



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**CARRERA DE TURISMO**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CAPTURA DE CARBONO EN  
EL SUELO DE DOS ECOSISTEMAS: HERBAZAL DE PÁRAMO Y  
BOSQUE SIEMPREVERDE DE PÁRAMO EN LA RESERVA DE  
PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN ECOTURISMO**

**AUTOR: BRYAN ANDRÉS HUGO TUBON**

**DIRECTOR: Ing. EDWIN LEONARDO PALLO PAREDES**

Riobamba – Ecuador

2020

© 2020, Bryan Andrés Hugo Tubon

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

Yo, Bryan Andrés Hugo Tubon, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 03 de septiembre del 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Bryan Andrés Hugo Tubon', is written over a faint, rectangular stamp or watermark.

**Bryan Andrés Hugo Tubon**  
**150120459-6**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**CARRERA DE TURISMO**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto técnico, **ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CAPTURA DE CARBONO EN EL SUELO DE DOS ECOSISTEMAS: HERBAZAL DE PÁRAMO Y BOSQUE SIEMPREVERDE DE PÁRAMO EN LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO**, realizado por el señor: **BRYAN ANDRÉS HUGO TUBON**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Carlos Anibal Cajas Bermeo <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>CARLOS ANIBAL CAJAS BERMEO</b>	2020-09-03
Ing. Edwin Leonardo Pallo Paredes <b>DIRECTOR(A) DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>EDWIN LEONARDO PALLO PAREDES</b>	2020-09-03
Dr. Edison Marcelo Salas Castelo <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado digitalmente por: EDISON MARCELO SALAS CASTELO DN: cn=EDISON MARCELO SALAS CASTELO, o=ES, ou=SECURITY DATA S.A. 2.5.4=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION	2020-09-03

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación a mi familia y amigos, en especial a mis padres, Gloria y Leonardo, agradezco su constante esfuerzo y apoyo, por su tenacidad ante las adversidades, por su ardua dedicación y por haber inculcado en mí valores que hoy hacen la persona que soy.

Bryan

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme las puertas a la educación, a sus maestros, técnicos e investigadores, que supieron acogerme de la manera más hermosa, brindándome sus conocimientos y enseñanzas.

Agradezco también al proyecto MARERUS, a su director y técnicos, que fueron una guía para cumplir con los objetivos de nuestra investigación.

A mi director y asesor de tesis, que siempre estuvieron dispuestos a ayudarme, por la constancia y paciencia necesarias, sin ellos la presente investigación no hubiera sido posible.

Y a mis amigos, David, Deysi, Vanessa, Byron, Lili, Dannia, Rafael y Carlos, que a menudo estuvieron a mi lado en los peores y mejores momentos.

Gracias infinitas a todos.

Bryan

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Objetivos .....	4
1.2.1 <i>General</i> .....	4
1.2.2 <i>Específicos</i> .....	4

### CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA .....	5
2.1 Ecosistema.....	6
2.1.1 <i>Concepto</i> .....	6
2.1.2 <i>Sistema ecológico</i> .....	6
2.1.3 <i>Ecosistemas altoandinos</i> .....	6
2.2 Servicios ecosistémicos.....	6
2.2.1 <i>Concepto</i> .....	7
2.2.2 <i>Importancia</i> .....	7
2.2.3 <i>Tipos de servicios ecosistémicos</i> .....	8

2.2.4	<i>Valoración económica de los servicios ecosistémicos</i> .....	9
2.2.5	<i>Valor económico total</i> .....	11
2.2.6	<i>Métodos para la valoración de los servicios ecosistémicos</i> .....	13
2.3	<b>El carbono</b> .....	19
2.3.1	<i>Ciclo del Carbono</i> .....	19
2.3.2	<i>Carbono Orgánico en el Suelo (COS)</i> .....	19
2.3.3	<i>Descomposición del carbono.</i> .....	20
2.3.4	<i>Captura de Carbono Orgánico en los Páramos</i> .....	20
2.3.5	<i>Costo social del carbono</i> .....	21
2.3.6	<i>Métodos para la determinación de carbono</i> .....	22
2.4	<b>Suelos</b> .....	22
2.4.1	<i>Perfil del suelo y sus horizontes</i> .....	22
2.4.2	<i>Características físicas del suelo</i> .....	23
2.4.3	<i>Degradación de suelos y tierras</i> .....	25
2.4.4	<i>Los suelos en el páramo</i> .....	26
2.5	<b>Plan de manejo de recursos naturales</b> .....	27
2.5.1	<i>Concepto</i> .....	27

### **CAPÍTULO III**

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	28
3.1	<b>Determinar la cantidad de carbono orgánico que almacena el suelo de cada formación vegetal.</b> .....	28
3.1.1	<i>Muestreo de suelo</i> .....	28
3.1.2	<i>Manejo y envío de muestras al laboratorio</i> .....	28
3.1.3	<i>Determinación del contenido de carbono orgánico en el suelo COS</i> .....	29
3.1.4	<i>Ingreso de datos de campo y tabulación</i> .....	29
3.2	<b>Determinar las condiciones físicas que favorecen a la captura de carbono en el suelo de las dos formaciones vegetales</b> .....	29

<b>3.3</b>	<b>Estimar el valor económico de la captura de carbono en las dos formaciones vegetales.</b>	<b>30</b>
<b>3.4</b>	<b>Realizar una propuesta de plan de manejo de suelos para las dos formaciones vegetales.</b>	<b>31</b>

## **CAPÍTULO IV**

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Cuantificar la cantidad de carbono orgánico que almacena el suelo en cada formación vegetal.</b>	<b>32</b>
<i>4.1.1</i>	<i>Localización de los puntos de muestreo en cada formación vegetal por provincias.</i>	<i>33</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Determinación del contenido de carbono orgánico en el suelo del ecosistema herbazal de Páramo a dos profundidades.</i>	<i>35</i>
<i>4.1.3</i>	<i>Análisis e interpretación de resultados del Conglomerado C1, implementado en el ecosistema herbazal de paramo.</i>	<i>38</i>
<i>4.1.4</i>	<i>Determinación del contenido de carbono orgánico en el suelo del ecosistema Bosque siempreverde de Páramo a dos profundidades.</i>	<i>39</i>
<i>4.1.5</i>	<i>Análisis e interpretación de resultados del Conglomerado C2, implementado en el ecosistema Bosque siempreverde de páramo.</i>	<i>41</i>
<b>4.2</b>	<b>Determinar las condiciones físicas que favorecen a la captura de carbono en el suelo de las dos formaciones vegetales.</b>	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Estimar el valor económico de la captura de carbono en las dos formaciones vegetales</b>	<b>46</b>
<i>4.3.1</i>	<i>Herbazal de páramo</i>	<i>47</i>
<i>4.3.2</i>	<i>Bosque siempreverde de páramo</i>	<i>47</i>
<b>4.4</b>	<b>Realizar una propuesta de un plan de manejo de suelos</b>	<b>47</b>
<i>4.4.1</i>	<i>Programas de manejo para los ecosistemas Herbazal de páramo y Bosque siempreverde.</i>	<i>49</i>
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>52</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>

## **GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Clasificación de los servicios ecosistémicos .....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Enfoques de valoración. ....	10
<b>Tabla 3-2:</b>	Método valoración de coste de viaje .....	14
<b>Tabla 3-2:</b>	Método valor contingente.....	15
<b>Tabla 5-2:</b>	Método trasferencia de beneficio .....	15
<b>Tabla 6-2:</b>	Método costo de reemplazo.....	16
<b>Tabla 7-2:</b>	Método costo evitado .....	17
<b>Tabla 8-2:</b>	Método valoración intrínseca del ecosistema .....	18
<b>Tabla 9-2:</b>	Compartimento o depósitos de carbono IPCC .....	19
<b>Tabla 10-2:</b>	Clasificación de las partículas del suelo .....	24
<b>Tabla 1-4:</b>	Cantidad de carbono que almacena el ecosistema herbazal de páramo, provincia de Tungurahua .....	35
<b>Tabla 2-4:</b>	Cantidad de carbono que almacena el ecosistema herbazal de páramo, provincia de Chimborazo. ....	37
<b>Tabla 3-4:</b>	Cantidad de carbono que almacena el ecosistema herbazal de páramo, provincia de Bolívar.....	37
<b>Tabla 4-4:</b>	Promedios por estrato a cada una de las profundidades en el conglomerado C1 (Herbazal de paramo) en Tn/ha.....	38
<b>Tabla 5-4:</b>	Cantidad de carbono que almacena el ecosistema Bosque siempreverde de páramo, sector Siete Cochas, provincia de Tungurahua. ....	39
<b>Tabla 6-4:</b>	Cantidad de carbono que almacena el ecosistema Bosque siempreverde de páramo, sector Polilepys, provincia de Chimborazo.....	40
<b>Tabla7-4:</b>	Cantidad de carbono que almacena el ecosistema Bosque Siempreverde de páramo, sector Pampas de Salazaca, provincia de Tungurahua.....	40
<b>Tabla 8-4:</b>	Promedios por estrato a cada una de las profundidades en el conglomerado C2 (Bosque Siempreverde de páramo) en Tn/ha. ....	41
<b>Tabla 9-4:</b>	Características físicas de suelo en el ecosistema Herbazal de paramo. ....	43
<b>Tabla 10-4:</b>	Características físicas de suelo en el ecosistema Bosque siempreverde de páramo. ....	45
<b>Tabla 11-4:</b>	Valoración económica del COT del ecosistema herbazal de paramo.....	47
<b>Tabla 12-4:</b>	Valoración económica del COT del ecosistema Bosque siempreverde de páramo. ....	47
<b>Tabla 13-4:</b>	Presupuesto establecido para el programa de capacitación. ....	49

**Tabla 14-4:** Cronograma de actividades para el programa de capacitación y concientización.  
..... 50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Procedimiento para la valoración de un servicio ecosistémico.....	10
<b>Figura 2-2:</b>	Métodos de valoración.....	14
<b>Figura 3-2:</b>	Proceso generacional de daños por emisiones de CO <sub>2</sub> .....	21
<b>Figura 1-3:</b>	Aporte por fijación de carbono .....	31
<b>Figura 1-4:</b>	Ubicación geográfica de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.....	32
<b>Figura 2-4:</b>	Puntos de muestreo, provincia de Tungurahua. ....	33
<b>Figura 3-4:</b>	Puntos de muestreo, provincia de Chimborazo.....	34
<b>Figura 4-4:</b>	Puntos de muestreo, provincia de Bolívar .....	35

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfica 1-4:</b> Promedios de captura de carbono por provincias.....	38
<b>Gráfica 2-4:</b> Promedios de captura de carbono por provincias.....	41

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A.</b>	Socialización con comunidades.....	6
<b>Anexo B.</b>	Reconocimiento área de estudio: Herbazal de páramo.....	6
<b>Anexo C.</b>	Reconocimiento área de estudio: Bosque siempreverde de páramo.....	7
<b>Anexo D.</b>	Recolección de muestras .....	7
<b>Anexo E.</b>	Análisis de muestras .....	8
<b>Anexo F.</b>	Matriz de referencia para el análisis de muestras y cálculo de carbono .....	1

## ÍNDICE DE AVREVIATURAS

**SNAP:** Sistema Nacional de Áreas Protegidas

**RPFCH:** Reserva de Producción de Fauna Chimborazo

**AP:** Áreas protegidas

**GEI:** Gases de efecto invernadero

**COT:** Carbono orgánico total

**Pg:** Picogrammo

**ha:** Hectárea

**Tn:** Tonelada

**HP:** Herbazal de páramo

**MO:** Materia orgánica

**CO:** Carbono orgánico

**DA:** Densidad aparente

**BSP:** Bosque siempreverde de páramo

**CCC:** Convención sobre el cambio Climático

**CCD:** Convención para el Combate de la Desertificación

**CBD:** Convención sobre Biodiversidad

**ICAP:** Instituto Centroamericano de Administración Pública

## RESUMEN

El estudio propuso comparar la concentración de carbono orgánico del suelo de dos ecosistemas: Herbazal de páramo y Bosque siempreverde de páramo en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCH), para lo cual se cuantificó la cantidad de carbono, determinando también sus condiciones físicas y el valor económico. Para cuantificar el contenido de carbono, se tomaron muestras de suelo a 30 y 60cm de profundidad; 16 puntos de muestreo en el Bosque y 21 en el Herbazal, posteriormente se analizaron en el laboratorio por medio del método Lost Ignition, y calcular su contenido aplicando la fórmula:  $(\text{Ton/Ha}) = (\% \text{ C} / 100) * \text{DA} * (\text{E} = * \text{A})$ . Una vez determinado el carbono almacenado se identificó las características físicas que favorecen su captura. Se estimó el valor económico multiplicando los valores del precio referencial por el número de hectáreas y el carbono total. Por último, se formuló una propuesta de manejo de suelos, basándonos en los valores de conservación y en las amenazas que afrontan estos ecosistemas. Luego de los análisis se puede evidenciar que la mayor cantidad de carbono almacenado se encuentra en el suelo del Bosque, con un promedio total de 496,71 Tn/haC, a una profundidad de 60 cm, y 374,23 a 30 cm. Las propiedades físicas del suelo como el color oscuro, profundidad, alta pedregosidad, humedad, textura franco arenosa y estructura granular, favorecieron a la captura de carbono en el Bosque. El ingreso económico que genera el ecosistema Herbazal por almacenamiento de carbono ascendería a 21 987 900,50 USD al año, mientras que, en el Bosque ascendería a 7 522 065,36 USD al año. La propuesta para la elaboración de un plan de manejo de suelos se encaminó hacia la capacitación y concientización de las 14 comunidades que componen la Reserva y se recomienda la implementación de un modelo de pago por servicios ecosistémicos.

**Palabras clave:** <CARBONO ORGÁNICO>, <ECOSISTEMAS>, <SERVICIO ECOSISTÉMICO>, <SUELOS>, <HERBAZAL DE PÁRAMO>, <BOSQUE SIEMPREVERDE DE PÁRAMO>, <VALORACIÓN ECONÓMICA>, <PLAN DE MANEJO>.

**LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por LUIS  
ALBERTO CAMINOS VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, l=RIOBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.08.30 16:36:30  
-05'00'



1667-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The study aimed to compare the concentration of organic carbon from the soil of two ecosystems: Herbazal moorland and siempreverde moorland forest in the wildlife Chimborazo Production Reserve (CHPR), for which the amount of carbon was quantified, also determining its physical conditions and the economic value. To quantify the carbon content, they were taken soil samples at 30 and 60cm deep; 16 sampling points in the forest and 21 in the Herbazal, subsequently they were analyzed in the laboratory through the Lost Ignition method, and calculate its content by applying the formula:  $(\text{ton/ha}) = (\% \text{ C} / 100) * \text{DA} * (\text{E} = * \text{A})$ . Once determined stored carbon the physical characteristics that favor its capture was identified. On the other hand, the economic value was estimated by multiplying the values of the referential price by the number of total hectares and carbon. Finally, a soil management proposal was formulated, based on conservation values and threats that face these ecosystems. After the analysis, it can be evidenced that the greatest amount of stored carbon is on the floor of the Forest, with a total average of 496.71 Tn / haC, at a depth of 60 cm, and 374.23 to 30 cm. The physical properties of the soil such as dark color, depth, high stony, moisture, sandy texture, and granular structure, facilitated carbon capture in the forest. The economic income that generates the ecosystem Herbazal by carbon storage would amount to 21 987 900.50 USD per year, while, in the forest, it would amount to 7 522 065.36 USD per year. To sum, the proposal for the preparation of a soil management plan was directed towards training and awareness of the 14 communities that make up the reservation and implementation, so it is recommended of a payment model for ecosystem services.

