa aérea de plantaciones de teca en Chahal, Alta Verapaz, Guatemala. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 137–153. <https://doi.org/10.15517/rac.v42i1.32201>
- López, J. (2018). *Efectos del biochar, bokashi y compost en las dinámicas del carbono y nitrógeno en suelos con pH contrastados*.
- López, L., Domínguez, M., Martínez, P., Zavala, J., Gómez, A., & Posada, S. (2016). Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades. *Madera Bosques*, 22(3), 49–60.
- Lozano, P., Bussmann, R. W., y Küppers, M. (2007). Diversidad florística del bosque montano en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus, Sur del Ecuador y



- su influencia en la flora pionera en deslizamientos naturales. *Revista Científica UDO Agrícola*, 7(1), 142–159.
- Martinez, E., Fuentes, J., y Acevedo, E. (2008). Soil organic carbon and soil properties. *Revista De La Ciencia Del Suelo Y Nutricion Vegetal*, 8(1), 68–96.
- Melgar, I., y Nieto, M. (2017). *Almacenamiento de carbono en sistemas con diferentes usos de suelos en el municipio de Comalapa Chalatenango, El Salvador*. 1–66. Retrieved from <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14877/1/13101649.pdf>
- Mena, P., y Hofstede, R. (2006). The ecuadorian páramos. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 91–109.
- Miño, L. (2011). *Evaluación de efectividad de la zona de amortiguamiento en la reserva ecológica el ángel utilizando la sobrevivencia y crecimiento de frailejón (Espeletia picnophylla Cuatrec) como bioindicador*. 1–119. Retrieved from [http://beisa.dk/Publications/BEISA\\_Book\\_pdf/Capitulo\\_06.pdf](http://beisa.dk/Publications/BEISA_Book_pdf/Capitulo_06.pdf)
- Mogollón, jJ, Rivas, W., Martinez, A., y Marquez, E. (2015). *en la Península de Paraguaná, Venezuela*. (March 2016).
- Molina, P. (2016). *Geografía del carbono en alta resolución en bosque tropical Amazónico del Ecuador mediante sensores aerotransportados*. 206. Retrieved from <file:///C:/Users/GI1/Documents/Downloads/T-SENESCYT-01315.pdf>
- Montaño, N., Ayala, F., Bullock, S., Briones, O., Oliva, F., Sánchez, R., y Yépez, E. (2016). Almacenes y flujos de carbono en ecosistemas áridos y semiáridos de México: síntesis y perspectivas. Carbon Stocks and Fluxes in Arid and Semiarid Ecosystems of Mexico: Synthesis and Prospects. *Terra Latinoamericana*, 34, 39–59. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00039.pdf>
- Moraes R, M., Øllgaard, B., Kvist, L. P., Borchsenius, F., & Balslev, H. (2006). *Botánica Económica De Los Andes Centrales Editado Por*. 573.

- Morales, M., y Vásquez, P. (2019). *Valoración económica de la captura de carbono en las especies Podocarpus sprucei y Oreocallis grandiflora en el Bosque Protector Aguarongo.*
- Moran, L. (2015). *Carbon 1. 1*, 1–19. Retrieved from <http://fileserv.net-texts.com/asset.aspx?dl=no&id=2104>
- Moreno, G., y Quinde, J. D. (2017). *Estimación de los contenidos de Carbono del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus-Ecuador.* 114. Retrieved from [http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19051/1/Gabriela\\_Ivanova\\_Moreno\\_Romero.pdf](http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19051/1/Gabriela_Ivanova_Moreno_Romero.pdf)
- Morgán, R. (2014). An introduction to the global cycle. *GLOBE Carbon Cycle*, 12.
- Morocho, D., Cisneros, R., Coronel, J., Nogales, F., Ramón, C., Samaniego, C., y Borja, J. (2008). Estudio de alternativas de manejo para el bloque sur del bosque y vegetación protector Colambo -Yacuri. *Fundación Ecológica Arcoiris. Loja-Ecuador*, 1(1), 44.
- Ochoa, G., Oballos, J., Sánchez, J., Sosa, J., Manrique, J., y Velásquez, J. C. (2000). Variación del carbono orgánico en función de la altitud. Cuenca del río Santo Domingo. Mérida-Barinas, Venezuela. *Revista Geografica Venezolana*, 41(1), 79–87.
- Orozco, A. Valverde, M. Tellez, R. Chavéz, C. Benabides, R. (2016). Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano Physical, chemical and biological soil properties with biofertilization in apple orchards. *Terra Latinoamericana*, 34(4), 441–456. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n4/2395-8030-tl-34-04-00441.pdf>
- Paladino, I., Alvarez, C., & Cosentino, D. (2018). *MONO Y POLIGENÉTICOS DE LA PAMPA ARENOSA.* 38(1), 1–10.
- Pardos, A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el

calentamiento global. In *Instituto Nacional De Investigacion Y Tecnologia Agraria Y Alimentaria*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01879.x>

Peralvo, M., Llambi, D., Becerra, M., Avelia, A., y Díaz, L. (2019). *Construcción de una Estrategia para el Monitoreo Integrado de los Ecosistemas de Alta Montaña en Colombia Building a Strategy for the Integrated Monitoring of High Mountain Ecosystems in Colombia*. 4, 1–23. Retrieved from <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/699/565>

Pérez, C. (2017). *Secuestro de carbono y emisiones de CO<sub>2</sub> en ecosistemas forestales gallegos: materia orgánica edáfica y cambio global*. (January). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28061.31203>

Pérez, R. (2008). Testimonio: El Lado Oscuro de la Ganadería. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 39(154), 1–11. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/prode/v39n154/v39n154a11.pdf>

Pérez, S., Ramírez, I., Jaramillo, P. F., & Bautista, F. (2013). Contenido de carbono orgánico en el suelo bajo diferentes condiciones forestales: reserva de la biosfera mariposa monarca, México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 19(1), 157–173. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.06.042>

