



UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ciencias Químicas
Carrera de Ingeniería Ambiental

“Valoración de servicios ecosistémicos de almacenamiento de carbono en los suelos del páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán, provincia de Cañar”

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Daniela Guadalupe Pinos Morocho
CI: 0302501515

DIRECTORA:

Blga. María Elisa Durán López, MSc
CI: 0104249958

ASESOR:

Ing. Oscar Patricio Morales Matute
CI: 0104728555

Cuenca - Ecuador
2018



RESUMEN

El ecosistema de páramo almacena en sus suelos grandes cantidades de carbono orgánico gracias a la influencia de bajas temperaturas que reducen la descomposición de la materia orgánica que se acumula. El almacenamiento de carbono se considera como un servicio ecosistémico importante a nivel global, por controlar el nivel de dióxido de carbono emitido a la atmósfera. Este estudio valora económicamente la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo del páramo (757.83 ha) que se ubica al norte del Bosque Protector Cubilán, al sur de Ecuador, a través del método descrito por Castro (2011) para obtener el costo del daño evitado a nivel global por la mitigación del cambio climático. Además, se clasificaron las muestras de suelos intervenidos y naturales, determinando que los suelos intervenidos del páramo estudiado pierden, en promedio, un 26% de su capacidad para almacenar carbono en comparación con el promedio de las muestras de sitios naturales; la pérdida del valor económico es de 6%. Aunque estas diferencias no parezcan altas, se debe considerar el hecho de que en páramos intervenidos el potencial de pérdida de carbono aumenta si se siguen desarrollando actividades antropogénicas. Este estudio también integra la evaluación de la percepción ambiental de las comunas de Zhindilig, Virgenpamba y Aguilán mediante el muestreo intencional para demostrar que la variedad de servicios ecosistémicos que brinda el páramo, a nivel local, sí se percibe.

Palabras clave: ecosistema de páramo, servicios ecosistémicos, almacenamiento de carbono, suelos, contenido de carbono orgánico, percepción ambiental.



ABSTRACT

Páramo ecosystem store in its soil large amounts of organic carbon, due to low temperatures which reduce the decomposition of organic matter. Carbon storage is globally considered as an important ecosystem service, for controlling the level of carbon dioxide emitted to the atmosphere. This study financially assesses the amount of organic carbon stored in the paramo soil (757.83 ha) located in the north of Cubilán Protected Forest, in southern Ecuador, through the method described by Castro (2011) to get the cost of avoided damage globally due to climate change. In addition, intervened and natural soil samples were classified, determining that paramo intervened soil loses an average of 26% of its capacity of carbon storage. In contrast with natural soil, economic loss is about 6%. Although the difference does not seem high, the fact that carbon loss potential increase with anthropogenic activities development must be considered. This study also integrates environmental perception evaluation in Zhindilig, Virgenpamba and Aguilan communes, using purposive sampling to demonstrate that paramo environmental services are well perceived.

Keywords: Páramo ecosystem, environmental services, Carbon soil storage, organic carbon content, environmental perception.



CONTENIDO

CLÁUSULAS.....	9
DEDICATORIA	11
AGRADECIMIENTOS.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
- OBJETIVO GENERAL.....	14
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO I.....	15
1. CONTENIDO TEÓRICO.....	15
1.1. Áreas Protegidas (AP) y Bosques Protectores (BP).....	15
1.2. Páramo y Biodiversidad.....	16
1.2.1. Sitios naturales e intervenidos en el páramo.....	17
1.2.1.1. Páramo natural	17
1.2.1.2. Intervención en el páramo.....	17
1.3. Recursos Naturales y Servicios Ecosistémicos	18
1.3.1. Clasificación de servicios ecosistémicos.....	18
1.3.1.1. Servicio ecosistémico de regulación: captura y almacenamiento de carbono	19
1.4. Dióxido de carbono, cambio climático e importancia de los sumideros	20
1.5. ¿Por qué una valoración económica?.....	20
1.6. Delimitación de Unidades de muestreo.....	22
1.6.1. Densidad aparente	23
1.7. Justificación de la metodología.....	23
1.7.1. Observación en campo	23
1.7.2. Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI).....	23
1.8. Integración de la población para la conservación de ecosistemas.....	24
1.9. Percepción ambiental y su evaluación	25
CAPÍTULO II.....	27
2. MATERIALES Y MÉTODOS	27



2.1. Área de estudio	27
2.2. Muestreo	28
2.2.1. Ubicación de los sitios de muestreo	28
2.2.2. Toma de muestras para definir el contenido de carbono orgánico [%]	30
2.2.3. Análisis del contenido de carbono orgánico total en laboratorio.....	32
2.2.4. Determinación de la densidad aparente del suelo	32
2.2.5. Determinación del contenido de carbono en el suelo	33
2.2.6. Costo social del carbono.....	33
2.2.7. Valoración económica del carbono almacenado en el suelo	34
2.2.8. Diferenciación de puntos intervenidos y naturales: observación en campo y uso del Índice de Vegetación de Diferencial Normalizado (NDVI).....	34
2.3. Evaluación de la percepción ambiental de las comunas de Zhindilig, Virgenpamba y Aguilán sobre los servicios ecosistémicos que brinda el páramo	35
2.3.1. Elaboración y aplicación de encuestas.....	35
2.3.2. Análisis estadístico.....	37
CAPÍTULO III.....	39
3. RESULTADOS.....	39
3.1. Valoración del carbono almacenado en el suelo del páramo	39
3.1.1. Resultados de los análisis de carbono orgánico y densidad aparente	39
3.1.1.1. Relación entre el contenido de carbono y el tipo de pendiente.....	39
3.1.2. Contenido de carbono almacenado en el suelo	40
3.1.3. Valor económico total del carbono almacenado en la superficie de estudio.....	40
3.2. Clasificación de sitios naturales e intervenidos.....	41
3.2.1. Mediante observación directa	41
3.2.2. Mediante el uso del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI).....	44
3.3. Análisis del valor económico del carbono almacenado en suelos naturales e intervenidos del páramo.....	45
3.4. Evaluación de la percepción ambiental de las comunas de Zhindilig, Virgenpamba y Aguilán sobre los servicios ecosistémicos que brinda el páramo	46



3.4.1. Resultados sobre los Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento.....	49
3.4.2. Resultados sobre los Servicios ecosistémicos de regulación.....	50
3.4.3. Resultados sobre los Servicios ecosistémicos culturales	50
3.4.4. Resultados sobre los Servicios ecosistémicos de soporte	51
CAPÍTULO IV.....	52
4. DISCUSIÓN.....	52
5. CONCLUSIONES	58
6. RECOMENDACIONES	59
7. REFERENCIAS	60
8. ANEXOS	67



TABLAS

Tabla 1. Clasificación de pendientes.	22
Tabla 2. Características de los puntos de muestreo.	29
Tabla 3. Procedimiento del muestreo y referencia fotográfica.	31
Tabla 4. Precios de la tonelada de dióxido de carbono (CO ₂).	34
Tabla 5. Tamaño de la muestra participante.	36
Tabla 6. Categorías contempladas dentro de la encuesta.	37
Tabla 7. Categorías para analizar la percepción ambiental sobre los servicios ecosistémicos.	37
Tabla 8. Valores de carbono orgánico y densidad aparente del suelo.	39
Tabla 9. Valores de cada factor considerado para el cálculo del contenido de carbono.	40
Tabla 10. Descripción y clasificación de los puntos de muestreo.	42
Tabla 11. Valores de cada factor considerado para el cálculo del contenido de carbono en suelos naturales e intervenidos.	45
Tabla 12. Información que argumenta la categorización de servicios ecosistémicos utilizada.	48



FIGURAS

Figura 1. Concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero a nivel global.....	20
Figura 2. Mapa referencial del área de estudio.....	27
Figura 3. Mapa del área de estudio donde se ubican los puntos de muestreo.....	30
Figura 4. Relación entre el contenido de carbono y el tipo de pendiente.	40
Figura 5. Valor del carbono a través del tiempo.	41
Figura 6. Mapa del NDVI con la ubicación de puntos intervenidos y naturales.	44
Figura 7. Valor del carbono para sitios naturales (color naranja) e intervenidos (color azul) a través del tiempo.....	46
Figura 8. Porcentajes de percepción de servicios ecosistémicos en las tres comunas.	47
Figura 9. Diferencia de percepciones entre el género femenino (color azul) y masculino (color naranja), para las tres comunas evaluadas.	48
Figura 10. Porcentajes de percepción de Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento.....	49
Figura 11. Porcentajes de percepción de Servicios ecosistémicos de regulación.....	50
Figura 12. Porcentajes de percepción de Servicios ecosistémicos culturales.	51
Figura 13. Porcentajes de percepción de Servicios ecosistémicos de soporte.	51



CLÁUSULAS

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Daniela Guadalupe Pinos Morocho en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Valoración de servicios ecosistémicos de almacenamiento de carbono en los suelos del páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán, provincia de Cañar", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, noviembre de 2018

Daniela Guadalupe Pinos Morocho

C.I: 0302501515



Cláusula de Propiedad Intelectual

Daniela Guadalupe Pinos Morocho, autora del trabajo de titulación "Valoración de servicios ecosistémicos de almacenamiento de carbono en los suelos del páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán, provincia de Cañar", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, noviembre de 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Daniela Pinos".

Daniela Guadalupe Pinos Morocho

C.I: 0302501515



DEDICATORIA

A mi hijo Francisco, por ser mi principal impulso en la vida, a pesar de ser tan pequeño ha hecho de mí una persona más centrada, perseverante y fuerte. ¡Te amo!

A Mami Gloria y a Papi Lucho, quienes se han sacrificado para que yo pueda prepararme académicamente a pesar de todo. A ustedes quiero dedicarles este logro tan importante, porque fueron los primeros que confiaron en mí, más que yo misma; secaron mis lágrimas y festejaron mis sonrisas. Mi mamá me ha inspirado a ser fuerte ante cualquier situación, y mi papá, tiene un corazón sensible pero fuerte que me ha enseñado a luchar y defender siempre mis sueños e ideales.

A ti ñaña Keype por apoyarme siempre, me levantaste de la que creí que fue la mayor de mis caídas. A ti ñaña Nube, por apoyarme con tus consejos y los recursos para poder estudiar con todo lo necesario; a ti ñaña Fanny, por tu cariño y por estar siempre pendiente de mí y de que esté guapa; las dos y mis cuñados no me faltaron nunca a pesar de la distancia. A ti ñaño Lu por preocuparte y ayudarme cuando lo necesité, junto con Magaly no han dejado de impulsarme hacia lo que creen correcto para mí.

Al amor, por convencerme de lo valioso que es luchar por lo que más quiero, por enseñarme a priorizar y a valorar siempre cada momento... nunca olvidaré cuánto me ayudó cada sonrisa y cada lágrima.

A mis amigos, quienes me apoyaron siempre para reforzar mi aprendizaje. Jamás olvidaré toda la paciencia que tuvieron para no soltar mi mano, puedo decir con toda seguridad que ningún ciclo fue perdido gracias a ustedes y su cariño.

A mi gran amiga Angy, por apoyarme desde el primer día que nos conocimos. Tu cariño y tu comprensión me han mostrado lo importante que es valorarse siempre uno mismo.

A mis tías Alegría y Piedad y a mis primos, quienes a pesar de la distancia supieron hacer llegar a mí su apoyo y sus consejos tan útiles. Conocen mi esfuerzo y lo valoran mucho.

Finalmente, quisiera dedicar este logro a la memoria de mi hermana Marcia Pinos, yo sé que estaría radiante con su sonrisa de felicidad al verme triunfar en esta etapa de mi vida. ¡Te extraño tanto!



AGRADECIMIENTOS

Expreso el más sincero de mis agradecimientos a mi Directora y guía, María Elisa Durán López, por depositar su confianza en mí y aceptar el compromiso de este proyecto desde el inicio, por apoyarme con su amplio conocimiento y paciencia. Ha sabido compartir conmigo su experiencia y su valioso tiempo. Este trabajo se desarrolló correctamente gracias a sus exigencias y su visión tan objetiva sobre lo que significa amar y respetar la Naturaleza; gracias por inculcar tantos valores en mi persona.

Al Programa para el Manejo del Agua y del Suelo (PROMAS), de manera especial al Ingeniero Marco Ramírez y al Ingeniero Oscar Morales, quienes compartieron conmigo su experiencia y su tiempo. Por haberme facilitado los equipos necesarios y el acceso al laboratorio. Gracias por su paciencia y amabilidad al brindarme apoyo.

Al Departamento de Gestión Ambiental y al Departamento de Avalúos y Catastros del Municipio de Azogues, por haberme proporcionado las bases necesarias para emprender el proyecto y por haber compartido información importante para el desarrollo de mi estudio.

Al Abogado Carlos Vallejo, Presidente del GAD parroquial de Guapán, por haberme brindado la apertura para realizar el muestreo y las encuestas; al Sr. Luis Carangui (Presidente de la comuna de Zhindilig), al Ing. Juan Gualpa (Presidente de la comuna de Virgenpamba), y al Sr. Melchor Santos (Presidente de la comuna de Aguilán), por brindarme su apoyo en la realización de las encuestas y haberse interesado en mi proyecto.

A las personas que desarrollaron a mi lado las duras campañas de muestreo: Romel, Wilman, Carlos, Javier, Darwin, y Fabián. Gracias a ustedes pude alcanzar una de las actividades más importantes de mi estudio.

Al Biólogo Danilo Mejía, al Ingeniero Alejandro Bowen y al Ingeniero Rafael Zegarra, por haberme asesorado para elaborar correctamente cada mapa expuesto en este estudio.

Finalmente, quisiera agradecer a los pobladores de las comunas aledañas al área de estudio: Zhindilig, Virgenpamba y Aguilán, por haber colaborado con las encuestas que se realizaron.



INTRODUCCIÓN

En Ecuador existen 19.1 millones de hectáreas (ha) de Áreas Protegidas (AP) que son de alta importancia por sus recursos naturales y culturales. Estas AP representan aproximadamente el 20% del territorio nacional conservado (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013). Una de las categorías de manejo que pertenecen a las AP son los Bosques Protectores (BP), cuya área representa el 9,72% (2'425.002,9 ha) de la superficie ecuatoriana (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015a). Dentro de los BP de nuestro país se encuentra El Bosque Protector Cubilán (902 ha), ubicado en la parte suroccidente, en los cantones Azogues y Biblián de la Provincia de Cañar.

Al norte del Bosque Protector Cubilán (3260 - 3380 m.s.n.m.) existe una zona de páramo de 757.83 ha que no se encuentra bajo ninguna categoría de conservación. Por esta razón, los estudios realizados en 2006 por la Fundación Ecológica Hombre y Desarrollo (ECOHOMODE) recomiendan en su Plan de Manejo del Bosque, expandir el área de protección hacia el páramo (Fundación ECOHOMODE, 2006), por su fragilidad e importancia de los servicios ecosistémicos que brinda (Castañeda Martín & Montes Pulido, 2017).

El ecosistema de páramo presta servicios de regulación hídrica, captura de carbono (C), protección del suelo, conservación de la biodiversidad, entre otros (Calderón, Hernández, & López, 2013). De los servicios mencionados, la captura de C en el páramo es el que menos se conoce. Se ignora que el suelo de este ecosistema almacena una gran cantidad de C emitido por diversas fuentes naturales y antropogénicas, causantes del calentamiento global (Ayala, Villa, Aguirre Mendoza, & Aguirre Mendoza, 2014).

El calentamiento global se debe, en gran parte, a la acumulación de dióxido de carbono (CO₂) de fuentes antropogénicas en la atmósfera, el cual podría ser captado por biotas terrestres en buenas condiciones (Myers, 1996). Además, varios autores (Castañeda Martín, 2016; Castro, 2011; Espinosa Becerra, Chaparro Chaparro, & Chaparro Chaparro, 2014) mencionan que, al existir falta de conocimiento e interés por parte de los habitantes e instituciones gubernamentales, los páramos en las zonas andinas de Venezuela, Colombia, Ecuador y el Norte de Perú se encuentran infravalorados y son sobre explotados.

