



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

**“EVALUACIÓN DE CARBONO FIJO EN PÁRAMO ANDINO
MEDIANTE LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN LA RESERVA SABIA
ESPERANZA”**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

AUTORAS:

Ángela Yesenia Carrera Yandún

Sofía Nataly Guachi Araque

DIRECTOR

Juan Carlos García Montoya PhD.

**Ibarra - Ecuador
2018**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

“EVALUACIÓN DE CARBONO FIJO EN PÁRAMO ANDINO
MEDIANTE LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN LA RESERVA SABIA
ESPERANZA”

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención del
Título de:

INGENIERAS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Juan Carlos García PhD.

DIRECTOR

Ing. María Vizcaíno

ASESOR

Msc. José Guzmán

ASESOR

Msc. Franklin Sánchez

ASESOR



IBARRA – ECUADOR

OCTUBRE, 2018

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD	1003117247	
APELLIDOS Y NOMBRES	Guachi Araque Sofía Nataly	
DIRECCIÓN:	San Pablo – Otavalo - Ecuador	
EMAIL:	misonataly20@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO: 063017316	TELÉFONO MÓVIL:	0998102081

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD	1003640677	
APELLIDOS Y NOMBRES	Carrera Yandún Angela Yesenia	
DIRECCIÓN:	Alpachaca -Ibarra- Imbabura	
EMAIL:	carrera_yandún@hotmail.com	
TELÉFONO FIJO: 062602513	TELÉFONO MÓVIL:	0990350984

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DE CARBONO FIJO EN PÁRAMO ANDINO MEDIANTE LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN LA RESERVA SABIA ESPERANZA
AUTORAS:	Guachi Araque Sofia Nataly Carrera Yandún Angela Yesenia
FECHA:	04 de Octubre del 2018
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Juan Carlos García Montoya PhD

2. CONSTANCIA

Las autoras manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y de la desarrolló, sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume responsabilidades sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de Octubre del 2018

LAS AUTORAS



Carrera Yandún Ángela Carrera
C.I. 100364067-7



Guachi Araque Sofia Nataly
C.I. 100311724-7

AGRADECIMIENTO

A Dios por habernos permitido culminar una meta más de nuestras vidas.

A nuestros padres y hermanos, por habernos apoyado e inculcado el respeto a la naturaleza, así como los valores y principios, que nos han permitido llegar a este punto de nuestras vidas, por todo lo que nos han dado muchas gracias.

Al Ingeniero Marcelo Ramírez propietario de la Reserva Sabia Esperanza y a la comunidad La Floresta, quienes con su noble causa de cuidar y proteger la naturaleza nos permitieron y apoyaron realizar este estudio.

A la Universidad Técnica del Norte por habernos permitido realizarnos como profesionales éticas y humanas dentro de sus aulas durante los años de formación académica y científica.

Al proyecto de Evaluación de carbono en la reserva Sabia Esperanza emitido por el Centro universitario de investigación científica y tecnológica CUICYT por su apertura a la realización de esta investigación.

A nuestro director PhD. Juan Carlos García y a nuestros asesores Ing. María Vizcaíno, MSc Franklin Sánchez, MSc José Guzmán, quienes a lo largo de esta investigación nos brindaron su tiempo, conocimientos, orientación, amistad, apoyo y paciencia, para la culminación de este trabajo.

A nuestros familiares y amigos que nos brindaron su apoyo moral y humano durante la realización de esta investigación.

Ángela y Sofía

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y permitido llegar a este punto, en el cual he culminado una meta y cumplido un sueño.

A mis padres Hernán y Nohemí por darme su amor incondicional, enseñarme el valor de la naturaleza y ser mi apoyo durante toda mi vida, mi ejemplo de superación, respeto y perseverancia, por sus palabras de aliento para alcanzar las metas establecidas y no decaer en los momentos difíciles que nos presenta la vida.

A mi hermano Oscar por haberme acompañado en la fase de campo y estar presente en todo momento, por su cariño, consejos y apoyo incondicional durante este proceso y en mi vida.

A mi hermano Gabriel y mi sobrinita Hanna quienes han sido mi apoyo para continuar y llegar a culminar esta meta, por sus consejos, amistad y cariño incondicional.

A mi amiga y compañera Sofía Guachi por permanecer a mi lado en los momentos más difíciles que nos ha puesto la vida, por mantener ese lazo de amistad y hermandad hasta el final, durante todo este proceso y ser mi ejemplo de superación y perseverancia ante las adversidades de la vida.

A mis amigas Andrea Rodríguez, María Fernanda Ayala, María Elena Ochoa, María Alejandra Jaramillo, Clara Farinango y amigos que han estado presentes en mi vida, con su apoyo y palabras de aliento en el proceso y realización de este trabajo.

Angela Carrera

DEDICATORIA

Al creador de todo lo que nos rodea, quien me dio la fortaleza de continuar luchando en los momentos difíciles que se me ha presentado a lo largo de mi vida, por el cumplimiento una meta más, con humildad dedico este trabajo a Dios.