**Keywords:** <ORGANIC CARBON>, <ECOSYSTEMS>, < ECOSYSTEM SERVICE>, <SOILS>, < HERBAZAL MOORLAND>, <SIEMPREVERDE MOORLAND FOREST>, <ECONOMIC RATING>, <MANAGEMENT PLAN>

**CRISTINA  
PAOLA  
CHAMORRO**

Firmado digitalmente por CRISTINA PAOLA CHAMORRO ORTEGA  
DN: cn=CRISTINA PAOLA  
CHAMORRO ORTEGA, o=SECURITY DATA  
S.A. Y SU ENTIDAD DE  
CERTIFICACION DE  
INFORMACION  
Movido. Soy el autor de  
este documento.  
Ubicación:  
Fecha: 2021-09-12 22:07:05.00

**Msc. Cristina Chamorro O.  
DOCENTE INGLES  
CARRERA TURISMO**

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo, con pautas meteorológicas cambiantes, que amenazan la producción de alimentos, el aumento del nivel del mar, y el incremento de la temperatura del planeta, causado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estos gases que se producen de manera natural y que son esenciales para la supervivencia de los seres humanos en cantidades moderadas, han superado el límite necesario para la supervivencia, después de más de un siglo y medio de industrialización, deforestación y agricultura a gran escala, las cantidades de gases de efecto invernadero en la atmósfera se han incrementado en niveles nunca antes vistos en tres millones de años. A medida que la población, las economías y el nivel de vida crecen, también lo hace el nivel acumulado de emisiones de ese tipo de gases (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

La atmósfera está compuesta mayoritariamente de nitrógeno (N) en un 79% y oxígeno (O<sub>2</sub>) en un 20%. El 1% restante lo componen gases como argón (Ar), metano (CH<sub>4</sub>), óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en aproximadamente un 0.03%. Aunque la proporción de dióxido de carbono es tan baja, este tiene un rol fundamental en el calentamiento de la atmósfera terrestre, lo cual es a su vez esencial para el desarrollo de la vida. Sin embargo, en la actualidad, el excepcional aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, debido a la acción humana, lo convierte en el principal gas de efecto invernadero (Caballero et al., 2007: pp.3-11).

El aumento significativo de CO<sub>2</sub> es consecuencia de procesos naturales pero sobre todo de actividades antrópicas derivadas del desarrollo tecnológico, urbanístico, industrial y cultural de la sociedad (Caballero et al., 2007: pp. 3-11). Es así que la huella de carbono ha sido el componente dominante de la huella ecológica durante más de medio siglo, y continúa aumentando ya que en 1961, el carbono representaba el 36 % de la Huella Ecológica total, y en el 2010 alcanzó el 53 % (World Wildlife Fund, 2014). Dichas emisiones podrían ser reducidas mediante la gestión sostenible de recursos naturales para la conservación de los servicios ecosistémicos que nos brindan los sumideros.

La importancia de los sumideros de carbono naturales como los océanos, la vegetación y el suelo, radica en su capacidad de absorber CO<sub>2</sub> de la atmósfera, siendo el suelo el segundo reservorio de carbono más importante después de los océanos, contiene a escala planetaria aproximadamente 1300 pg de carbono, y la vegetación alcanza los 550 pg (Johnson et al., 1994), de tal forma que reducen su concentración en el aire y contribuyen a mitigar los efectos del calentamiento global. Sobre este último punto, la conservación de los bosques y el buen uso del suelo juegan un papel fundamental en la mitigación de este fenómeno provocado por las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En este sentido, las áreas protegidas (AP) actúan como sumideros carbónicos, ya que, frecuentemente, son espacios geográficos con grandes extensiones de bosques y vegetación prístinos, que se han mantenido gracias a que son lugares destinados y gestionados para conseguir la conservación de la naturaleza, de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados (Dudley, 2008).

A nivel mundial las AP cumplen un papel fundamental en la provisión de servicios ecosistémicos. Tal es el caso de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (RPFCH) que proporciona varios de estos servicios, destacando la regulación hídrica, provisión de agua y el almacenamiento de carbono en su biomasa y el subsuelo. El valor económico estimado por almacenamiento de carbono alcanza los 7.787,26 dólares/ha/año. Sin embargo, se estima que los ecosistemas de páramo intervenidos pierden en promedio el 75% de su capacidad de almacenamiento de carbono en el suelo (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2014).

Ante este panorama la conservación de dichos ecosistemas es crucial para garantizar el disfrute y aprovechamiento del patrimonio planetario presente y para las generaciones futuras. Es así como los servicios ecosistémicos del área protegida se ven rodeados y se apoyan en varias líneas de investigación y gestión como el turismo sustentable para su valoración, conservación y aprovechamiento.

La gestión del turismo sustentable es la línea de investigación y el hilo conductor del presente trabajo, considerando que para el desarrollo del turismo es esencial conservar los recursos naturales y culturales y tomando en cuenta que la conservación y el disfrute de los recursos van de la mano. Por esto, se considera importante realizar una evaluación de la captura de carbono de dos ecosistemas diferentes: Herbazal de páramo y Bosque siempreverde de páramo, para determinar la incidencia que tienen los tipos de ecosistemas en el volumen de carbono capturado por el suelo, proporcionando de esta manera información técnica científica para para la generación de una propuesta de plan de manejo de suelos.

## **CAPÍTULO I**

## **1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes**

La Reserva de Producción de Fauna Chimborazo al albergar una gran cantidad de biodiversidad, provee a la sociedad una serie de servicios ecosistémicos directos e indirectos, los cuales han sido tomados como base para el desarrollo de actividades económicas poco sostenibles por parte de los actores vinculados al área. Como consecuencia se está minando la capacidad que tienen los ecosistemas naturales para mejorar la calidad de vida de las personas.

Para un mejor preámbulo se debe entender que los servicios ecosistémicos son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad gracias a su alta biodiversidad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018). Sin embargo, a lo largo del tiempo se ha privilegiado la posibilidad de obtener ciertos tipos de beneficios a costa de otros, comprometiendo la sostenibilidad y desvalorizando los servicios ecosistémicos que la Reserva provee.

Parte importante de dichos servicios, podemos mencionar a los de regulación, dentro de éstos, el ciclo del carbono o la capacidad que tienen los suelos y la biomasa de los páramos para capturar y almacenar gases de invernadero, minimizando de esta manera los efectos directos que produce el exceso de emisiones de CO<sub>2</sub>, producto de la industrialización humana.

Bajo este contexto la Escuela de Ingeniería en Ecoturismo de la Facultad de Recursos Naturales ejecuta el proyecto de Investigación Medidas ante los riesgos que afrontan los ecosistemas de la RPFCH, bajo el aval del Instituto de Investigaciones, el cual tiene como fin contribuir a reducir los riesgos que afrontan los ecosistemas frente al cambio de uso de suelo, propiciando por ende el manejo adecuado de la actividad turística, de la producción de fauna y la conservación del área protegida, que son ejes fundamentales de la reserva.

Para proponer medidas viables de conservación ligadas al buen uso de suelos, es imprescindible conocer la realidad del territorio, aspectos importantes como las organizaciones sociales, los patrones culturales y las condiciones naturales que caracterizan al área. Un primer paso fundamental para lograr este objetivo es saber la capacidad que tienen los ecosistemas de capturar carbono en el suelo.

El presente estudio se articula al proyecto y a los lineamientos de la gestión sustentable del turismo pues tiene por objeto realizar un análisis de la concentración y almacenamiento de carbono orgánico en el suelo de dos ecosistemas de la Reserva: Herbazal de páramo y Bosque

siempreverde de páramo, con el fin de determinar las condiciones que repercuten en la capacidad de captura de carbono de los suelos. Dichos factores pueden generarse debido a actividades antrópicas como a una inadecuada gestión turística, utilización del suelo como medio de movilización entre una comunidad y otra, avance de la frontera agrícola, prácticas ganaderas no permitidas, cacería de subsistencia, la extracción de recursos genéticos de flora y fauna y condiciones naturales propias de la reserva como el crecimiento de la población de vicuñas. Todo esto, nos permiten tener un preámbulo de la presión que están soportando los suelos debido a las actividades antes mencionadas, teniendo como resultado un potencial riesgo degenerativo en estos ecosistemas y sobre todo en los niveles de captura de carbono que estos puedan brindar.

Por lo tanto, el presente para trabajo como resultado final incluirá una propuesta de plan de manejo de suelos, que busca generar condiciones apropiadas para fomentar una actividad turística sostenible, sin perjudicar la dinámica de los ecosistemas Herbazal de páramo y Bosque siempreverde de páramo. Adicional a esto, se establecerán sugerencias sobre los potenciales riesgos que enfrentan actualmente los ecosistemas y posibles alternativas para la mitigación de los mismos.

La propuesta se enmarca en la constitución de la República del Ecuador (2008), capítulo séptimo: Derechos de la Naturaleza, artículo 71; capítulo segundo: Biodiversidad y Recursos Naturales, artículo 400, 406, además en el Plan Estratégico del SNAP 2007- 2016 y Plan de Desarrollo Nacional 2017 2021 que en su tercer objetivo busca garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones. A demás de estar ligado a la contribución y desarrollo de programas nacionales y regionales relacionados con la Convención sobre el Cambio Climático (CCC)-Protocolo de Kyoto, la Convención para el Combate de la Desertificación (CCD) y la Convención sobre Biodiversidad (CBD).

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 General***

Comparar la concentración de carbono orgánico del suelo de dos ecosistemas: Herbazal de páramo y Bosque siempreverde de páramo en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

### ***1.2.2 Específicos***

- Cuantificar la cantidad de carbono orgánico que almacena el suelo en cada formación vegetal.

- Determinar las condiciones físicas que favorecen a la captura de carbono en el suelo de las dos formaciones vegetales.
- Estimar el valor económico de la captura de carbono en las dos formaciones vegetales.
- Realizar una propuesta de plan de manejo de suelos.

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

## **2.1 Ecosistema**

### ***2.1.1 Concepto***

El término “ecosistema” fue acuñado por (Tansley, 1935) como el complejo de organismos junto con los factores físicos de su medio ambiente en un lugar determinado, y propuesto además como una de las unidades básicas de la naturaleza. Más adelante (Lindeman, 1942) apoyó la propuesta de Stanley al definir al ecosistemas como un sistema compuesto de procesos físico-químico-biológicos que operan como parte de una unidad espacio-temporal”.

### ***2.1.2 Sistema ecológico***

Un sistema ecológico se define como un conjunto de elementos que están interrelacionados. Comprende elementos naturales y humanos vinculados por relaciones de dependencia mutua, entre los cuales están el relieve, clima, ríos, suelos, seres humanos, plantas, animales. En este sistema las características de cada elemento se explican por causas naturales físicas, químicas y biológicas. Por ello para su caracterización es indispensable la identificación de los elementos que conforman un ecosistema, los mismos que se encuentran definidos por una composición y procesos únicos que involucran la biota y el ambiente en cierto grado, y por un espacio delimitado (Bennett y Carcavallo, 1979: p. 2).

### ***2.1.3 Ecosistemas altoandinos***

Los ecosistemas altoandinos se encuentran entre los 3.000 y 4.500 m sobre el nivel del mar y contienen casi el 30% de las especies de plantas vasculares presentes en el Ecuador. Parte de esta diversidad ubicada a semejante altitud, se debe a la alta variación de hábitats y a las condiciones abióticas como clima y suelos que se encuentran en las montañas. En el nuestro país, los ecosistemas parameros cubren alrededor de 1.250.000 ha, es decir aproximadamente un 6% del territorio nacional. En términos relativos, el Ecuador es el país que más ecosistemas altoandinos tiene con respecto a su extensión total (Mena y Hofstede, 2006).

En el Ecuador se usa comúnmente la altitud de 3.500 m como límite inferior, pero las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas hacen que este límite varíe mucho y que se encuentren a veces páramos desde los 2.800 m, especialmente en el sur del país, o bosques cerrados hasta por sobre los 4.000 m (Mena y Hofstede, 2006).

## **2.2 Servicios ecosistémicos**

### ***2.2.1 Concepto***

De acuerdo con Daily (1997) citado por Camacho y Ruiz (2011) los servicios ecosistémicos son las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los conforman, sostienen y nutren a la vida humana. Esta definición pone énfasis en las condiciones biofísicas cambiantes dentro de los ecosistemas, así como en las interacciones (procesos) entre éstas y sus componentes bióticos (especies).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018) los servicios ecosistémicos son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad, y la biodiversidad es la diversidad existente entre los organismos vivos, que es esencial para la función de los ecosistemas y para que estos presten sus servicios.

El concepto de servicios ecosistémicos o servicios ambientales permite hacer un vínculo explícito entre el estado y funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. Esta relación puede ser directa o indirecta, y los seres humanos pueden o no estar conscientes de su existencia (Balvanera y Cotler, 2007).

### ***2.2.2 Importancia***

Los servicios ecosistémicos hacen posible la vida humana, por ejemplo, al proporcionar alimentos nutritivos y agua limpia; al regular las enfermedades y el clima; al apoyar la polinización de los cultivos y la formación de suelos, y al ofrecer beneficios recreativos, culturales y espirituales. Si bien se estima que estos bienes tienen un valor de 125 billones de USD a nivel global, no reciben la atención adecuada en las políticas y las normativas económicas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018).

Balvanera (2012) menciona que la capacidad que tienen los ecosistemas de ofrecer servicios ecosistémicos se ve profundamente modificada por las decisiones que las sociedades toman acerca de su manejo. El conjunto de condiciones y procesos que ocurren en las sociedades, llamados factores sociales, operan a través de la toma de decisiones sobre cómo transformar los ecosistemas.

La degradación de los servicios de los ecosistemas está contribuyendo al aumento de las desigualdades y disparidades entre los grupos de personas, lo que, en ocasiones, es el principal factor causante de la pobreza y del conflicto social. Esto no significa que los cambios en los ecosistemas, como el aumento de la producción de alimentos, no hayan contribuido también a que muchas personas salgan de la pobreza o del hambre, pero esos cambios han perjudicado a

muchos otros individuos y comunidades, cuya apremiante situación muchas veces se ha pasado por alto. En todas las regiones, y particularmente en el África subsahariana, la situación y la gestión de los servicios de los ecosistemas es un factor decisivo en las perspectivas de reducción de la pobreza (Reid et al., 2004).

### 2.2.3 Tipos de servicios ecosistémicos

Estos servicios incluyen los de provisión, también llamados bienes; los de regulación, que modulan las condiciones en las cuales habitamos y realizamos nuestras actividades productivas; los culturales, que pueden ser tangibles o intangibles pero que dependen fuertemente del contexto sociocultural, y los de sustento o soporte, que son los procesos ecológicos básicos (Balvanera y Cotler, 2009).

**Tabla 1-2:** Clasificación de los servicios ecosistémicos

<b>Servicio</b>	<b>Subcategoría</b>
<b>Servicios de provisión</b>	
Alimento	Cultivos
	Ganado
	Pesquerías de captura
	Acuicultura
	Alimentos silvestres
Fibra	Madera
	Algodón, cáñamo, seda
	Leña
Recursos genéticos	
Productos bioquímicos, medicinas naturales, productos farmacéuticos	
Agua	Agua dulce
<b>Servicios de regulación</b>	
Regulación de la calidad del aire	
Regulación del clima	Global
	Regional y local
Regulación del agua	
Regulación de la erosión	
Purificación del agua y tratamiento de aguas de desecho	
Regulación de enfermedades	

Regulación de plagas	
Polinización	
Regulación de los riesgos naturales	
<b>Servicios culturales</b>	
Valores espirituales y religiosos	
Valores estéticos	
Recreación y ecoturismo	
<b>Servicios de soporte</b>	
Procesos ecosistémicos	
Formación del suelo	
Transporte	
Hábitat humano y biodiversidad	
Mantenimiento de biodiversidad	

**Fuente:** Millennium Ecosystem Assessment, 2005.

**Realizado por:** Hugo, 2020.

#### ***2.2.4 Valoración económica de los servicios ecosistémicos***

Valorar los servicios ecosistémicos ayuda a que la gente pueda entender la importancia de estos. La valoración económica es un instrumento importante para transmitir a los tomadores de decisión la importancia de los ecosistemas y sus servicios para el bienestar de la población. Sin embargo, una consecuencia inevitable de la valoración puramente económica es que un ecosistema determinado puede ser subvalorado o sobrevalorado. El conocimiento y la aplicación adecuada de los diferentes métodos de valoración monetarios y no monetarios pueden reducir esta limitación y otorgarnos una idea más exacta del valor integral que tienen los servicios ecosistémicos para nuestro bienestar (Bustamante y Ochoa, 2014).

La valoración, como estrategia, busca generar la motivación de todos los actores a través de un incentivo económico para la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, en América Latina no es muy frecuente el pago por servicios ambientales. En pocos países que se lleva a cabo esta estrategia de conservación, se ha requerido la intervención de instituciones externas o privadas para que sirvan como mediadores en los procesos que se llevan a cabo en un determinado ecosistema. Es importante mencionar que el pago por servicios ambientales en la actualidad, si bien es cierto ha tomado cierto impulso por la preocupación de los gobiernos actuales sobre la conservación de la diversidad biológica, en muchos casos, este es financiado por los agentes externos y no por los compradores del servicio, es decir, no se paga a los proveedores del servicio

ambiental que son quienes generan esfuerzos por conservar los recursos naturales en cuestión (Lozano, 2017).