No obstante, los suelos de páramo acumulan grandes cantidades de C, debido a la influencia de las bajas temperaturas que reducen las tasas de descomposición de la materia orgánica, mitigando los efectos del cambio climático (Castañeda Martín &



Montes Pulido, 2017). Por ello, el suelo del páramo se ubica entre los suelos con mayor reserva de C en el mundo (Ayala et al., 2014). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2012) muestra la diferencia entre cantidades de C que se almacenan en distintos suelos: a. zonas áridas capturan 4 kg/m²; b. regiones polares 21-24 kg/m²; c. zonas tropicales 8-10 kg/m²; d. páramos pueden almacenar hasta 60kg/C/m² (Ayala et al., 2014).

Al reconocer que los suelos de páramo brindan el servicio de secuestro de C, es importante comprender la relevancia de conservar este ecosistema (Murga Menoyo, 2009). En el presente trabajo de investigación se valoró económicamente el servicio de captura de C en el suelo del páramo; además, se evaluó la percepción ambiental que tienen los habitantes de las comunas aledañas. De este modo se generó información que respalde la conservación de este ecosistema, puesto que los seres humanos provocamos alteraciones significativas en el entorno de acuerdo a nuestras necesidades, es muy importante conocer cómo la percepción ambiental influye considerablemente en la relación que las comunas cercanas al páramo mantienen con él (Martín, Corraliza, & Berenguer, 2015).

- **OBJETIVO GENERAL**

Demostrar la importancia del almacenamiento de carbono en los suelos del páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán, como un servicio ecosistémico para promover su conservación, manejo y uso sustentable de recursos naturales.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el valor económico del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en los suelos del páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán.
- Evaluar la percepción que tienen las comunas de Aguilán, Zhindilig y Virgenpamba de los servicios ecosistémicos que brinda el suelo y la vegetación del páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán.
- Generar información relevante que facilite la toma de decisiones en el manejo de recursos naturales del páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán.



CAPÍTULO I

1. CONTENIDO TEÓRICO

1.1. Áreas Protegidas (AP) y Bosques Protectores (BP)

Las AP son espacios geográficos delimitados, reconocidos y gestionados de forma legal, para conseguir una conservación eficaz, a largo plazo, de la Naturaleza, sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013). Las AP son esenciales para conservar la biodiversidad porque mantienen ecosistemas naturales operativos, actúan como refugios para las especies y sostienen procesos ecológicos incapaces de mantenerse en entornos muy intervenidos (Dudley, 2008). La mayoría de AP abarcan ecosistemas naturales, casi naturales y/o en recuperación. Varias guardan rasgos históricos o expresan la interrelación entre las actividades humanas y la Naturaleza en los diferentes paisajes culturales (Dudley, 2008). En Ecuador, las AP representan cerca del 20% del territorio nacional conservado, y por Constitución de la República son parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) conocido como Patrimonio de Áreas Protegidas del Estado (PANE). El PANE constituye superficies de tierra y/o mar destinadas a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, así como de sus recursos naturales y culturales. Se manejan a través de medios jurídicos u otros medios competentes (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013).

Dentro de las AP existe la categoría de manejo conocida como Bosques Protectores, pudiendo ser públicos o privados. Estos BP poseen formaciones vegetales, naturales o cultivadas, con especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. En Ecuador existen 202 BP que representan el 9.72% del territorio nacional. La función del BP es conservar el agua, suelo, flora y fauna silvestre y se localizan en áreas topográficas accidentadas, en cabeceras de cuencas hidrográficas o en zonas que no son aptas para agricultura o ganadería por sus condiciones climáticas, edafológicas e hidrológicas (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015a). Los BP del país están distribuidos de la siguiente manera: 41% Estatal, 10% mixta (Estatal y privado), 48% privado y 1% comunitario (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015a).



1.2. Páramo y Biodiversidad

La definición más amplia y práctica que se aplica, considera al páramo como un ecosistema húmedo tropical zonal que se ubica normalmente a partir del límite superior del bosque (Cuatrecasas Arumí, 1958; Monasterio & Molinillo, 2003) y que está dominado por vegetación herbácea y arbustiva (Hofstede et al., 2014). Los páramos tienen paisajes bioclimáticos fríos, localizados generalmente sobre los 3200 m.s.n.m.; comúnmente, su clima es estable todo el año, pero existe diferencia entre la temperatura del día y la noche (Castañeda Martín, 2016).

Definir el páramo no es fácil, ya que en él convergen particularidades climáticas, geomorfológicas, biogeográficas y culturales. Así, el páramo es un paisaje en la mayor complejidad del término, pues, no sólo es un ecosistema de alta montaña tropical, sino también es un espacio de producción y trabajo con gran historia, cultura y política; la ambigüedad de esta terminología dificulta su caracterización y delimitación homogénea (Serrano Giné & Galárraga Sánchez, 2015). En Sudamérica, se encuentran páramos desde la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y la Cordillera de Mérida en Venezuela, hasta la depresión de Huancabamba en Perú (Mena Vásconez & Hofstede, 2006). Las dimensiones del páramo en Sudamérica se aproximan a 46000 km² y se distribuyen en Venezuela (5.2%), Colombia (30.5%), Ecuador (39.8%) y Perú (24.6%), formando parte importante de su biodiversidad (Mena Vásconez & Hofstede, 2006; Serrano Giné & Galárraga Sánchez, 2015). En Ecuador, el páramo abarca alrededor del 6% del territorio nacional (1'250.000 ha), por lo que, relativamente es el país que más superficie correspondiente a páramo tiene con respecto a su extensión total (Castañeda Martín, 2016; Mena Vásconez & Hofstede, 2006).

La biodiversidad en los páramos está mejor definida por ser "única" antes que por tener "riqueza", pues lo que lo caracteriza es que, lo que hay en el páramo, no se encuentra en ningún otro lugar, a nivel genético, de especies y paisajes. La ocurrencia aislada y fragmentada de páramo es la que promueve su alta especialización y endemismo (Hofstede, 2001a; Mena Vásconez & Hofstede, 2006; Mena Vásconez & Medina, 2002). Es un ecosistema único que engloba poblaciones humanas con organizaciones culturales que aportan al enriquecimiento del planeta (Morales-Betancourt & Estévez-Varón, 2006). En los páramos de Ecuador se ha estimado la existencia de 1500 especies de plantas vasculares, la cual es una cifra alta para ecosistemas montañosos como este (Mena Vásconez & Hofstede, 2006). No hay que



olvidar que la biodiversidad es esencial para la supervivencia de un ecosistema (Hofstede, 2001a).

1.2.1. Sitios naturales e intervenidos en el páramo

1.2.1.1. Páramo natural

Se considera páramo natural al área que originalmente está cubierta por páramo de pajonal con bosquetes y algunos pantanos; sin cambios en el uso del suelo. Bajo esta cobertura natural los suelos de este ecosistema mantienen un alto contenido de materia orgánica (Castañeda Martín, 2016; Hofstede, 2001b).

1.2.1.2. Intervención en el páramo

Se puede considerar que una zona de páramo ha sido intervenido cuando las cualidades que caracterizan este ecosistema han cambiado o están en un proceso de cambio (Castro, 2011; Hofstede, 2001a). Refiriéndose al páramo y su relación con la captura y almacenamiento de carbono en el suelo, se puede resaltar que los factores que benefician o perjudican este proceso tienen mucho que ver con las diversas actividades de intervención antrópica realizadas en este ecosistema (Castañeda Martín, 2016).

La intervención antrópica en el páramo se debe a que este se considera un espacio social que genera beneficios económicos para las poblaciones que lo rodean (Serrano Giné & Galárraga Sánchez, 2015). Como resultado se da un ecosistema intervenido por actividades antrópicas, principalmente de agricultura y ganadería (Hofstede, 1999; Serrano Giné & Galárraga Sánchez, 2015).

Las actividades de prácticas de manejo (cultivo y/o productividad) que alteran las propiedades de los suelos pueden afectar su superficie con efectos negativos en la capacidad de captura y almacenamiento de carbono y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) (Martínez H., Fuentes E., & Acevedo H., 2008). Con un manejo errado del páramo, al quitar la cobertura vegetal y dejar la tierra expuesta al aire, se seca el suelo superficial y aumenta la descomposición de la materia orgánica, ocasionando la emisión de carbono a la atmósfera (Hofstede, 1999).



1.3. Recursos Naturales y Servicios Ecosistémicos

Los recursos naturales son aquellos bienes y servicios que proporciona la Naturaleza para sustentar las actividades y la vida de los seres humanos (CARE, Ministerio del Ambiente de Ecuador, Unión Europea, & Tinker Foundation, 2012; Comisión Europea, 2009). La pérdida de recursos naturales en los páramos incide de manera significativa en cuanto a la existencia de capital natural, ya que compromete su integridad y salud ecológica (Equihua Zamora et al., 2014). Estos recursos tienen características particulares, cuyo manejo poco adecuado, genera una explotación desorganizada, ante la presión de la dependencia económica (Rozenwurcel & Katz, 2012).

Los servicios ecosistémicos se definen como los beneficios que las poblaciones obtienen de las funciones de los ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2012), ya sea de manera directa o indirecta (Camacho Valdez & Ruiz Luna, 2012). En los páramos existen servicios ecosistémicos de gran importancia en varios campos: nivel biológico, hidrológico, social, económico y cultural (Hofstede, 2001a). Estos beneficios pueden valorarse económicamente tomando en cuenta ciertos criterios, con el objetivo de igualar o superar el precio de las actividades económicas que implican cambios en el uso del suelo. Mediante estudios que valoren los servicios ecosistémicos, se puede demostrar el potencial de mantener en buen estado al páramo. Así se puede contar con argumentos que apoyen la conservación y el correcto manejo de este ecosistema y sus beneficios (Camacho Valdez & Ruiz Luna, 2012; Comisión Europea, 2009; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

La variedad de servicios ecosistémicos proporcionados requiere ser clasificada para entender y facilitar su valoración (Camacho Valdez & Ruiz Luna, 2012).

1.3.1. Clasificación de servicios ecosistémicos

Una de las clasificaciones probablemente más difundida y aceptada a nivel mundial es la que ofrece la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005), la cual se basa en cuatro lineamientos funcionales: servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, servicios ecosistémicos de regulación, servicios ecosistémicos culturales y servicios ecosistémicos de soporte.

- *Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento*: consideran los productos que se obtienen de los ecosistemas, como alimentos, agua dulce para consumo, leña, recursos genéticos, entre otros.



- *Servicios ecosistémicos de regulación*: son aquellos beneficios que se obtienen de la regulación de los diferentes procesos de los ecosistemas, como la regulación del clima, captura y almacenamiento de carbono, aire limpio, regulación y saneamiento de agua, polinización, entre otros.
- *Servicios ecosistémicos culturales*: son beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas, como el bienestar espiritual y religioso, la recreación y el turismo, la estética paisajística, la identidad de un sitio, la herencia cultural, entre otros.
- *Servicios ecosistémicos de soporte*: catalogados como uno de los servicios más difíciles de identificar, son necesarios para la producción de otros servicios de los ecosistemas, como la formación de suelos, el reciclaje de nutrientes, la producción primaria, entre otros.

1.3.1.1. Servicio ecosistémico de regulación: captura y almacenamiento de carbono

El carbono que se encuentra en la atmósfera en forma de gas es absorbido, transformado y fotosintetizado por las plantas, pasa a otros seres vivos como alimento en las cadenas tróficas y retorna a la atmósfera naturalmente. Cuando la materia orgánica (que contiene carbono) permanece aislada del oxígeno, se forman los llamados sumideros o depósitos de carbono (Castañeda Martín, 2016). Los suelos del mundo contienen más carbono que la vegetación y la atmósfera juntas. El contenido total de carbono orgánico almacenado en los suelos se ha estimado por varios métodos y su valor se acerca a 1 500 Pg a un metro de profundidad (Swift, 2001). Los suelos que acumulan más carbono orgánico son los Histosoles, seguidos de los Andosoles, estos tipos de suelos se encuentran en los páramos (Martínez H. et al., 2008).

El suelo de páramo es considerado como uno de los mayores reservorios terrestres de carbono orgánico (Ayala et al., 2014). En el ecosistema de páramo, la mayor cantidad de carbono almacenado se encuentra en el primer horizonte (entre 0-40 cm de profundidad). Su concentración aumenta cuando este se encuentra bajo vegetación natural que lo protege de la precipitación e incidencia de radiación solar, minimizando la descomposición de materia orgánica (Castañeda Martín, 2016).

1.4. Dióxido de carbono, cambio climático e importancia de los sumideros

Las emisiones antropogénicas de GEI han aumentado sus concentraciones desde la época preindustrial, debido al crecimiento demográfico y económico (IPCC, 2014). Entre los GEI se encuentra el CO₂ como uno de los principales gases causantes del cambio climático del planeta (Hofstede, 1999). Los GEI reflejan los rayos infrarrojos emitidos por la Tierra nuevamente hacia la superficie y como consecuencia calientan la atmósfera (Heerma van Voss, 1999). Tal como lo muestra la figura 1, el CO₂ ha sido el gas con mayores concentraciones a nivel global.

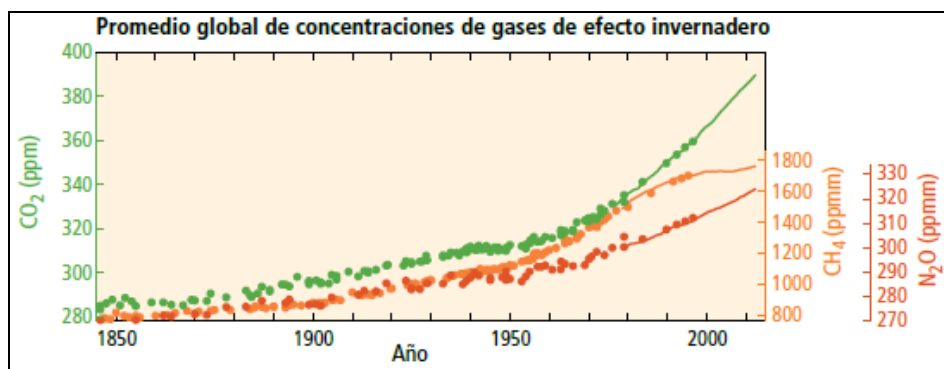


Figura 1. Concentraciones atmosféricas de los gases de efecto invernadero a nivel global.

Fuente: IPCC, 2014.

El cambio climático a causa de las actividades antropogénicas es un problema a nivel mundial que afecta negativamente los procesos ecológicos, económicos y sociales en el planeta (Ibrahim et al., 2007). El secuestro de CO₂ atmosférico asociado a los usos del suelo se está transformando en una estrategia para mitigar los efectos de las emisiones de GEI que están ocasionando el cambio climático (Hontoria, Rodríguez Murillo, & Saa, 2004). La mitigación puede efectuarse de mejor manera si se enfoca en integrar medidas de reducción de GEI e impulsar los sumideros de carbono en los sectores basados en tierra (IPCC, 2014). Aquí radica la importancia de conservar el carbono almacenado en los sumideros que evita el aumento de concentraciones de CO₂.

1.5. ¿Por qué una valoración económica?

El valor económico de los ecosistemas es difícil de estimar, y por ello es difícil tomar decisiones correctas con respecto a los recursos naturales (Wallace, 2007). Las



decisiones sobre el manejo de recursos deben tomarse considerando los argumentos suficientes para responder de manera inmediata y adecuada. Las medidas cobran importancia cuando el valor de los ecosistemas puede traducirse en costos monetarios. Estas estimaciones económicas de la mitigación varían ampliamente (dependiendo de la metodología a considerar), pero aumentan con la rigurosidad que exija la mitigación (IPCC, 2014).

Ante las complicaciones que se presentan en la sociedad: defectos estructurales en la economía y en los procesos de adopción de decisiones; se presenta un análisis deficiente de costos y beneficios de intervenciones (positivas y negativas) en los sistemas de los páramos (Castro, 2011). No obstante, una vez que se tiene a los servicios ecosistémicos bien definidos, es fácil compararlos con las actividades económicas de producción, para estimar el potencial de intercambio que tengan sus beneficios (Wallace, 2007).

Cada vez se hace más evidente que el manejo sostenible y multifuncional de los páramos representa mejoras en la economía, además de los beneficios que tiene desde la perspectiva ecológica (Castro, 2011). Por lo que es necesario valorar los servicios, incluyendo los que no se comercializan. Al darles un valor económico se les permite competir con diferentes actividades económicas, facilitando la definición de estrategias de conservación y manejo (Camacho Valdez & Ruiz Luna, 2012).