Quito, K. (2018). *Evaluación del Volumen de Captura de Carbono en la Chakra Andina en Tres Pisos Altitudinales en la Parroquia San Miguel de Porotos, Provincia de Cañar y su Aporte al Efecto Invernadero*. Retrieved from <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15109/1/UPS-CT007453.pdf>

Ramírez, O. (2018). *Cambio climático y calentamiento global para prevenir y minimizar desastres naturales en el Perú 2014-2016*. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6086>

Rico, A., & Suárez, J. (2018). Biomasa de raíces finas en arreglos agroforestales con cacao en la amazonia occidental colombiana. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 26. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.80>

- Rodríguez, C., Lucía, M., y Galindo, R. (2018). ARTÍCULO CIENTÍFICO Revisadas por pares Dinámica de la cobertura de manglar y del carbono asociado en Sipacate-Naranjo, Guatemala. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático*, 2018(4), 17–26. Retrieved from <https://www.revistayuam.com/wp-content/uploads/2018/09/Artículo-científico-Mangle-ICC.pdf>
- Rodríguez, L. R., Jiménez, P. J., Aguirre, C. O. a., Treviño, G. E. J., y Razo, Z. R. (2009). Estimation of Carbon Storage in Forest Pine-Oak At Biosphere Reserve. *Ra Ximhai*, 5(3), 317–327.
- Romaniuk, R., Cosentino, V., Costantini, A., Taboada, M., y Lupi, A. (2018). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero desde el sector Forestal*.
- Ruiz, R. (2018). *Gestión ambiental territorio y cambio climatico en los andes centrales de Colombia, departamento del Quindío*. 1–158. Retrieved from <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/3373>
- Sánchez, B., Ruiz, M., y Ríos, M. . (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, Estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 55(4), 507–534. Retrieved from [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002-192X2005000400004&script=sci\\_arttext#c2.Se](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002-192X2005000400004&script=sci_arttext#c2.Se)
- Saravia, G., y Vintimilla, D. (2016). *Actividad Vegetativa, tasas de crecimiento y estimación de la edad de los individuos en los rodales de Polylepis Reticulata del Parque Nacional Cajas*. 115. Retrieved from [http://beisa.dk/Publications/BEISA Book pdfer/Capitulo 06.pdf](http://beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2006.pdf)
- Sarmiento, F. (2001). *Diccionario De Ecología De Paisajes, Conservacion Y Desarrollo Sustentable En America Latina*.
- Suárez, D., Acurio, C., Chimbolema, S., y Aguirre, X. (2016). Analysis of carbon sequestration in two andean wetland protected areas Ecuador. *Ecología Aplicada*, 15(2), 171. <https://doi.org/10.21704/rea.v15i2.756>

- Torres, A., Esquivel, H., y Tinoco, F. (2017). Composición física y química de los suelos fluviovolcánicos de Armero Tolima, Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41(158), 119. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.447>
- Torres, M., Hernández, F., y Triana, F. A. (2014). Efecto del Uso del Suelo en la Capacidad de Almacenamiento Hídrico en el Páramo de Sumapaz - Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 67(1), 7189–7200. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v67n1.42642>
- Urgiles, N., Cofre, D., Loján, P., Juan, M., Pablo, A., Selele, B y Nikolay, A. (2018). *Diversidad de plantas , estructura de la comunidad y biomasa aérea en un páramo del sur del Ecuador Plant diversity , community structure , and aerial biomass in a paramo ecosystem of Southern Ecuador*. 8(1), 44–56. Retrieved from <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/403>
- Urgiles, N., Santin, J., Cevallos, P., y Aguirre, N. (2015). *Diversidad de briófitos de los Páramos de Cajanuma del Parque Nacional Podocarpus*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5009.1921>
- Valenzuela, I., y Visconti, E. (2018). Influencia del clima, uso del suelo y profundidad sobre el contenido de carbono orgánico en dos pisos altitudinales andinos del departamento Norte de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 233–243. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7349>
- Vásquez, J., y Macías, F. (2017). Fraccionamiento químico del carbono en suelos con diferentes usos en el departamento de Magdalena, Colombia. *Revista Terra Latinoamericana*, 35(1), 7. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i1.237>
- Vinueza, L. (2015). *Determinación del contenido de carbono en el suelo en una plantación de pino ((Pinnus radiata D. Don) implementada en el páramo en la comunidad de Totaras, catón Alusí, provincia de Chimborazo*. 3(2), 54–67.
- Yan, D., Li, J., Pei, J., Cui, J., Nie, M., y Fang, C. (2017). The temperature sensitivity of soil organic carbon decomposition is greater in subsoil than in topsoil during

laboratory incubation. *Scientific Reports*, 7(1), 1–9.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-05293-1>

Zambrano, G., Apráez, J. E., y Navia, J. F. (2014). Relación de las propiedades del suelo con variables bromatológicas de Pastos, en un sistema lechero de Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 31(2), 106.  
<https://doi.org/10.22267/rcia.143102.35>

Zambrano, O. (2018). “*Modelación de erosión hídrica en los cantones de Loja y Olmedo mediante sistemas de información geográfica.*” 1–94.