A mis padres Luis y María, por ser el pilar fundamental de mi vida quienes con su cariño, ayuda, amor y apoyo incondicional supieron guiarme con su ejemplo de lucha y perseverancia cada día para lograr mis metas establecidas sin importar las circunstancias que se nos presentaron, ellos estuvieron siempre presente con sus bendiciones y palabras de aliento para no rendirme.

A mis hermanos Edison y David mis ángeles de la guarda que aunque no estén físicamente son quienes día a día estuvieron conmigo brindándome su apoyo incondicional, un abrazo, un beso, cuidándome y guiándome desde el cielo y sus bendiciones que nunca faltaron, son ejemplo de lucha hasta el último día de sus vidas, supieron enseñarme que las cosas se realizan con el corazón y humildad.

A mi familia Abuelos, tíos y primos porque me brindaron el apoyo en fase de campo y han compartido conmigo los buenos y malos momentos, especialmente a Christian y tío Alfonso.

A mi amiga y compañera de trabajo Ángela Carrera por apoyarme en todo momento sin importar las diferencias, con peleas, buenos y malos ratos siempre supo cómo ayudarme y tenderme la mano, en especial por su paciencia y constancia para lograr nuestra meta y fortalecer nuestra amistad, más que amiga mi hermana.

A Franklin Rivadeneira quien con su amor, paciencia y apoyo incondicional me ayudo a culminar mi meta sin darse por vencido pese a cualquier circunstancia.

A mis amigas Clara Farinango y Andrea Rodríguez y demás amigos gracias a su apoyo hicieron que este trabajo y tiempo de estudio sea caluroso y lleno de historias, anécdotas y recuerdos especiales.

Sofía Guachi

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido	Páginas
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
CAPITULO I.....	15
INTRODUCCIÓN	15
1.1 Problema de Investigación y Justificación.....	15
1.2 Pregunta directriz de la investigación	22
1.3 Objetivos	23
1.4 Marco Legal	23
1.4.1 Constitución Política de la República del Ecuador.....	23
1.4.2 Código Orgánico Ambiental (COA).....	24
1.4.3 Plan Nacional del Desarrollo 2017-2021	24
1.4.4 Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad.....	25
CAPÍTULO II	26
METODOLOGÍA	26
2.1 Caracterización del área de estudio.....	26
2.2 Métodos.....	27
2.2.1 Fase 1.- Cuantificación de la biomasa presente en los estratos del páramo andino de la Reserva Sabia Esperanza.	27
2.2.2 Fase 2.- Estimación de fijación de carbono en la biomasa en el ecosistema páramo.....	29
2.2.3 Fase 3.- Propuesta de estrategias de conservación de los ecosistemas nativos, con el fin de contribuir a la mitigación del calentamiento global y mantener la provisión de los servicios ecosistémicos.....	31
2.3 Materiales y equipos	32
CAPÍTULO III.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33

3.1 Caracterización de cobertura vegetal	33
3.1.1 Cuantificación de biomasa y necromasa	34
3.2 Contenido de humedad en biomasa y necromasa	36
3.3 Extrapolación de datos y cálculo IPCC.....	38
3.4 Análisis estadístico.....	40
3.5 Propuesta de estrategias de conservación en la Reserva Sabia Esperanza..	41
3.5.1 Programa de comunicación, educación y participación ambiental	42
3.5.2 Programa de ecoturismo comunitario	47
3.5.3 Programa de manejo de biodiversidad	51
3.5.4 Programa de operaciones económicas	57
3. 6 Discusión.....	61
CAPITULO IV	63
4.1 Conclusiones	63
4.2 Recomendaciones.....	64
REFERENCIAS	65
ANEXOS	73
Anexo 1. Tabla de secado de muestras de Necromasa por estrato de páramo de la Reserva Sabia Esperanza.....	73
Anexo 2. Tabla de secado de muestras de Biomasa por estrato de páramo de la Reserva Sabia Esperanza.....	73
Anexo 3. Parcelas de muestreo en ecosistema de Páramo pajonal en la Reserva Sabia Esperanza.	74
Anexo 4. Parcela de Muestreo de 10 x 10 m en estrato pajonal.	74
Anexo 5. Establecimiento de subparcelas de 50 x 50 cm.	75
Anexo 6. Recolección de biomasa dentro de la subparcela en estrato de pajonal	75
Anexo 7. Recolección de necromasa en estrato de paramo pajonal.	76