De manera que la valoración económica permite medir el rendimiento de los servicios ecosistémicos con el objetivo de facilitar y mejorar su gestión y uso racional. Se debe mirar a la valoración económica como uno de los elementos claves en el proceso de toma de decisiones sobre un ecosistema (páramo en este caso), en conjunto con las consideraciones ambientales, políticas, culturales y sociales (Castro, 2011).

En el caso del servicio ecosistémico de captura y almacenamiento de carbono, el costo es el valor del beneficio social global que origina mitigar el cambio climático.

Al estimar el valor económico, se puede mantener este servicio ecosistémico y así evitar efectos negativos a futuro, los cuales pueden estar asociados a mayores riesgos naturales climáticos. Los valores vienen dados con la siguiente fórmula, desarrollada por Castro (2011):

$$\text{Costo social del C} \left[\frac{\text{USD}}{\text{ton CO}_2} \right]$$

1.6. Delimitación de Unidades de muestreo

Para separar las unidades de muestreo homogéneas, se recomienda recurrir a imágenes satelitales, fotografías aéreas o mapas cartográficos, según el investigador y sus objetivos (Andriulo et al., 2017). De acuerdo a la metodología apropiada para estudios y análisis de suelos, propuesta por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2008), el área en estudio se separa en zonas o ambientes homogéneos, con base en diferentes factores: posiciones topográficas (pendientes), tipo de suelos o uso del suelo.

- *Pendiente*: se considera como una variable para la evaluación de tierras por su capacidad de uso, ya que constituye como un factor incidente sobre las diferentes actividades (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, EC (MAGAP), Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales, EC (PRAT), & Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), 2010). Como se observa en la tabla 1, el MAGAP (2010) ha establecido los diferentes tipos de pendientes para aplicar medidas de conservación y prácticas de manejo en suelo y agua.

Tabla 1. Clasificación de pendientes.

Tipo	Símbolo	Descripción
Plana 0 a 2%	(1)	Relieves completamente planos.
Muy suave 2 a 5%	(2)	Relieves casi planos.
Suave 5 a 12%	(3)	Relieves ligeramente ondulados.
Media 12 a 25%	(4)	Relieves medianamente ondulados.
Media a fuerte 25 a 40 %	(5)	Relieves mediana a fuertemente disectados.
Fuerte 40 a 70%	(6)	Relieves fuertemente disectados.
Muy fuerte >70% 100%	(7)	Relieves muy fuertemente disectados.

Fuente: Instituto Espacial Ecuatoriano, 2010.

- *Tipo de suelo*: se basa en las características del suelo definidas en términos de horizontes, propiedades y diagnóstico, dependiendo de la clasificación de suelos que tenga el área de estudio. Para ello se deben realizar mediciones y observaciones en campo (IUSS Working Group WRB, 2015).



- *Uso del suelo*: se refiere al tipo de prácticas de manejo, cultivos y vegetación natural que exista en el área de estudio (Andriulo et al., 2017).

1.6.1. Densidad aparente

Para determinar el valor económico del carbono es necesario obtener la densidad aparente del suelo muestreado; ésta se calcula al dividir la masa para el volumen de suelo, incluyendo el volumen de poros, entonces:

$$\rho = \frac{P_s}{V_a}$$

Donde:

ρ = densidad aparente del suelo [g/cm³].

P_s = peso de la muestra seca, restando el peso del anillo y papel [g].

V_a = volumen de los anillos de Kopecky que fueron utilizados para recolectar cada muestra [100 cm³].

1.7. Justificación de la metodología

1.7.1. Observación en campo

Se puede determinar la distribución natural del páramo observando y registrando los cambios en la cobertura vegetal. El cambio es considerable porque las cotas bajas (partes más bajas) aparecen ocupadas por áreas de cultivos y pastos o, se perciben diferencias en las características de la vegetación nativa, y en ocasiones únicamente en los bordes de mayor altitud (partes más altas) se presentan las cubiertas originarias (Serrano Giné & Galárraga Sánchez, 2015).

1.7.2. Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI)

El NDVI es un índice multiespectral que permite conocer a través de imágenes satelitales la calidad de la vegetación (Pettorelli et al., 2011). La vegetación sana absorbe radiación solar en grandes cantidades, por la clorofila foliar; el infrarrojo cercano exhibe gran reflexión, por la estructura interna de las hojas sanas (Sancho Navarro, 2010). Se calcula a partir de la banda infrarroja cercana (NIR) y banda roja (Red). Provee una rápida estimación de la presencia de vegetación y los valores



presentan un rango entre -1 y 1. Una vegetación densa y sana tiene valores altos desde 0.5, mientras que una vegetación en estado crítico puede tener valores positivos cercanos a cero (Sancha Navarro, 2010); los valores negativos o iguales a cero identifican luz o suelos desnudos (Rajeshwari & Mani, 2014).

Antes de calcular el NDVI, se debe realizar una corrección a las bandas, debido a que este índice de vegetación se calcula a partir de unidades físicas de reflectancia. Puesto que las imágenes satelitales tienen por defecto valores de Nivel Digital (ND); los valores de reflectancia se deben obtener a partir de ecuaciones que usen los datos propios de cada imagen satelital (USGS, 2018).

1.8. Integración de la población para la conservación de ecosistemas

El deterioro ambiental y el sobre aprovechamiento de recursos naturales son algunos de los procesos globalizados que acompañan el desarrollo económico. Este se fundamenta en la competitividad entre actores y la asignación del recurso al más eficiente, muchas veces desde un punto de vista estrictamente económico (CICDA, 2002). Ante lo enunciado, los seres humanos debemos asumir la responsabilidad de que hemos transformado los ecosistemas y que también podemos ser quienes reviertan las tendencias negativas, al menos en una parte (Balvanera & Cotler, 2007). Por ello, expresar el valor de los ecosistemas en términos económicos, puede considerarse un argumento efectivo y persuasivo a favor de la conservación, ya que al integrar instrumentos económicos y sociales en la valoración aumenta la posibilidad de tomar decisiones equilibradas y empáticas por la población local (Stolk, Verweij, Stuij, Baker, & Oosterberg, 2006).

En la región andina en particular, la gestión de recursos naturales no sigue únicamente leyes económicas o físicas, obedece también a una construcción social e histórica donde la población define colectivamente las normas de acceso y uso de recursos (CICDA, 2002).

Dado el creciente deterioro de los ecosistemas y tomando en cuenta la expansión de la frontera agrícola que se da en los páramos, es fundamental valorar el conocimiento de la población local para la gestión de los recursos naturales. Pues una visión amplia que incluya el estudio de las relaciones ecológicas y de las poblaciones haría posible que se conserve el páramo (Morales-Betancourt & Estévez-Varón, 2006). Lo que genera una oportunidad para comprender la relación de las comunidades locales con la Naturaleza, es la riqueza biosociocultural que se da en el medio natural por la



participación de los habitantes que conviven con el páramo (Espinosa Becerra et al., 2014).

El conocimiento local genera procesos de identificación, reconstrucción y aprovechamiento de los beneficios que brindan los ecosistemas, pues la comunidad tiene la capacidad de identificar por sí misma los servicios del páramo debido a su aprendizaje, razonamiento y percepción. Este conocimiento debe expresarse de manera lógica y ser generalmente válido (Espinosa Becerra et al., 2014).

1.9. Percepción ambiental y su evaluación

Se define a la percepción como un proceso cognitivo de la conciencia que elabora juicios en respuesta a las sensaciones que se obtienen del ambiente tanto físico como social (Vargas Melgarejo, 1994). La percepción humana es un proceso cambiante, pues en ella influyen diferentes circunstancias sociales que intervienen en la realidad, como la cultura de pertenencia, el grupo y la clase social (Durán López, 2013). La percepción ambiental es entendida como una forma de apreciar y valorar el entorno por parte de cada individuo, e influye significativamente en las decisiones que toma el ser humano sobre su ambiente (Fernández Moreno, 2008). Significa que el individuo toma conciencia y comprende, desde su punto de vista, un sentido amplio de la realidad (Durán López, 2013; Durand, 2008).

Así se construyen y transmiten los modelos culturales e ideológicos que explican la realidad de forma lógica (Vargas Melgarejo, 1994). Es un proceso en el que participa la experiencia y las vivencias de cada individuo (Arias Castilla, 2006). Dado que la crisis ambiental ha ganado relevancia desde los setentas, las investigaciones en esta área han aumentado a causa de la preocupación por el calentamiento global, deforestación, urbanización, extinción de especies, entre otros problemas ambientales (Durán López, 2013; Fernández Moreno, 2008).

Para evaluar la percepción que tienen las poblaciones se pueden emplear una o varias herramientas: encuestas, entrevistas y/o dibujos. La intención de este trabajo es investigar si la variedad de categorías de servicios ecosistémicos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) que brinda el páramo es percibida por parte de los pobladores de zonas aledañas a este ecosistema.



Una de las formas que se emplean para determinar la población dentro de la cual se evaluará la relación entre el ser humano y su ambiente en un contexto determinado, es el muestreo intencional (Shepardson, Niyogi, Choi, & Charusombat, 2009).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El área de estudio corresponde a una zona de páramo ubicada al norte del Bosque Protector Cubilán, abarcando una superficie de 757.83 ha, cuyo rango altitudinal es de 3260 a 3500 m.s.n.m. y se encuentra en el sector de la Laguna de Saguin, provincia de Cañar (figura 2).

La temperatura media anual del lugar es de 14.01°C; el clima es de tipo frío a muy frío en la parte alta y templado en la zona baja; su precipitación anual es de 1177.9 mm (Fundación ECOHOMODE, 2006). La comunidad vegetal más abundante en este páramo es la paja estipa (*Stipa* sp.) (Fundación ECOHOMODE, 2006).

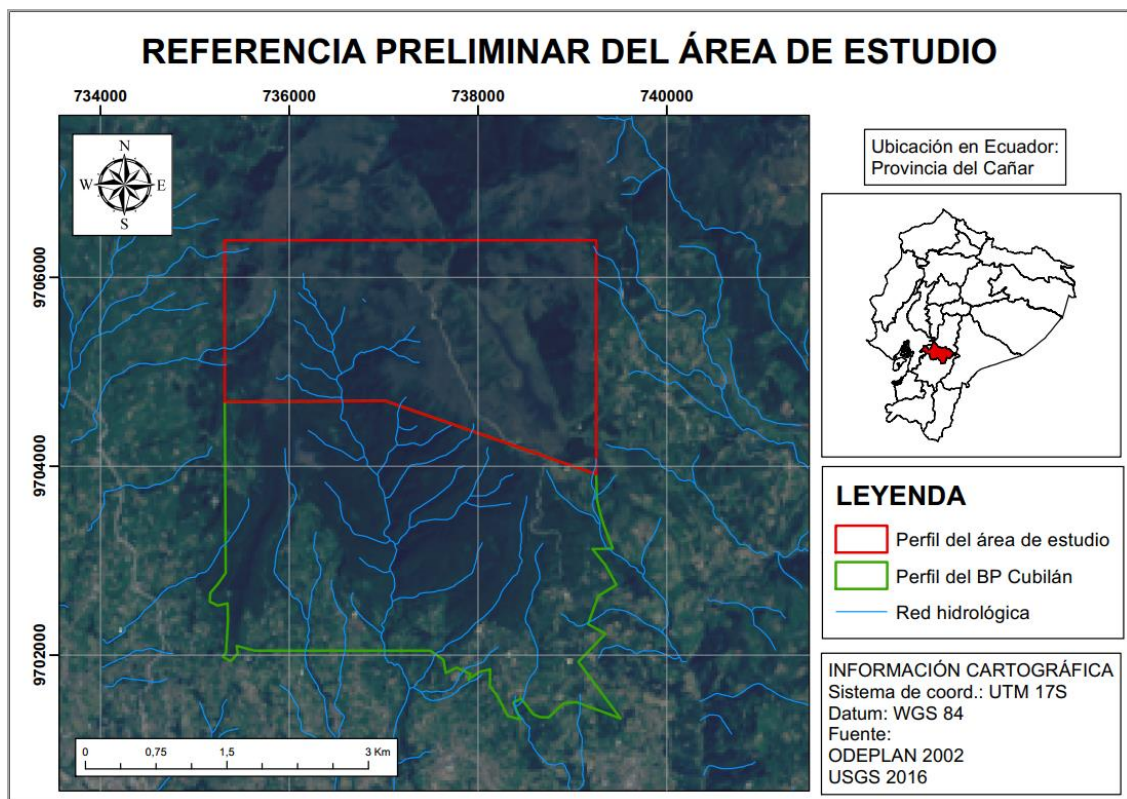


Figura 2. Mapa referencial del área de estudio.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.



2.2. Muestreo

Para el muestreo se siguió el procedimiento establecido por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el cual implica la selección de unidades de muestreo, como se describe en el apartado 1.6. (INIAP, 2008).

2.2.1. Ubicación de los sitios de muestreo

Antes de definir los puntos en donde se tomaron las muestras de suelo, se realizaron tres pasos previos:

- *Identificación de unidades de muestreo*

El INIAP estableció como recomendación para el muestreo identificar sitios que tengan condiciones semejantes de suelo. En este suelo de páramo, la unidad de categorización seleccionada fue la pendiente.

- *Elaboración del mapa de pendientes*

Para elaborar el mapa de pendientes se utilizó información cartográfica base que se recopiló de la página del Sistema Nacional de Información (escala 1:50000); y para procesarla se usó el Software ArcGIS 10.3. Se elaboró el modelo digital de elevación del área de estudio a partir de las curvas de nivel a escala 1:5000 (cinco metros entre cada curva). También se generó el mapa de pendientes, según los rangos establecidos por la clasificación del MAGAP (MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, EC) et al., 2010).

- *Verificación en campo*

Se realizó una visita al área de estudio para verificar que los valores de pendientes (%) generados en el Software sean reales. Para medir el valor de la pendiente *in situ*, se utilizó la aplicación “Clinometer”, disponible para teléfono móvil. Para la georreferenciación se utilizó el GPS “Ashtech Mobilemapper 10”, facilitado por el Municipio de Azogues.

Una vez verificados los valores reales (*in situ*) de la pendiente, se seleccionó cada punto de muestreo considerando los siguientes criterios:

- El sitio o sitios de muestreo deben ser representativos: se usó como referencia el centro de aquellos polígonos más grandes (generados por el mapa) (Morales & Carangui, 2018).



- Control de alteraciones antrópicas: se evitó tomar muestras en sitios que sufrían alteraciones, como quemas recientes, al pie de cercas o zanjas, lugares recientemente fertilizados, donde había acumulación de sales y estiércol, entre otros (Torres, 2016).
- Accesibilidad: se optó por muestrear en zonas de fácil acceso (Torres, 2016).

La toma de muestras de suelo se realizó en el mes de abril de 2018, en siete puntos ubicados en diferentes coordenadas y a varios niveles de altitud, debido a la variabilidad de pendientes que presenta el área de estudio (siete categorías de acuerdo a lo propuesto por el MAGAP). Las características de los puntos de muestreo, de acuerdo al rango de pendientes al que pertenecen, se observan en la tabla 2 y se ubican en la figura 3.

Tabla 2. Características de los puntos de muestreo.