### 2.2.4.1 Procedimientos para la valoración de un servicio ecosistémicos



**Figura 1-2:** Procedimiento para la valoración de un servicio ecosistémico.

**Fuente:** Bustamante y Ochoa, 2014.

### 2.2.4.2 Enfoques para la valoración de servicios ecosistémicos

Según la visión económica neoclásica, la valoración es una medida de la capacidad de los ecosistemas para satisfacer necesidades esenciales a la vida. Se puede valorar el ecosistema desde distintas perspectivas: una basada en el ser humano y el valor que este le asigna a los bienes y servicios del ecosistema, y la otra basada en las características propias de cada ecosistema; esta última considera la valoración cultural, espiritual y religiosa.

Se puede emplear para evaluar el aporte del ecosistema al bienestar humano, para decidir entre distintas formas de manejo del ecosistema y para evaluar las consecuencias de otras decisiones posibles.

**Tabla 2-1:** Enfoques de valoración.

Valor económico total (VET)	Enfoques de valoración	Tipos de valor	
		Valor de uso	Valor de uso directo

El Valor Económico Total (VET) clasifica los distintos tipos de valor económico de los servicios de los ecosistemas, según la vinculación entre los seres humanos y el ecosistema.	<b>Antropocéntrico:</b> Basado en la utilidad que el bien o servicio representa para el hombre.		Valor de uso indirecto
	<b>Valor intrínseco:</b> Se basa en la premisa de que todo activo natural vale por sí mismo, sin importar la utilidad que tenga para el hombre.	Valor de no uso	Valor de existencia

**Fuente:** Bustamante y Ochoa, 2014

**Realizado por:** Hugo, 2020

### 2.2.5 Valor económico total

El hecho de que estos recursos en la práctica sean considerados y usados como si fuesen de libre acceso previene el apareamiento de un mercado y de un sistema de precios que pueden ser utilizados para valorar los y comercializarlos. Generalmente es fácil realizar un análisis costo beneficio del desarrollo, ya que éste se lo calcula directamente del flujo de dinero. Pero, el obtener el costo beneficio de la conservación es mucho más complicado ya que existe una mezcla de flujo directo de dinero y beneficios no incluidos en el mercado (Leal, 2010)

Según Lomas et al. (2018) los servicios ambientales desde una perspectiva económica se componen de diferentes valores que sirven para su análisis, los mismos que pueden ser excluidos o sumados para determinar el valor total del servicio.

A continuación, se presenta una síntesis de dichos valores.

#### 2.2.5.1 Valor de uso

Los valores de uso se refieren al valor de los servicios del ecosistema que son empleados por el hombre con fines de consumo y de producción. Engloba a aquellos servicios del ecosistema que están siendo utilizados en el presente de manera directa o indirecta o que poseen un potencial para proporcionar valores de uso futuros (Cristeche y Penna, 2008).

Según Cristeche y Penna (2008) el valor de uso está comprendido por:

- Valor de uso directo (VUD)

Hace referencia a los bienes y a los servicios del ecosistema que son utilizados de manera directa por los seres humanos, tales como: la producción de alimentos, la producción de madera para utilizar como combustible y como insumo para la construcción, los productos medicinales derivados de sustancias naturales, la caza de animales, etc.

Las personas que residen o visitan los ecosistemas bajo estudio son, generalmente, las que le asignan un mayor valor de uso directo a los servicios ofrecidos por los mismos.

- Valor de uso indirecto (VUI)

Se asocian a los servicios ambientales derivados de las funciones de soporte de los ecosistemas y que pueden considerarse como requisitos naturales o insumos intermedios para la producción de bienes y servicios finales.

Un ejemplo de ello es la filtración natural de agua que beneficia a las comunidades aguas abajo, la función de protección frente a tormentas que proveen los bosques brindando amparo a las propiedades y a las obras de infraestructura adyacentes, y por último, el secuestro de carbono que beneficia a la comunidad entera mitigando el cambio climático.

- Valor de opción (VO)

Se refiere a la postergación del uso de un determinado activo ambiental para una época futura. Al mantener abierta la opción de aprovechar dicho recurso en una fecha posterior, éste toma un nuevo valor, el valor de opción. Existe otro valor, el de cuasi-opción, que representa la postergación de una decisión irreversible sobre el uso de un determinado recurso con el fin de obtener la información necesaria para la misma (Lomas et al., 2005).

#### *2.2.5.1 Valor de no uso (VNU) o uso pasivo*

Se entiende al disfrute que experimentan las personas simplemente por saber que un servicio ambiental existe, aún si no esperan hacer uso del mismo de forma directa o indirecta a lo largo de todas sus vidas. Este valor también es conocido como “valor de existencia, valor de conservación o valor de uso pasivo (Cristeche y Penna, 2008). Cuando el bien o servicio ambiental no tiene un precio ligado a un mercado real, el valor económico puede estimarse a través de un mercado simulado. El valor de no uso o valor pasivo de los activos ambientales está bajo dominio sustancial de consideraciones éticas. Se manifiesta en aquellas situaciones donde un grupo de individuos decide

no transformar algún componente del sistema natural, y declara que sentiría una pérdida si este componente desapareciera (Lomas et al., 2005).

Según Lomas et al. (2005) los valores de no uso pueden ser:

- Valor de legado (VL)

Relacionado con la sostenibilidad porque implica la propiedad del recurso a las generaciones futuras

- Valor de existencia (VE)

Es el valor que los individuos atribuyen a las especies, diversas y raras, a los sistemas naturales únicos, o a otros bienes ambientales por el simple hecho de que existan; incluso si los individuos no realizan ningún uso activo o no reciben ningún beneficio directo o indirecto de ellos.

Los valores directos, indirectos, de opción y cuasi-opción, y de no uso o valores pasivos de los bienes y servicios ambientales se sumarían entonces para formar el valor económico total (VET).

Que se expresa como sigue:

$$\text{VET} = \text{VU} + \text{VNO} + \text{VDU} + \text{VIU} + \text{VO} + \text{VL} + \text{VE}.$$

Dónde:

Valor económico total = valor de uso + valor de no uso + valor indirecto de uso + valor indirecto de uso + valor de opción + valor de legado + valor de existencia.

Los métodos de estimación del valor de activos ambientales, desde esta perspectiva, se pueden agrupar de acuerdo con el tipo de mercado que se utiliza para su cálculo.

### ***2.2.6 Métodos para la valoración de los servicios ecosistémicos***

DESCRIPCIÓN	MÉTODOS DE VALORACIÓN	
	Con valor de mercado	Sin valor de mercado
Empleados directamente por el hombre; son principalmente los servicios de provisión.	 Precio de mercado	
Insumos o procesos intermedios para la producción de bienes y servicios finales.	 Precio de mercado  Costo evitado  Costo de reemplazo	 Precio hedónico  Costo de viaje  Valoración contingente  Modelo de elección  Transferencia de beneficio
Poseen un potencial para proporcionar valores de uso futuros.		 Valor presente neto
Esta visión predomina en algunas comunidades tradicionales y pueblos originarios.		

**Figura 2-1:** Métodos de valoración

Fuente: Bustamante y Ochoa, 2014.

### 2.2.6.1 Enfoque antropocéntrico

- Sin valor de mercado

Costo de viaje

**Tabla 3-2:** Método valoración de coste de viaje

Métodos	Costo de viaje
<b>Características</b>	Utilizado para valorar áreas naturales que cumplen función de recreación.
<b>Pasos</b>	Calcula el área debajo de la curva de demanda, que relaciona la cantidad de visitas a un lugar con los gastos que tienen los visitantes para llegar a este lugar.
<b>Servicios ecosistémicos</b>	Servicios culturales, especialmente los de recreación
<b>Ejemplo</b>	El Parque Nacional del Manu recibe visitantes de distintos lugares del Perú, y cada uno de ellos incurre en diferentes gastos para llegar al lugar (transporte, estadía, costo de entrada, entre otros). Para valorar los servicios provistos por esta área se puede tomar en consideración los costos en los que incurren las personas para beneficiarse de estos servicios.

Fuente: Bustamante y Ochoa, 2014.

Realizado por: Hugo, 2020.

## Valor contingente

**Tabla 4-2:** Método valor contingente

<b>Métodos</b>	<b>Valor contingente</b>
<b>Características</b>	Busca valorar bienes y servicios que carecen de mercado, a través de la creación de un mercado hipotético. ¿Cuánto como máximo estaría dispuesto a pagar por este servicio? ¿Cuánto como mínimo estaría dispuesto a recibir como compensación por dejar de consumir tal bien?
<b>Pasos</b>	Mediante encuestas: Información sobre el servicio: estado actual. Información de las modificaciones en calidad o cantidad, y del modo de pago. Datos socioeconómicos del entrevistado.
<b>Servicios ecosistémicos</b>	Servicios de apoyo y de regulación
<b>Ejemplo</b>	La comunidad Río Abajo enfrenta problemas relacionados al flujo de agua, en algunas ocasiones tienen sequías prolongadas y en otras sufren deslizamientos. En la parte alta de la cuenca vive una comunidad que desarrolla actividades productivas que dañan la cobertura vegetal, esto causa los problemas de flujo hídrico antes mencionados. Para solucionar este problema se propone valorar el servicio tomando el máximo valor que estaría dispuesto a pagar la comunidad Río Abajo por una mejora en cantidad y calidad de agua, y el mínimo valor que estaría dispuesto a recibir la comunidad que radica en la parte alta de la cuenca por realizar actividades productivas que no dañen la cobertura vegetal y contribuyan a mejorar el flujo hídrico

Fuente: Bustamante y Ochoa, 2014.

Realizado por: Hugo, 2020.

## Transferencia de beneficio

**Tabla 5-2:** Método transferencia de beneficio

<b>Método</b>	<b>Transferencia de beneficio</b>
<b>Características</b>	El valor económico de un servicio puede calcularse a partir de resultados de otros estudios realizados. El resultado constituye una primera aproximación valiosa para tomadores de decisión.
<b>Pasos</b>	Transferencia de valores fijos: Tomando los valores promedio de un sitio de estudio previo. Juicio de especialistas: Tomando los valores provenientes del juicio de un especialista que conoce los valores de un sitio con similares características. Transferencia de funciones: Transferir funciones o modelos estadísticos que definen relaciones entre variables.
<b>Servicios ecosistémicos</b>	Servicios de apoyo y regulación
<b>Ejemplo</b>	En la comunidad Agua Sana se realizó un estudio en el que se valoraron los servicios hídricos. Al tener esta comunidad condiciones similares a la comunidad Río Abajo se puede emplear el mismo método para valorar, teniendo en cuenta algunas variables como ingresos de la comunidad, caudal del río, entre otras

**Fuente:** Bustamante y Ochoa, 2014.

**Realizado por:** Hugo, 2020.

- Con valor de mercado

Costo de reemplazo

**Tabla 6-2:** Método costo de reemplazo

<b>Método</b>	<b>Costo de reemplazo</b>
<b>Características</b>	Existen bienes sustitutos de los servicios ambientales que sí cuentan con un mercado. Los gastos realizados para reponer el servicio degradado deben entenderse como la disposición mínima a pagar por los mismos. Valora el costo potencial de la contaminación y otros impactos ambientales sobre los bienes y servicios de los ecosistemas.
	Definir el problema en cuestión. Determinar los bienes y servicios a evaluar. Evaluación de los servicios ecosistémicos.

<b>Pasos</b>	<p>Cálculo del costo de bienes sustitutos.</p> <p>Identificar la alternativa menos costosa.</p> <p>Establecer la demanda de la alternativa seleccionada.</p>
<b>Servicios ecosistémicos</b>	Servicios de provisión
<b>Ejemplo</b>	<p>La comunidad Río Abajo, además de tener problemas en la cantidad de agua, enfrenta problemas de calidad, ya que río arriba hay comunidades que desarrollan minería ilegal, la que degrada ecosistemas, y por ende, impide el uso de los bienes y servicios brindados por estos. Para reemplazar estos servicios la comunidad deberá incurrir en gastos adicionales como comprar y transportar agua de otro sitio para no afectar la salud de las familias que allí habitan.</p> <p>Una forma de valorar la calidad del servicio de provisión de agua es estimando el costo de comprar y transportar agua de otros lugares para garantizar la calidad de la misma.</p>

**Fuente:** Bustamante y Ochoa, 2014.

**Realizado por:** Hugo, 2020.

Costo evitado

**Tabla 7-2:** Método costo evitado

<b>Método</b>	<b>Costo evitado</b>
<b>Características</b>	Es el costo por evitar daños y preservar la calidad ambiental. Utiliza los costos de bien o servicio como medida de beneficio proporcionadas por el ecosistema.
<b>Pasos</b>	<p>Definir el problema en cuestión.</p> <p>Determinar los bienes y servicios a evaluar.</p> <p>Evaluación de los servicios ecosistémicos.</p> <p>Estimar el daño físico y potencial en un período determinado.</p> <p>Valor monetario del daño, cantidad gastada para evitarlo.</p> <p>Establecer la demanda de la alternativa seleccionada.</p>
<b>Servicios ecosistémicos</b>	Servicios de regulación
	<p>Seguimos con el ejemplo de la comunidad Río Abajo.</p> <p>Identificado el problema de la minería ilegal en la parte alta de la cuenca, se evalúan los servicios ecosistémicos que se están perdiendo y el daño</p>

<b>Ejemplo</b>	<p>que esto ocasiona en la comunidad Río Abajo, como por ejemplo problemas en la salud, falta de provisión de agua potable, deslizamientos, etc.</p> <p>Al valorizar estos daños se está valorizando indirectamente los servicios ecosistémicos que impiden que estos problemas se den.</p>
----------------	---

**Fuente:** Bustamante y Ochoa, 2014.

**Realizado por:** Hugo, 2020.

### 2.2.6.2 Enfoque valor intrínseco

El enfoque de valor intrínseco intenta valorar un bien o servicio independientemente de la utilidad que tiene para el hombre.

- Valoración intrínseca del ecosistema

**Tabla 8-2:** Método valoración intrínseca del ecosistema

<b>Método</b>	<b>Valoración intrínseca del ecosistema</b>
<b>Características</b>	Valora el ecosistema sin partir de la utilidad que puede significar para el hombre. Toma únicamente el valor que tiene algo en sí y por sí mismo.
<b>Ejemplo</b>	Las comunidades nativas valoran el ecosistema en conjunto, no diferencian procesos ni bienes individualmente ya que consideran que todo el conjunto tiene un valor por sí mismo y que no es posible hacer diferenciaciones.

**Fuente:** Bustamante y Ochoa, 2014.

**Realizado por:** Hugo, 2020.

Este método se distingue de todos los expuestos previamente por ser el único método directo o hipotético, este método a diferencia de los anteriores indirectos u observables tiene como objetivo que las personas declaren sus preferencias con relación a un determinado bien o servicio ambiental, en lugar de realizar estimaciones sobre la base de conductas que se observan en el mercado.

El método de valoración contingente es el único que permite calcular el valor económico total de un bien o servicio ambiental, dado que es capaz de estimar tanto valores de uso como de no uso, siendo estos últimos los responsables de su gran difusión debido a que ningún otro método puede capturarlos. No obstante, dado que los beneficios que se miden a través del método de valoración contingente y costo de viaje (Bustamante y Ochoa, 2014).

## 2.3 El carbono

**Tabla 9-2:** Compartimento o depósitos de carbono IPCC

Compartimiento/ Depósito		Descripción
<b>Biomasa</b>	Biomasa aérea	Toda la biomasa de la vegetación viva que se halla por encima del suelo, incluye tallos, cepas, ramas, corteza, follaje y semillas.
	Biomasa subterránea	Toda la biomasa de las raíces vivas. Excluyendo las raíces finas de menos de 2 mm de diámetro, porque es difícil de distinguir de la materia orgánica del suelo.
<b>Materia orgánica muerta</b>	Madera muerta	Incluye toda la biomasa leñosa no viva, ya sea en pie, tendida en el suelo o enterrada.
	Hojarasca	Incluye toda la biomasa no viva con un tamaño menor que el diámetro mínimo establecido para la madera muerta (< 10 cm).
<b>Suelo</b>		Carbono del horizonte orgánico del suelo

**Fuente:** Intergovernmental Panel of Climate Change-IPCC, 2006.

**Realizado por:** Hugo, 2020.

### 2.3.1 Ciclo del Carbono

El ciclo del carbono son las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biósfera, atmósfera, hidrósfera y litósfera. Comprende, en primer lugar, un ciclo biológico durante la fotosíntesis, las plantas verdes toman CO<sub>2</sub> del ambiente abiótico e incorporan el carbono en los carbohidratos que sintetizan. Parte de estos carbohidratos son metabolizados por los mismos productores en su respiración, devolviendo carbono al medio circundante en forma de CO<sub>2</sub>. Otra parte de esos carbohidratos son transferidos a los animales y demás heterótrofos, que también liberan CO<sub>2</sub> al respirar, los descomponedores metabolizan los compuestos orgánicos de los organismos muertos y agregan nuevas cantidades de CO<sub>2</sub> al ambiente (Wodzicki, 2001).