Zimmermann, M., Meir, P., Silman, M. R., Fedders, A., Gibbon, A., Malhi, Y., ... Zamora, F. (2010). No differences in soil carbon stocks across the tree line in the Peruvian Andes. *Ecosystems*, 13(1), 62–74.  
<https://doi.org/10.1007/s10021-009-9300-2>

Zúñiga, O., Peña, E. J., Torres, A. M., Cuero, R., y Peña, J. A. (2013). Assessment of the impact of anthropic activities on carbon storage in soils of high montane ecosystems in Colombia | Determinación del impacto de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en suelos de ecosistemas de alta montaña en Colombia. *Agronomía Colombiana*, 31(1), 112–119.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Datos de carbono en el ecosistema páramo del Parque Nacional

**Tabla 11.** Tabla de datos del estudio en el páramo del PNP

N	Biomasa (t ha <sup>-1</sup> )	Necromasa (t ha <sup>-1</sup> )	Suelo (t ha <sup>-1</sup> )	Carbono Total (t ha <sup>-1</sup> )
1	2,29	1,04	106,42	109,75
2	5,01	2,43	135,68	143,13
3	3,62	2,24	81,90	87,76
4	0,65	3,08	97,74	101,47
5	2,49	4,28	109,58	116,34
6	1,43	1,86	155,51	158,79
7	0,32	6,42	427,52	434,26
8	2,93	1,04	31,97	35,93
9	3,09	3,39	253,09	259,57
10	11,70	1,89	160,39	173,98
11	18,49	6,37	89,83	114,69
12	6,58	2,38	31,39	40,35
13	4,14	2,01	95,96	102,11
14	9,20	1,28	229,32	239,80
15	7,60	1,71	115,56	124,87
16	9,80	3,22	208,85	221,87
17	5,58	2,53	154,87	162,98
18	4,50	1,74	123,87	130,11
19	12,51	3,39	131,35	147,24
20	4,05	0,54	110,33	114,92
21	15,51	3,47	119,70	138,68
22	10,90	4,61	80,33	95,84
23	10,21	4,91	187,01	202,14
24	15,84	4,67	131,98	152,50
25	6,01	3,61	80,19	89,81
26	36,12	6,72	213,96	256,80
27	6,88	1,50	63,27	71,64
28	4,23	1,13	37,44	42,80
29	5,75	1,33	93,74	100,82
30	8,04	1,33	85,12	94,49
31	8,55	2,51	192,88	203,94
32	11,26	2,48	138,77	152,50
33	20,20	2,35	416,73	439,28
34	7,27	1,31	392,61	401,18

35	30,97	4,83	152,76	188,55
36	12,87	2,81	87,76	103,45
37	18,82	1,83	433,20	453,85
38	16,85	5,55	126,29	148,69
39	13,49	3,74	161,10	178,32
40	5,38	43,50	32,04	80,92
41	7,95	2,93	110,22	121,10
42	7,38	5,72	131,71	144,81
43	11,31	3,20	179,72	194,23
44	10,29	3,03	72,39	85,71
45	14,65	6,39	243,63	264,67
46	4,74	2,17	36,12	43,03
47	13,42	25,54	99,26	138,22
48	11,09	6,37	45,49	62,95
49	12,25	5,72	21,13	39,10
50	7,48	0,17	164,58	172,23
51	55,02	14,99	321,31	391,31
52	23,27	2,92	158,72	184,92
53	46,94	3,24	133,26	183,44
54	38,88	24,84	90,00	153,72
55	11,95	9,54	157,51	179,00
56	11,70	2,36	96,70	110,76
57	16,38	4,69	180,84	201,91
58	24,31	3,70	143,71	171,72
59	8,06	3,72	142,01	153,80
60	23,31	1,27	177,84	202,42
61	9,90	2,80	206,02	218,72
62	25,88	17,60	112,36	155,83
63	5,11	0,37	115,76	121,24
64	1,31	2,26	122,85	126,42
65	0,71	1,31	80,09	82,11
66	5,67	0,86	97,22	103,75
67	9,54	2,06	128,26	139,85
68	3,66	3,69	84,96	92,31
69	1,22	2,61	153,50	157,34
70	5,20	3,76	226,33	235,30
71	2,20	2,09	73,40	77,69
72	8,18	4,60	56,42	69,20
73	8,29	3,48	70,54	82,32
74	7,39	1,29	203,04	211,71



75	10,01	2,34	52,05	64,41
76	12,88	3,40	130,85	147,13
77	5,17	1,19	126,70	133,05
78	1,58	1,03	83,54	86,15
79	0,85	3,24	142,65	146,73
80	4,90	3,86	155,66	164,42
81	7,23	0,74	522,16	530,13
82	12,64	1,99	59,39	74,02
83	5,32	23,95	124,25	153,52
84	22,14	6,81	113,64	142,59
85	17,52	9,55	117,94	145,00
86	4,98	14,80	138,01	157,79
87	15,24	24,04	136,05	175,32
88	8,20	14,86	95,55	118,61
89	4,60	18,84	38,15	61,59
90	12,69	18,23	145,86	176,78
91	5,62	13,73	48,98	68,32
92	4,88	6,89	65,03	76,79
93	7,56	13,46	118,74	139,75
94	6,44	7,18	72,24	85,86
95	13,32	7,21	30,51	51,04
96	37,40	12,95	81,90	132,25
97	28,27	7,82	134,79	170,88
98	17,52	9,55	117,94	145,00
99	4,98	14,80	138,01	157,79

Fuente:(Moreno y Quinde, 2017)

**Anexo 2.** Datos de carbono en el ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri.

**Tabla 12.** Tabla de datos del estudio en el páramo del PNP

<b>N</b>	<b>Biomasa ( t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Necromasa (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Suelo (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Carbono Total (t ha<sup>-1</sup>)</b>
1	3,53	5,04	123,97	132,55
2	6,25	3,12	119,79	129,16
3	21,79	16,80	125,00	163,59
4	10,64	2,05	138,68	151,37
5	14,49	2,35	145,31	162,15
6	10,51	2,57	151,14	164,22
7	20,87	1,90	145,47	168,24
8	14,49	3,28	35,05	52,82
9	11,79	3,00	140,36	155,16
10	26,32	8,49	165,17	199,98
11	24,37	11,06	130,22	165,65
12	6,11	25,28	148,98	180,38
13	19,00	2,26	179,06	200,33
14	6,25	3,59	151,60	161,45
15	12,32	27,53	109,72	149,58
16	21,79	16,80	151,83	190,41
17	20,87	6,12	104,90	131,89
18	11,07	3,37	169,39	183,83
19	5,66	5,35	134,14	145,15
20	13,62	11,35	134,61	159,58
21	12,32	27,53	116,86	156,71
22	9,78	1,60	90,47	101,85
23	1,85	4,16	146,35	152,36
24	12,18	2,80	105,06	120,03
25	12,32	3,33	73,09	88,74
26	10,94	2,89	116,53	130,35
27	11,17	3,40	89,07	103,64
28	12,10	2,26	59,08	73,44
29	3,34	3,18	91,29	97,81
30	2,74	2,51	44,05	49,30
31	13,73	3,71	34,10	51,55
32	21,79	16,80	168,05	206,63
33	8,09	3,31	115,55	126,94
34	15,01	27,50	124,69	167,20
35	4,19	7,06	94,59	105,84
36	16,76	3,48	136,09	156,33
37	22,48	1,39	116,72	140,58
38	20,73	1,55	95,15	117,43
39	13,10	2,74	53,71	69,54
40	10,95	7,56	72,56	91,07