Clasificación de pendientes [%] (MAGAP, 2010)	Puntos de Muestreo	X	Y	Altitud
Plana (0-2)	Punto 1	738743	9704388	3382
Muy suave (2-5)	Punto 2	738312	9704872	3385
Suave (5-12)	Punto 3	736609	9705911	3360
Media (12-25)	Punto 4	738078	9705204	3393
Media a fuerte (25-40)	Punto 5	737175	9705493	3490
Fuerte (40-70)	Punto 6	736158	9705668	3418
Muy fuerte (>70)	Punto 7	735486	9705986	3450

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

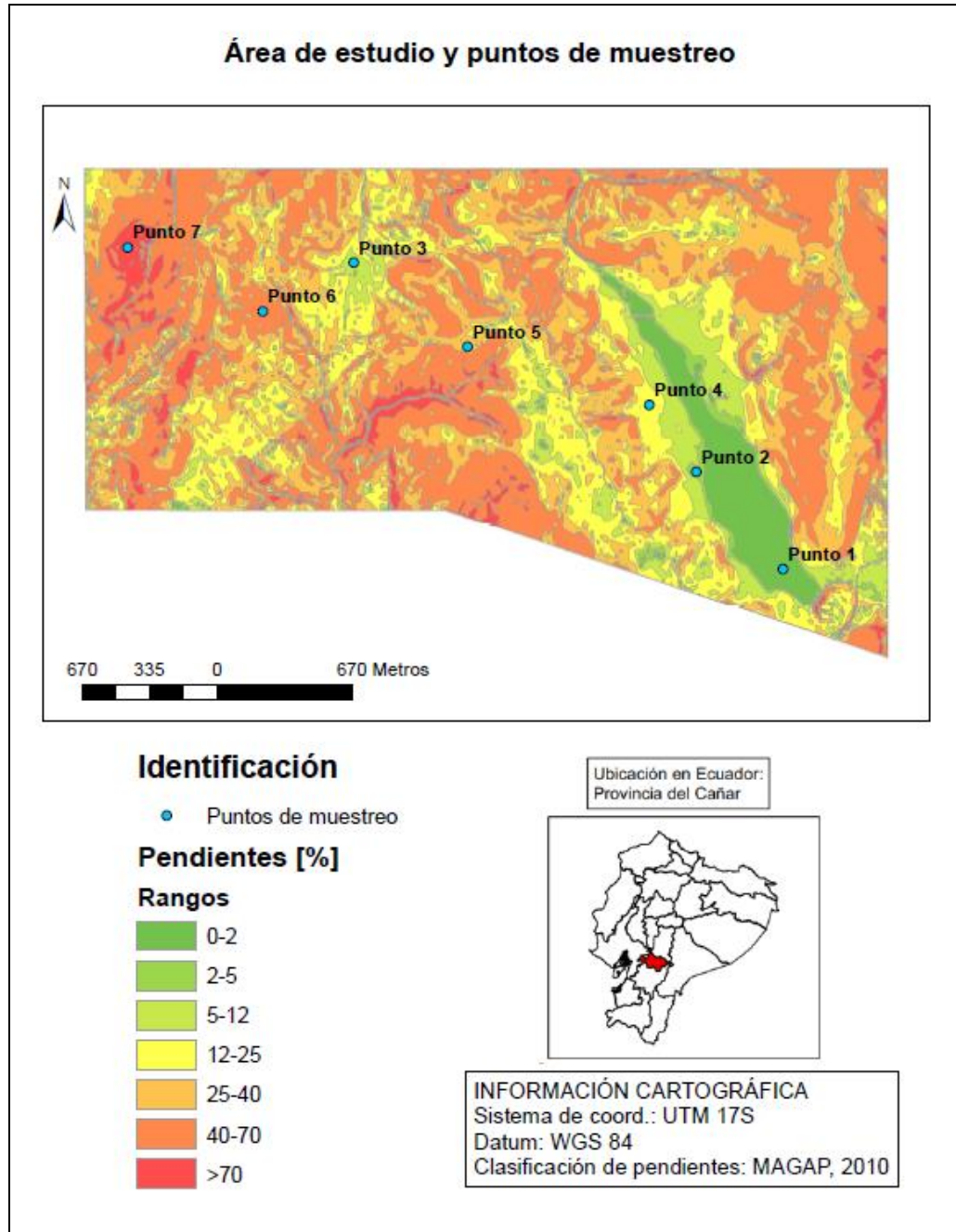






Figura 3. Mapa del área de estudio donde se ubican los puntos de muestreo.




Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

2.2.2. Toma de muestras para definir el contenido de carbono orgánico [%]

En cada punto se tomaron 20 submuestras para formar una muestra (tabla 3), efectuando un recorrido en zig-zag que abarcó un área no mayor a cinco hectáreas. Las muestras no se mezclaron para evitar alteración en los resultados.

Tabla 3. Procedimiento del muestreo y referencia fotográfica.

Procedimiento	Referencia fotográfica
1. Limpiar con un machete la superficie del suelo donde se va a muestrear (30cm ² aproximadamente), retirando la capa vegetal.	
2. Cavar con una pala un hoyo de 20 centímetros de profundidad. Las paredes deben estar inclinadas (formando un corte en V).	
3. Sacar una capa de suelo de 5 cm de grosor de una de las paredes del hoyo, usando una pala.	
4. Eliminar, con la ayuda de un cuchillo o machete, los extremos laterales de la capa de suelo, dejando un bloque de 5 cm de ancho.	

<p>5. Colocar el bloque de suelo en un balde plástico limpio (cada bloque representa una submuestra).</p>	
<p>6. Homogeneizar las 20 submuestras que se encuentran en el balde, para obtener una muestra compuesta.</p>	
<p>7. Tomar la muestra compuesta (un kilogramo de suelo) y colocarla en una bolsa segura. Se debe identificar correctamente la muestra para poder transportarla al laboratorio (ver etiqueta en el anexo 1).</p>	

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

2.2.3. Análisis del contenido de carbono orgánico total en laboratorio

Las muestras compuestas fueron enviadas al "Laboratorio de análisis de suelos" de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, donde se usó el Método de Walkley (1934) para determinar el contenido de carbono orgánico [%].

2.2.4. Determinación de la densidad aparente del suelo

Para determinar la densidad aparente del suelo [g/cm^3] se siguió el procedimiento de muestreo propuesto por el Laboratorio de Análisis de Suelos del Programa para el Manejo del Agua y el Suelo (PROMAS) de la Universidad de Cuenca.



Usando los anillos de Kopecky se tomaron tres muestras adicionales a las que se usaron para el análisis de carbono orgánico en cada punto. Posteriormente, dichos anillos fueron sellados y transportados hacia el laboratorio. Este muestreo se realizó conjuntamente con el muestreo que determinó el contenido de carbono orgánico.

Luego, en el laboratorio, se colocaron los anillos de Kopecky (con las muestras de suelo) en la estufa a 80°C durante 48 horas (Yang et al., 2014). Concluido este período, se sacaron las muestras secas de la estufa y se registró su peso.

La densidad aparente se determinó dividiendo el peso seco de la muestra (sin el anillo de Kopecky) para el volumen del anillo (valor estándar= 100cm³).

2.2.5. Determinación del contenido de carbono en el suelo

Se utilizaron los resultados de los análisis de contenido de carbono orgánico y densidad aparente de las muestras, y se extrapolaron a la medida estándar de reporte de almacenamiento o captura de carbono (toneladas de CO₂ por hectárea), entonces:

$$\text{Contenido C suelo} \left[\frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right] = (\rho * h * C * 100) * \frac{44}{12}$$

Donde:

ρ = Densidad del suelo [g/cm³]

h = Profundidad a la que se toma la muestra [cm]

C = Porcentaje en peso de carbono orgánico en el suelo

La relación 44/12 proviene de la relación estequiométrica de pesos moleculares con la finalidad de conocer cuánto CO₂ puede originarse por la descomposición del carbono orgánico. El factor 100 es el resultante de la compensación de las unidades de cm, m y ha.

Adicionalmente, se relacionó el contenido de carbono orgánico y los tipos de pendientes que se usaron para clasificar los puntos de muestreo, mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

2.2.6. Costo social del carbono

Para la valoración económica se utilizó el método del “costo del daño evitado a nivel global por la mitigación del cambio climático” (Castro, 2011). Los precios del C se

muestran en la tabla 4. Para el año 2011 se tomó el valor reportado por Castro (2011), para el año 2017 se tomó el dato que comparte el Banco Mundial en su informe “Fijación del precio del carbono” (2017) y, los precios previstos para el año 2020 y 2030 por el Banco Mundial en su informe “State and Trends of Carbon Pricing” (2017). Según este último informe, los precios que varían entre rangos son coherentes con el objetivo de temperatura del “Acuerdo de París” (World Bank, Ecofys, & Vivid Economics, 2017).

Tabla 4. Precios de la tonelada de dióxido de carbono (CO₂).

Año	Precio [USD/ton CO ₂]
2011	15
2017	10
2020	40
	80
2030	50
	100

Fuente: Castro, 2011; Banco Mundial, 2017a; Banco Mundial, 2017b.

2.2.7. Valoración económica del carbono almacenado en el suelo

El contenido de carbono en ton CO₂/ha se multiplicó por cada precio establecido en la tabla 4 (apartado 2.2.6. Costo social del carbono). El resultado se extrapoló a toda la superficie del área de estudio (757.83 ha) y, de esa manera se obtuvo el valor económico total del carbono almacenado para diferentes años:

$$V_{\text{carbono}} \left[\frac{\text{USD}}{\text{ha}} \right] = \text{Contenido C suelo} \left[\frac{\text{ton CO}_2}{\text{ha}} \right] * \text{Costo social del C} \left[\frac{\text{USD}}{\text{ton CO}_2} \right]$$

2.2.8. Diferenciación de puntos intervenidos y naturales: observación en campo y uso del Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI)

Para comprobar la hipótesis referente a la pérdida de la cantidad de carbono almacenado por suelos intervenidos, se procedió a diferenciar y ubicar los sitios considerados como intervenidos y no intervenidos (naturales). Para ello, se observaron las condiciones del suelo *in situ* y se determinó la presencia de vegetación usando el NDVI.

Antes de calcular el NDVI, se corrigieron las bandas del Infrarrojo Cercano (NIR) y Roja (Red) de la imagen satelital del área de estudio, que se obtuvo de del satélite



Landsat 8 (USGS, 2016). Para ello, se aplicó la siguiente fórmula proporcionada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS):

$$\rho_{\lambda} = \frac{M_{\rho} * Q_{cal} + A_{\rho}}{\sin \Theta_{es}}$$

Donde:

ρ_{λ} = Reflectancia, con la corrección del ángulo solar (Adimensional)

M_{ρ} = factor de escala multiplicativo de reflectancia para cada banda (REFLECTANCE_MULT_BAND_n de los metadatos)

A_{ρ} = factor de escala aditivo de reflectancia para cada banda (REFLECTANCE_ADD_BAND_n de los metadatos)

Q_{cal} = producto estándar cuantificado

Θ_{es} = ángulo de elevación solar.

Luego de haber corregido las bandas, se aplica la fórmula para calcular el NDVI:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}}$$

Donde *NIR* es el valor de reflectancia de la banda del Infrarrojo Cercano y *Red* es el valor de reflectancia de la banda roja.

2.3. Evaluación de la percepción ambiental de las comunas de Zhindilig, Virgenpamba y Aguilán sobre los servicios ecosistémicos que brinda el páramo

El método de evaluación involucró la recopilación de datos cualitativos. Se empleó el muestreo intencional (Shepardson et al., 2009) y sobre la muestra se aplicaron encuestas individuales. Los datos se analizaron identificando conceptos y patrones en las respuestas que permitieron conocer la percepción de los pobladores de las comunas sobre el páramo y los servicios ecosistémicos que brinda.

2.3.1. Elaboración y aplicación de encuestas

La encuesta fue la herramienta aplicada y estuvo enfocada a obtener información sobre la percepción del grupo meta en cuanto a la variedad de servicios ecosistémicos. Los resultados de las encuestas fueron categorizados en función de los tipos de servicios ecosistémicos que existen (clasificación realizada por la Evaluación



de los Ecosistemas del Milenio, 2005); previo a la elaboración de la encuesta se realizaron los siguientes pasos:

1. Se identificó al grupo meta, se seleccionó a individuos cuya edad estaba comprendida entre 40 y 80 años (número equitativo de hombres y mujeres); puesto que las personas mayores, por lo general, conocen mejor el espacio en el que se han desarrollado y tienen la capacidad de distinguir los cambios en el ambiente.

El acercamiento a las comunas fue mediante el Municipio de Azogues, institución que facilitó el contacto con el Presidente del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) de la parroquia Guapán, al cual pertenecen las comunas.

El Presidente del GAD parroquial de Guapán fue quien entregó la información sobre el número de miembros que tiene cada comuna. Este número y también el tamaño de la muestra que participó en las encuestas es el que se observa en la tabla 5. El bajo número de la muestra en la comuna de Aguilán se debe a que sólo 22 de sus miembros se consideraban miembros activos.

Tabla 5. Tamaño de la muestra participante.

Comuna	Miembros	Muestra
Zhindilig	75	28
Virgenpamba	84	22
Aguilán	52	16

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

2. Se formularon 11 preguntas secuenciales y claras en una encuesta individual. Luego de aplicar una prueba piloto se adaptó la secuencia y el lenguaje (anexo 2). En la tabla 6 se muestran los servicios ecosistémicos clasificados en cuatro categorías (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) y el número de preguntas que se asignó a cada una para poder identificar y asociar fácilmente la información con los respectivos conceptos. Se le dio mayor peso (mayor número de preguntas) a la categoría de servicios ecosistémicos culturales (SEC) con la finalidad de esclarecer que el contacto de las poblaciones con el páramo es directo.



Tabla 6. Categorías contempladas dentro de la encuesta.

Categoría	Nº preguntas
Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento (SEA)	4
Servicios ecosistémicos de regulación (SER)	5
Servicios ecosistémicos culturales (SEC)	6
Servicios ecosistémicos de soporte (SES)	4

n= 10 preguntas

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

Las encuestas se aplicaron durante los meses de junio y julio de 2018, en cada una de las casas comunales donde se reúnen los miembros (anexo 3).

2.3.2. Análisis estadístico

Una vez aplicadas las encuestas, se analizaron las respuestas. Cada categoría (basada en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005) en este análisis se comprendió como se explica en la tabla 7.

Tabla 7. Categorías para analizar la percepción ambiental sobre los servicios ecosistémicos.

Categoría	Concepto	Elementos percibidos
Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento (SEA)	Bienes materiales que sustentan las actividades del grupo meta	Agua, leña, paja, alimentos, plantas medicinales.
Servicios ecosistémicos de regulación (SER)	Beneficios que influyen sobre la calidad de vida del grupo meta	Aire limpio, regulación y saneamiento del agua.
Servicios ecosistémicos culturales (SEC)	Contacto directo e indirecto que tiene el grupo meta con el ecosistema	Belleza escénica, fauna y flora hermosas, tranquilidad, identidad de sitio, patrimonio.
Servicios ecosistémicos de soporte (SES)	Funciones que favorecen el desarrollo de los procesos ecológicos y biológicos	Formación de suelos, reciclaje de nutrientes, fotosíntesis.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018; basada en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.



Luego, el porcentaje de cada concepto (identificado en las respuestas) fue calculado con base en el número de individuos encuestados por comuna, para posteriormente promediarlos por categoría.

Además, se incluyó un análisis de la pregunta 10 (¿Sus abuelitos, padres y/o hijos han desarrollado actividades en el páramo?), con la finalidad de conocer en qué comuna hubo más uso histórico del páramo. Esto como una línea base que informó acerca de la pertenencia y apropiación de las personas a un territorio o a sus usos.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1. Valoración del carbono almacenado en el suelo del páramo

3.1.1. Resultados de los análisis de carbono orgánico y densidad aparente

En la tabla 8 se pueden observar los valores resultantes del análisis de carbono orgánico y densidad aparente de cada uno de los puntos de muestreo (anexo 4). El valor más alto de carbono orgánico es de 11.92% que corresponde al Punto 5 en pendiente de tipo media a fuerte (25 a 40%), mientras que el más bajo es de 7.69% y corresponde al Punto 4 en pendiente de tipo media (12 a 25%). Los valores del contenido de carbono no varían significativamente entre sí, pues las cifras se encuentran aproximadamente entre 8 y 12%. Los valores de densidad aparente se encuentran entre 0.33 g/cm³ (Punto 2 en pendiente muy suave 5 a 12%) y 0.81 g/cm³ (Punto 4 en pendiente media 12 a 25%). Debido a los valores de densidad aparente, el color oscuro y las cantidades considerables de carbono orgánico, se clasificó a estos suelos como Andosoles e Histosoles.

Tabla 8. Valores de carbono orgánico y densidad aparente del suelo.

Muestras	Porcentaje de carbono orgánico [%C]	Densidad aparente [g/cm ³]
Punto 1	7.77	0.44
Punto 2	10.12	0.33
Punto 3	8.22	0.68
Punto 4	7.69	0.81
Punto 5	11.92	0.6
Punto 6	10.39	0.7
Punto 7	10.42	0.38
Promedio	9.50	0.56

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

3.1.1.1. Relación entre el contenido de carbono y el tipo de pendiente

En la figura 4 se puede apreciar que la correlación entre el contenido de carbono orgánico y el tipo de pendiente es positiva pero débil debido al valor del coeficiente igual a 0.53 y un coeficiente de determinación del 28%.