### 2.3.2 Carbono Orgánico en el Suelo (COS)

La vegetación fija el carbono de la atmósfera por fotosíntesis transportándolo a materia viva y muerta de las plantas. Los organismos del suelo descomponen esta materia transformándola a Materia Orgánica del Suelo (MOS). El carbono se libera de la biomasa para la MOS, en organismos vivos por un cierto tiempo o se vuelve a emitir para la atmósfera por respiración de los organismos (organismos del suelo y raíces) en forma de dióxido carbono, CO<sub>2</sub>, o metano CH<sub>4</sub>, en condiciones de encharcamiento en el suelo (Lefevre et al., 2017).

El carbono orgánico en los suelos (COS) es un componente muy importante del ciclo global del carbono, ocupando un 69,8 % del carbono orgánico de la biosfera. La microbiología del suelo se ve afectada por dos ciclos: un ciclo lento, en el que la producción de carbono se mide en cientos de miles de años e implica el desgaste de las rocas y la disolución de carbonatos en la tierra y en los océanos y el ciclo de producción rápida de carbono, que se mide en años o décadas y constituyen una parte fundamental en el aspecto biológico de la naturaleza (Lefevre et al., 2017).

Se ha considerado a los suelos como un sumidero de carbono, debido a la capacidad que tienen para almacenar este elemento en forma orgánica (1500 Pg a 1 m de profundidad y 2456 Pg a 2 m de profundidad) e inorgánica (1700 Pg), la cual sobrepasa considerablemente la que presentan la vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg) (Steffen, 1998). Sin embargo, para lograr que el carbono se acumule en los suelos, es necesario implementar medidas de manejo adecuadas para ello.

### ***2.3.3 Descomposición del carbono.***

Este proceso de desintegración engloba a su vez dos subprocesos simultáneos: por un lado, la fragmentación de partículas de un tamaño mayor en otras cada vez menores, hasta que los componentes estructurales (incluidos los celulares) no son ya reconocibles y por otro lado el catabolismo de los compuestos orgánicos.

Los microorganismos actúan de vínculo de unión entre los procesos de producción primaria y secundaria, propician la reintroducción de compuestos inorgánicos en el sistema y producen biomasa microbiana susceptible de servir como alimento a organismos detritívoros (Ordóñez, 1999).

### ***2.3.4 Captura de Carbono Orgánico en los Páramos***

En los andes del Ecuador los ecosistemas de vegetación natural más importantes son los páramos y bosques naturales continuos o parches, según su aporte económico, social y ecológico. “Los páramos se caracterizan por encontrarse sobre los 3 000 m.s.n.m y poseen una vegetación herbácea en su mayoría dominada por gramíneas, arbustos o almohadillas. Ecológicamente los

páramos cumplen funciones ambientales como el almacenamiento y fijación de carbono” (Medina, 1999).

Este servicio ambiental es muy importante para el dinamismo o ciclo de ciertos nutrientes y también para mitigar efectos nocivos del cambio climático. El almacenamiento de carbono se basa en la remoción del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico para almacenarlo en diferentes componentes del ecosistema, siendo el suelo uno de los más importantes por su alta capacidad de almacenamiento y retención (Medina, 1999).

Con un buen manejo y conservación de los páramos protegemos el suelo y mantenemos su carbono orgánico. Contradictoriamente si se produce alguna alteración, entre ellas las labranzas como actividad de la agricultura, el carbono se volatiliza. En el ecosistema páramo se han realizado algunos estudios que han permitido conocer de manera cuantitativa cuanto carbono almacenan (Medina, 1999).

El mecanismo de mercado para el carbono desarrollado bajo el Protocolo de Kioto se denomina el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Desafortunadamente para el páramo, este mecanismo no se aplica a carbono almacenado en los suelos y vegetación, sino únicamente a la vegetación o siembra. Por esto, la gran cantidad de carbono que hay en sus suelos, que colabora de manera indirecta pero importante a mitigar el efecto invernadero, todavía no puede ser considerada ni utilizada como una alternativa económica viable para las comunidades u otros dueños del páramo (Medina, 1999).

### 2.3.5 Costo social del carbono

Según el World Wildlife Fund (2014), el Costo social del carbono (SCC) es el daño hecho por emitir una tonelada adicional de dióxido de carbono a la atmósfera (USD/TM de carbono) en un período de tiempo.



**Figura 3-2:** Proceso generacional de daños por emisiones de CO<sub>2</sub>

**Fuente:** Bustamante y Ochoa, 2014.

El objetivo de estimar el costo social del carbono es buscar el bienestar de la sociedad. El valor se traduce en dinero, unidad en la que el costo social es calculado. Los métodos de estimación cuantitativa del costo social son varios, sin embargo, todos siguen la misma lógica.

La estimación del costo social permite incorporar los costos sociales de las emisiones de carbono en los análisis costo – beneficio de políticas regulatorias para reducir emisiones.

### ***2.3.6 Métodos para la determinación de carbono***

#### ***2.3.6.1 Método de pérdida de carbono por Ignición***

El método de pérdida por ignición se basa en determinar la pérdida de peso de una muestra de suelo al someterla a una temperatura de 430 °C en horno-mufla durante 24 h. Con temperaturas de 430 °C se lograría una completa oxidación de la MO. Así este método permite la determinación de la MO total del suelo, incluyendo las formas condensadas, humus, humatos y residuos orgánicos poco alterados (Davis, 1974). Otros estudios han determinado que aún a 600 °C parte de las sustancias húmicas permanecen resistentes a la oxidación.

La temperatura por el método de calcinación debe mantenerse por debajo de los 440°C de temperatura para evitar la destrucción de los carbohidratos inorgánicos que pueden estar presentes en la muestra. El riesgo de aplicar esta técnica de determinación de carbono orgánico es que en algunos minerales de arcilla pierdan agua estructural o grupos hidroxilo debido a las temperaturas usadas para la combustión de las muestras, la pérdida de agua estructural llevará a la sobreestimación del contenido de materia orgánica en los resultados (Davis, 1974).

## **2.4 Suelos**

El suelo se lo considera como el producto de diferentes procesos dinámicos y biológicos que han obrado sobre las rocas y minerales a través del tiempo. En el suelo se puede ver materiales sueltos, no consolidados, yacentes sobre las rocas del subsuelo. Sobre un lecho de rocas, casi universalmente, se hallan restos incoherentes, este material, conocido como capa filtrante u horizontal iluvial, puede ser muy delgado o al contrario, alcanzar centenares de metros de espesor (Oñate, 1999).

### ***2.4.1 Perfil del suelo y sus horizontes***

El perfil del suelo incluye el conjunto de todos los horizontes genéticos, las capas orgánicas sobre la superficie, y el material madre u otras capas debajo del “solum”, que influyen en la génesis y

en el comportamiento del suelo. Los diferentes horizontes que constituyen un perfil de un suelo determinado, se diferencian entre sí en una o más de las siguientes propiedades: color, textura, estructura, consistencia y reacción o pH (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2012).

No es absolutamente necesario designar los horizontes para lograr una buena descripción de un perfil. No obstante, la utilidad de las descripciones se ve incrementada por el uso adecuado de las designaciones genéticas tales como A, E, B y C. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2012).

Tales interpretaciones muestran las relaciones genéticas entre los horizontes de un perfil, mientras que números como 1, 2, 3, etc. o letras indefinidas, no nos dicen nada, excepto la secuencia en profundidad. Las designaciones genéticas permiten las comparaciones entre suelos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2012)

#### ***2.4.2 Características físicas del suelo***

Según la Organización de las Naciones Unidas (2012) las propiedades físicas de los suelos, determinan en gran medida, la capacidad de muchos de los usos a los que el hombre los sujeta. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes.

##### ***2.4.2.1 Textura***

La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaños como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2012).

El triángulo de textura de suelos según la FAO se usa como una herramienta para clasificar la textura. Partículas del suelo que superan tamaño de 2.0mm se definen como piedra y grava y también se incluyen en la clase de textura. Por ejemplo, un suelo arenoso con 20% de grava se clasifica como franco arenoso con presencia de gravas. Cuando predominan componentes orgánicos se forman suelos orgánicos en vez de minerales.

**Tabla 10-2:** Clasificación de las partículas del suelo

Nombre	Diámetro (mm)
Arcilla	< 0,002
Limo	0,002 - 0,05
Arena	0,05 - 2,0
Arena fina	0,05 – 0,5
Arena gruesa	0,5 – 2,0

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2012.

#### 2.4.2.2 Estructura

Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos). La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados (Buol, 1989).

Según La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura la estructura del suelo se clasifica de la siguiente manera:

- Estructuras granulares y migajosas

Son partículas individuales de arena, limo y arcilla agrupadas en granos pequeños casi esféricos. El agua circula muy fácilmente a través de esos suelos. Por lo general, se encuentran en el horizonte A de los perfiles de suelos.

- Estructuras en bloques o bloques subangulares

Son partículas de suelo que se agrupan en bloques casi cuadrados o angulares con los bordes más o menos pronunciados. Los bloques relativamente grandes indican que el suelo resiste la penetración y el movimiento del agua. Suelen encontrarse en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla.

- Estructuras prismáticas y columnares

Son partículas de suelo que han formado columnas o pilares verticales separados por fisuras verticales diminutas, pero definidas. El agua circula con mayor dificultad y el drenaje es deficiente. Normalmente se encuentran en el horizonte B cuando hay acumulación de arcilla.

- Estructura laminar

Se compone de partículas de suelo agregadas en láminas o capas finas que se acumulan horizontalmente una sobre otra. A menudo las láminas se traslapan, lo que dificulta notablemente la circulación del agua. Esta estructura se encuentra casi siempre en los suelos boscosos, en parte del horizonte A y en los suelos formados por capas de arcilla.

#### *2.4.2.3 Humedad*

Humedad dependiendo del tamaño de las partículas y del contenido en materia orgánica, el volumen total de los poros varía enormemente de suelo a suelo. El volumen total de los poros es el factor clave para la capacidad de almacenamiento de agua de cualquier suelo. Cuanto más pequeño sea el diámetro de los poros llenos de agua, mayor será la energía que las plantas deban utilizar para extraer esa agua, ya que es retenida con mayor fuerza (Chapman, 1966).

#### *2.4.2.4 Profundidad efectiva*

La profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables. La mayoría de las últimas pueden penetrar más de un metro, si las condiciones del suelo lo permiten (Organización de las Naciones Unidas, 2012).

#### **2.4.3 Degradación de suelos y tierras**

La Convención de las Naciones Unidas sobre la lucha contra la desertificación (UNCCD) define la degradación de tierras como un proceso natural o una actividad humana que causan la incapacidad de la tierra para sostener adecuadamente las funciones económicas y/o las funciones ecológicas originales. El efecto de la degradación debe ser evaluado en forma integral en su impacto sobre la tierra y la población que vive sobre ella y que puede ser evaluada por medio de los bienes y servicios producidos por la tierra y la forma como son afectados por la degradación de la tierra (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 1998).

#### ***2.4.4 Los suelos en el páramo***

La formación de los suelos de páramo solo se inicia 10 000 años atrás, con la meteorización de roca descubierta al cabo de las últimas glaciaciones (Pleistoceno), cuando la totalidad de la extensión de páramo estuvo cubierta de hielo. En zonas donde hay volcanismo activo, el suelo tiene que formarse con cenizas volcánicas de edad todavía más reciente. Además, gracias a las bajas temperaturas, el proceso de formación de suelo es lento. Por esto, los suelos del páramo son, sin excepción, jóvenes.

La formación de los suelos depende de cuatro factores: el clima, la roca madre, la edad de los suelos y la vegetación. Los factores relacionados con el clima dependen de las relaciones entre precipitación y evapotranspiración. Éstas generan un volumen alto de agua efectiva y, a su vez, hacen que se produzca una alteración química de los minerales, aunque en zonas que presentan bajas temperaturas las reacciones químicas son lentas, lo que explica la formación lenta de suelos de páramo (Podwojewski y Poulénard, 2000).

El material parental ha desempeñado un papel muy importante en la formación y evolución de los suelos de páramo, a pesar de ser considerado un factor pasivo en el proceso edafogénico. En las cordilleras volcánicas (Cordillera Central colombiana y todo el centro y norte del Ecuador) existen afloramientos de rocas ígneas, mientras que en otras partes afloran materiales geológicos de edades desde cretácica hasta paleozoica (shale negro, arenisca, caliza, limolitas, liditas; como en la Cordillera Oriental colombiana) o metamórficas (como en la Cordillera Occidental colombiana, en la Cordillera de Mérida, al sur de Ecuador y al norte de Perú). Además de esto, hay áreas extensas cuyos materiales parentales son los depósitos glaciares que conforman las morrenas y los derrubios de gelifracción. En las depresiones (antiguos lechos lacustres) se presentan capas orgánicas y se dan sedimentos aluviales en las partes bajas de los valles intra-montanos que cortan el paisaje paramuno (Podwojewski y Poulénard, 2000).

La vegetación es uno de los principales factores en la formación de los suelos, a través del proceso de acumulación de la materia orgánica. La descomposición de este material orgánico es restringida debido a que las temperaturas bajas aletargan la actividad microbial. Por esta razón, los procesos de formación de humus y la mineralización de los restos orgánicos ocurren de forma lenta y esto hace que la materia orgánica tienda a acumularse, parcialmente descompuesta, y que esté conformada por sustancias húmicas de baja polimerización y escaso vínculo con los coloides inorgánicos. De esta forma se generan horizontes superficiales espesos de color negro o de tonos muy oscuros (Acosta y Aguirre, 2000).

## **2.5 Plan de manejo de recursos naturales**

### ***2.5.1 Concepto***

Los Planes de Manejo son una herramienta específica para conducir y regular el aprovechamiento de los recursos naturales renovables, y para la elaboración de los mismos (Capto, 2005).

Se denomina plan de manejo ambiental al plan que, de manera detallada, establece las acciones que se requieren para prevenir, mitigar, controlar, compensar y corregir los posibles efectos o impactos ambientales negativos causados en desarrollo de un proyecto, obra o actividad; incluye también los planes de seguimiento, evaluación y monitoreo y los de contingencia.

Algunas de las áreas protegidas cuentan con Planes específicos como los Planes de Uso Turístico y recreativo, Planes antropológicos, Planes de investigación, Plan de difusión, Plan de capacitación, Plan de financiamiento, entre otros; cuyo contenido e información deben tomarse en cuenta en la elaboración de los planes de manejo de recursos, puesto que en su conjunto desarrollan todos aquellos usos o líneas de trabajo fundamentales y de influencia fundamental en la marcha del ANP, definiendo los límites de aspectos, tales como la carga turística o la extracción de recursos y las bases conceptuales más específicas que los planes maestros (Capto, 2005).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

La propuesta se encuentra orientada a determinar el contenido de carbono presente en los suelos de dos ecosistemas de la RPFCH, por medio de la aplicación del Manual de Campo publicado por el Proyecto “Evaluación Nacional Forestal ENF” del Ministerio del Ambiente del Ecuador, bajo la cooperación del Programa “Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático” FAO Finlandia y del Programa ONU REDD (Proyecto Evaluación Nacional Forestal , 2012 ).

Para el cumplimiento de los objetivos, se procedió a desarrollar el trabajo de la siguiente manera.

#### **3.1 Determinar la cantidad de carbono orgánico que almacena el suelo de cada formación vegetal.**

##### ***3.1.1 Muestreo de suelo***

El muestreo que se aplicó, es el muestreo aleatorio de doble estratificación, que deriva en dos fases, en la primera fase se seleccionó una muestra relativamente grande de forma sistemática en las dos formaciones vegetales, y en la segunda fase se seleccionó una muestra más pequeña, que delimita a los dos estratos, evitando el efecto de borde para que las propiedades del suelo no se vean alteradas por las condiciones de las otras formaciones vegetales.

Para las observaciones y muestreo de suelo, se tomaron 16 puntos de muestreo en el bosque siempre verde y en el herbazal se tomaron 21 puntos de muestreo. En el trabajo de campo, el primer paso para la toma de muestras fue remover la hojarasca hasta que el suelo se observe limpio. Utilizando un barreno se realizó pequeñas calicatas hasta una profundidad de 60 cm, tomando de esta manera muestras de suelo a diferentes profundidades, 30 y 60 cm. Luego colocamos las muestras de suelo en una funda plástica cerrándola herméticamente y etiquetada con el código correspondiente. Eje: (A1 P1 30). Donde A1 corresponde al área 1, P1 al punto 1, y el numero 30 indica a la profundidad a la que ha sido tomada la muestra.