Anexo 8. Parcelas de muestreo en ecosistema de Páramo arbustivo en la Reserva Sabia Esperanza.	76
Anexo 9. Establecimiento de Parcela de 10 x 10 m en estrato arbustivo.....	77
Anexo 10. Recolección de Necromasa dentro de la subparcela de 50 x 50 cm. del estrato arbustivo	77
Anexo 11. Recolección de Biomasa dentro de la subparcela en estrato arbustivo	78
Anexo 12. Pesaje de muestras en Campo	78
Anexo 13. Secado de muestras en laboratorio	79
Anexo 14. Muestras secas en Laboratorio	79
Anexo 15. Extrapolación de datos de Biomasa, Necromasa y Carbono en áreas homogéneas.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Páginas
Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de Reserva Sabia Esperanza.....	26
Figura 2. Diseño de muestreo para biomasa y necromasa en páramo	28
Figura 3. Distribución de parcelas en páramo arbustivo.....	29
Figura 4. Distribución de parcelas en páramo pajonal.....	29
Figura 5. Mapa de cobertura vegetal de la Reserva Sabia Esperanza.....	33
Figura 6. Cantidad de biomasa en parcelas de muestreo de estrato de pajonal y arbustivo.....	35
Figura 7. Cantidad de necromasa en las parcelas de muestreo de estratos de páramo arbustivo y pajonal	36
Figura 8. Curva de secado determinado por pesos e intervalos de tiempo en Biomasa de estrato pajonal y arbustivo.....	37
Figura 9. Curva de secado determinado por pesos e intervalos de tiempo en Necromasa de estrato pajonal y arbustivo.....	37
Figura 10. Cuantificación de carbono en biomasa aérea presentes en las parcelas de muestreo	39
Figura 11. Programas y subprogramas de conservación.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Páginas
Tabla 1. Materiales equipos y recursos humanos.....	32
Tabla 2. Especies identificadas en los estratos de páramo	34
Tabla 3. Porcentaje de contenido de humedad en la biomasa y necromasa de los estratos de páramo.....	38
Tabla 4. Cuantificación de carbono en biomasa en áreas homogéneas de los estratos de pajonal y arbustivo.	39
Tabla 5. Análisis estadístico aplicada “t pareada” en componente necromasa....	40
Tabla 6. Análisis estadístico aplicada “t pareada” en componente biomasa.....	40
Tabla 7. Análisis estadístico “t pareada” para el contenido de dióxido de carbono en biomasa.....	41
Tabla 8. Desarrollo del programa de comunicación, educación y participación ambiental.....	45
Tabla 9. Desarrollo del programa de ecoturismo comunitario.....	50
Tabla 10. Desarrollo del programa de manejo de biodiversidad.....	54
Tabla 11. Desarrollo de programa de operaciones.....	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Contenido	Páginas
Ecuación 1 Cálculo de unidad muestral	28
Ecuación 2 Cálculo de tamaño de la muestra	28
Ecuación 3 Cálculo de contenido de humedad.....	30

“EVALUACIÓN DE CARBONO FIJO EN PÁRAMO ANDINO MEDIANTE LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN LA RESERVA SABIA ESPERANZA”

Angela Yesenia Carrera Yandún y Sofía Nataly Guachi Araque

RESUMEN

Las variaciones climáticas en el último siglo han sido causadas principalmente por los gases de efecto invernadero como el CO₂ producidos por las actividades antrópicas afectando a los ecosistemas y disminuyendo el potencial de los servicios ecosistémicos. La Reserva Sabia Esperanza es un área intacta que está siendo afectada por la expansión de la agricultura y provocando la reducción de sus recursos naturales y el daño de los ecosistemas. Esta investigación se realizó con el objetivo de evaluar la fijación de carbono mediante la estimación de biomasa en el páramo alto andino, se utilizó la metodología propuesta por CONDESAN, que consistió en el establecimiento de parcelas 10 x 10 m y subparcelas de 50 x 50 cm para el muestreo de biomasa y necromasa. Para conocer la cantidad de biomasa total en áreas homogéneas se utilizó la extrapolación de datos, determinando 13,86 Ton/ha biomasa y 6,93 TonC/ha en 288,47 ha de páramo pajonal, mientras que en 1074,67 h. de páramo arbustivo se cuantificó 172,58 Ton/ha de biomasa y 86,29 TonC/ha. Además se determinó el contenido de humedad dando 81,79 % en pajonal y 79,90% arbustivo, dato importante para conocer dos principales servicios ecosistémicos que brinda el páramo andino como sumidero de carbono y fuente de recurso hídrico, de esta manera se diseñó estrategias de conservación para el correcto manejo de los recursos.

Palabras claves: páramo, sumidero de carbono, servicios ecosistémicos, biomasa conservación.

ABSTRACT

In the last century, the climate variations have been mainly caused by the Green House Gases such as CO₂ generated due to the anthropogenic, affecting ecosystems and decreasing the potential of ecosystems services. Sabia Esperanza Lodge is considered as intact area that in its surroundings, the expansion of agriculture causing the reduction of its natural resources and damage of ecosystems. This research is focused on evaluating carbon fixation by estimating biomass in the Andean moorlands. The methodology proposed by CONDESAN was used, which consisted in the establishment of 10 m x 10 m plots and 50 x 50 cm subplots for sampling of biomass and necromass. In order to evaluate the amount of total biomass in homogeneous areas, extrapolation of data was carried out determining 76,90 Ton/ha biomass and 38,45 TonC/ha in 288,47 ha of pajonal moorland, while in 1047,67 ha of shrub moorland was quantified 268,06 Ton/ha of biomass and 134,03 TonC/ha. In addition, moisture content was determinate by giving 81,79% in pajonal and 79,90% shrub, two principals values of the ecosystem services provided by the Andean moorland such as carbon sink and water source. Then, conservation strategies were designed for an improved management of this resources.