41	15,56	1,60	66,49	83,65
42	8,80	7,30	31,11	47,21
43	6,13	4,44	132,79	143,35
44	8,56	15,04	111,25	134,85
45	3,08	14,40	139,12	156,60
46	6,58	10,87	207,52	224,97
47	4,96	7,76	152,05	164,77
48	6,25	14,26	134,35	154,86
49	4,02	1,60	121,65	127,26
50	12,68	3,76	147,16	163,61

Fuente:( Ayala y Villa, 2014)

### Anexo 3. Ubicación de los puntos y número de parcelas muestreadas

**Tabla 13.**Coordenadas de todas las parcelas muestreadas del PNP y PNY.

N	Ubicación	Estado de Conservación	X	Y	Altitud (msnm)
1	PNP	Alterado	705759	9558037	2874
2	PNP	Alterado	706003	9556012	2875
3	PNP	Alterado	706048	9555204	2883
4	PNP	Alterado	706005	9556523	2886
5	PNP	Alterado	706122	9556844	2898
6	PNP	Alterado	706320	9557241	2906
7	PNP	Alterado	706426	9557739	2910
8	PNP	Alterado	705934	9557040	2945
9	PNP	Alterado	705944	9557573	2950
10	PNP	Alterado	706395	9554717	3018
11	PNP	Alterado	709830	9515447	3205
12	PNP	Alterado	709434	9515040	3212
13	PNP	Alterado	709281	9514586	3260
14	PNP	Alterado	709377	9513248	3264
15	PNP	Alterado	709782	9514125	3306
16	PNP	Alterado	709668	9513925	3322
17	PNP	Alterado	709715	9513222	3375
18	PNP	Alterado	709492	9513670	3380
19	PNP	Alterado	709902	9512997	3381
20	PNP	Alterado	709555	9513054	3381
21	PNP	Alterado	709542	9513410	3396
22	PNP	Alterado	709339	9514162	3399
23	PNP	Alterado	709437	9513923	3407
24	PNP	Alterado	709664	9516309	3120
25	PNP	Alterado	709620	9516097	3148

26	PNP	Alterado	709642	9515902	3162
27	PNP	Alterado	709757	9515692	3197
28	PNP	Alterado	709645	9515250	3225
29	PNP	Alterado	709190	9512804	3228
30	PNP	Alterado	709339	9514829	3267
31	PNP	Alterado	710288	9512840	3276
32	PNP	Alterado	709410	9513483	3346
33	PNP	Alterado	709407	9514183	3397
34	PNP	Alterado	709677	9512963	3400
35	PNP	Alterado	709572	9512837	3400
36	PNP	Alterado	706357	9556761	2822
37	PNP	Alterado	706143	9555462	2834
38	PNP	Alterado	705741	9558286	2869
39	PNP	Conservado	705887	9555815	2892
40	PNP	Conservado	705877	9555792	2895
41	PNP	Conservado	705854	9555720	2920
42	PNP	Conservado	706693	9507523	2707
43	PNP	Conservado	706757	9507638	2727
44	PNP	Conservado	706763	9507738	2728
45	PNP	Conservado	706674	9507616	2750
46	PNP	Conservado	706524	9507674	2800
47	PNP	Conservado	706404	9507677	2824
48	PNP	Conservado	706305	9507733	2859
49	PNP	Conservado	705701	9508182	2875
50	PNP	Conservado	706136	9507898	2880
51	PNP	Conservado	706225	9507835	2880
52	PNP	Conservado	703846	9550958	2900
53	PNP	Conservado	705974	9508074	2909
54	PNP	Conservado	705796	9508197	2913
55	PNP	Conservado	705896	9508419	2920
56	PNP	Conservado	706813	9558030	2920
57	PNP	Conservado	705806	9508460	2920
58	PNP	Conservado	705834	9508315	2920
59	PNP	Conservado	706459	9554739	2977
60	PNP	Conservado	706275	9549795	3004
61	PNP	Conservado	708973	9553567	3014
62	PNP	Conservado	707794	9550185	3021
63	PNP	Conservado	713643	9518939	3033
64	PNP	Conservado	713406	9519537	3035
65	PNP	Conservado	705082	9541857	3061
66	PNP	Conservado	709031	9553891	3088
67	PNP	Conservado	709641	9516554	3116