##### ***3.1.2 Manejo y envío de muestras al laboratorio***

Una vez terminado el proceso de recolección de muestras, se procedió a llevar las muestras rotuladas al laboratorio, para ser analizadas y realizar los cálculos, determinando así la densidad aparente y cantidad de carbono almacenado en el suelo a diferentes profundidades.

### ***3.1.3 Determinación del contenido de carbono orgánico en el suelo COS.***

Para determinar el contenido de carbono orgánico por unidad de volumen de suelo, se utilizó el método de Pérdida por Ignición o Lost Ignition, por lo tanto, fue necesario conocer la densidad aparente del suelo. Para esto se utilizó el método del “cilindro de volumen conocido” como se presenta a continuación:

1. Utilizar un cilindro de volumen conocido (91,93 cm<sup>3</sup>)
2. Secar la muestra en la estufa a 105° C hasta obtener un peso constante (24h)
3. Peso de la muestra seca (Ps)
4. Calcular la densidad aparente:

$$DA \text{ (g/cm}^3\text{)} = \text{Peso seco/Volumen del cilindro}$$

Los contenidos de carbono se calcularon de la siguiente manera:

$$\text{Carbono en suelo (Ton/Ha)} = (\% \text{ C} / 100) * DA * (E * A)$$

Dónde:

%C = Porcentaje de carbono

DA = Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)

E = Espesor de la capa de muestreo (cm)

A = Área considerada (1 ha)

### ***3.1.4 Ingreso de datos de campo y tabulación***

Se organizó la información recopilada tanto de la libreta de campo como del laboratorio, estos datos incluyen los tomados en GPS y fotografías. Se realizó las correcciones necesarias para contar con datos listos y proceder a realizar la tabulación, procesamiento de la información y elaboración de informes.

## **3.2 Determinar las condiciones físicas que favorecen a la captura de carbono en el suelo de las dos formaciones vegetales**

De acuerdo a la metodología escogida para el diseño del muestreo y trabajo de laboratorio, se determinaron las condiciones físicas del suelo como textura, estructura, pH, materia orgánica y

humedad, que pueden estar relacionados directamente con la capacidad que tienen las diferentes formaciones vegetales de la RPFCH para almacenar carbono.

A continuación, se describe el procedimiento para evaluar las características físicas del suelo:

- El color del suelo se identificó usando la tabla de Munsell.
- Para el reconocimiento de la textura del suelo se utilizó una muestra colectada de una de las calicatas y usando el método de la sensibilidad del tacto, se procedió a evaluar la ocurrencia relativa de arcilla, limo y arena.
- Para la identificación de la estructura del suelo se tomó como base las definiciones propuestas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- La profundidad efectiva se determinó en el transcurso del trabajo de campo, cavando los suelos con una pala, preferentemente, para observar las características de éstos a diferentes profundidades.
- La pedregosidad se valoró en base a los porcentajes de piedras mayores a 4,5 mm encontradas en el suelo.

### **3.3 Estimar el valor económico de la captura de carbono en las dos formaciones vegetales.**

#### *3.3.1 Valoración económica del carbono orgánico.*

La ecuación para calcular el aporte económico por fijación de carbono se obtiene multiplicando los valores de: el precio referencial vigente en el mercado internacional; número de hectáreas donde se trabajó (1ha) y el Carbono orgánico total (COT).

Se tomará en cuenta el precio actual a nivel mundial del carbono para posteriormente aplicar la siguiente ecuación:

Y <sub>c</sub> = Aporte por fijación del Carbono			
$Y_c = \sum_{i=1}^n P_c Q_i^c N_i^c$			
Tipo de bosque	P <sub>c</sub>	Q <sup>c</sup> <sub>i</sub>	N <sup>c</sup> <sub>i</sub>
Bosque Siempreverde Montano Alto	4,89	Carbono orgánico total fijado Mg C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	1ha

**Figura 1-3:** Aporte por fijación de carbono

**Fuente:** Proyecto Evaluación Nacional Forestal , 2012.

Nota: Las unidades de medida utilizadas en los stocks de carbono se expresan en términos de peso de carbono por unidad de área, y los valores de los flujos siempre incluyen la variable tiempo: (Mg C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>).

### 3.4 Realizar una propuesta de plan de manejo de suelos para las dos formaciones vegetales.

Para el cumplimiento del cuarto objetivo, se tomó en cuenta información secundaria e información primaria levantada en campo. Luego de haber determinado las propiedades físicas y la concentración de carbono orgánico en el suelo de las dos formaciones vegetales, se procedió a formular una propuesta de manejo de suelos, basándonos en los valores de conservación determinados (Bosque siempreverde de páramo y Herbazal de páramo) y en las diferentes amenazas que afrontan estos ecosistemas, con el propósito de formular estrategias encaminadas al desarrollo sostenible del recurso.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 Cuantificar la cantidad de carbono orgánico que almacena el suelo en cada formación vegetal.

El trabajo se realizó en dos ecosistemas: Herbazal de páramo y Bosque siempreverde de páramo en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.

La extensión total del área de estudio es de 6246,19 ha para el Herbazal de páramo y 363,04 ha para el Bosque siempreverde de páramo, las cuales se encuentran distribuidas en toda la reserva respectivamente. Las altitudes varían desde los 3200 msnm hasta los 4300 msnm.



**Figura 1-4:** Ubicación geográfica de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo

Realizado por: Hugo, 2020.

Las coordenadas geográficas UTM de acuerdo a Ministerio de Ambiente (2014) son:

**Noroeste:** X= 724588; Y= 9851177

**Sureste:** X= 748675; Y= 9831139

Noreste: X= 754275; Y= 9850907  
Suroeste: X= 731335; Y= 9830667

#### 4.1.1 Localización de los puntos de muestreo en cada formación vegetal por provincias.

##### 4.1.1.1 Tungurahua

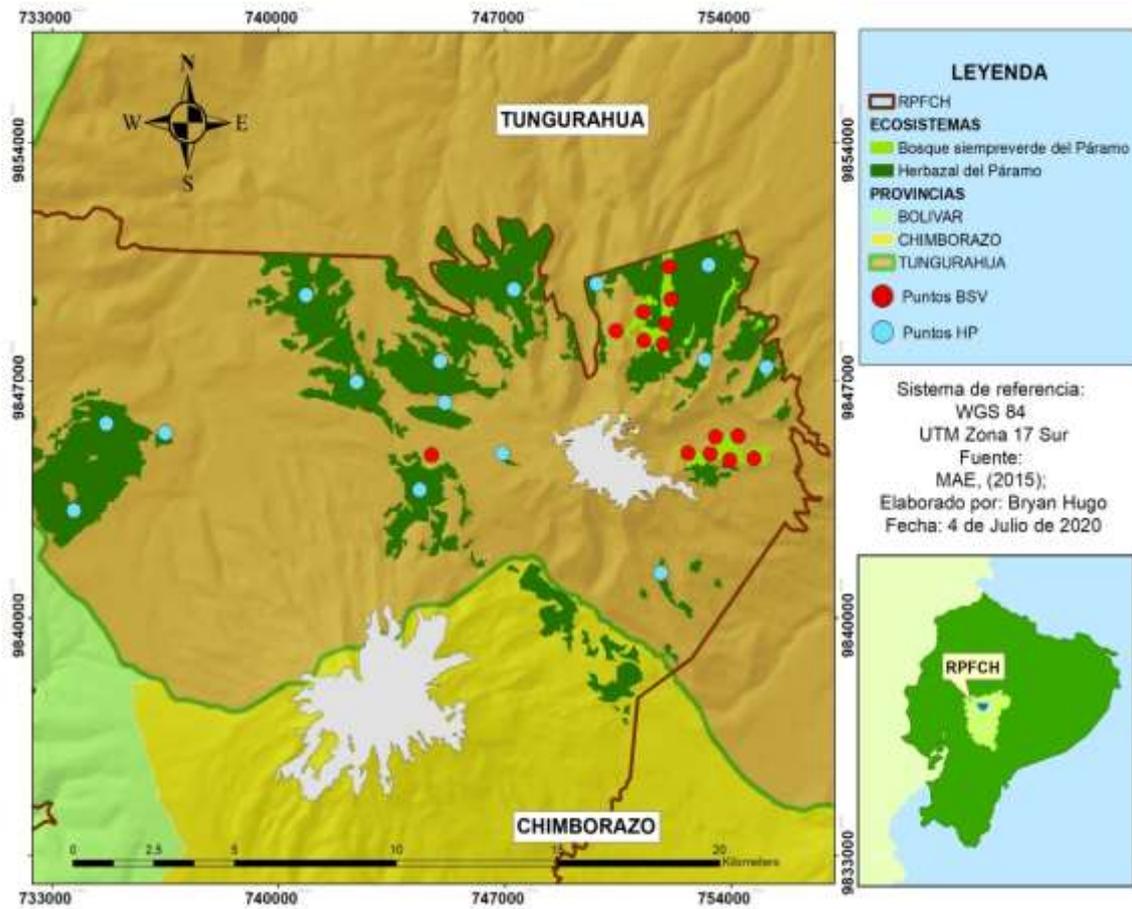
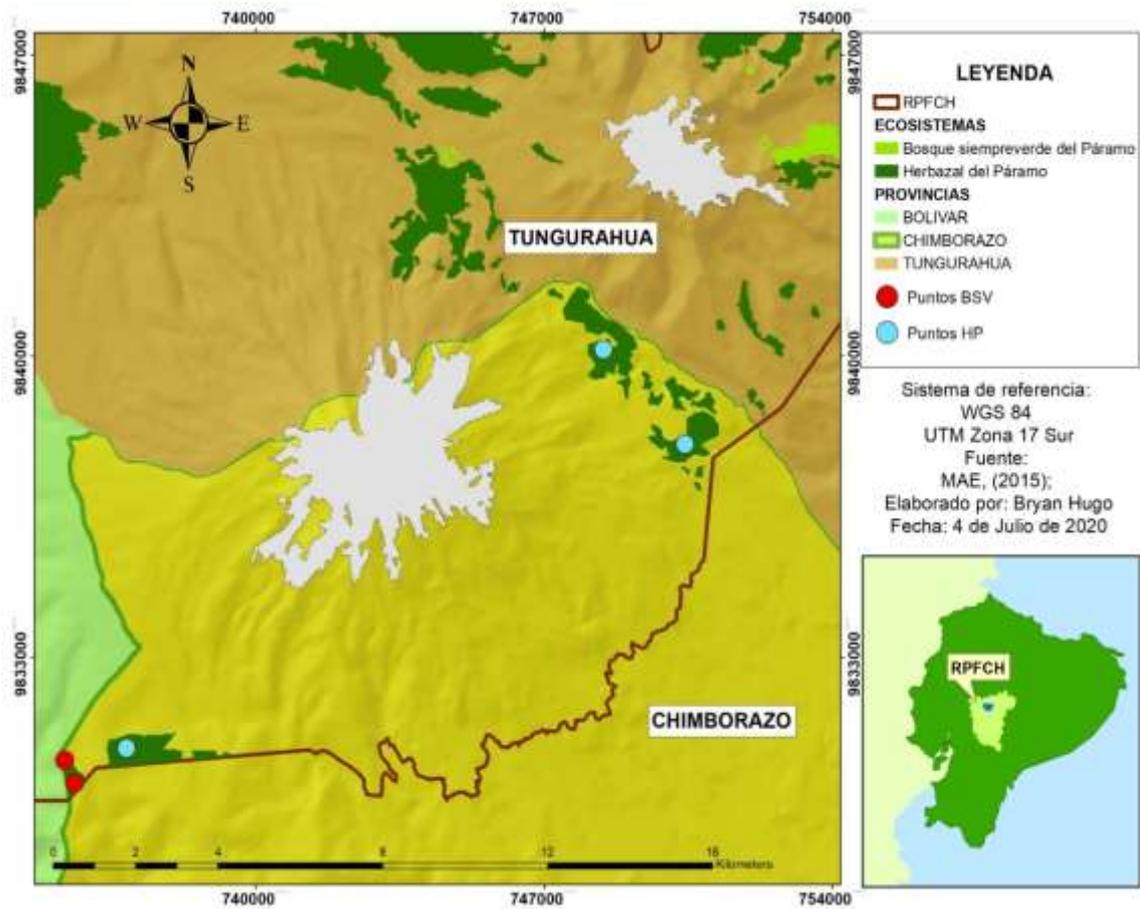


Figura 2-4: Puntos de muestreo, provincia de Tungurahua.

Realizado por: Hugo, 2020.

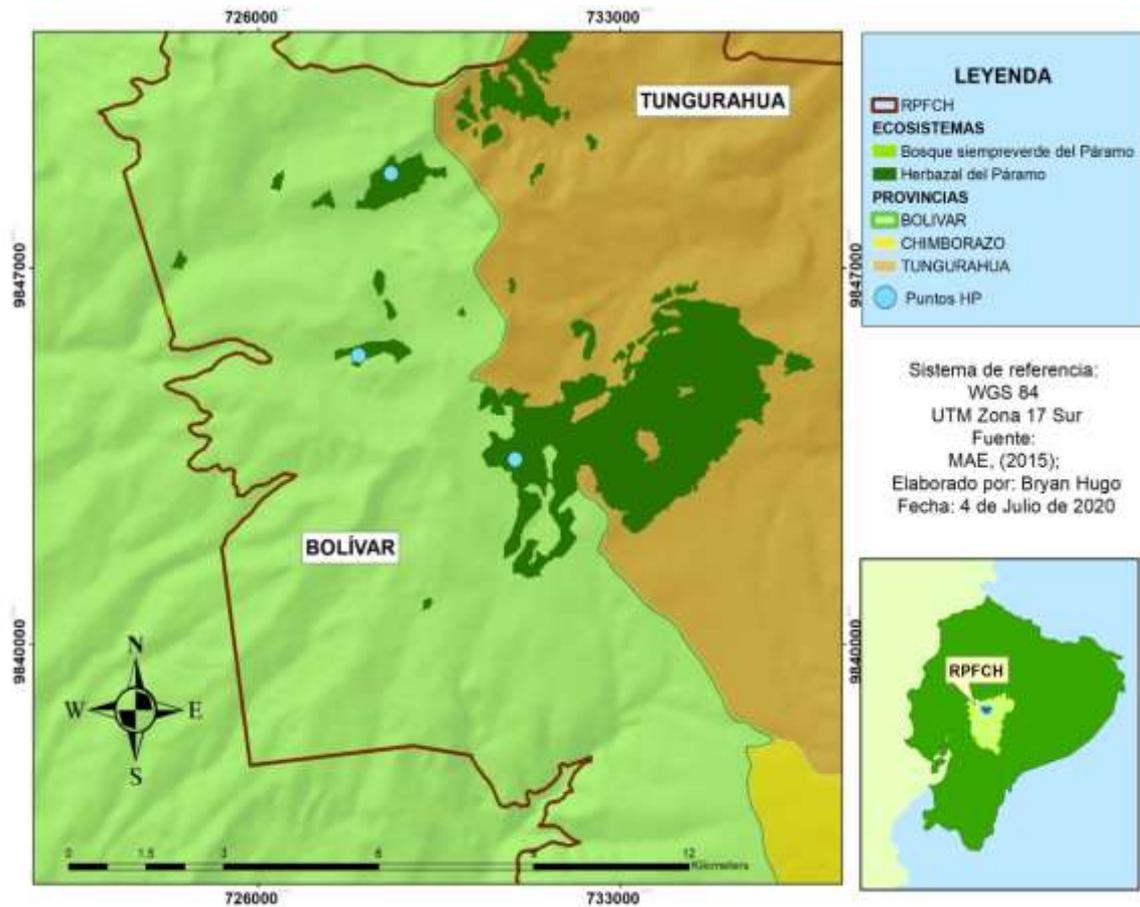
#### 4.1.1.2 Chimborazo



**Figura 3-4:** Puntos de muestreo, provincia de Chimborazo.

Realizado por: Hugo, 2020.

#### 4.1.1.3 Bolívar



**Figura 4-1:** Puntos de muestreo, provincia de Bolívar

Realizado por: Hugo, 2020.

#### 4.1.2 Determinación del contenido de carbono orgánico en el suelo del ecosistema herbazal de Páramo a dos profundidades.