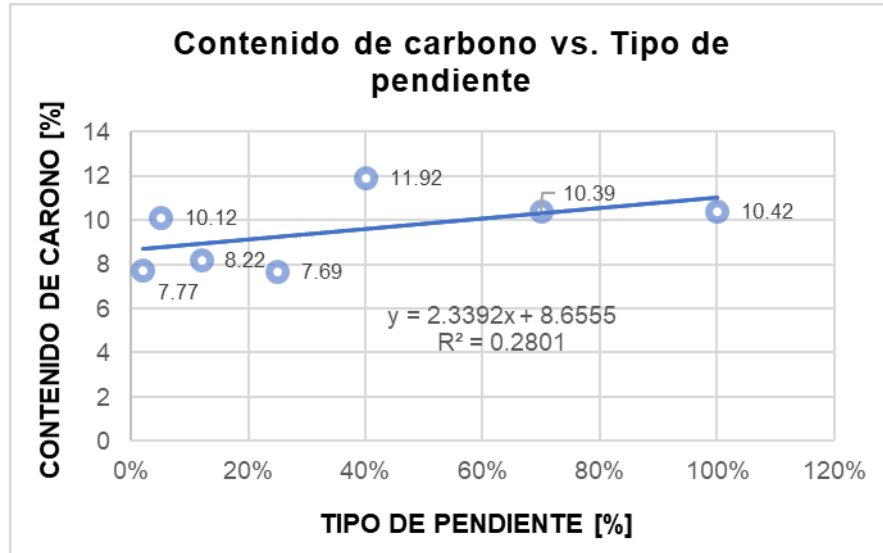


Figura 4. Relación entre el contenido de carbono y el tipo de pendiente.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

3.1.2. Contenido de carbono almacenado en el suelo

En la tabla 9 se muestran todos los valores utilizados para estimar el contenido de carbono almacenado en el suelo [ton CO₂/ha]. Con esos valores se determinó que el suelo del páramo estudiado almacena un contenido de 392.30 ton CO₂/ha.

Tabla 9. Valores de cada factor considerado para el cálculo del contenido de carbono.

Factores considerados	Valores
Densidad aparente [g/cm ³]	0.56
Profundidad [cm]	20
Porcentaje de carbono orgánico - Promedio [%C]	9.5
Factor de compensación	100
Relación estequiométrica	44/12
Contenido de carbono en el suelo [ton CO₂/ha]	392.30

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

3.1.3. Valor económico total del carbono almacenado en la superficie de estudio

En la figura 5 se puede observar que el valor económico total más alto corresponde al que se proyectó para el año 2030 (29.73 millones de UDS/ton CO₂); mientras que el valor más bajo corresponde al año 2017 (2.97 millones de USD/ ton CO₂). Dadas las cifras, se observa que el precio del carbono en la actualidad ha disminuido con

respecto al año 2011 (4.46 millones de USD). Sin embargo, si se mantiene el contenido de carbono actual en el suelo, se espera que el valor incremente notablemente para los años 2020 y 2030.



Figura 5. Valor del carbono a través del tiempo.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

3.2. Clasificación de sitios naturales e intervenidos




3.2.1. Mediante observación directa





En el área de estudio, la vegetación observada es baja y se compone generalmente por comunidades: arbustivas y herbáceas con estratos entre 50 y 150 cm, rosetas y arbustos con estratos entre 20 y 50 cm y cojines y hierbas con estratos menores a 10 cm.

Durante el muestreo realizado en campo se identificaron tres sitios (punto 1, 3 y 4) que evidenciaban remanentes de intervención antropogénica por actividades de pastoreo de ganado que se habían desarrollado (esta observación corroboró las actividades de pastoreo de ganado bovino y equino que se reportan en el trabajo de ECOHOMODE, 2006). Por otra parte, cuatro puntos (2, 5, 6 y 7) mostraban mayor conservación (naturales), donde las principales especies nativas (descritas en la tabla 10) primaban. Es importante mencionar que las actividades antropogénicas de agricultura y ganadería fueron suspendidas desde el año 2002, según los registrado del trabajo de

la Fundación ECOHOMODE (2006). A continuación, la tabla 10 muestra la descripción y el registro fotográfico que acredita lo antes mencionado.

Tabla 10. Descripción y clasificación de los puntos de muestreo.

Descripción	Registro fotográfico	Clasificación
<p>Punto 1: se observó que la vegetación de pajonal (<i>Stipa sp.</i>) y aguarongos (<i>Puya hamata</i>), había disminuido, pues, existían parches de cambio por la presencia de potreros.</p>		<p><i>Intervenido</i></p>
<p>Punto 2: en el sitio se encontraba abundante vegetación de pajonal y aguarongos en buen estado; no existía presencia de cambios en la ocupación del suelo.</p>		<p><i>Natural</i></p>
<p>Punto 3: se observó que alrededor del sitio, existían caminos y senderos que usaba la gente. El suelo estaba descubierto, con menos forraje de pajonal y aguarongos.</p>		<p><i>Intervenido</i></p>

<p>Punto 4: existían senderos y huellas de que el ganado pasaba por los alrededores; el pajonal y los aguarongos se presentaba de forma escasa. Además, el suelo presentaba un color café claro.</p>		<p><i>Intervenido</i></p>
<p>Punto 5: el sitio, con pendiente considerable, se encontraba basto de pajonal y aguarongos en buen estado; no existía presencia de cambios en la ocupación del suelo.</p>		<p><i>Natural</i></p>
<p>Punto 6: al igual que en el punto 5, no se avistaron cambios en la ocupación del suelo. Tenía aspecto típico de páramo por predominio de formaciones herbáceas y relieves con volúmenes considerables</p>		<p><i>Natural</i></p>
<p>Punto 7: era la pendiente más pronunciada, su vegetación era densa y variada (predominaban las especies nativas).</p>		<p><i>Natural</i></p>

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

3.2.2. Mediante el uso del Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI)

En la figura 6 se puede observar el mapa del NDVI, donde se ubicaron los sitios naturales e intervenidos que se identificaron como tales en campo. Los valores del NDVI encontrados oscilaban entre 0.087332 (el más bajo en color rojo) y 0.430511 (el más alto en color verde).

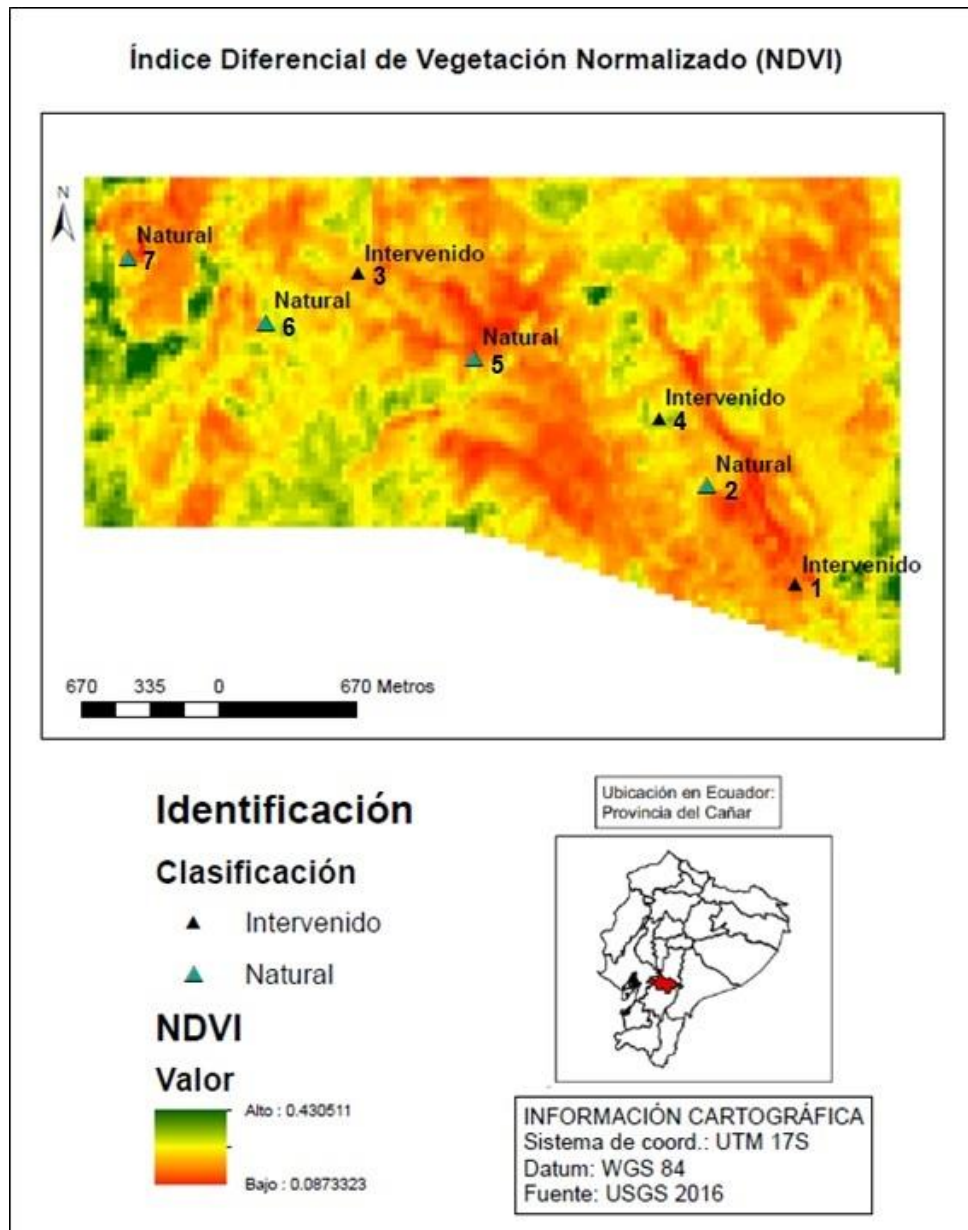


Figura 6. Mapa del NDVI con la ubicación de puntos intervenidos y naturales.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.



Mediante observación directa, los puntos 1, 3 y 4 fueron identificados como sitios intervenidos. Sin embargo, los valores del NDVI para el punto 4 se muestran relativamente altos (color verde); esto indica que, aparentemente, este punto mantiene vegetación en buen estado de conservación (vegetación no degradada).

Por otra parte, en campo se identificaron los puntos 2, 5, 6 y 7 como sitios naturales; no obstante, los valores del NDVI para el punto 2 son intermedios (color amarillo); para el punto 6, valores que tienden a ser altos con respecto al rango establecido en el mapa (figura 5); y para los puntos 5 y 7 los valores bajos indican que la vegetación presente es escasa y no se mantiene conservada.

3.3. Análisis del valor económico del carbono almacenado en suelos naturales e intervenidos del páramo

Con los resultados obtenidos se plantearon dos escenarios (tabla 11). El primero (a) indica que, si usamos los valores de sitios naturales para estimar el contenido de carbono en el suelo, el resultado es de 394.76 ton CO₂/ha. El segundo escenario (b) muestra que, si usamos los valores de sitios intervenidos, el contenido de carbono en el suelo baja a 372.39 ton CO₂/ha

Tabla 11. Valores de cada factor considerado para el cálculo del contenido de carbono en suelos naturales e intervenidos.

Factores considerados	a. Valores de sitios naturales	b. Valores de sitios intervenidos
Densidad aparente - Promedio [g/cm ³]	0.50	0.64
Profundidad [cm]	20	20
Porcentaje de carbono orgánico - Promedio [%C]	10.71	7.89
Factor de compensación	100	100
Relación estequiométrica	44/12	44/12
Contenido de carbono en el suelo [ton CO₂/ha]	394.76	372.39

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

En la figura 7 se observa que existe diferencia, aunque no tan grande, entre el valor económico del carbono que se almacena en sitios naturales y en sitios intervenidos. Tomando únicamente los promedios de los resultados de contenido de carbono orgánico y densidad aparente de sitios naturales, y extrapoliéndolos a toda la superficie, el valor del páramo aumenta con respecto al valor que se obtiene si se toman únicamente los promedios de los resultados de sitios intervenidos.

Los suelos intervenidos del páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán pierden, en promedio, un 26% de su capacidad para almacenar carbono en comparación con el promedio de las muestras de sitios naturales (anexo 5). Si traducimos la capacidad que tienen los suelos naturales e intervenidos para almacenar carbono a términos económicos, y los comparamos entre sí, el valor del páramo natural aumenta un 6% con respecto al valor del páramo intervenido.

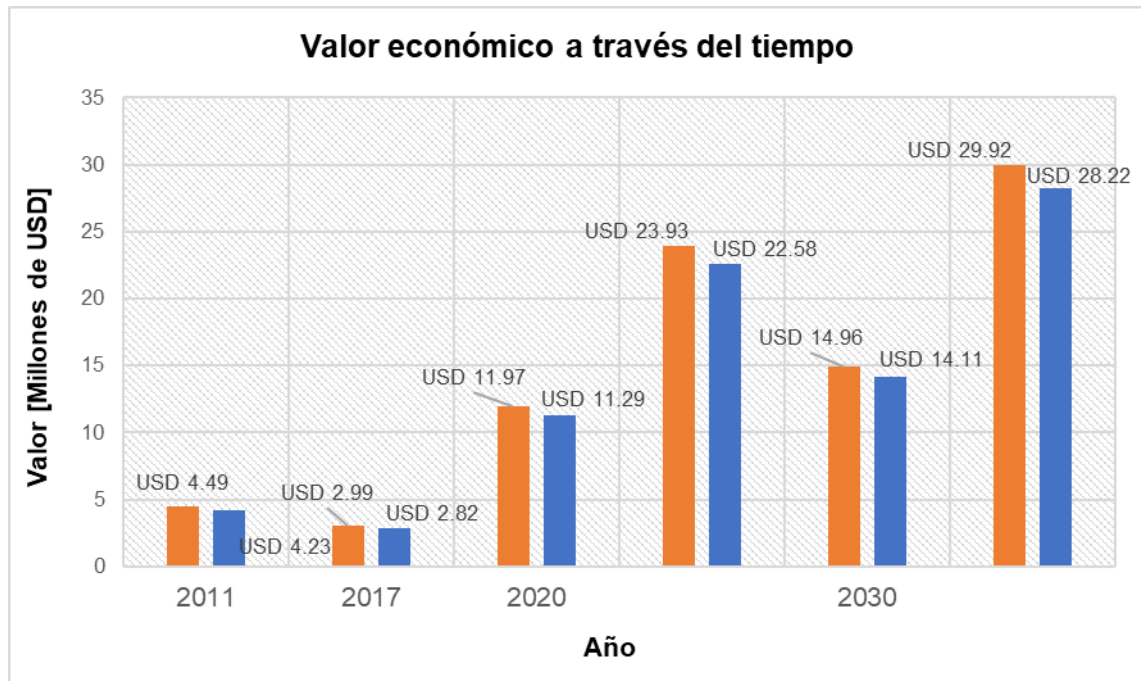


Figura 7. Valor del carbono para sitios naturales (color naranja) e intervenidos (color azul) a través del tiempo.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

3.4. Evaluación de la percepción ambiental de las comunas de Zhindilig, Virgenpamba y Aguilán sobre los servicios ecosistémicos que brinda el páramo

En las tres comunas se identificaron las cuatro categorías utilizadas para englobar los servicios ecosistémicos que fueron percibidos por parte del grupo meta. Se pudo evidenciar que los SEA y SEC fueron los servicios que disputaron la primera y segunda posición para los tres casos; en tercera posición se encontraron los SER. Finalmente, en cuarta y última posición, se ubicaron los SES (figura 8).

En general, las comunas aledañas al páramo que se ubica al norte del Bosque Protector Cubilán resaltan que, a nivel local y mundial, este tipo de ecosistema es reconocido por su alta importancia al proveer agua, regular el aire que respiran (aun

ignorando los elementos responsables), ser un componente paisajístico, histórico y cultural. Por lo tanto, los resultados de la evaluación realizada a través de la encuesta indicaron que en las tres comunas los participantes perciben las cuatro categorías de servicios ecosistémicos planteadas.