68	PNP	Conservado	709739	9516928	3120
69	PNP	Conservado	706637	9554173	3160
70	PNP	Conservado	707356	9553616	3160
71	PNP	Conservado	709918	9517528	3160
72	PNP	Conservado	709850	9518027	3164
73	PNP	Conservado	704850	9546419	3166
74	PNP	Conservado	703697	9547103	3182
75	PNP	Conservado	707920	9551480	3186
76	PNP	Conservado	705791	9547539	3186
77	PNP	Conservado	709451	9518512	3188
78	PNP	Conservado	705299	9550626	3193
79	PNP	Conservado	708740	9538296	3209
80	PNP	Conservado	709447	9518931	3221
81	PNP	Conservado	704491	9541314	3237
82	PNP	Conservado	704783	9543251	3238
83	PNP	Conservado	711331	9540214	3240
84	PNP	Conservado	709210	9512749	3248
85	PNP	Conservado	704518	9544695	3254
86	PNP	Conservado	709359	9532203	3255
87	PNP	Conservado	704321	9545825	3273
88	PNP	Conservado	704444	9543511	3280
89	PNP	Conservado	709464	9531730	3280
90	PNP	Conservado	712420	9519679	3313
91	PNP	Conservado	709412	9533053	3313
92	PNP	Conservado	709580	9538631	3319
93	PNP	Conservado	704433	9542627	3320
94	PNP	Conservado	709713	9541107	3338
95	PNP	Conservado	708954	9512077	3348
96	PNP	Conservado	709333	9512513	3352
97	PNP	Conservado	708850	9511621	3372
98	PNP	Conservado	709307	9541385	3378
99	PNP	Conservado	708793	9532641	3381
100	PNP	Conservado	711608	9539404	3394
101	PNP	Conservado	709069	9522573	3396
102	PNP	Conservado	710441	9536402	3397
103	PNP	Conservado	706512	9551355	3400
104	PNP	Conservado	709608	9512814	3400
105	PNP	Conservado	709073	9511827	3400
106	PNP	Conservado	708936	9511459	3400
107	PNP	Conservado	709524	9525279	3404
108	PNP	Conservado	711170	9520456	3410
109	PNP	Conservado	709950	9525672	3418

110	PNP	Conservado	709637	9536063	3425
111	PNP	Conservado	710537	9537680	3431
112	PNP	Conservado	710582	9520123	3431
113	PNP	Conservado	709073	9531534	3432
114	PNP	Conservado	709768	9520489	3440
115	PNP	Conservado	710043	9533295	3452
116	PNP	Conservado	710225	9520892	3460
117	PNP	Conservado	709666	9523514	3480
118	PNP	Conservado	709724	9531056	3511
119	PNP	Conservado	709805	9539586	3550
120	PNP	Conservado	711881	9539770	3584
121	PNP	Conservado	705790	9558541	2840
122	PNY	Alterado	680438	9490876	3099
123	PNY	Alterado	673877	9477404	3462
124	PNY	Alterado	673127	9477766	3355
125	PNY	Alterado	675451	9472961	3280
126	PNY	Alterado	675110	9472534	3244
127	PNY	Alterado	675490	9472450	3274
128	PNY	Alterado	675218	9472946	3243
129	PNY	Alterado	673486	9477589	3369
130	PNY	Alterado	673397	9478896	3342
131	PNY	Alterado	673062	9479268	3305
132	PNY	Alterado	673562	9479246	3359
133	PNY	Alterado	672799	9479419	3370
134	PNY	Alterado	680708	9490786	3141
135	PNY	Alterado	673245	9478975	3292
136	PNY	Alterado	675633	9472594	3255
137	PNY	Alterado	674274	9476684	3477
138	PNY	Conservado	674327	9478963	3267
139	PNY	Conservado	681527	9487180	3424
140	PNY	Conservado	674785	9480485	3375
141	PNY	Conservado	683552	9491034	3347
142	PNY	Conservado	681687	9487347	3440
143	PNY	Conservado	681612	9487684	3430
144	PNY	Conservado	674499	9480223	3390
145	PNY	Conservado	683371	9490678	3400
146	PNY	Conservado	681010	9486893	3397
147	PNY	Conservado	673312	9474237	3070
148	PNY	Conservado	681561	9489195	3445
149	PNY	Conservado	674002	9479440	3491
150	PNY	Conservado	681943	9489779	3376
151	PNY	Conservado	681370	9487144	3434

152	PNY	Conservado	680985	9486205	3400
153	PNY	Conservado	674812	9480084	3860
154	PNY	Conservado	674499	9480223	3390
155	PNY	Conservado	683698	9491431	3331
156	PNY	Conservado	682429	9489859	3457
157	PNY	Conservado	674606	9479801	3503
158	PNY	Conservado	681753	9486852	3400
159	PNY	Conservado	682189	9489981	3482
160	PNY	Conservado	674473	9478613	3403
161	PNY	Conservado	682602	9489482	3471
162	PNY	Conservado	681867	9487421	3370
163	PNY	Conservado	681800	9486189	3400
164	PNY	Conservado	682510	9489765	3495
165	PNY	Conservado	681802	9489353	3395
166	PNY	Conservado	674143	9478082	3548
167	PNY	Conservado	674739	9476907	3447
168	PNY	Conservado	674029	9477885	3584
169	PNY	Conservado	674164	9479771	3493
170	PNY	Conservado	674539	9479855	3497
171	PNY	Conservado	681457	9490086	3270

#### Anexo 4. Datos totales de carbono en el ecosistema páramo del PNP y PNY

**Tabla 14.** Contenido de carbono en bioma, necromasa y suelo del PNP y PNY

N	Ubicación	Estado de Conservación	Altura (msnm)	Biomasa (t ha <sup>-1</sup> )	Necromasa (t ha <sup>-1</sup> )	Suelo (t ha <sup>-1</sup> )	Carbono Total (t ha <sup>-1</sup> )
1	PNP	Alterado	2874	2,47	1,14	112,69	116,31
2	PNP	Alterado	2875	9,19	1,74	62,86	73,78
3	PNP	Alterado	2883	4,25	3,25	64,71	72,21
4	PNP	Alterado	2886	6,52	2,88	62,00	71,41
5	PNP	Alterado	2898	3,21	1,95	82,41	87,58
6	PNP	Alterado	2906	6,02	2,55	71,70	80,27
7	PNP	Alterado	2910	2,53	1,68	80,62	84,83
8	PNP	Alterado	2945	3,29	2,06	83,17	88,52
9	PNP	Alterado	2950	3,58	1,96	173,16	178,70
10	PNP	Alterado	3018	2,93	1,62	68,49	73,04
11	PNP	Alterado	3205	2,17	1,94	72,24	76,35
12	PNP	Alterado	3212	3,54	0,94	63,27	67,75
13	PNP	Alterado	3260	4,01	0,40	37,44	41,85
14	PNP	Alterado	3264	5,55	1,66	107,76	114,97
15	PNP	Alterado	3306	1,99	1,36	85,12	88,47