##### 4.1.2.1 Tungurahua

**Tabla 1-4:** Cantidad de carbono que almacena el ecosistema herbazal de páramo, provincia de Tungurahua

Ecosistema	Código	Punto	Prof. (cm)	DA (g/cm <sup>3</sup> )	%M.O	%C	C (Tn/ha)
Herbazal de páramo	B1	1	30	1,39	1,26	0,73	30,52
	B2		60	1,30	1,51	0,87	67,85
	B3	2	30	1,33	0,84	0,48	19,28
	B4		60	1,32	1,04	0,60	47,79

	B5	3	30	1,34	0,62	0,36	14,56
	B6		60	1,40	0,83	0,48	40,50
	B7	4	30	1,22	4,00	2,32	84,60
	B8		60	1,14	2,44	1,42	96,79
	B9	5	30	1,29	4,24	2,46	94,89
	B10		60	1,18	2,68	1,55	110,18
	B11	6	30	1,32	4,53	2,63	103,98
	B12		60	1,36	2,91	1,69	137,37
	B13	7	30	1,36	2,97	1,72	70,46
	B14		60	1,38	2,65	1,54	127,34
	B15	8	30	1,38	2,97	1,73	71,43
	B16		60	1,24	2,67	1,55	115,09
	B17	9	30	1,35	3,64	2,11	85,62
	B18		60	1,34	2,69	1,56	125,58
	B19	10	30	1,31	2,75	1,60	62,82
	B20		60	1,27	1,51	0,87	66,44
	B21	11	30	1,15	3,18	1,85	63,57
	B22		60	1,29	2,73	1,58	122,20
	B23	12	30	1,27	2,73	1,59	60,60
	B24		60	1,32	2,67	1,55	122,35
	B25	13	30	1,17	2,68	1,56	54,88
	B26		60	1,26	2,44	1,42	107,43
	B27	14	30	1,27	2,68	1,56	59,29
	B28		60	1,28	3,39	1,97	151,45
	B29	15	30	1,32	4,38	2,54	100,54
	B30		60	1,19	2,67	1,55	110,40

**Realizado por:** Hugo, 2020.

En la tabla 1, se presentan los resultados obtenidos tras haber realizado los análisis respectivos en el laboratorio, los resultados del conglomerado C1 corresponden a el ecosistema herbazal de paramo, con un total de 15 puntos de muestreo en la provincia de Tungurahua, es decir, 30 en total, con resultados obtenidos a dos profundidades; 30 y 60 cm en cada uno de los puntos y un promedio de 2,61% en cuanto a materia orgánica.

#### 4.1.2.2 Chimborazo

**Tabla 2-4:** Cantidad de carbono que almacena el ecosistema herbazal de páramo, provincia de Chimborazo.

Ecosistema	Código	Punto	Prof. (cm)	DA (g/cm <sup>3</sup> )	%M.O	%C	C (Tn/ha)
<b>Herbazal de páramo</b>	B1	16	30	1,28	1,05	0,61	23,28
	B2		60	1,36	1,04	0,61	49,24
	B3	17	30	1,29	1,07	0,62	23,99
	B4		60	1,24	1,05	0,61	45,08
	B5	18	30	1,28	1,05	0,61	23,28
	B6		60	1,24	1,07	0,62	23,99

Realizado por: Hugo, 2020.

En la tabla 2, se presentan los resultados obtenidos tras haber realizado los análisis respectivos en el laboratorio, los resultados del conglomerado C1 corresponden a el ecosistema herbazal de páramo, con un total de 3 puntos de muestreo en la provincia de Chimborazo, es decir, 6 en total, con resultados obtenidos a dos profundidades; 30 y 60 cm en cada uno de los puntos y un promedio de 1,055% en cuanto a materia orgánica.

#### 4.1.2.3 Bolívar

**Tabla 3-4:** Cantidad de carbono que almacena el ecosistema herbazal de páramo, provincia de Bolívar

Ecosistema	Código	Punto	Prof. (cm)	DA (g/cm <sup>3</sup> )	%M.O	%C	C (Tn/ha)
<b>Herbazal de páramo</b>	B1	19	30	1,31	3,52	2,04	79,97
	B2		60	1,29	3,20	1,86	143,63
	B3	20	30	1,23	3,49	2,02	74,38
	B4		60	1,16	3,23	1,87	129,91
	B5	21	30	1,31	3,53	2,04	79,96
	B6		60	1,16	3,23	1,86	129,90

Realizado por: Hugo, 2020.

Para calcular la cantidad de carbono que almacena el suelo de este ecosistema en la provincia de Bolívar, se trabajó con un total de 3 puntos de muestreo, es decir, 6 en total, con resultados obtenidos a dos profundidades; 30 y 60 cm en cada uno de los puntos y un promedio de 3,36% en cuanto a materia orgánica.

**4.1.3 Análisis e interpretación de resultados del Conglomerado C1, implementado en el ecosistema herbazal de páramo.**

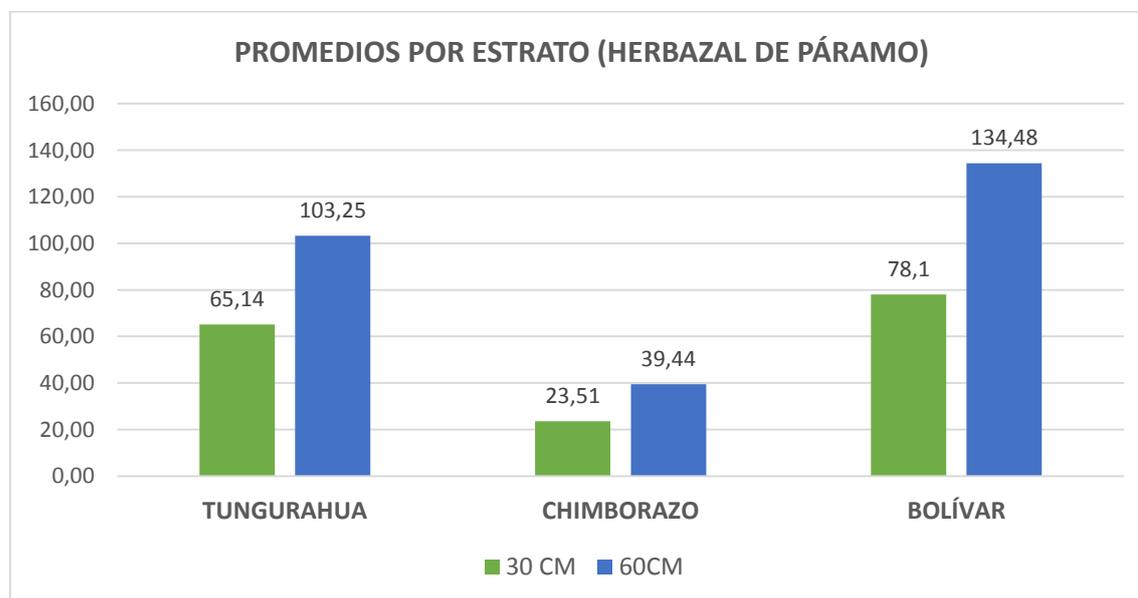
**Tabla 4-1:** Promedios por estrato a cada una de las profundidades en el conglomerado C1 (Herbazal de páramo) en Tn/ha.

C1 (Herbazal de páramo)							
Extensión	Prof.	Estratos: CO. (Tn/Ha)			COT.	COT.	COT.
(ha)	(cm)	Tungurahua	Chimborazo	Bolívar	(Tn/ha)	(Tn/ha)	Área total
6246,19	30	65,14	23,51	78,10	55,58	147,97	924 248,73
	60	103,25	39,44	134,48	92,39		

MO: Materia orgánica; CO: Carbono orgánico; COT: Carbono orgánico total

Realizado por: Hugo, 2020.

El suelo de este ecosistema almacena 924 248,73 Tn de carbono orgánico en la extensión de 6246,19 hectáreas. Por unidad de hectárea almacena una cantidad de 147,97 Tn y la profundidad que concentra la mayor cantidad de CO en los 3 sectores es la que va de 30 a 60 cm de profundidad.



**Gráfica 1-4:** Promedios de captura de carbono por provincias

Realizado por: Hugo, 2020.

La captura de carbono en el ecosistema Herbazal de páramo se concentra mayoritariamente a una profundidad de 60 cm. El estrato que almacena la mayor cantidad de carbono se encuentra en la provincia de Bolívar con 134,48 toneladas, equivalentes al 48,52%, a una profundidad de 60 cm,

y 78,1 toneladas que representan el 46,84% a 30cm de profundidad, el estrato con menor capacidad de almacenamiento es en la provincia de Chimborazo con 39,44 toneladas, equivalentes al 14,23% a 60 cm y 23,51 toneladas que representan el 14,09% a 30 cm de profundidad.

#### **4.1.4 Determinación del contenido de carbono orgánico en el suelo del ecosistema Bosque siempreverde de Páramo a dos profundidades.**

##### **4.1.4.1 Tungurahua**

**Tabla 5-4:** Cantidad de carbono que almacena el ecosistema Bosque siempreverde de páramo, sector Siete Cochas, provincia de Tungurahua.

<b>Ecosistema</b>	<b>Código</b>	<b>Punto</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>DA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>%M.O</b>	<b>%C</b>	<b>C (Tn/ha)</b>
<b>Bosque siempreverde de páramo</b>	B1	1	30	1,37	3,04	1,77	72,49
	B2		60	1,08	2,45	1,42	91,71
	B3	2	30	0,91	5,66	3,28	89,56
	B4		60	1,34	1,94	1,13	90,74
	B5	3	30	0,97	4,95	2,87	83,54
	B6		60	1,16	2,48	1,44	99,81
	B7	4	30	1,17	2,73	1,58	55,40
	B8		60	1,11	1,74	1,01	66,89
	B9	5	30	1,17	3,52	2,04	71,47
	B10		60	1,23	1,72	1,00	73,50
	B11	6	30	1,24	3,04	1,77	65,58
	B12		60	1,14	3,65	2,12	144,42
	B13	7	30	1,28	3,53	2,05	78,44
	B14		60	1,34	1,95	1,13	90,83
	B15	8	30	1,17	4,48	2,60	91,01
	B16		60	1,14	1,96	1,13	77,61

**Realizado por:** Hugo, 2020.

Los resultados del conglomerado C2 corresponden al ecosistema Bosque siempreverde de páramo en la provincia de Tungurahua, sector Siete Cochas, donde se realizaron 8 puntos de muestreo, es decir, se recolectaron 16 muestras en total, con resultados obtenidos a dos profundidades; 30 y 60 cm en cada uno de los puntos, en cuanto a materia orgánica se obtuvo un promedio de 3,05%.

#### 4.1.4.2 Chimborazo

**Tabla 6-4:** Cantidad de carbono que almacena el ecosistema Bosque siempreverde de páramo, sector Polilepys, provincia de Chimborazo.

Ecosistema	Código	Punto	Prof. (cm)	DA (g/cm <sup>3</sup> )	%M.O	%C	C (Tn/ha)
<b>Bosque siempreverde de páramo</b>	B1	9	30	1,18	2,21	1,28	45,49
	B2		60	1,30	1,28	0,74	57,66
	B3	10	30	1,24	2,23	1,29	48,07
	B4		60	1,29	1,51	0,88	67,90

Realizado por: Hugo, 2020.

Aunque se mantiene la dominancia de almacenamiento a 60 cm de profundidad, los análisis nos muestran que la cantidad de carbono que almacena el suelo de la provincia de Chimborazo en el bosque de Polilepys es más baja que en los demás sectores, alcanzando un promedio de 1,80% en materia orgánica

#### 4.1.4.3 Tungurahua (Pampas de Salasaca)

**Tabla 7-4:** Cantidad de carbono que almacena el ecosistema Bosque siempreverde de páramo, sector Pampas de Salazaca, provincia de Tungurahua.

Ecosistema	Código	Punto	Prof. (cm)	DA (g/cm <sup>3</sup> )	%M.O	%C	C (Tn/ha)
<b>Siempreverde de páramo</b>	B5	11	30	1,24	3,21	1,86	69,40
	B6		60	1,06	2,68	1,56	98,64
	B7	12	30	1,23	2,73	1,59	58,55
	B8		60	1,15	1,52	0,88	60,93
	B9	13	30	1,18	2,76	1,60	56,70
	B10		60	1,22	3,43	1,99	146,21
	B11	14	30	1,11	4,38	2,54	84,73
	B12		60	1,11	1,98	1,15	76,54
	B13	15	30	1,17	3,14	1,82	63,80
	B14		60	1,14	2,67	1,55	105,99
	B15	16	30	1,34	3,78	2,19	88,45
	B16		60	1,10	3,69	2,14	140,75

Realizado por: Hugo, 2020.

En la tabla 7, se presentan los resultados obtenidos tras haber realizado los análisis respectivos en el laboratorio, los resultados del conglomerado C2 corresponden al ecosistema Bosque siempreverde de páramo, con un total de 6 puntos de muestreo, en el sector Pampas de Salazaca, es decir, 16 en total, con resultados obtenidos a dos profundidades; 30 y 60 cm en cada uno de los puntos y un promedio de 3% en cuanto a materia orgánica.

#### 4.1.5 Análisis e interpretación de resultados del Conglomerado C2, implementado en el ecosistema Bosque siempreverde de páramo.

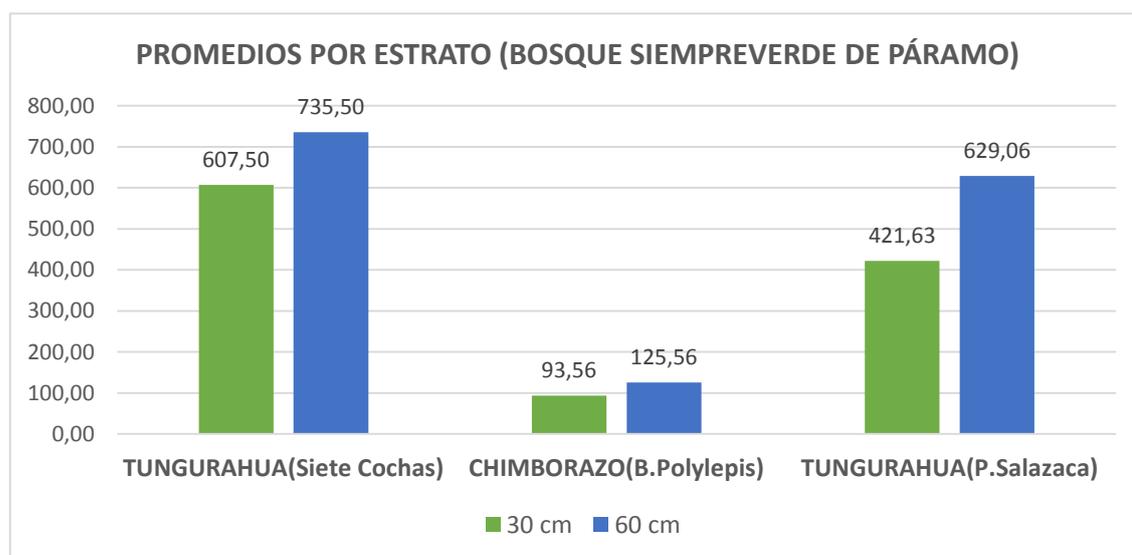
**Tabla 8-4:** Promedios por estrato a cada una de las profundidades en el conglomerado C2 (Bosque siempreverde de páramo) en Tn/ha.

C2 ( Bosque siempreverde de páramo )							
Extensión (ha)	Prof. (cm)	Estratos: CO. (Tn/Ha)			COT. (Tn/ha)	COT. (Tn/ha)	COT. Área total
		Tungurahua (Siete Cochas)	Chimborazo (Bosque Polilepys)	Tungurahua (Pampas Salazaca)			
363,04	30	607,50	93,56	421,63	374,23	870,94	316 185,70
	60	735,50	125,56	629,06	496,71		

MO: Materia orgánica; CO: Carbono orgánico; COT: Carbono orgánico total

Realizado por: Hugo, 2020.

El suelo del Bosque almacena 316 185,70 toneladas de carbono orgánico en la extensión de 363,04 hectáreas. Por unidad de hectárea almacena una cantidad de 870,94 t y la profundidad que concentra la mayor cantidad de CO en los 3 sectores es la que va de 30 a 60 cm de profundidad.



**Gráfica 2-4:** Promedios de captura de carbono por provincias.

Realizado por: Hugo, 2020.

La captura de carbono en el ecosistema Bosque siempreverde de páramo se concentra mayoritariamente a una profundidad de 60 cm. El estrato que almacena la mayor cantidad de carbono es el sector Siete Cochas, en la provincia de Tungurahua, con 735,50 toneladas que equivalen al 49,36% a una profundidad de 60 cm, y 607,50 toneladas correspondientes el 52,70% a 30cm de profundidad, el estrato con menor capacidad de almacenamiento es en el sector Bosque de Polilepys en la provincia de Chimborazo con 125,56 toneladas que representan el 42,22% a 60 cm y 93,56 toneladas que corresponden al 8,11% a 30 cm de profundidad.