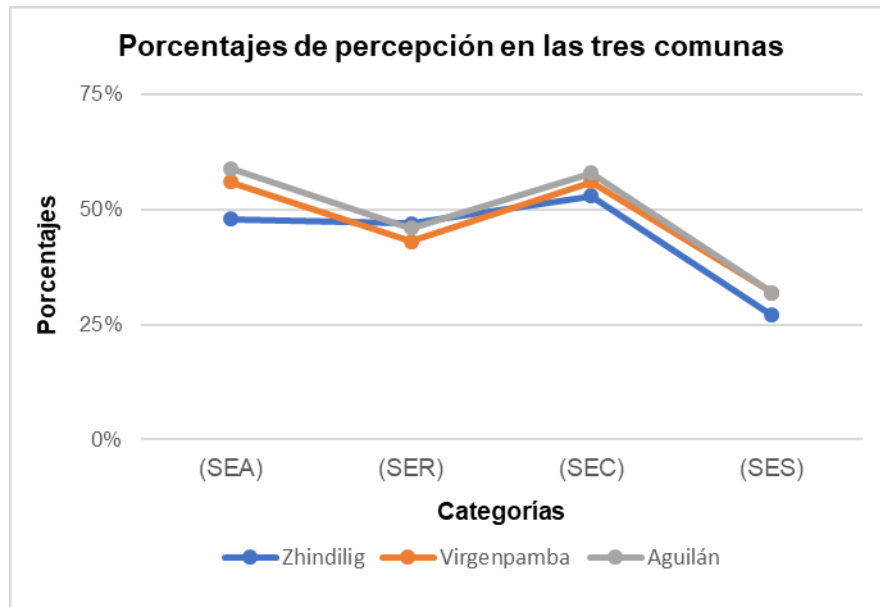


Figura 8. Porcentajes de percepción de servicios ecosistémicos en las tres comunas.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

En la figura 9 se puede apreciar la diferencia de percepción que se da entre géneros para las tres comunas. Los SEA y SER son los servicios que se perciben más por el género femenino; los SEC y SES son percibidos más por el género masculino, aunque no hay diferencia entre ambos en cuanto a los SEC. Sin embargo, los SES si difieren con el resto de servicios ecosistémicos, al ser menos percibidos tanto por mujeres (29%) como por hombres (34%). Hay que mencionar que las mujeres fueron más expresivas y los hombres más concretos al responder.

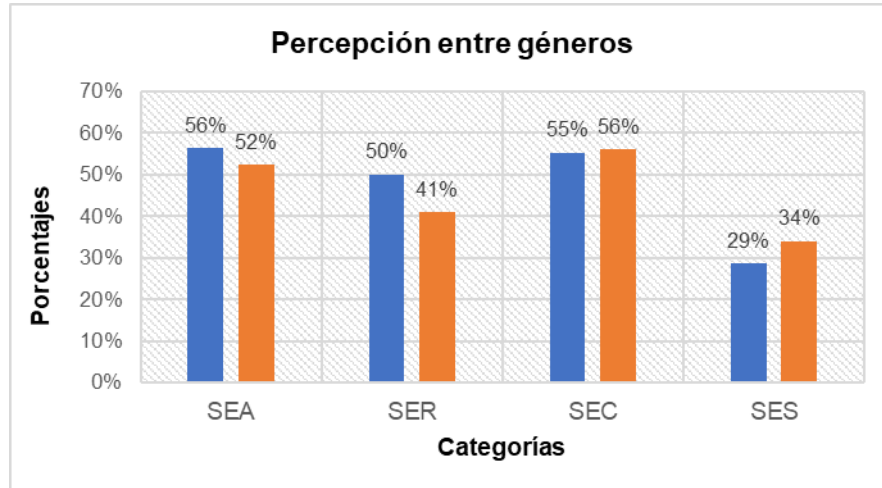


Figura 9. Diferencia de percepciones entre el género femenino (color azul) y masculino (color naranja), para las tres comunas evaluadas.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

En la tabla 12 se observa una muestra de las respuestas proporcionadas por los pobladores de las tres comunas evaluadas. A través de esa información se pudo determinar a qué categoría de servicios ecosistémicos correspondían.

Tabla 12. Información que argumenta la categorización de servicios ecosistémicos utilizada.

Categorías de servicios ecosistémicos	Elementos percibidos	Cita textual representativa
Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento (SEA)	Agua, leña, paja, alimentos, plantas medicinales.	“Gracias al páramo, el agua para beber nunca nos ha faltado” Comunera de Zhindilig.
Servicios ecosistémicos de regulación (SER)	Aire limpio, regulación y saneamiento del agua.	“El páramo descontamina al funcionar como un filtro de aire, eso me da salud” Comunero de Virgenpamba.
Servicios ecosistémicos culturales (SEC)	Belleza escénica, fauna y flora hermosas, tranquilidad, identidad de sitio, patrimonio.	“Yo me siento cómoda en el páramo a diferencia de estar en la ciudad” Comunera de Zhindilig.

<p>Servicios ecosistémicos de soporte (SES)</p>	<p>Formación de suelos, reciclaje de nutrientes, fotosíntesis.</p>	<p>“Gracias a los procesos que se dan en el suelo, existen nutrientes que vuelven” Comunero de Aguilán.</p>
---	--	---

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

Basados en los recuerdos y las experiencias de los pobladores, los resultados de la pregunta 10 muestran que, históricamente la comuna Aguilán (50%) ha usado más el páramo, seguida de las comunas de Zhindilig y Virgenpamba (33%). La identidad marcada se muestra a través del sentido de propiedad que se da más en la comuna de Aguilán (44%), seguida de las comunas de Virgenpamba (30%) y Zhindilig (20%). Pero las tres identificaron al páramo como su territorio de herencia y patrimonio, desde la llegada de sus antepasados a este lugar.

3.4.1. Resultados sobre los Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento

En la figura 10 se observa que los SEA son los que más se perciben en todas las comunas evaluadas, especialmente en la comuna de Aguilán (59%), seguida de Virgenpamba (56%) y Zhindilig (48%); aunque no existen diferencias marcadas entre ellas. Las respuestas comprendían elementos percibidos como agua, leña para utensilios domésticos (como sopladores o cangadores), alimentos y/o plantas medicinales.

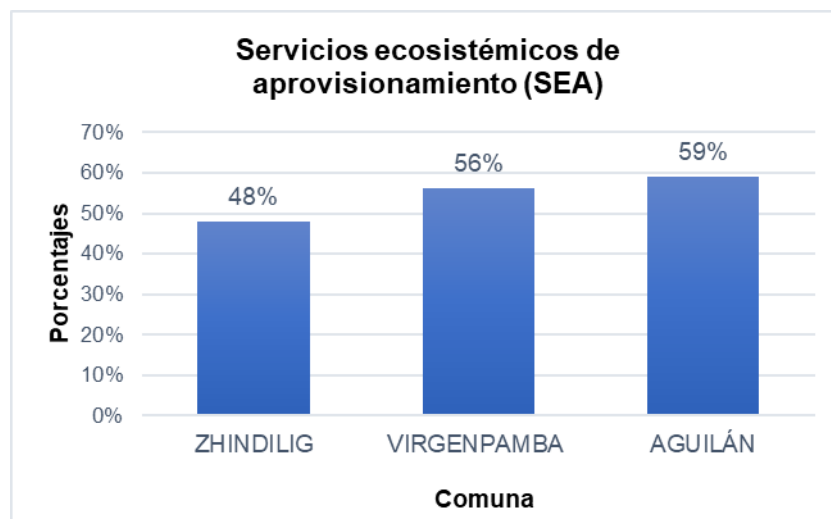


Figura 10. Porcentajes de percepción de Servicios ecosistémicos de aprovisionamiento.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

3.4.2. Resultados sobre los Servicios ecosistémicos de regulación

En la figura 11 se observa que los SER fueron percibidos de igual manera entre las tres comunas, pues no hay diferencia. Sin embargo, fueron menos percibidos que los SEA, pero más que los SES. En la comuna de Zhindilig no hay gran diferencia entre SEA (48%) y SER (47%). Estos servicios ecosistémicos se identificaron gracias a respuestas como: en el páramo se respira aire puro y/o que el agua se purifica sola.

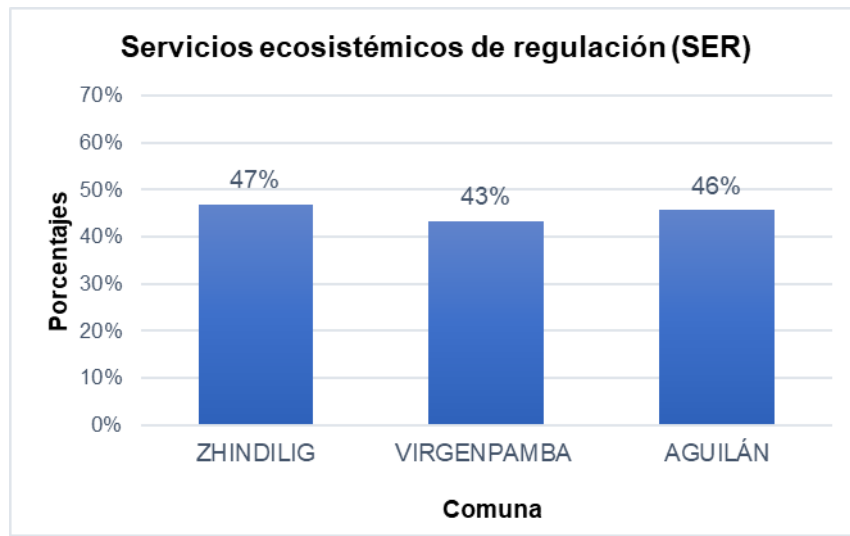


Figura 11. Porcentajes de percepción de Servicios ecosistémicos de regulación.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

3.4.3. Resultados sobre los Servicios ecosistémicos culturales

Los SEC fueron los servicios más percibidos en las tres comunas, al igual que los SEA. La figura 11 indica que no existe una diferencia considerable de la percepción de este servicio entre comunas. Respuestas como: un páramo bonito, fauna y flora únicas y hermosas y/o la tranquilidad que se siente en el páramo, fueron las que permitieron identificar esta categoría de servicios ecosistémico.

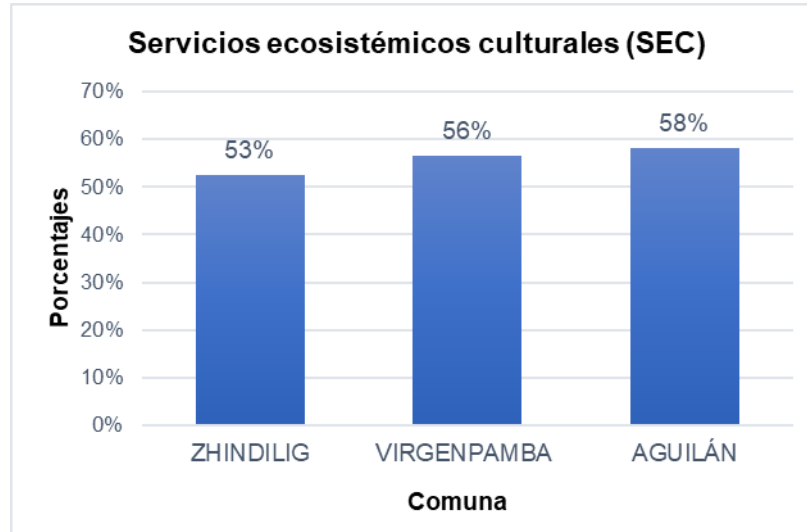


Figura 12. Porcentajes de percepción de Servicios ecosistémicos culturales.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.

3.4.4. Resultados sobre los Servicios ecosistémicos de soporte

En la figura 12 se aprecia que este servicio ecosistémico es el que menos ha sido percibido por todas las comunas evaluadas. Zhindilig es la comuna en la que menos se perciben los SES con un 5% de diferencia con las otras comunas. Esta categoría de servicios ecosistémicos pudo identificarse gracias a respuestas que comprendían un reciclaje de nutrientes, fotosíntesis y/o el proceso de formación de suelos.

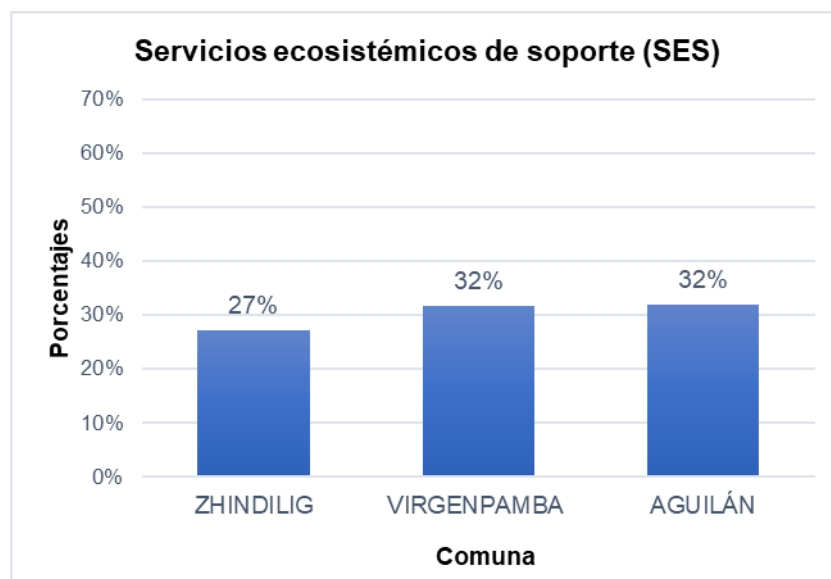


Figura 13. Porcentajes de percepción de Servicios ecosistémicos de soporte.

Elaboración: Daniela Pinos, 2018.



CAPÍTULO IV

4. DISCUSIÓN

La cantidad total de carbono almacenado por ha en suelos de páramo puede llegar a ser mayor que la almacenada por la vegetación en una selva tropical (Hofstede et al., 2014). En este estudio se valoró económicamente el servicio ecosistémico de captura y almacenamiento de carbono en el suelo del páramo para darle un precio y evitar la emisión de concentraciones de CO₂ a la atmósfera. Otros estudios (Ayala et al., 2014; Castañeda Martín, 2016; Castañeda Martín & Montes Pulido, 2017) han verificado que el suelo de este ecosistema es una de las mayores reservas de carbono en el mundo, gracias a las bajas temperaturas que minimizan las tasas de descomposición de materia orgánica, en un proceso lento pero continuo.

El contenido de carbono orgánico encontrado en los suelos del páramo estudiado se consideró alto (entre 7.69 y 11.92%), pues los resultados sobrepasaron el valor referencial de 5% de carbono orgánico que se establece en trabajos realizados en páramos de Sudamérica y México (Gutiérrez, 2015; Hofstede et al., 2014; Vela Correa, López Blanco, & Rodríguez Gamiño, 2012). Además, considerando una de las variables necesarias para calcular el contenido de carbono orgánico en el suelo, se encontró que los valores de densidad aparente en las muestras colectadas están dentro del rango de 0.33 – 0.81 g/cm³, lo cual es consistente con los datos que reportan otros autores (0.13 - 0.84 g/cm³) en suelos de páramo (Alvarado, Andrade, & Segura, 2013; Buytaert, Deckers, & Wyseure, 2006). La densidad aparente es una característica asociada a tipos de suelos que presentan cantidades considerables de carbono orgánico (Andosoles e Histosoles), de acuerdo la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) (Castañeda Martín & Montes Pulido, 2017; IUSS Working Group WRB, 2015).

En este estudio, el promedio de los resultados de las muestras tomadas en sitios de páramo natural presentó un contenido de carbono mayor (10.71%) al de los sitios considerados como páramo intervenido (7.89%). Esta diferencia concuerda con lo determinado por Castro (2011) en su estudio realizado en los páramos del Frente Suroccidental de Tungurahua (Ecuador), donde estableció que el promedio de las muestras tomadas en páramo natural (13.50%) era mayor al de las que se tomaron en páramo intervenido (3.50%). Estos datos muestran la pérdida de este servicio cuando la superficie estudiada es sometida a varios procesos de intervención antropogénica



(agricultura, ganadería, infraestructura, entre otros). La diferencia entre el contenido de carbono en páramo natural e intervenido, en este estudio, es baja si se compara con la que se estableció en el estudio de Castro (2011). Sin embargo, el páramo estudiado entró en un proceso de conservación en los últimos ocho años, al suspender las actividades de agricultura y ganadería (Fundación ECOHOMODE, 2006). Eso demuestra que la degradación disminuyó, en contraste con la intervención alta que presentaba el páramo del Frente Suroccidental de Tungurahua. Es posible que esa sea la razón por la que la diferencia no resultó amplia. Varios estudios realizados en páramos de Loja, Tungurahua y Chimborazo (Castro, 2011; Chamorro Armas, Villarroel Herrera, González Escudero, & Palacios Cabrera, 2017; Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA, 2008; Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2015b) apoyan que ante una continua intervención antropogénica, existe una pérdida potencial en el contenido de carbono orgánico y su valor económico. También afirman que un páramo en estado de conservación solventa mejor de servicios ecosistémicos a las poblaciones que dependen de ellos para seguir desarrollándose.