Keywords: moorland, carbon sink, ecosystem services, biomass, conservation

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de Investigación y Justificación

El páramo es un ecosistema natural sobre el límite de bosque cerrado, considerándose muy frágil a los cambios en el uso del suelo, tiene clima frío en el cual se encuentra vegetación como pajonales, arbustos, humedales y pequeños bosquetes (Mena & Hofstede, 2006). Encontrándose en altitudes desde los 3000 m hasta los 5000 m aproximadamente (Luteyn 1999), siendo ecosistemas estratégicos debido a los beneficios ambientales que posee, como son el recurso hídrico y sumideros de carbono, acumulando en su cubierta vegetal y en la materia orgánica del suelo (Cunalata et al., 2013; Ayala et al., 2014).

Los suelos del páramo tienen características como humedad, de color negro u obscuro, pH ácido y con alto contenido de materia orgánica, su estado depende del clima y altitud; a mayor altura su cobertura vegetal es más densa en la que sobresalen especies de rosetas (Hofstede et al., 2014). Consecuentemente las bajas temperaturas originan reacciones químicas lentas por lo que los suelos se forman de manera lenta (Llumbí et al., 2012). Según Luteyn (1999), manifiesta que en toda el área de páramo pueden existir unas 3.400 especies de plantas vasculares y 1.300 especies de plantas no-vasculares, predominando las familias Asteraceae, Orchideaceae, Poaceae, Melastomaceae y Bromeliaceae.

Este ecosistema alto andino se clasifica en amplias zonas altitudinales de vegetación estas son; subpáramo, páramo y superpáramo, por consiguiente el subpáramo es la zona de transición entre el bosque montano y el páramo propiamente dicho, el superpáramo es la zona de transición del páramo propiamente dicho y las nieves perpetuas (Mena et al., 2011). En la zona de transición entre bosque montano y páramo se encuentra entre árboles, arbustos y pajonales entre ellas *Hypericum*, *Polystichum*, *Gynoxis*, *Buddleja*, helechos como *Polystichum*, y en la zona de páramo está cubierta por géneros *Calamagrostis*, *Festuca*, *Espeletia*, helecho *Blenchnum loxense*, en el superparamo encontramos especies como *Xenophyllum rigidum*, *Pernettya próstata*, *Azorella pedunculata*, *Culcitum* (Sklenár, 2000).

Esta diversidad de flora y composición paramera conjuntamente con el suelo son recursos naturales que posee el ecosistema alto andino mismos que brindan dos servicios ecosistémicos importantes para la humanidad (Mena & Hofstede, 2006). Uno de ellos es el recurso hídrico debido a la presencia de lagunas, pantanos, praderas húmedas, siendo consumida como agua de uso doméstico, uso agrícola y producción de energía (Mena et al., 2011). El consumo directo del agua en el páramo es baja debido a la presencia de pajonales y hierbas con baja evapotranspiración por esta causa son drenados a ríos y tomados para dar tratamientos y posteriormente brindar a la población (Hofstede, 1995).

Otro servicio ambiental que brinda el páramo es el suelo, en consecuencia del clima frío y húmedo y una baja presión atmosférica, existiendo gran presencia de materia convirtiéndoles en reservorios de carbono (Mena et al., 2011). La baja densidad aparente y la estructura porosa del suelo paramero hace que tenga una alta retención de agua del 80-90% de saturación con un alto contenido de Humedad (Buytaert, 2004). Aunque la mayor retención de carbono en páramo es el suelo, también se considera a la vegetación presente como reservorio de carbono pero en menor cantidad (Iñiguez 2003).

El páramo brinda funciones importantes para mitigar el cambio climático del planeta mediante dos líneas de acción; primero como reserva de carbono evitando que se disperse en la atmósfera y la segunda acción es realizar forestación a gran escala con especies nativas del páramo, con el objetivo de fijar CO₂ atmosférico (Medina, Mena & Josse, 1999).

En la actualidad la intervención humana en la naturaleza ha generado grandes impactos negativos para los ecosistemas, dando lugar a cambios continuos en el medio ambiente con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas, sin embargo, se ha visto amenazada la integridad de la naturaleza y a su vez la vida en el planeta (Rodríguez, 2009).

Las consecuencias de las actividades antrópicas han dado lugar al calentamiento global que se considera un fenómeno generador de inconvenientes ambientales globales, resultando un desafío social de urgente solución (Barboza, 2013).