16	PNP	Alterado	3322	1,90	1,58	115,20	118,68
17	PNP	Alterado	3375	1,09	1,23	124,09	126,41
18	PNP	Alterado	3380	1,48	1,02	182,80	185,30
19	PNP	Alterado	3381	2,80	2,59	149,47	154,85
20	PNP	Alterado	3381	2,18	1,87	180,34	184,40
21	PNP	Alterado	3396	2,08	1,48	104,76	108,32
22	PNP	Alterado	3399	1,60	7,40	151,51	160,50
23	PNP	Alterado	3407	3,87	2,89	93,74	100,50
24	PNP	Alterado	3120	8,29	3,48	70,54	82,32
25	PNP	Alterado	3148	12,88	3,40	130,85	147,13
26	PNP	Alterado	3162	5,17	1,19	126,70	133,05
27	PNP	Alterado	3197	7,39	1,29	203,04	211,71
28	PNP	Alterado	3225	10,01	2,34	52,05	64,41
29	PNP	Alterado	3228	23,27	2,92	158,72	184,92
30	PNP	Alterado	3267	5,20	3,76	226,33	235,30
31	PNP	Alterado	3276	55,02	14,99	321,31	391,31
32	PNP	Alterado	3346	3,66	3,69	84,96	92,31
33	PNP	Alterado	3397	1,22	2,61	153,50	157,34
34	PNP	Alterado	3400	1,31	2,26	122,85	126,42
35	PNP	Alterado	3400	9,54	2,06	128,26	139,85
36	PNP	Alterado	2822	17,80	4,06	61,28	83,15
37	PNP	Alterado	2834	3,76	0,60	105,04	109,39
38	PNP	Alterado	2869	9,20	2,93	151,93	164,06
39	PNP	Conservado	2892	5,75	1,33	93,74	100,82
40	PNP	Conservado	2895	4,23	1,13	37,44	42,80
41	PNP	Conservado	2920	6,88	1,50	63,27	71,64
42	PNP	Conservado	2707	28,27	7,82	134,79	170,88
43	PNP	Conservado	2727	13,32	7,21	30,51	51,04
44	PNP	Conservado	2728	5,62	13,73	48,98	68,32
45	PNP	Conservado	2750	37,40	12,95	81,90	132,25
46	PNP	Conservado	2800	6,44	7,18	72,24	85,86
47	PNP	Conservado	2824	7,56	13,46	118,74	139,75
48	PNP	Conservado	2859	4,88	6,89	65,03	76,79
49	PNP	Conservado	2875	15,24	24,04	136,05	175,32
50	PNP	Conservado	2880	4,60	18,84	38,15	61,59
51	PNP	Conservado	2880	12,69	18,23	145,86	176,78
52	PNP	Conservado	2900	7,38	5,72	131,71	144,81
53	PNP	Conservado	2909	8,20	14,86	95,55	118,61
54	PNP	Conservado	2913	4,98	14,80	138,01	157,79
55	PNP	Conservado	2920	22,14	6,81	113,64	142,59
56	PNP	Conservado	2920	15,51	3,47	119,70	138,68
57	PNP	Conservado	2920	5,32	23,95	124,25	153,52
58	PNP	Conservado	2920	17,52	9,55	117,94	145,00



59	PNP	Conservado	2977	10,21	4,91	187,01	202,14
60	PNP	Conservado	3004	7,60	1,71	115,56	124,87
61	PNP	Conservado	3014	18,49	6,37	89,83	114,69
62	PNP	Conservado	3021	9,20	1,28	229,32	239,80
63	PNP	Conservado	3033	38,88	24,84	90,00	153,72
64	PNP	Conservado	3035	11,95	9,54	157,51	179,00
65	PNP	Conservado	3061	12,25	5,72	21,13	39,10
66	PNP	Conservado	3088	10,90	4,61	80,33	95,84
67	PNP	Conservado	3116	2,20	2,09	73,40	77,69
68	PNP	Conservado	3120	8,18	4,60	56,42	69,20
69	PNP	Conservado	3160	15,84	4,67	131,98	152,50
70	PNP	Conservado	3160	6,58	2,38	31,39	40,35
71	PNP	Conservado	3160	4,90	3,86	155,66	164,42
72	PNP	Conservado	3164	7,23	0,74	522,16	530,13
73	PNP	Conservado	3166	11,31	3,20	179,72	194,23
74	PNP	Conservado	3182	10,29	3,03	72,39	85,71
75	PNP	Conservado	3186	4,14	2,01	95,96	102,11
76	PNP	Conservado	3186	9,80	3,22	208,85	221,87
77	PNP	Conservado	3188	12,64	1,99	59,39	74,02
78	PNP	Conservado	3193	7,95	2,93	110,22	121,10
79	PNP	Conservado	3209	16,85	5,55	126,29	148,69
80	PNP	Conservado	3221	46,94	3,24	133,26	183,44
81	PNP	Conservado	3237	4,50	1,74	123,87	130,11
82	PNP	Conservado	3238	11,09	6,37	45,49	62,95
83	PNP	Conservado	3240	36,12	6,72	213,96	256,80
84	PNP	Conservado	3248	5,11	0,37	115,76	121,24
85	PNP	Conservado	3254	4,74	2,17	36,12	43,03
86	PNP	Conservado	3255	2,49	4,28	109,58	116,34
87	PNP	Conservado	3273	14,65	6,39	243,63	264,67
88	PNP	Conservado	3280	13,42	25,54	99,26	138,22
89	PNP	Conservado	3280	7,27	1,31	392,61	401,18
90	PNP	Conservado	3313	11,70	2,36	96,70	110,76
91	PNP	Conservado	3313	12,87	2,81	87,76	103,45
92	PNP	Conservado	3319	2,93	1,04	31,97	35,93
93	PNP	Conservado	3320	5,58	2,53	154,87	162,98
94	PNP	Conservado	3338	6,01	3,61	80,19	89,81
95	PNP	Conservado	3348	9,90	2,80	206,02	218,72
96	PNP	Conservado	3352	5,67	0,86	97,22	103,75
97	PNP	Conservado	3372	25,88	17,60	112,36	155,83
98	PNP	Conservado	3378	12,51	3,39	131,35	147,24
99	PNP	Conservado	3381	30,97	4,83	152,76	188,55
100	PNP	Conservado	3394	13,49	3,74	161,10	178,32
101	PNP	Conservado	3396	11,70	1,89	160,39	173,98