Para determinar los sitios de muestreo naturales e intervenidos se tomaron registros *in situ* y se usó el NDVI para comprobarlo. Con el NDVI se quería establecer una relación directa entre la intervención del páramo y el estado real de la vegetación; sin embargo, el análisis se dificultó, dado que en el área de estudio, la altura de la vegetación es baja (Santaella, 2013). De acuerdo con Sancha Navarro (2010), los valores del NDVI inferiores a 0.5 indican que la vegetación es de mala calidad, por lo tanto, al tener valores entre 0.08 y 0.43 para la mayor parte de la superficie en estudio, se entendía que el páramo estaba intervenido aún en áreas considerablemente conservadas. Valores similares, con un rango entre -0.08 y 0.13 (dependiendo del tipo de vegetación), se obtuvieron para el páramo de Venezuela estudiado por Santaella (2013); también valores entre 0.21 y 0.4 para el páramo de Chimborazo-Ecuador (Paula, Zambrano, & Paula, 2018). Esto demostró que, en los páramos el NDVI presenta generalmente valores bajos, y puede indicar cambios en la transición de la vegetación, pero no determina con seguridad una degradación por intervención.

Además de analizar el contenido de carbono por la intervención, se lo relacionó con la pendiente. Se observó que la pendiente no es un factor determinante del contenido de carbono, este se vuelve un factor determinante cuando se lo relaciona con el estado de conservación, pues hay mayor conservación en una pendiente más pronunciada debido a la accesibilidad y facilidad de asentamiento de ganado, por ejemplo. Otros trabajos (Bojórquez Serrano, Castillo Pachecho, Hernández Jiménez, García Paredes,



& Madueño Molina, 2015; Hontoria et al., 2004) afirman que la pendiente tiene una relación poco estrecha con el contenido de carbono en los suelos, no así el cambio de uso de suelos, el cual es el factor con más influencia. Otra consideración importante es la acumulación de materia orgánica que se da en las pendientes más planas, esto por efecto de la gravedad. Por lo tanto, es óptimo ampliar los análisis que determinan el contenido de carbono orgánico, tomando en cuenta el estado de conservación (cambio de uso de suelos) (Castañeda Martín & Montes Pulido, 2017; Llambí et al., 2012; Villar Sánchez, Tosquy Valle, López Salinas, Esqueda Esquivel, & Palacios Pola, 2013).

La comparación del contenido de carbono entre suelos naturales e intervenidos del páramo estudiado indica que biotas conservadas pueden almacenar mayores cantidades, aunque la diferencia no sea amplia. Estudios realizados por Castañeda Martín & Montes Pulido (2017); Cunalata, Inga, Alvarez, Recalde & Echeverría (2013) han demostrado que el aumento de emisiones de CO₂ puede agravarse por la degradación de suelos de páramo, pues si se maltrata este suelo, el carbono almacenado podría descomponerse y liberarse. El CO₂ es el principal gas causante del calentamiento global (Ayala et al., 2014). Ante tal premisa, este estudio demostró que el valor económico de la captura de carbono facilita la definición de estrategias de conservación (Camacho Valdez & Ruiz Luna, 2012), por representar una buena opción de mitigación. Según el informe del IPCC (2014), la valoración económica del almacenamiento de carbono es una de las opciones más costo-efectivas a aplicarse para conservar reservorios de carbono existentes en los suelos. El precio más actual (2017) de la superficie total del páramo en estudio alcanza 2.97 millones de dólares americanos, al almacenar cantidades considerables de carbono en sus suelos. Por ello, se postula como una zona importante para ingresar a la categoría de Áreas Protegidas. Este páramo no sólo debe conservarse, sino que también debería tener la posibilidad de recuperarse (en sitios intervenidos) para incrementar su capacidad de mitigación. Estudios que mencionan la importancia de los suelos de páramo, indican que páramos alterados pueden recuperarse mediante programas de protección, específicamente se recuperan propiedades hidrofísicas, el contenido de materia orgánica (carbono orgánico), y el agua disponible (Bernal Cuesta, 2017; Cárdenas & Tobón, 2017).

A nivel mundial se estima que hasta el año 2011, el 30 % de las emisiones antropogénicas de CO₂ fueron reducidas, removidas y almacenadas en biotas terrestres (suelos y plantas) (IPCC, 2014). Los resultados altos (mayores al valor referencial de 5%) de la cuantificación de carbono almacenado permitieron demostrar



la importancia del papel que juega el páramo en la mitigación del cambio climático (Ayala et al., 2014), con ello se podrá promover y gestionar de mejor manera la conservación de suelos en estos ecosistemas (Calderón et al., 2013; Castro, 2011; Cunalata, Inga, Alvarez, Recalde, & Echeverría, 2013).

Es común que las poblaciones cuestionen si es importante abordar la conservación del páramo, pues se piensa que un bosque tropical puede almacenar más carbono. Para aclarar ese planteamiento, Hofstede (1999) describe el contenido de carbono almacenado en la vegetación a través de los siguientes datos: el bosque almacena hasta 250 toneladas de carbono elemental por ha, lo que equivale a 900 toneladas de CO₂ (una unidad de carbono elemental equivale a 3.6 unidades de CO₂); en el páramo, la vegetación tiene 20 toneladas de carbono elemental, lo que equivale a 72 toneladas de CO₂. No obstante, el cálculo anterior no incluye el suelo: en un bosque tropical el suelo contiene 50 toneladas de carbono elemental (en suelos con densidad aparente de 1 kg/litro), mientras que en el suelo de páramo se han llegado a registrar hasta 1700 toneladas de carbono por ha (en suelos con densidad aparente de 0.5 kg/litro) (Gutiérrez, 2015; Hofstede, 1999). Considerando estos datos, se puede determinar que conservar el páramo es tan importante como conservar los bosques tropicales. Pero se deben reforzar los estudios en estos ecosistemas que ofrecen capacidades prometedoras para reducir la contaminación del aire por emisión de GEI (Hofstede, 1999; Hofstede et al., 2014; World Bank et al., 2017).

Ante los problemas ambientales generados a nivel global por el cambio climático, la sociedad debe tomar protagonismo en la mitigación de los efectos negativos. En este trabajo se integró la percepción ambiental que tiene la población, para determinar cuál es la relación existente entre el ser humano y el ecosistema de páramo, así se podrá reforzar la iniciativa de conservar y manejar de mejor forma los recursos naturales. Otros estudios (Espinosa Becerra et al., 2014; Stolk et al., 2006) realizados en los páramos de Colombia, ya han establecido que asociar la percepción con las acciones de la población permite mejorar el manejo de los recursos naturales que brindan estos ecosistemas.

En los resultados se estableció la diferencia jerárquica percibida entre las categorías de servicios ecosistémicos. Observando que los Servicios Ecosistémicos de Soporte (SES) fueron los menos percibidos. Como era de esperarse, de acuerdo a lo establecido por Camacho Valdez & Ruiz Luna (2012), no es sencillo distinguir los SES porque involucra la comprensión de la base de los procesos y componentes que tiene el ecosistema.



El ecosistema de páramo es reconocido y percibido como un fuerte proveedor de beneficios a nivel global. Sin embargo, en los últimos años se ha evidenciado el deterioro del páramo en la región Andina, y como consecuencia, los pobladores que se benefician de él se ven presionados para involucrarse en la búsqueda de mejores prácticas de manejo y conservación en este ecosistema (Tapia Zúñiga, Jiménez González, Cuásquer Fuel, Cabrera Verdesoto, & Caicedo Álvarez, 2017).

A pesar de los cuestionamientos (como la excesiva confianza en el mercado del carbono y la exclusión y explotación de los seres humanos y la naturaleza) que presenta la inclusión de ecosistemas como el páramo a programas que favorecen la conservación para mitigar el cambio climático (Moreano Venegas, 2012), es importante mencionar que la población sí considera incluirse a los programas de conservación como una medida para mantener los servicios ecosistémicos que brinda el páramo.

El interés por conservar el páramo debe aumentar, porque representa un patrimonio natural para la gente y el Estado. Si no se conocen adecuadamente las actividades de sus habitantes, resultará difícil monitorearlas o estudiar posibles estrategias (Tapia Zúñiga et al., 2017).

La información recolectada permitió categorizar y constatar que la variedad de servicios ecosistémicos sí contribuyen a mejorar la calidad de vida de cada persona. Esta parte coincide con lo que presentan varios estudios (Espinosa Becerra et al., 2014; Granda, 2005; Hofstede et al., 2014), donde se indica que el páramo es visualizado desde la sabiduría popular como un ecosistema de características biológicas especiales y únicas; el conocimiento local es un saber colectivo expresado claramente como parte de su cultura y *modus vivendi*.

Adicionalmente, se tomó en cuenta la influencia de la diferencia de géneros sobre las percepciones ambientales que tienen las comunas evaluadas en este estudio. Se determinó que las mujeres perciben más los SEA y SER, lo cual concuerda con el estudio realizado por Villamagua Vergara (2017) en la Amazonía Sur de Ecuador, donde las mujeres percibieron más los SER. En el mismo trabajo se estableció que los servicios más identificados por las mujeres eran los SEC y SES, a diferencia de este estudio, donde los hombres fueron los que percibieron más estos servicios ecosistémicos. Según los trabajos de Enrique Mirón, Cabo Hernández & Mohamed Abderraman (2012) y Villamagua Vergara (2017) ésta variabilidad es normal y, aunque la literatura manifiesta que existe una mayor sensibilidad de las mujeres hacia el ambiente, las diferencias no siempre son marcadas y mucho menos siguen un



comportamiento similar entre ambos géneros. Durante ésta evaluación, las mujeres se expresaron más que los hombres, pero éstos brindaron respuestas más concretas a diferencia de las féminas; esto concuerda con lo que establece Enrique Mirón et al. (2012); Loughland, Reid, Walker & Petocz (2003) y Olsson & Gericke (2017) puesto que las mujeres suelen ser más participativas y obtienen un papel central, junto con la Naturaleza.



5. CONCLUSIONES

La cantidad de carbono almacenado en suelos de páramo considerado natural es mayor que la de sitios considerados como intervenidos, aunque la diferencia no es grande. Esto indica que la hipótesis de este estudio “el suelo más intervenido por actividades antropogénicas tiene menos carbono con relación al suelo menos intervenido”, ha sido comprobada.

El páramo alberga vegetación de poca altura y de colores diferentes al verde que no permiten reflejar suficiente radiación en este espectro para obtener valores altos del NDVI. Por eso los valores bajos del NDVI son comunes en este ecosistema y no indican que la vegetación sea de mala calidad.

Al evitar degradar el suelo del páramo, disminuye la cantidad de carbono liberada a la atmósfera, evitando que el cambio climático incremente. La conservación del páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán asegura una cantidad importante de carbono almacenada en el suelo de este ecosistema (392.30 ton CO₂/ha).

El servicio ecosistémico de captura y almacenamiento de carbono en suelos de páramo, se considera dentro de las opciones de mitigación a los efectos del cambio climático.

Se deben enfocar esfuerzos para mitigar el cambio climático a nivel local, dado que nuestro país posee una extensa superficie de páramo con respecto a su área total. Además, no se debe olvidar que mantener los sumideros es tan importante como aprovechar el potencial de las actividades de fijación de carbono; en ambos casos el páramo adquiere relevancia.

La mayoría de los habitantes encuestados supieron reconocer los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, de regulación, culturales y de soporte, comprobando así la segunda hipótesis de este estudio: “los habitantes de las comunas de Aguilán, Zhindilig y Virgenpamba perciben la variedad de los servicios ecosistémicos que brinda el páramo ubicado al norte del Bosque Protector Cubilán”.

Se reconoció que, aunque el servicio ecosistémico de aprovisionamiento de agua es el principal beneficio que se percibe dentro de este estudio, el servicio ecosistémico de regulación que permite tener aire limpio no quedó a un lado, puesto que los pobladores lo resaltaron.

Considerar la participación de las personas que habitan en este tipo de ecosistemas facilita la motivación y promueve la conservación del páramo.



6. RECOMENDACIONES

El muestreo en suelos de páramo debe realizarse, de preferencia, en épocas donde la lluvia sea menos intensa, para que la acumulación de agua no interfiera con el muestreo que determina la densidad aparente.

Para diferenciar sitios naturales de intervenidos en zonas de páramo, es necesario realizar varias visitas de campo que permitan observar *in situ* los cambios en el uso del suelo por actividades antropogénicas.

El uso del NDVI se recomienda para identificar cambios en la transición de la vegetación, mas no para determinar sitios intervenidos por actividades antropogénicas.

Se deben realizar más análisis que establezcan la diferencia del contenido de carbono entre sitios bajo coberturas densas de vegetación natural y sitios con vegetación más dispersa en el páramo, con el objetivo de determinar si la vegetación influye directamente en la cantidad de carbono. Esto podrá promover la conservación de la vegetación de páramo.

Deben monitorearse las condiciones ambientales del medio, dado que algunas variables meteorológicas como temperatura, humedad relativa, entre otros, pueden influir en la reserva o pérdida del contenido de carbono en el suelo.

Se recomienda incrementar y profundizar más investigaciones sobre la acumulación del carbono orgánico en suelos de páramo y las variables que intervienen, pues la información sería complementaria para apoyar la vinculación de estos ecosistemas en el mercado del carbono.

Se debe involucrar más a la población local en estudios de este tipo y en la planificación del manejo de recursos naturales, para que las decisiones técnicas se respeten y aumente la probabilidad de implementar con éxito los programas de conservación, sin generar conflictos socio-ambientales.

Es importante incrementar la información sobre los procesos de conservación hacia las zonas rurales cercanas al área de estudio (comunidades de la parte alta), dado que muchos de ellos desconocen programas de conservación, como Socio Bosque y Socio Páramo de Ecuador.



7. REFERENCIAS

- Alvarado, J., Andrade, H. J., & Segura, M. (2013). Almacenamiento de carbono orgánico en suelos en sistemas de producción de café. *Colombia Forestal*, 16(1), 31–31.
- Andriulo, A., Basanta, M., Galarza, C., Lupi, A. M., Ostinelli, M., Quiroga, A., & Sánchez, M. C. (2017). Protocolo básico común: Carbono orgánico del suelo. En *Metodología de muestreo de suelo y ensayos de campo: protocolos básicos comunes* (2da ed.). CR Entre Ríos.
- Arias Castilla, C. A. (2006). Enfoques teóricos sobre la percepción que tienen las personas, 8(1), 9–22.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre Mendoza, Z., & Aguirre Mendoza, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *CEDAMAZ*, 4(1), 45–52.
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta Ecológica*, (84–85), 8–15.
- Bernal Cuesta, I. M. (2017). *Conflictos socioambientales en el páramo de Guacheneque y estrategias de conservación para el ordenamiento ambiental regional*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. Colombia.
- Bojórquez Serrano, J. I., Castillo Pachecho, L. A., Hernández Jiménez, A., García Paredes, J. D., & Madueño Molina, A. (2015). Cambios en las reservas de carbono orgánico del suelo bajo diferentes coberturas. *Cultivos Tropicales*, 36(4), 63–69.
- Buytaert, W., Deckers, J., & Wyseure, G. (2006). Description and classification of nonallophanic Andosols in south Ecuadorian alpine grasslands (páramo). *Geomorphology*, (73), 207–221. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.06.012>
- Calderón, L., Hernández, A., & López, J. L. (2013). *Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán* (p. 81). Bogotá D.C.: FEDESARROLLO, Centro de Investigación Económica y Social.
- Camacho Valdez, V., & Ruiz Luna, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Bio Ciencias*, 1(4), 3–15. <https://doi.org/10.15741/rev%20bio%20ciencias.v1i4.19>
- Cárdenas, M. F., & Tobón, C. (2017). Recuperación del funcionamiento hidrológico de ecosistemas de páramo en Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 403–412.