A consecuencia del calentamiento global se presenta el cambio climático como un factor adicional de perturbación, que modifica sustancialmente los regímenes naturales y alterados en los ecosistemas (Greenpeace, 2009).

Según la IPCC (2014), el cambio climático se refiere a la identificación de la variación del estado del clima, a través de la variabilidad de sus propiedades persistentes en largos periodos de tiempo. Ejerciendo presión sobre la capacidad de los sistemas naturales para proporcionar de manera sustentable los bienes y servicios naturales, para el desarrollo económico y social; en particular, para el abastecimiento de agua, aire alimentos, energía, salud y empleo (Greenpeace, 2009).

En los últimos 50 años este calentamiento se lo debe al aumento de dióxido de carbono causado por las actividades antrópicas (Nebell, 1999). Actualmente las variaciones climáticas en el último siglo han sido evidentes, debido a la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. El 97% de efecto invernadero se debe al Vapor de agua (H₂O), dióxido de Carbono (CO₂), metano (CH₄), Óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃) y cloroflorocarbonados (CFCs) y además la deforestación (Barboza, 2013).

Los gases de efecto invernadero (GEI) absorben parte de la radiación producida por la tierra y la envían en todas direcciones, teniendo como efecto el calentamiento de la superficie del planeta a la temperatura actual, un dato importante es que después del vapor de agua, el CO₂ es el mayor causante del efecto invernadero en el planeta como resultado de las acciones humanas, constituyendo el 25% del mismo (Becerra & Mance, 2009).

El aumento de las concentraciones del dióxido de carbono (CO₂) provoca la intensificación del fenómeno invernadero (Caballero, Lozano & Ortega, 2007). Por lo tanto en América Central y Sur presenta consecuencias como; el retroceso de glaciares andinos, cambios en los caudales extremos del Río Amazonas, aumento de la mortalidad de los árboles y de los incendios forestales, degradación del bosque pluvial y recesión en la Amazonia, mayor vulnerabilidad de la trayectorias de los medios de subsistencia de los agricultores indígenas, aumento de los rendimientos

agrícolas y expansión de las zonas agrícolas en la zona Suroriental de América del Sur (IPCC, 2014).

Los ecosistemas naturales son los principales en degradarse a causa del calentamiento global y cambio climático, disminuyendo su capacidad de prestar servicios ambientales a la humanidad, ya que no son reconocidos por la sociedad actual (Unión Europea, 2011). Uno de los componentes del ecosistema que se ha visto afectado es el suelo tanto en la parte física como química y a su vez la biomasa aérea proveniente de la cobertura vegetal (Llanos y Escandón, 2016). Esto se debe al proceso de fijación y emisión que tiene el carbono ya que se realiza en vegetación aérea, materia en descomposición, suelo y raíces (De Petre et al., 2005). Por este motivo ha sido considerado un ecosistema importante para la conservación ya que aporta a la mitigación del cambio climático (Watson et al., 2000).

El planeta ha registrado cambio en las temperaturas, siendo estas más altas en los últimos años, de manera que el índice de calentamiento mundial aumento cerca de 0,74°C durante el siglo XX (Ki-moon, 2009). Según la Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en su informe desarrollado en el 2007 estima un aumento de 1,1°C y 6,4°C en los años de 2089 al 2099 y otras proyecciones científicas prevén un aumento de 4°C antes del año 2055 (Mance & Becerra, 2009). Este nivel de aumento depende de la cantidad de emisiones futuras de gases de efecto invernadero y este a su vez del impacto combinado del grado de desarrollo económico y las medidas que se tomen para reducir las emisiones producto de ese desarrollo (Mance & Becerra, 2009).

Una alternativa como estrategias de mitigación para el efecto invernadero es disminuir las concentraciones del CO₂ en la atmósfera, basándose en los recursos naturales existentes, principalmente especies vegetales que permiten una captación de carbono, desde su crecimiento hasta su muerte, es así que, la conservación se ha convertido en un servicio ambiental con valor económico para los países en vía de desarrollo (Ramírez, 2012).

Como alternativa se ha optado el pago de servicios ambientales en especial el mercado del carbono. Existiendo el mercado regulado, establecido para empresas y gobiernos que según la ley deben asumir por las emisiones de gas efecto

invernadero por otra parte el mercado voluntario, el comercio de créditos se produce sobre una base facultativa (FAO, 2012).

Según Gallegos (2012), menciona que Ecuador mediante mecanismos de desarrollo limpio y está en constante crecimiento en la actualidad bajo tutela del ministerio del Ambiente de Ecuador ya que es el encargado de aprobar proyectos a realizarse. Cuenta con 25 proyectos con carta de aprobación y cinco proyectos que disminuirán más toneladas de CO₂, Hidroeléctrica Rio Calope, Hidroeléctrica Paute-Sopladora, Relleno sanitario Inga I y II, Proyecto OGE y Proyecto Focos Ahorradores. Aproximadamente son 21 millones de toneladas de CO₂ que se pretenden reducir con estos proyectos.