102	PNP	Conservado	3397	18,82	1,83	433,20	453,85
103	PNP	Conservado	3400	2,29	1,04	106,42	109,75
104	PNP	Conservado	3400	0,71	1,31	80,09	82,11
105	PNP	Conservado	3400	1,58	1,03	83,54	86,15
106	PNP	Conservado	3400	0,85	3,24	142,65	146,73
107	PNP	Conservado	3404	11,26	2,48	138,77	152,50
108	PNP	Conservado	3410	8,06	3,72	142,01	153,80
109	PNP	Conservado	3418	5,01	2,43	135,68	143,13
110	PNP	Conservado	3425	1,43	1,86	155,51	158,79
111	PNP	Conservado	3431	0,32	6,42	427,52	434,26
112	PNP	Conservado	3431	16,38	4,69	180,84	201,91
113	PNP	Conservado	3432	20,20	2,35	416,73	439,28
114	PNP	Conservado	3440	24,31	3,70	143,71	171,72
115	PNP	Conservado	3452	8,55	2,51	192,88	203,94
116	PNP	Conservado	3460	23,31	1,27	177,84	202,42
117	PNP	Conservado	3480	3,62	2,24	81,90	87,76
118	PNP	Conservado	3511	0,65	3,08	97,74	101,47
119	PNP	Conservado	3550	5,38	43,50	32,04	80,92
120	PNP	Conservado	3584	3,09	3,39	253,09	259,57
121	PNP	Conservado	2840	8,04	1,33	85,12	94,49
122	PNY	Alterado	3099	4,19	7,06	94,59	105,84
123	PNY	Alterado	3462	16,76	3,48	136,09	156,33
124	PNY	Alterado	3355	22,48	1,39	116,72	140,58
125	PNY	Alterado	3280	20,73	1,55	95,15	117,43
126	PNY	Alterado	3244	13,10	2,74	53,71	69,54
127	PNY	Alterado	3274	10,95	7,56	72,56	91,07
128	PNY	Alterado	3243	15,56	1,60	66,49	83,65
129	PNY	Alterado	3369	8,80	7,30	31,11	47,21
130	PNY	Alterado	3342	6,13	4,44	132,79	143,35
131	PNY	Alterado	3305	8,56	15,04	111,25	134,85
132	PNY	Alterado	3359	3,08	14,40	139,12	156,60
133	PNY	Alterado	3370	6,58	10,87	207,52	224,97
134	PNY	Alterado	3141	4,96	7,76	152,05	164,77
135	PNY	Alterado	3292	6,25	14,26	134,35	154,86
136	PNY	Alterado	3255	4,02	1,60	121,65	127,26
137	PNY	Alterado	3477	12,68	3,76	147,16	163,61
138	PNY	Conservado	3267	3,53	5,04	123,97	132,55
139	PNY	Conservado	3424	6,25	3,12	119,79	129,16
140	PNY	Conservado	3375	21,79	16,80	125,00	163,59
141	PNY	Conservado	3347	10,64	2,05	138,68	151,37
142	PNY	Conservado	3440	14,49	2,35	145,31	162,15
143	PNY	Conservado	3430	10,51	2,57	151,14	164,22
144	PNY	Conservado	3390	20,87	1,90	145,47	168,24

145	PNY	Conservado	3400	14,49	3,28	35,05	52,82
146	PNY	Conservado	3397	11,79	3,00	140,36	155,16
147	PNY	Conservado	3070	26,32	8,49	165,17	199,98
148	PNY	Conservado	3445	24,37	11,06	130,22	165,65
149	PNY	Conservado	3491	6,11	25,28	148,98	180,38
150	PNY	Conservado	3376	19,00	2,26	179,06	200,33
151	PNY	Conservado	3434	6,25	3,59	151,60	161,45
152	PNY	Conservado	3400	12,32	27,53	109,72	149,58
153	PNY	Conservado	3860	21,79	16,80	151,83	190,41
154	PNY	Conservado	3390	20,87	6,12	104,90	131,89
155	PNY	Conservado	3331	11,07	3,37	169,39	183,83
156	PNY	Conservado	3457	5,66	5,35	134,14	145,15
157	PNY	Conservado	3503	13,62	11,35	134,61	159,58
158	PNY	Conservado	3400	12,32	27,53	116,86	156,71
159	PNY	Conservado	3482	9,78	1,60	90,47	101,85
160	PNY	Conservado	3403	1,85	4,16	146,35	152,36
161	PNY	Conservado	3471	12,18	2,80	105,06	120,03
162	PNY	Conservado	3370	12,32	3,33	73,09	88,74
163	PNY	Conservado	3400	10,94	2,89	116,53	130,35
164	PNY	Conservado	3495	11,17	3,40	89,07	103,64
165	PNY	Conservado	3395	12,10	2,26	59,08	73,44
166	PNY	Conservado	3548	3,34	3,18	91,29	97,81
167	PNY	Conservado	3447	2,74	2,51	44,05	49,30
168	PNY	Conservado	3584	13,73	3,71	34,10	51,55
169	PNY	Conservado	3493	21,79	16,80	168,05	206,63
170	PNY	Conservado	3497	8,09	3,31	115,55	126,94
171	PNY	Conservado	3270	15,01	27,50	124,69	167,20

Anexo 5. Determinación de los contenidos de carbono en biomasa y necromasa del ecosistema páramo del PNP.