- CARE, Ministerio del Ambiente de Ecuador, Unión Europea, & Tinker Foundation. (2012). *Plan de manejo actualizado y priorizado del Bosque Protector Kutukú Shaimi*. Macas, Ecuador.
- Castañeda Martín, A. E. (2016). *Carbono almacenado en biomasa aérea y suelo en el ecosistema de páramo* (p. 61). Bogotá D.C.: Universidad nacional abierta y a distancia-UNAD.
- Castañeda Martín, A. E., & Montes Pulido, C. R. (2017). Carbono almacenado en páramo andino. *Entramado*, 13(1), 210–221. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25112>
- Castro, M. (2011). Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los páramos ecuatorianos - la experiencia en Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua. *EcoCiencia*, 34.
- Chamorro Armas, S., Villarroel Herrera, M., González Escudero, M. A., & Palacios Cabrera, T. (2017). Almacenamiento de agua y fijación de carbono en Reserva Ecológica el Ángel y su impacto en el uso del suelo. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(2), 42–48.
- CICDA. (2002). *Gestión social de los recursos naturales y territorios*. Quito, Ecuador.
- Comisión Europea. (2009). *Bienes y servicios ecosistémicos*.
- Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA. (2008). *Estrategia regional de conservación y uso sostenible de los humedales altoandinos. Agua, vida, futuro* (p. 54). Gobiernos de Ecuador y Chile, CONDESAN y TNC-Chile.
- Cuatrecasas Arumí, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 10(40), 221–264. <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.570>
- Cunalata, C., Inga, C., Alvarez, G., Recalde, C., & Echeverría, M. (2013). Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades de Chimborazo y Shobol Ilinllin en Ecuador. *Bol. Grupo Español Carbón*, (27), 10–13.
- Dudley, N. (2008). *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas* (p. 96). Gland, Suiza: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).
- Durán López, M. E. (2013). *Percepciones sobre la Naturaleza y actitudes ambientales de los niños y niñas en escuelas urbanas de cuatro cantones de la provincia de Heredia, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.



- Durand, L. (2008). De las percepciones a las perspectivas ambientales. Una reflexión teórica sobre la antropología y la temática ambiental. *Nueva antropología*, 21(68), 75–87.
- Equihua Zamora, M., García Alaniz, N., Pérez-Maqueo, O., Benítez Badillo, G., Kolb, M., Schmidt, M., ... Álvarez Palacios, J. L. (2014). *Integridad ecológica como indicador de la calidad ambiental* (p. 49). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/308260305>
- Espinosa Becerra, N., Chaparro Chaparro, J. A., & Chaparro Chaparro, N. Y. (2014). Conocimiento local, sobre uso y manejo de recursos naturales del Páramo el Consuelo. *Cultura Científica*, 46–55.
- Fernández Moreno, Y. (2008). ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en Áreas Naturales Protegidas. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, 15(43), 179–202.
- Fundación ECOHOMODE. (2006). *Plan de manejo participativo de los recursos naturales del Bosque Protector Cubilán* (p. 92). Azogues-Provincia de Cañar.
- Granda, P. (2005). Sumideros de carbono en los Andes ecuatorianos. *Acción Ecológica*, 48.
- Gutiérrez, M. L. (2015). *Carbono como indicador de degradación de la calidad del suelo bajo diferentes coberturas en el páramo de Guerrero*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Heerma van Voss, O. (1999). La disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y la implementación conjunta. *GTP*, 11–21.
- Hofstede, R. (1999). El páramo como espacio para la fijación de carbono atmosférico. *GTP*, 7–10.
- Hofstede, R. (2001a). El descubrimiento del ecosistema escondido. *Abya Yala/Proyecto Páramo*, 9–15.
- Hofstede, R. (2001b). El impacto de las actividades humanas sobre el páramo. *Abya Yala/Proyecto Páramo*, 161–185.
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J., ... Cerra, M. (2014). *Los Páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo* (p. 79). Quito, Ecuador.: UICN.
- Hontoria, C., Rodríguez Murillo, J. C., & Saa, A. (2004). Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular. *Edafología*, 11(2), 149–157.



- Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., ... Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, (45), 27–36.
- INIAP. (2008). *Muestreo de suelos para el análisis químico* (p. 6). Sierra Ecuatoriana: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis* (p. 157). Ginebra, Suiza: IPCC.
- IUSS Working Group WRB. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos* (Informes sobre recursos mundiales de suelos No. 106) (p. 218). Roma: FAO.
- Llambí, L. D., Soto W., A., Célleri, R., De Bievre, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). Ecología, hidrología y suelos de páramos. *Proyecto Páramo Andino*, 92.
- Loughland, T., Reid, A., Walker, K., & Petocz, P. (2003). Factors Influencing Young People's Conceptions of Environment. *Environmental Education Research*, 9(1), 3–19. <https://doi.org/10.1080/13504620303471>
- Martín, R., Corraliza, J. A., & Berenguer, J. (2015). Estilo de vida, hábito y medio ambiente. *Estudios de Psicología*, 22(1), 97–109. <http://dx.doi.org/10.1174/021093901609631>
- Martínez H., E., Fuentes E., J. P., & Acevedo H., E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68–96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Mena Vásconez, P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 91–109.
- Mena Vásconez, P., & Medina, G. (2002). *La biodiversidad de los páramos en el Ecuador* (p. 26). Quito, Ecuador.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2012). *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* (p. 43).
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, EC (MAGAP), Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales, EC (PRAT), & Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE). (2010). *Anexo No. 51-C. Metodología del mapa de aptitudes agrícolas para el Ecuador Continental* (p. 16). Ecuador. Recuperado de



<http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/Anexos/3.4%20Anexo%2051%20C%20METODOLOGI%CC%81A%20PARA%20EL%20MAPA%20DE%20APTITUDES%20AGRI%CC%81COL.pdf>

- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2013). Áreas Protegidas. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015a). Bosques Protectores. Recuperado de <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/bosques-protectores>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2015b). Humedales del Ecuador. Recuperado de <http://suia.ambiente.gob.ec/web/humedales/documentos>
- Monasterio, M., & Molinillo, M. (2003). Venezuela. En *Los páramos del mundo*. Quito, Ecuador.: UICN/GPI/Ecociencia.
- Morales, Ó., & Carangui, Z. (2018). Criterios para seleccionar puntos de muestreo.
- Morales-Betancourt, J. A., & Estévez-Varón, J. V. (2006). El páramo: ¿ecosistema en vía de extinción? *Revista Luna Azul*, (22), 39–51.
- Moreano Venegas, M. (2012). Socio bosque y el capitalismo verde. *Pensando la coyuntura. Los cuadernos de La línea de fuego. Ediciones Abya-Yala y Fundación Rosa Luxemburg*, 113–137.
- Murga Menoyo, M. Á. (2009). Sobre las diferencias de género en la percepción social del desarrollo sostenible. Estudio empírico en estudiantes universitarios de alto rendimiento. *Revista de Investigación Educativa*, 27(1), 169–183.
- Myers, N. (1996). Environmental services of biodiversity. *Ecology*, 93, 2764–2769.
- Paula, P. A., Zambrano, L., & Paula, P. (2018). Multitemporal Analysis of vegetation change at Chimborazo Reserve as a result of climate change. *Enfoque UTE*, 9(2), 125–137. <https://dx.doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.252>
- Pérez Ramírez, S., Ramírez, M. I., Jaramillo López, P. F., & Bautista, F. (2013). Contenido de carbono orgánico en el suelo bajo diferentes condiciones forestales: Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, México. *Revista Chapingo*, 19(1), 157–173. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.06.042>
- Pettorelli, N., Ryan, S., Mueller, T., Bunnefeld, N., Jeźdrzejewska, B., Lima, M., & Kausrud, K. (2011). The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): unforeseen successes in animal ecology. *CLIMATE RESEARCH*, 46, 15–27. <https://doi.org/10.3354/cr00936>
- Rajeshwari, A., & Mani, N. D. (2014). Estimation of land surface temperature of dindigul district using Landsat 8 data. *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(5), 122–126.



- Rozenwurcel, G., & Katz, S. (2012). La economía política de los recursos naturales en América del Sur.
- Sancha Navarro, E. F. (2010). El estudio de los índices de vegetación como base para conocer las relaciones entre la vegetación y el clima. *Tecnologías de la Información Geográfica: la Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*, 1095–1108.
- Santaella, W. (2013). Modelos espaciales de la dinámica de la vegetación en escenarios de cambio climático en el «Timberline» selva nublada - paramo de la vertiente norte de la Sierra Nevada de Mérida (Venezuela); escenario B1 y situación constante. *Revista de Teledetección*, (39), 63–82.
- Serrano Giné, D., & Galárraga Sánchez, R. (2015). El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento. *Estudios Geográficos*, LXXV(I), 369–393. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201513>
- Shepardson, D. P., Niyogi, D., Choi, S., & Charusombat, U. (2009). Seventh grade students' conceptions of global warming and climate change. *Environmental Education Research*, 5(15), 549–570. <http://dx.doi.org/10.1080/13504620903114592>
- Stolk, M. E., Verweij, P. A., Stuij, M., Baker, C. J., & Oosterberg, W. (2006). Valoración socioeconómica de los humedales en América Latina y el Caribe. *Wetlands International*, 36.
- Swift, R. S. (2001). Sequestration of carbon by soil. *Soil Science*, 166(11), 858–871. <https://doi.org/10.1097/00010694-200111000-00010>
- Tapia Zúñiga, M. V., Jiménez González, A., Cuásquer Fuel, E., Cabrera Verdesoto, C. A., & Caicedo Álvarez, E. M. (2017). Evaluación del programa de conservación del ecosistema páramo y sus efectos socioambientales en una comuna rural. *CFORES Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 5(2), 287–300.
- Torres, S. (2016). *Protocolo para la cuantificación de carbono a nivel de ecosistema páramo y elaboración y calibración de ecuaciones alométricas para especies andinas* (No. 1) (p. 48). Ecuador: Fondo para la Protección del Agua (FONAG).
- USGS. (2018). OLI Top of Atmosphere Reflectance. Recuperado de <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook-section-5>
- Vargas Melgarejo, L. M. (1994). Sobre el concepto de percepción. *Alteridades*, 4(8), 47–53.



- Vela Correa, G., López Blanco, J., & Rodríguez Gamiño, M. de L. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones Geográficas*, (77), 18–30.
- Villamagua Vergara, G. C. (2017). Percepción social de los servicios ecosistémicos en la microcuenca El Padmi, Ecuador. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 27, 102–114.
- Villar Sánchez, B., Tosquy Valle, O. H., López Salinas, E., Esqueda Esquivel, V. A., & Palacios Pola, G. (2013). Impacto de la pendiente y tres sistemas de producción sobre el escurrimiento, la erosión y el rendimiento de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 16(3), 497–504.
- Wallace, K. J. (2007). Classification of ecosystem services: Problems and solutions. *ELSEVIER*, 139(4), 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.07.015>
- World Bank, Ecofys, & Vivid Economics. (2017). *State an Trends of Carbon Pricing 2017* (p. 104). Washington, DC: World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1218-7>
- Yang, F., Zhang, G.-L., Yang, J.-L., Li, D.-C., Zhao, Y.-G., Liu, F., ... Yang, F. (2014). Organic matter controls of soil water retention in an alpine grassland and its significance for hydrological processes. *ELSEVIER*, (519), 3086–3093. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.054>



8. ANEXOS

Anexo 1: Etiqueta que identificó cada muestra compuesta.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA			
Fecha de muestreo:		Muestra:	
Técnico/a:		Laboratorio:	
Celular:	Correo electrónico:		Tipo de análisis
Altitud:	Zona 17 M	Coordenada Este:	Coordenada Norte:
Tipo de pendiente:		Provincia:	



Anexo 2: Encuesta final.

ENTREVISTA

Entrevistadora: Daniela Pinos M.

Esta entrevista tiene como objetivo general: determinar si los habitantes de las comunas de Aguilán, Zhindilig y Virgenpamba perciben la variedad de los servicios ecosistémicos que brinda el páramo ubicado en la parte alta del BP Cubilán.

1. Género

Femenino ___ Masculino ___

2. ¿Cuál es su edad?

3. ¿Tiene conocimiento sobre el páramo que existe en la parte alta del Bosque Protector Cubilán?

Si ___

No ___

Explique cómo llegó a conocer el páramo o por qué no lo conoce:

4. ¿Cree Ud. que las personas, plantas, animales, suelo, aire, y agua se relacionan entre sí?

Si ___

¿Mencione qué relaciones?

No ___

¿Por qué?

5. ¿Considera que las relaciones que existen en el páramo influyen en su vida?

Si ___

No ___

¿Por qué?

6. ¿Siente que recibe algún beneficio del páramo que existe en la parte alta del Bosque Protector Cubilán?

Si ___

¿Podría especificar o enumerar qué tipos de beneficios percibe del páramo?



No ___

¿Por qué?

7. ¿Se siente cómodo al pensar o estar en el campo/Naturaleza (páramo)?

Si ___

No ___

¿Por qué?

8. ¿Dónde desarrolla Ud. sus actividades de trabajo?

En el campo/Naturaleza ___

En la ciudad ___

Otros _____

9. En caso de desarrollar, o no, sus actividades de trabajo en el campo/Naturaleza, ¿realiza alguna otra actividad en el páramo?

Si ___

¿Cuál y por qué?

No ___

¿Por qué?

10. ¿Sus abuelitos, padres y/o hijos han desarrollado actividades en el páramo?

Si ___

¿Cuáles?

No ___

¿Por qué?

¡Gracias por su colaboración!

Anexo 3: Evidencia de las encuestas realizadas.



Comuna de Zhindilig.



Comuna de Virgenpamba.




Comuna de Aguilán.



Anexo 4: a) Resultados de laboratorio del contenido de materia y carbono orgánico y
b) resultados de densidad aparente.

a)

 UNIVERSIDAD DE CUENCA FUNDADA EN 1912	UNIVERSIDAD DE CUENCA	Página: Página 1 de 1
	FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS	
	LABORATORIO DE SUELOS	

FECHA: 22 de mayo de 2018

CLIENTE: SRTA. DANIELA PINOS

MUESTRAS: MUESTRAS DE SUELOS

RESULTADO ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA – CARBONO ORGÁNICO

MÉTODO: MÉTODO DE WALKLEY

MUESTRA	DESCRIPCION	CODIGO DE LABORATORIO	MATERIA ORGÁNICA (%)	CARBONO ORGÁNICO (%)
MUESTRA PUNTO 1	CAÑAR- ZONA 17M	LSA-19	13.389	7.77
MUESTRA PUNTO 2	CAÑAR- ZONA 17M	LSA-20	17.451	10.12
MUESTRA PUNTO 3	CAÑAR- ZONA 17M	LSA-22	14.171	8.22
MUESTRA PUNTO 4	CAÑAR- ZONA 17M	LSA-21	13.254	7.69
MUESTRA PUNTO 5	CAÑAR- ZONA 17M	LSA-24	20.558	11.92
MUESTRA PUNTO 6	CAÑAR- ZONA 17M	LSA-25	17.909	10.39
MUESTRA PUNTO 7	CAÑAR- ZONA 17M	LSA-23	17.972	10.42

OBSERVACIONES: _____


Firma de Analista



b)

Muestras	Densidad aparente [g/cm ³]
Punto 1	0.44
Punto 2	0.33
Punto 3	0.68
Punto 4	0.81
Punto 5	0.60
Punto 6	0.70
Punto 7	0.38
Promedio	0.56

Anexo 5: Contenido de carbono orgánico y densidad aparente para muestras en sitios intervenido y naturales.

Muestras en sitios intervenidos	Porcentaje de carbono orgánico [%C]	Densidad aparente [g/cm ³]
Punto 1	7.77	0.44
Punto 3	8.22	0.68
Punto 4	7.69	0.81
Promedio	7.89	0.64
Muestras en sitios naturales	Porcentaje de carbono orgánico [%C]	Densidad aparente [g/cm ³]
Punto 2	10.12	0.33
Punto 5	11.92	0.60
Punto 6	10.39	0.70
Punto 7	10.42	0.38
Promedio	10.71	0.50