Sin embargo, el pago por servicios ambientales con el ecosistema páramo ha sido cuestionada debido a las pocas investigaciones que posee el mismo, hay proyectos que se lleva a cabo dentro del Ecuador como es el caso de cuidar los páramos mediante áreas protegidas en especial las que se encuentra en páramos alto andinos con el fin de proteger la fuente hídrica, uno de los principales servicios ambientales de esta área (Medina & Mena, 2001)

Según Calderón et al. (2014), el páramo y bosques poseen altos contenidos de carbono almacenado, llegando almacenar hasta 20 y 80 tC ha⁻¹ en biomasa aérea y 240 tC ha⁻¹ en el suelo. Estos contenidos pueden variar a causa de las condiciones ambientales, la gradiente altitudinal y la actividad humana, de manera que se realizan estudios de contenido y flujo de carbono tomando en cuenta las variables de biomasa aérea, necromasa aérea, biomasa subterránea y carbono orgánico en el suelo (CONDESAN, 2013)

En estudios realizados en los páramos de Suramérica el carbono presente en la biomasa varía entre los 13,21 ha y 183 t/ha (Castañeda, 2017). Esto puede deberse a la ausencia de correlación de biomasa con las variables de clima y topografía (Slik et al., 2010) mientras otros estudios manifiestan que puede deberse a las correlaciones con la precipitación media anual, altitud y pendientes (Spracklen et al., 2014). Es importante recalcar que los parámetros ambientales como la luz ultravioleta, exposición de la luz, viento, nutrientes del suelo son cruciales en la cantidad y disponibilidad de biomasa aérea en el páramo (Fischer et al., 2013).

Por otra parte se realizó un estudio en Perú, en las microcuencas de Gocta y Chinata con vegetación pajonal en la que se obtuvieron 10, 1 t/ha de carbono, en la que dominaban las especies vegetales de la familia *Poaceae*. La cuantificación de carbono lo realizaron mediante la interpolación de imágenes satelitales y trabajo en campo con aplicación de parcelas (Oliva et al., 2017). Puesto que, la teledetección ayuda a recoger e interpretar información sobre las características de un área a través de imágenes satelitales, obteniendo datos continuos, donde los sensores miden y registran la energía que refleja los componentes, la cual es conocida como respuesta espectral, basándose en sus propiedades físicas y químicas (Brewer, Monty, Johnson, Evans & Fisk, 2011).

Según PLANET (2016), estas imágenes poseen varias tonalidades conocidas como resolución espectral de cuatro bandas; Azul, Verde, Rojo y NIR (Infrarojo cercano); donde la banda roja se considera una banda de absorción de clorofila, útil para la clasificación de la cubierta vegetal y la banda NIR. Permite determinar el contenido de biomasa, delimitación de cuerpos de agua y clasificación de rocas que se presenta en el área de estudio a través de la reflectancia que los componentes presenten (Bravo,2017).

En el Ecuador el páramo está situado a lo largo de la cordillera de los Andes, siendo clima húmedo la mayor parte del año en el norte y centro del país mientras que en el sur el clima es más seco (De Bievre, Iñiguez, Buytaert, 2011) Está limitado en base al factores como el clima, el suelo y el grado de intervención humana. Dentro del Ecuador se encuentra distribuido a lo largo de la cordillera de los andes con altitudes entre 3.000 m y los 5.000 m aproximadamente ocupando cerca de 1'250.000 ha representado el 6% de la extensión del país (Luteyn, 1999; Mena, Hofstede, 2006).

Sin embargo, en el transcurso del tiempo los cambios han sido notorios en la diversidad y composición de comunidades biológicas debido a las alteraciones en el clima, afectando los procesos ecológicos de los ecosistemas y servicios ambientales (Zabaleta et al., 2003, Welker et al., 2005).

En el Ecuador se ha realizado estudios para evaluar el carbono en el ecosistema páramo en base a sus principales componentes; biomasa, necromasa, suelo y raíces.

Un estudio realizado en el parque Nacional Yasuni menciona que es importante al momento de muestrear o monitorear la vegetación, saber qué tipo de páramo será evaluado ya que puede ser páramo arbustivo o páramo pajonal. La biomasa muestreada determinó la cantidad de carbono retenido en páramo, entre biomasa y necromasa, se encontró 159,05 tC/ha en el páramo arbustivo y 116, 18 tC/ha en el páramo herbáceo. Además se tomó en cuenta el estrato suelo con 537 tC/ha en el suelo del páramo herbáceo y 471, 59 tC/ha en el suelo del páramo arbustivo, cuantificando la cantidad de carbono orgánico en el ecosistema páramo (Ayala et al., 2014).