#### **4.2 Determinar las condiciones físicas que favorecen a la captura de carbono en el suelo de las dos formaciones vegetales.**

El análisis físico del suelo de los dos ecosistemas se realizó por cada estrato. Dentro de las variables físicas constan: profundidad, color, textura, estructura, pedregosidad y humedad.

4.2.1 Características físicas de suelo en el ecosistema Herbazal de páramo.

**Tabla 9-4:** Características físicas de suelo en el ecosistema Herbazal de paramo.

<b>Conglomerado</b>	<b>Estrato</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>Prof. Efectiva</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>	<b>Estructura</b>	<b>Pedregosidad</b>	<b>Humedad %</b>
<b>Herbazal de páramo</b>	Tungurahua	30	90	10 YR-2/2B (Very dark Brown)	Franco arenoso	Granular	<5%	60,86
		60		10 YR-2/2B (Very dark Brown)	Franco arenoso	Granular	<5%	61,03
	Chimborazo	30	90	10 YR-2/2B (Very dark Brown)	Arenoso franco	Suelta	<5%	40,73
		60		10 YR-2/2B (Very dark Brown)	Arenoso franco	Granular	<5%	41,92
	Bolívar	30	90	10 YR-2/1B (black)	Arenoso franco	Suelta	<5%	23,24
		60		10 YR-2/1B (black)	Arenoso franco	Suelta	<5%	26,26

Realizado por: Hugo, 2020.

La profundidad del horizonte 1, donde se ha instalado el conglomerado C1 (herbazal de paramo), alcanza los 90 cm de profundidad, determinando que las raíces de las plantas pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables, manteniendo la humedad y un buen almacenamiento de agua, característicos en suelos de páramo.

En cuanto a las características cromatológicas se sabe que el color de los suelos guarda una estrecha relación con los componentes sólidos (materia orgánica, textura, composición mineralógica, morfología) (Domínguez, Román, Prieto, & Acevedo, 2012), por lo que en el ecosistema herbazal los suelos que predominan son de tonos oscuros, determinando que la acumulación de materia orgánica presenta cantidades considerables (Rucks, García, & Kaplán, 2004).

De acuerdo con los análisis, el 66,67 % de los suelos del herbazal de paramo poseen una textura arenosa franca, es decir, que contiene un porcentaje elevado de arena, pero que la proporción de limo y arcilla permiten que mantenga cohesión entre sus partículas. El 33,33% corresponde a una textura franco arenosa, manteniendo una relación ligeramente equilibrada en cuanto a sus porcentajes de arena, limo y arcilla, permitiendo mayor coherencia de los agregados en cuanto a los suelos arenosos (López, 2006).

El 50 % de los suelos de este ecosistema tienen una estructura suelta, es decir, que sus partículas se disgregan fácilmente, mientras que el otro 50% se caracteriza por ser granular, en donde los terrones no son muy grandes y son más o menos redondeados. Frecuente en suelos de texturas medias (francos) (Sancaglini, 2015).

Tomando en cuenta que la presencia de fragmentos rocosos influye en el estado de los nutrientes del suelo, el movimiento del agua, uso y manejo del suelo, la pedregosidad se valoró en base a los porcentajes de piedras mayores a 4,5 mm. De acuerdo a esto se determinó que en los tres estratos existe un porcentaje menor al 5% de pedregosidad, concluyendo que la presencia de dicho material es muy poca, por lo que la capacidad nutricional del suelo, el desarrollo de raíces y la productividad de las plantas no se ve afectada (FAO, 2009).

La humedad que presenta este ecosistema varía según su estrato y su localización, obteniendo un promedio de 60,94 % en la provincia de Tungurahua, 41,33 en la provincia de Chimborazo y 24,75 en la provincia de Bolívar, esta baja significativa se debe a varias condiciones como la textura, estructura y porosidad del suelo.

4.2.2 Características físicas de suelo en el ecosistema Bosque siempreverde de páramo.

**Tabla 10-4:** Características físicas de suelo en el ecosistema Bosque siempreverde de páramo.

<b>Conglomerado</b>	<b>Estrato</b>	<b>Prof. (cm)</b>	<b>Prof. Efectiva</b>	<b>Color</b>	<b>Textura</b>	<b>Estructura</b>	<b>Pedregosidad</b>	<b>Humedad%</b>
<b>Bosque siempreverde de páramo</b>	Tungurahua (Siete Cochas)	30	>100	10YR-3/3 (dark Brown)	Franco arenoso	Granular	<5%	107,28
		60		10YR-3/4 (dark yellowish Brown)				64,02
	Tungurahua (P. Salazaca)	30	>100	10YR-3/3 (dark Brown)	Franco arenoso	Granular	<5%	106,13
		60		10YR-3/4 (dark yellowish Brown)				71,49
	Chimborazo (Polilepys)	30	>100	10YR-3/3 (dark Brown)	Franco arenoso	Granular	<5%	88,78
		60		10YR-3/3 (dark Brown)				72,46

Realizado por: Hugo, 2020.

La profundidad del primer horizonte, donde se ha instalado el conglomerado C2 (Bosque siempreverde de páramo), a diferencia del primer conglomerado que llega a los 90 cm, éste sobrepasa los 100 cm de profundidad, considerados como suelos profundos con facilidad para la absorción de nutrientes y mantenimiento de la humedad.

A pesar de mantener pigmentaciones ligeramente más pardas que el ecosistema herbazal, su relación con determinadas condiciones ambientales de bosque de páramo, hacen que mantenga su alto porcentaje de materia orgánica.

La textura del suelo en este conglomerado corresponde en un 100% a una textura franco arenoso, manteniendo características similares al ecosistema herbazal de páramo en cuanto a sus porcentajes de arena, limo y arcilla.

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla, por lo que, en una estructura granular, como la que presenta este conglomerado, las partículas individuales de arena, limo y arcilla están agrupadas en granos pequeños casi esféricos en donde el agua circula muy fácilmente a través de esos suelos. Por lo general, se encuentran en el horizonte A de los perfiles de suelos.

En cuanto a la pedregosidad que presenta el suelo del bosque, se determinó que no existen diferencias entre los dos conglomerados, por lo que los fragmentos rocosos son menores al 5% y no interfieren en el desarrollo radicular.

La humedad que presenta este ecosistema varía según su estrato y su localización, obteniendo un promedio de 85,65 % en el sector Siete Cochas, 88,81 en Pampas de Salazaca y 80,62 en el sector Bosque de Polilepys, con un significativo aumento en comparación del conglomerado 1.

#### **4.3 Estimar el valor económico de la captura de carbono en las dos formaciones vegetales**

Para la valoración económica del carbono se tomó en cuenta los precios dispuestos por el Instituto Centroamericano de Administración Pública, dichos precios varían cada mes por lo que se realizó un promedio de los precios establecidos entre los meses de enero y julio del 2020.

### 4.3.1 Herbazal de páramo

**Tabla 11-4:** Valoración económica del COT del ecosistema Herbazal de páramo

<b>C1 (Herbazal de páramo)</b>					
<b>Extensión (Ha)</b>	<b>COT (t/ha)</b>	<b>COT/área herbazal (t)</b>	<b>Precio por tonelada(USD)</b>	<b>Ingreso por ha (USD)</b>	<b>Ingreso total (USD/año)</b>
6246,19	147,97	924 248,73	23,79	3520,21	21 987 900,50
* COT: Carbono orgánico total					

Fuente: ICAP, 2020.

Realizado por: Hugo, 2020.

Según la valoración económica por almacenamiento de carbono en el ecosistema Herbazal, se generaría 3520,21 USD por hectárea, al acumular 924248,73 Tn en la totalidad de su extensión el ingreso total ascendería a 21 987 900,50 USD al año.

### 4.3.2 Bosque siempreverde de páramo

**Tabla 12-4:** Valoración económica del COT del ecosistema Bosque siempreverde de páramo.

<b>C2 (Bosque siempreverde de páramo)</b>					
<b>Extensión (Ha)</b>	<b>COT (t/ha)</b>	<b>COT/área herbazal (t)</b>	<b>Precio por tonelada(USD)</b>	<b>Ingreso por ha (USD)</b>	<b>Ingreso total (USD/año)</b>
363,04	870,94	316 185,70	23,79	20719,66	7 522 065,36
* COT: Carbono orgánico total					

Fuente: ICAP, 2020.

Realizado por: Hugo, 2020.

El ingreso económico que se generaría en este ecosistema por almacenamiento de carbono orgánico es de 20719,66 USD por hectárea, al acumular 316 185,70 Tn en la totalidad de su extensión el ingreso total ascendería a 7 522 065,36 USD al año.

## 4.4 Realizar una propuesta de un plan de manejo de suelos

### Introducción

La Reserva de Producción de Fauna Chimborazo cuenta con una gran cantidad de biodiversidad, provee a la sociedad una serie de servicios ecosistémicos directos e indirectos, los cuales han sido tomados como base para el desarrollo de actividades económicas poco sostenibles por parte de

los actores vinculados al área. Como resultado se está alterando el equilibrio de los sistemas naturales y disminuyendo la capacidad de los mismos.

La situación ambiental existente en la reserva y sus alrededores, enfocada principalmente al uso, conocimiento y manejo del servicio ecosistémico de captación y almacenamiento de carbono, nos muestra que el avance de la frontera agrícola, ganadería y asentamientos humanos, producen impactos ambientales negativos que deben ser mitigados por medio de la organización, conservación y divulgación de información acerca de estos ecosistemas.

El desarrollo integral e idóneo de la reserva y sus recursos naturales es competencia de sus administradores, gobiernos seccionales y comunidades cercanas que son los actores principales en la implementación del plan de manejo, para la ejecución de los programas y actividades es importante sumar esfuerzos entre todos los actores mencionados con el fin de conservar y mejorar la calidad del recurso.

El plan de manejo de los dos ecosistemas consta de 3 programas orientados a disminuir los focos de contaminación detectados en diferentes sectores, concientizar a los habitantes de las comunidades cercanas acerca de la importancia de conservar los recursos ecosistémicos y la búsqueda de nuevas alternativas para la diversificación económica.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Conservar el servicio ecosistémico de captación y almacenamiento de carbono en suelos, en beneficio de los pobladores que se abastecen de este y las futuras generaciones.

### **Objetivos específicos**

- Disminuir los niveles de contaminación
- Definir opciones sustentables para el manejo de suelos
- Concientizar a los pobladores de las comunidades cercanas sobre el cuidado de los servicios ecosistémicos y las consecuencias de su contaminación.

- Conservar las áreas aledañas a la zona de estudio
- Generar medidas que impidan la contaminación ocasionadas por las actividades de agricultura y ganadería.
- Proponer un itinerario de actividades para el control, seguimiento y evaluación de las actividades a realizarse en el plan de manejo.

#### ***4.4.1 Programas de manejo para los ecosistemas Herbazal de páramo y Bosque siempreverde.***

##### *4.4.1.1 Programa de capacitación y concientización en servicios ecosistémicos.*

La Reserva Chimborazo provee de varios servicios ecosistémicos de los cuales la captación y almacenamiento de Carbono en suelos juega un rol fundamental en el equilibrio ecológico, sin embargo , el desconocimiento del recurso y las actividades antrópicas propias de los comuneros han desencadenado una serie de problemas que afectan a la capacidad de los ecosistemas.

Este programa se enfoca a revalorizar los recursos naturales de los cuales nos beneficiamos y a su vez concientizar a los pobladores acerca de la importancia de su conservación.

- Objetivos

Concientizar a los comuneros sobre la importancia y relevancia de cuidar el recurso suelo.

Capacitar a los comuneros con técnicas adecuadas para el manejo de residuos.

Disminuir los niveles de intervención y contaminación.

- Presupuesto establecido para el programa de capacitación y concientización.

**Tabla 13-4:** Presupuesto establecido para el programa de capacitación.

<b>Actividades a realizarse</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Materiales</b>	<b>Precio unitario UDS</b>	<b>Valor total UDS</b>
Diseño y reproducción de material didáctico como apoyo	500	Talleres	Folletos	3,50	1750

para las capacitaciones en temas de: Conservación de suelo, protección recursos naturales					
Capacitación en servicios ecosistémicos	4	Talleres	Folletos	200	800
Capacitación en temas de conservación y protección de suelos	4	Talleres	Folletos	200	800
Capacitación en temas agrícolas y pecuarios: agricultura orgánica, cría y engorde de cerdos, aves de corral, elaboración de abonos orgánicos, cultivos de secano, uso de semillas de calidad, diseño e implementación de áreas demostrativas de sistemas agroforestales.	4	Talleres	Folletos	200	800
Evaluación y seguimiento de las capacitaciones.	4	Talleres	Preguntas	0	0
<b>Costo total</b>					4115

Realizado por: Hugo, 2020.

El Cuadro 43, nos indica las actividades y el presupuesto que se necesita para la capacitación establecida en la Reserva Chimborazo. Con esto se espera transferir conocimientos técnicos en aspectos ambientales, agrícolas y pecuarios, además va a generar propuestas articuladas a las necesidades, intereses y problemas de las poblaciones.

- Cronograma de actividades para el programa de capacitación y concientización.

**Tabla 14-4:** Cronograma de actividades para el programa de capacitación y concientización.

Actividades a realizarse.	Meses					
	1	2	3	4	5	6
Diseño y reproducción de material didáctico como apoyo para las capacitaciones en temas	X					

de: Conservación de suelo, protección recursos naturales.						
Capacitación en servicios ecosistémicos.		X				
Capacitación en temas de conservación y protección de suelos.			X			
Capacitación en temas agrícolas y pecuarios: agricultura orgánica, cría y engorde de cerdos, aves de corral, elaboración de abonos orgánicos, cultivos de secano, uso de semillas de calidad, diseño e implementación de áreas demostrativas de sistemas agroforestales.				X	X	
Evaluación y seguimiento de las capacitaciones.						X

**Realizado por:** Hugo, 2020.

La tabla 14 nos indica el cronograma de actividades para la capacitación establecida en la Reserva.

## CONCLUSIONES

Tras analizar las muestras de los dos conglomerados: Herbazal de páramo y Bosque siempreverde de Páramo, mediante el método Lost Ignition, la mayor cantidad de Carbono almacenado se encuentra en el suelo del ecosistema Bosque siempreverde de páramo, con un promedio total de 496,71 Tn/haC, a una profundidad de 60 cm, y 374,23 a 30 cm de profundidad, mientras que el almacenamiento en el Herbazal de páramo disminuye drásticamente con un promedio de 55,32 Tn/haC a 30cm y 95,73 Tn/haC a 60cm de profundidad.

De acuerdo a las propiedades físicas del suelo, existen varios factores que favorecen al almacenamiento de Carbono, tal es el caso del ecosistema Bosque siempreverde de páramo, que presenta mayor concentración de Carbono orgánico que el Herbazal, debido a variables como una mayor profundidad, tonos más oscuros en cuanto al color, un significativo aumento en la pedregosidad y humedad, textura franco arenosa y estructura granular en todos los puntos de muestreo.

El ingreso económico que genera el ecosistema Herbazal de páramo por almacenamiento de carbono orgánico es de 3520,21 USD por hectárea, al acumular 924248,73 t en la totalidad de su extensión, el ingreso total ascendería a 21987900,50 USD al año, mientras que, el ingreso económico que genera el ecosistema Bosque siempreverde por almacenamiento de carbono orgánico es de 20719,66 USD por hectárea, al acumular 316 185,70 t en la totalidad de su extensión, el ingreso total ascendería a 7 522 065,36 USD al año, siendo mucho menor que el Herbazal debido a que esta valoración está directamente relacionada con la extensión de cada área de estudio, cantidad de materia orgánica y el precio de mercado.

La propuesta para la elaboración de un plan de manejo de suelos en los dos ecosistemas, está encaminada hacia la capacitación y concientización de las 14 comunidades que componen la Reserva Chimborazo, en temas relacionados a la conservación y aprovechamiento del recurso suelo.

## **RECOMENDACIONES**

Para la presente investigación se tomó en cuenta dos ecosistemas de los ocho que componen la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, por lo cual se sugiere incluir a los ecosistemas restantes dentro de investigaciones similares futuras.

Comparar la información obtenida con futuros trabajos que posiblemente se realicen dentro de la Reserva.

Evaluar periódicamente el cambio de las propiedades físicas y químicas del suelo para determinar las posibles causas del incremento o disminución del contenido de materia orgánica y carbono

Se debe difundir la información y concientizar a los diferentes actores de la Reserva y demás actores que se benefician directa o indirectamente de los servicios ambientales que conlleva la conservación de áreas naturales.