*Parcela temporal de 1 m<sup>2</sup>.*



*Recolección de la materia vegetal.*



*Pesado de la muestra vegetal.*



*Recolección de la biomasa y necromasa*



*Muestras del material vegetal etiquetado*



*Secado del material vegetal a 100 °C*

Anexo.6 Determinación de los contenidos de carbono orgánico en el suelo de del PNP



*Calicata en la parcela temporal de 1 m<sup>2</sup>*



*Medición del horizonte orgánico*



*Obtención de muestra de suelo en el cilindro Kopecky*



*Obtención de muestra de suelo*



*Saturación de muestras de suelo para constantes hidrofísicas.*



*Pesado de las muestras de suelo para constantes hidrofísicas.*



*Pesado de las muestras de suelo en matraces Erlenmeyer de 250 ml*



*Muestras tituladas de suelo*

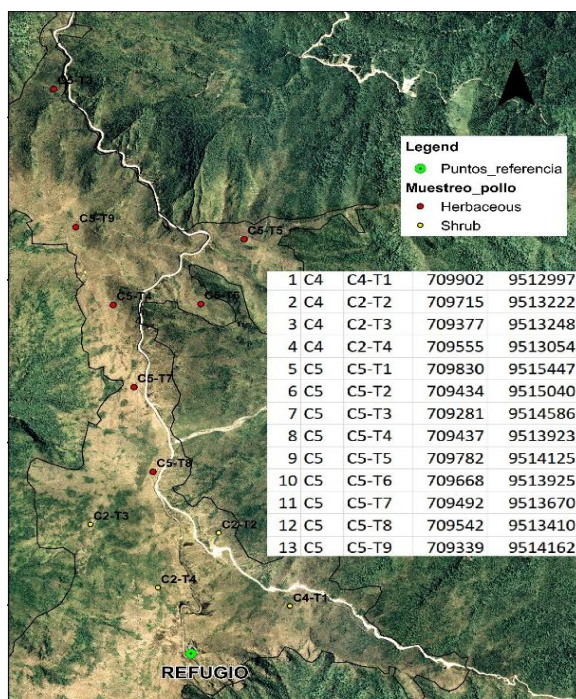
Anexo 7. Equipo de trabajo de campo y sitios de muestreo



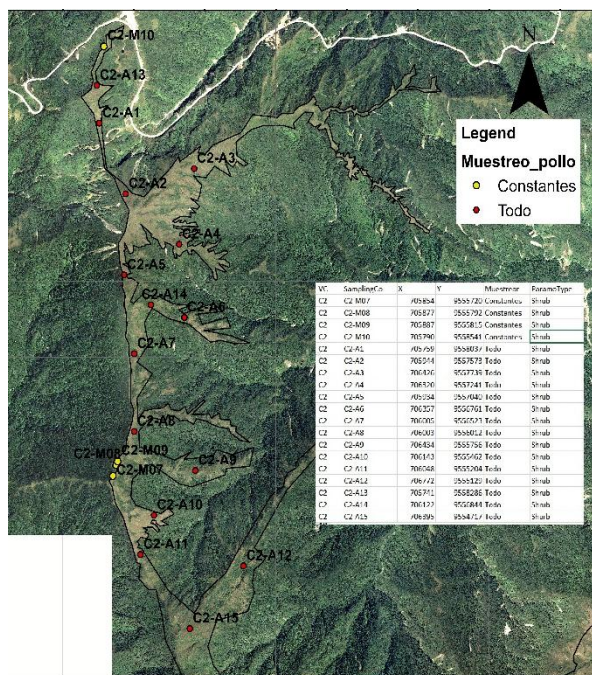
**Figura 1.** Equipo de trabajo: Diego Flores, Fernando Martínez, Ing. Pablo Alvarez y Vinicio Escudero



**Figura 2.** Equipo de trabajo: Ing. Pablo Alvarez, Fernando Martínez y Diego Flores.



Cerró Toledo PNP, área alterada.

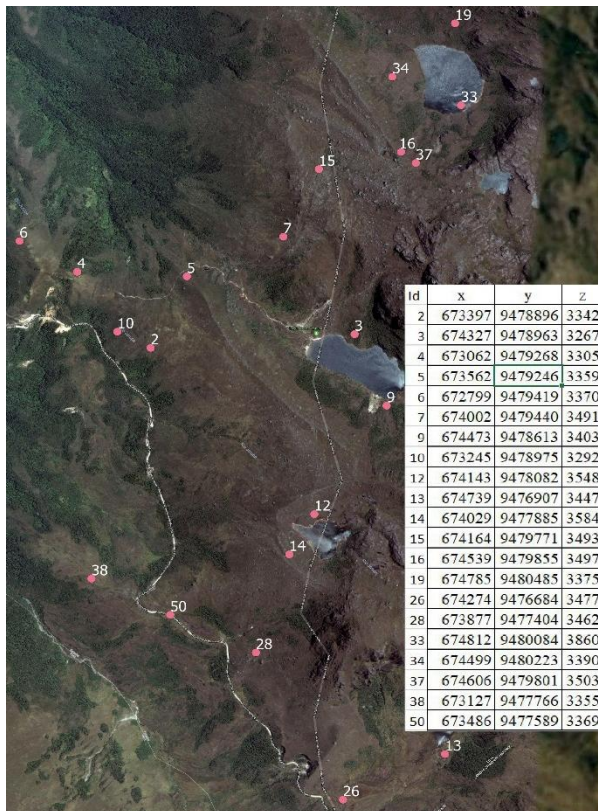


Sector El Tiro PNP





Sector Lagunas Yacuri PNY



Sector Lagunas Negras -Jimbura PNY