En las comunidades de Chimborazo y Schobol llinllin en Ecuador se determinó el carbono y biomasa en los páramos en la que indica que hay más contenido de carbono en el suelo, paja y almohadillas, sin embargo la mayor cantidad de carbono se encuentra en suelos donde su cobertura vegetal no ha sido intervenida y está a mayor altitud (Cunalata et. al., 2013). Por otra lado en la Reserva Ecológica Yanacocha ubicada en el volcán Guagua Pichincha a una altura de 3.100 m hasta los 4,415 msnm. Se cuantificó la cantidad de carbono en la biomasa de superpáramo, páramo, en la que se encontró 3,71 TonC/ha, (7.642,73 toneladas de CO₂) en la biomasa aérea, además se evidencio que a mayor altitud la vegetación cambia a almohadillas y aumenta el contenido de carbono de 0,17 kg de C a 0,68 kg de C por parcela, cabe recalcar que la altitud es un factor que incide en la cantidad de biomasa y necromasa a mayor altitud menos biomasa y necromasa (Albán & Granda, 2013).

Los páramos se encuentran por encima del ecosistema de bosques andinos que en la actualidad han sido alterados por el avance de la frontera agrícola (Coppus et al, 2001). Es necesario establecer, que el constante uso de combustibles fósiles y deforestaciones ha aumentado considerablemente la producción de CO₂ en la atmosfera, apoyando de esta forma al cambio climático (Mena & Hofstede, 2006).

En base al contexto anterior en la reserva Sabia Esperanza existe poca valoración de la riqueza vegetal que posee por parte de la población y de las autoridades debido a que es un área intacta y existe poca investigación e información. Por lo tanto, es importante evaluar el carbono fijo en el páramo andino de la Reserva Sabia

Esperanza para valorar la riqueza que posee como ecosistema y conocer la cantidad de carbono concentrado, con el fin de establecer la importancia de su conservación para ayudar a mitigar el cambio climático reduciendo las emisiones de gases efecto invernadero.

La presente investigación se realiza con la finalidad de obtener datos científicos que ayuden y sirvan de apoyo para futuras investigaciones y de esa manera contribuir al conocimiento, información, conservación y manejo del área, destacando la función de fijación de carbono como servicio ambiental y sea un aporte de incentivos ambientales para un correcto manejo de los recursos naturales en el ecosistema de páramo.

Por este motivo se impulsó el proyecto de evaluación de captura de carbono para crear estrategias de conservación de la reserva y ser un modelo de aporte para el resto de áreas protegidas y de esta manera minimizar el cambio climático en el ámbito del Ecuador como país mega-diverso. Fundamentándose en el cumplimiento del Plan Nacional del Buen Vivir, objetivo 7, el que establece garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial, así como minimizar el impacto del cambio climático en el patrimonio natural, el funcionamiento de los ciclos vitales y la oferta de bienes y servicios que proporcionan los diversos ecosistemas, así como también el objetivo cuarto el cual propone “garantizar los derechos de la naturaleza y promover un ambiente sano y sustentable“ (Plan Nacional del Buen Vivir, 2017)

Es mandatorio estimar la fijación de carbono que puede retener el páramo, para ello el Centro Universitario de Investigación Científica y Tecnológica (CUICYT) de la Universidad Técnica del Norte ha desarrollado el proyecto de fijación de carbono en la Reserva Sabia Esperanza, ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Pimampiro, parroquia San Francisco de Sigsipamba comunidad la Floresta ya que posee una extensa superficie intacta.

1.2 Pregunta directriz de la investigación

¿Qué cantidad de carbono fijo se encuentra en la biomasa del ecosistema de páramo en la reserva privada Sabia Esperanza?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

Evaluar la fijación de carbono mediante la estimación de biomasa en el ecosistema páramo de la Reserva Sabia Esperanza en el cantón Pimampiro, parroquia San Francisco de Sigsipamba, comunidad La Floresta.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Cuantificar la biomasa presente en los estratos de páramo andino de la Reserva Sabia Esperanza
- Estimar la fijación de carbono en la biomasa en el ecosistema páramo.
- Proponer estrategias de conservación de los ecosistemas nativos, con el fin de contribuir a la mitigación del calentamiento global y mantener la provisión de los servicios ecosistémicos

1.4 Marco Legal

La ejecución de la presente investigación se rige según la Constitución Política de la República del Ecuador 2008, el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, Ley de gestión ambiental, ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad las cuales se encaminan en la conservación del Ambiente y un manejo sostenible.

1.4.1 Constitución Política de la República del Ecuador

En la Constitución de la República en el Título II: Derechos, capítulo segundo: ambiente sano, Artículo 14 menciona que toda población tiene derecho a encontrarse en un ambiente sano con condiciones buenas para garantizando la sostenibilidad y el *sumak kawsay* y es de interés público la preservación y recuperación del ambiente garantizando su integridad.

El Artículo 74 menciona el derecho de beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que permitan un buen vivir, es así que todos pueden aprovechar de los servicios ambientales que ofrece el ambiente con regulación del estado. Por otra parte, el Artículo 83 hace referencia a los derechos que tiene la naturaleza de utilizar sus recursos naturales de una forma sostenible y sustentable.