Incluir la información obtenida de la presente investigación para futuros planes de manejo de suelos dentro de la Reserva de producción de fauna Chimborazo.

Tomar medidas de control inmediatas sobre las actividades antrópicas que se realizan en el Bosque siempreverde y en el Herbazal, puesto que el deterioro del suelo es uno de los factores que incide en la capacidad de captura y almacenamiento de carbono.

Se debe impulsar la implementación de un modelo de pago por servicios ecosistémicos.

## **GLOSARIO**

**Barreno:** Barrena grande que se usa para hacer agujeros de gran tamaño, generalmente en la roca (Lexico, 2021).

**Cromatología:** La Cromatología, es una técnica que nos ayuda a obtener un análisis cualitativo (análisis de cualidades) de una muestra de suelo o tierra (Fundación Heifser, 2014).

**Estratificación:** es una técnica o procedimiento en la que se divide la población bajo estudio en distintos subgrupos o estratos. Una característica esencial de la estratificación es que cada elemento debe pertenecer a un único estrato, de modo que los estratos son excluyentes (Roldán, 2019).

**Radicular:** Perteneciente o relativo a las raíces (Real Académida Española, 2021)

## BIBLIOGRAFÍA

**ACOSTA, A; AGUIRRE, J.** *Colombia Diversidad Biótica III-La región de vida paramuna.* Bogotá-Colombia: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, 2000.

**BALVANERA, Patricia.; & COTLER, Helena.** "Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos". *Capital natural de México*, vol 2, (2009), (México), pp. 187-188.

**BALVANERA, P.; & COTLER, H.** "Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos". *Gaceta Ecológica* [en línea], 2007, (México) 84-85, pp. 1. [Consulta: 23 mayo 2019]. ISSN 1405-2849. Disponible en: <file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-AcercamientosAlEstudioDeLosServiciosEcosistemicos-2873776.pdf>

**BALVANERA, P.** "Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales". *Ecosistemas* [en línea], 2012, (México) 21(1-2), pp. 1-6. [Consulta: 23 mayo 2019]. ISSN 136-147. Disponible en: <file:///C:/Users/USER/Downloads/33-62-1-SM.pdf>

**BENNETT, S. W.; & CARCAVALLO, R. U.** "Sistemas ecológicos y salud humana". *Boletín oficina sanitaria Panamericana*, n°86 (1979), (México) pp. 2.

**BUOL, Stanley; et al.** *Génesis y clasificación de suelos.* México D.F, 1989.

**BUSTAMANTE, M.; & OCHOA, E.** *Guía Práctica para la Valoración Económica de los Servicios Ecosistémicos en Madre de Dios.* [en línea]. Perú: WWF, 2014. [Consulta: 2 junio 2019]. Disponible en: [https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/guia\\_practica\\_valoracion\\_servicios\\_ecosistemicos.pdf](https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/guia_practica_valoracion_servicios_ecosistemicos.pdf)

**CAPTO, R.** *Guía metodológica: Elaboración de Planes de Manejo para el Aprovechamiento de Recursos Naturales Renovables en las Áreas Naturales Protegidas Colecta de huevos Cultivo en playas artificiales Eclosión Repoblamiento de ríos.* Perú: Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2005.

**CAMACHO, Valdez V. ; & RUIZ, Luna A.** "Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos". *Biociencias*, (2011), (México) pp. 6.

**CABALLERO, Margarita; et al.** "Efecto invernadero, calentamiento global y climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra". *Revista Digital Universitaria* [en línea], 2007,

(México) 8(10), pp. 3-11. [Consulta: 26 marzo 2019]. ISSN 1067-6079. Disponible en: <file:///C:/Users/USER/Downloads/Norma-ISO.pdf>

**CHAPMAN, H.** *Diagnostic criteria for plants and soils*. California-Estados Unidos, (1966).

**CRUSTECHE, E.; & PENNA, J.** *Métodos de valoración económica de los servicios ambientales*. [en línea]. N°3. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2008. [Consulta: 6 junio 2019]. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-metodos\\_doc\\_03.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-metodos_doc_03.pdf)

**DAVIS, B.** “Pérdida por ignición como estimación de la materia orgánica del suelo”. *Revista de la Sociedad de Ciencias del Suelo de América*. vol. 38, n° 1 (1974), (Estados Unidos de América) pp. 2-3.

**DUDLEY, N.** *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas* [en línea]. Suiza: IUCN, 2008. [Consulta: 1 abril 2019]. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/PAPS-016-Es.pdf>

**FUNDACIÓN HEIFSER.** *Taller de cromatografía* . [en línea], 2014. Quito. Recuperado el 27 de Agosto de 2021, de <http://www.heifer-ecuador.org/wp-content/uploads/2018/03/3.-Folleto-cromatografia.pdf>

**JOHNSON, Mark; et al.** *Soil organic matter: Distribution, genesis, and management to reduce greenhouse gas emissions*. *Water Air Soil Pollut.* 82. USA. 1995. <https://doi.org/10.1007/BF00479414>

**LEFEVRE, Clara; et al.** *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto*. Roma-Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), 2017. ISBN 978-92-5-309681-7.

**LEAL, J.** *Valoración económica del medio ambiente y los impacto ambientales: Curso internacional de planificación y gestión sostenible de los recursos ambientales y naturales*. Cartagena de Indias-Colombia: CEPAL, 2010.

**LEXICO.** *Barreno, definición*. [en línea], 2021. Recuperado el 27 de Agosto de 2021

**LINDEMAN, R.** *The Tropic Dynamic Aspect of Ecology* [en línea]. Estados Unidos: Ecológica Society of America, 1942. [Consulta: 4 abril 2019]. Disponible en: [https://www.fcny.unlp.edu.ar/catedras/ecocomunidades/Lindman\\_1942.pdf](https://www.fcny.unlp.edu.ar/catedras/ecocomunidades/Lindman_1942.pdf)

**LOZANO RODRÍGUEZ, Patricio Xavier.** Valoración económica del carbono capturado en el suelo de los bofedales de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. 2017.

**LOMAS, Pedro; et al.** *Guía Práctica para la Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales de los 150 Ecosistemas.* Madrid-España: Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez, 2005.

**MENA, Patricio V.; & HOFSTEDÉ, Robert.** "Los páramos ecuatorianos". *Eco ciencia*, n° 109 (2006), (Ecuador).

**MEDINA, Galo; et al.** *Paramo, Órgano de difusión del grupo de trabajo en páramos del Ecuador, El páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico.* Quito-Ecuador: Abya Yala, 1999. Casilla 17-12-719.

**MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT,** *Los Ecosistemas y el Bienestar Humano: Humedales y Agua / Informe de Síntesis.* [en línea]. Washington-USA: World Resources Institute, 2005. [Consulta: 2 junio 2019]. Disponible en: [https://www.millenniumassessment.org/documents/MA\\_WetlandsandWater\\_Spanish.pdf](https://www.millenniumassessment.org/documents/MA_WetlandsandWater_Spanish.pdf)

**MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR.** *Actualización del plan de manejo de la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo.* [en línea], 2014, Riobamba-Ecuador. [Consulta: 18 mayo 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/433869951/Actualizacion-Del-Plan-de-Manejo-de-La-Reserva-de-Produccion-de-Fauna-Chimborazo>

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS.** *Cambio climático.* [en línea]. 2018. [Consulta: 4 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.** *Servicios ecosistémicos y Biodiversidad.* [en línea], 2018. [Consulta: 20 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.** *Propiedades Físicas del Suelo.* [en línea], 2012. [Consulta: 29 mayo 2019]. Disponible en: [Propiedades Físicas del Suelo.](#)

**ORDÓÑEZ, J.** *Captura de carbono en un bosque tenplado: El caso de San Juan Nuevo, Michoacán. México:* Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP, 1999. ISBN 968-817-375-4

**OÑATE, M.** *Fundamentos de Geología y Edafología*. Riobamba-Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2008.

**PODWOJEWSKI, P.; &POULENARD, J.** *Los suelos de los páramos del Ecuador* [en línea]. Quito-Ecuador: Abya Ayala, 2000. [Consulta: 25 junio 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Jerome\\_Poulenard/publication/282170002\\_Los\\_suelos\\_de\\_los\\_paramos\\_del\\_Ecuador/links/5618d59a08aea803671f64d8/Los-suelos-de-los-paramos-del-Ecuador.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jerome_Poulenard/publication/282170002_Los_suelos_de_los_paramos_del_Ecuador/links/5618d59a08aea803671f64d8/Los-suelos-de-los-paramos-del-Ecuador.pdf)

**PROYECTO EVALUACIÓN NACIONAL FORESTAL.** *Manual de campo-FAO, Programa de las Naciones Unidas para la Reducción de las Emisiones por Deforestación y Degradación del Bosque en los Países en Desarrollo* [en línea]. Quito-Ecuador:

**REID, Walter; et al.** *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio: Un Informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* [en línea]. 2004. [Consulta: 2 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>

**REAL ACADÉMICA ESPAÑOLA.** *Radicular*. [en línea], 2021. Madrid. Recuperado el 27 de Agosto de 2021, de <https://dle.rae.es/radicular>.

**ROLDÁN, P.** *Muestreo Estratificado*. [en línea], 2020. Recuperado el 27 de Agosto de 2021, de <https://economipedia.com/definiciones/muestreo-estratificado.html>

**STEFFEN, W.** "The terrestrial carbon cycle: implications for the Kyoto Protocol" *Science Magazine* [en línea], 1998, 280 (5368). [Consulta: 28 julio 2019]. ISSN 0036-8075. Disponible en: [https://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/Steffen\\_1998\\_Science.pdf](https://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/Steffen_1998_Science.pdf)

**TANSLEY, A.** *The use and abuse of vegetation concepts and terms* [en línea]. England: Oxford University, 1935. [Consulta: 3 abril 2019]. Disponible en: [https://www.esf.edu/cue/documents/Tansley\\_Use-Abuse-VegConcepts\\_1935.pdf](https://www.esf.edu/cue/documents/Tansley_Use-Abuse-VegConcepts_1935.pdf)

**WORLD WILDLIFE FUND (WWF).** *Resumen: Informe Planeta Vivo*. [en línea]. 2014, Suiza. [Consulta: 26 marzo 2019]. Disponible en: [https://www.footprintnetwork.org/content/images/article\\_uploads/Informe-PlanetaVivo2014\\_LowRES.pdf](https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/Informe-PlanetaVivo2014_LowRES.pdf)

**WODZICKI, K.** *El ciclo del carbono* [en línea]. 2001. [Consulta: 18 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.ldeo.columbia.edu/users/gregory/CicloCarbono.pdf>

## ANEXOS

### Anexo A. Socialización con comunidades



### Anexo B. Reconocimiento área de estudio: Herbazal de páramo



**Anexo C.** Reconocimiento área de estudio: Bosque siempreverde de páramo



**Anexo D.** Recolección de muestras



**Anexo E. Análisis de muestras**



**Anexo F.** Matriz de referencia para el análisis de muestras y cálculo de carbono

ECOSISTEMA	CÓDIGO	PUNTO	PROF. MUESTRA (cm)	P.CILINDRO	P.S. HÚMEDO (g)	P.S SECO (g)	COLOR	ALTURA	DIAMETRO	RADIO	VOL. CILINDRO (cm3)	D.a (g/cm3)	gr.muestra	%M.O	%C	V=A *h	MASA SUELO	C (Tn/Ha)	
HERBAZAL SIETE COCHAS	B20	1	30	48,16	122,83	108,14	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,39	5	1,26	0,73	3000	4166,30	30,52	30,5236117
	B17		60	47,76	116,83	100,85	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,30	5	1,51	0,87	6000	7770,87	67,85	67,8489139
	B21	2	30	48,31	115,43	103,33	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,33	5	0,84	0,48	3000	3980,98	19,28	19,2815890
	B18		60	47,17	119,8	106,5	very dark brown	3,4	5,5	2,75	80,78	1,32	5	1,04	0,60	6000	7910,53	47,79	47,7927946
	B22	3	30	49,17	116,63	104,25	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,34	5	0,62	0,36	3000	4016,43	14,56	14,5595515
	B19		60	48,39	123,08	108,96	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,40	5	0,83	0,48	6000	8395,78	40,50	40,4952347
	B29	4	30	48,79	121,7	94,65	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,22	5	4,00	2,32	3000	3646,57	84,60	84,6004210
	B32		60	49,8	117,4	91,91	very dark brown	3,4	5,5	2,75	80,78	1,14	5	2,44	1,42	6000	6826,83	96,79	96,7892197
	B30	5	30	48,36	125,14	100,26	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,29	5	4,24	2,46	3000	3862,71	94,89	94,8862296
	B33		60	49,58	118,91	92,04	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,18	5	2,68	1,55	6000	7092,03	110,18	110,1797423
	B31	6	30	48,24	126,69	102,62	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,32	5	4,53	2,63	3000	3953,63	103,98	103,9832777
	B34		60	49,26	126,16	105,69	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,36	5	2,91	1,69	6000	8143,81	137,37	137,3699175
	B41	7	30	48,35	123,12	106,24	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,36	5	2,97	1,72	3000	4093,10	70,46	70,4610675



	B57	15	30	48,37	118,2	102,73	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,32	5	4,38	2,54	300 0	3957,87	100,5 4	100,535602 7
	B48		60	49,54	120,11	92,43	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,19	5	2,67	1,55	600 0	7122,08	110,4 0	110,400176 7
<b>HERBAZA L RIO COLORA DO</b>	B54	16	30	48,32	125,3	99,4	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,28	5	1,05	0,61	300 0	3829,57	23,28	23,2825168
	B42		60	49,64	118,96	105,56	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,36	5	1,04	0,61	600 0	8133,80	49,24	49,2442790
	B59	17	30	48,49	116,93	100,47	very dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,29	5	1,07	0,62	300 0	3870,80	23,99	23,9857039
	B63		60	48,31	120,41	102,76	very dark brown	3,5	5,5	2,75	83,15	1,24	5	1,05	0,61	600 0	7414,66	45,08	45,0786233
<b>HERBAZA L PACHAN CO</b>	B2	18	30	48,9	118,36	104,63	black	3,5	5,4	2,7	80,16	1,31	5	3,52	2,04	300 0	3915,89	79,97	79,9725000
	B11		60	49,58	120,54	100,32	black	3,4	5,4	2,7	77,87	1,29	5	3,20	1,86	600 0	7730,03	143,6 3	143,633595 7
	B1	19	30	48,53	119,49	95,42	black	3,4	5,4	2,7	77,87	1,23	5	3,49	2,02	300 0	3676,24	74,38	74,3796500
	B3		60	48,56	118,43	90,11	black	3,4	5,4	2,7	77,87	1,16	5	3,23	1,87	600 0	6943,32	129,9 1	129,907195 2
<b>BOSQUE SIETE COCHAS</b>	B26	1	30	49,24	123,43	106,56	dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,37	5	3,04	1,77	300 0	4105,43	72,49	72,4939233
	B23		60	48,79	110,78	83,76	dark yellowish brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,08	5	2,45	1,42	600 0	6454,02	91,71	91,7075145
	B27	2	30	45,87	110,86	75,68	dark brown	3,5	5,5	2,75	83,15	0,91	5	5,66	3,28	300 0	2730,35	89,56	89,5610406
	B24		60	49,25	130,31	104,45	dark yellowish brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,34	5	1,94	1,13	600 0	8048,27	90,74	90,7385580
	B28	3	30	48,58	111,02	75,52	dark brown	3,4	5,4	2,7	77,87	0,97	5	4,95	2,87	300 0	2909,55	83,54	83,5415496





	B86	16	30	48,73	129,37	108,56	dark yellowish brown	3,4	5,5	2,75	80,78	1,34	5	3,78	2,19	3000	4031,77	88,45	88,4511544
	B103		60	48,65	118,3	85,43	dark yellowish brown	3,4	5,4	2,7	77,87	1,10	5	3,69	2,14	6000	6582,70	140,75	140,7545912

**Realizado por:** Hugo,2020



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE  
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

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

**Fecha de entrega:** 17 / 09 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Bryan Andrés Hugo Tubon</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Recursos Naturales</i>
<b>Carrera:</b> <i>Turismo</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniero en Ecoturismo</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.</i>

**LUIS  
ALBERTO  
CAMINOS  
VARGAS**

Firmado digitalmente por  
LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Nombre de reconocimiento  
(DN): c=EC, I=ROBAMBA,  
serialNumber=0602766974,  
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS  
VARGAS  
Fecha: 2021.09.17 09:16:58  
-05'00'



1667-DBRA-UTP-2021