En el Título VII: Régimen del Buen Vivir, segundo capítulo: Biodiversidad y recursos naturales, Sección Tercera: Patrimonio natural y ecosistemas, el Artículo

404, establece que el patrimonio natural y todas sus formas exigen su protección, conservación, recuperación y promoción para lo cual se lleva a cabo un ordenamiento del territorio y una zonificación ambiental de acuerdo a la ley vigente. Así como también, el Artículo 406 menciona la regularización del manejo, conservación y uso sustentable de los ecosistemas.

1.4.2 Código Orgánico Ambiental (COA)

El código orgánico Ambiental es la entidad encargada de evaluar el estado de biodiversidad, cobertura vegetal, uso de suelo, ecosistemas entre otros que se encuentran dentro de las Áreas Protegidas.

Es así que; Título II, de los Derechos, deberes y principios Ambientales en el artículo 5 el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano garantizando la integridad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas en término que rige la Ley. En el Título III, Artículo 24.- Atribuciones de la autoridad ambiental competente manifiesta que, se encargaran de integrar áreas con importancia de conservación al subsistema de áreas protegidas definiendo lineamientos, categorías y herramientas para el manejo y gestión. Además, el artículo 42 da a conocer las herramientas para la gestión de áreas protegidas siendo; planes de manejo, planes estratégicos, planes operativos, evaluaciones y demás que determine la autoridad ambiental.

El artículo 43.- Del subsistema Estatal, determina que los servicios ambientales que brinda un área serán utilizados de manera sostenible para el desarrollo y bienestar de la población. Artículo 109.- dispone conservar la biodiversidad, servicios ecosistémicos y paisajes, con el fin de dar un manejo sostenible y aprovechamiento controlado de los mismos.

El Código Orgánico Ambiental en su capítulo II., Medidas mínimas para la adaptación y mitigación del Cambio Climático en su artículo 261, coordina lo siguiente: diseñar programas de capacitación, educación y sensibilización ambiental y cambio climático.

1.4.3 Plan Nacional del Desarrollo 2017-2021

Dentro de Plan Nacional del Desarrollo la investigación se enmarca en el Eje 1: Derechos para todos durante toda la vida; objetivo 3 que establece, garantizar los derechos de la naturaleza para actuales y futuras generaciones. Es importante la

participación ciudadana para la generación de políticas de conservación y gestión del patrimonio natural con responsabilidad para tener acceso a los recursos, minimizar los impactos negativos controlando la actividad humana y el cambio climático. En el objetivo 3 se destacan las siguientes políticas, 3.1. Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social con el fin de precautelar los derechos de presentes y futuras generaciones.

La política 3.4 establece promover las buenas prácticas ambientales para reducir la contaminación y ayudar a la conservación, mitigación y adaptación al cambio climático. Mientras que la política 3.5 impulsa la economía urbana y rural basada en el uso responsable y sostenible de los recursos renovables dando un valor agregado propiciando el desarrollo de la bioeconomía.

Para el cumplimiento del objetivo, políticas y lineamientos se debe trabajar con todos los grupos sociales y entes gubernamentales implementando programas de mitigación, prevención y conservación de la naturaleza.

1.4.4 Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad

Esta ley hace énfasis en la conservación, recuperación de los ecosistemas, la biodiversidad y el patrimonio genético del país, permitiendo establecer un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas que garantiza la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecológicos. Por lo tanto en el Título III, Capítulo I, Sección I: del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Artículo 19 hace referencia a la protección y manejo de las áreas protegidas con el cumplimiento de los objetivos de conservación establecidos en la Ley.

El Artículo 22 manifiesta que el Ministerio del Ambiente está encargado de planificar, coordinar, controlar y evaluar el manejo del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas con la participación de otras entidades del sector público en este caso Instituciones investigativas que colaboren con la conservación de las áreas protegidas. El artículo 27 hace referencia a que la actividad turística dentro de las áreas protegidas estará restringida a zonas definidas para el uso público y estarán descritas en los planes de manejo de cada área por lo tanto la actividad turística se realizara de acuerdo a análisis de capacidad de carga y otros mecanismos con el fin de garantizar la conservación y uso sustentable de la biodiversidad de dicha área.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Caracterización del área de estudio

En el nororiente de la Cordillera de los Andes, en el cantón Pimampiro, se encuentra la Reserva Sabia Esperanza con una extensión de 1500 ha entre los 2700 a 3400 metros sobre el nivel del mar como se muestra en la Fig.1, con una temperatura promedio de 10-12° C. La reserva Sabia Esperanza, es un lugar natural único, poseedor de ecosistemas y pisos climáticos que van desde bosque nublado montano alto hasta páramo andino, permitiendo albergar gran cantidad de flora y fauna; que aún no se ha inventariado. Esta área protegida privada presenta una limitación al norte con la reserva Balsopamba, al sur y este con el Parque Nacional Cayambe Coca y al oeste con la Reserva San Agustín y la comunidad la Floresta (Rosales, 2015).

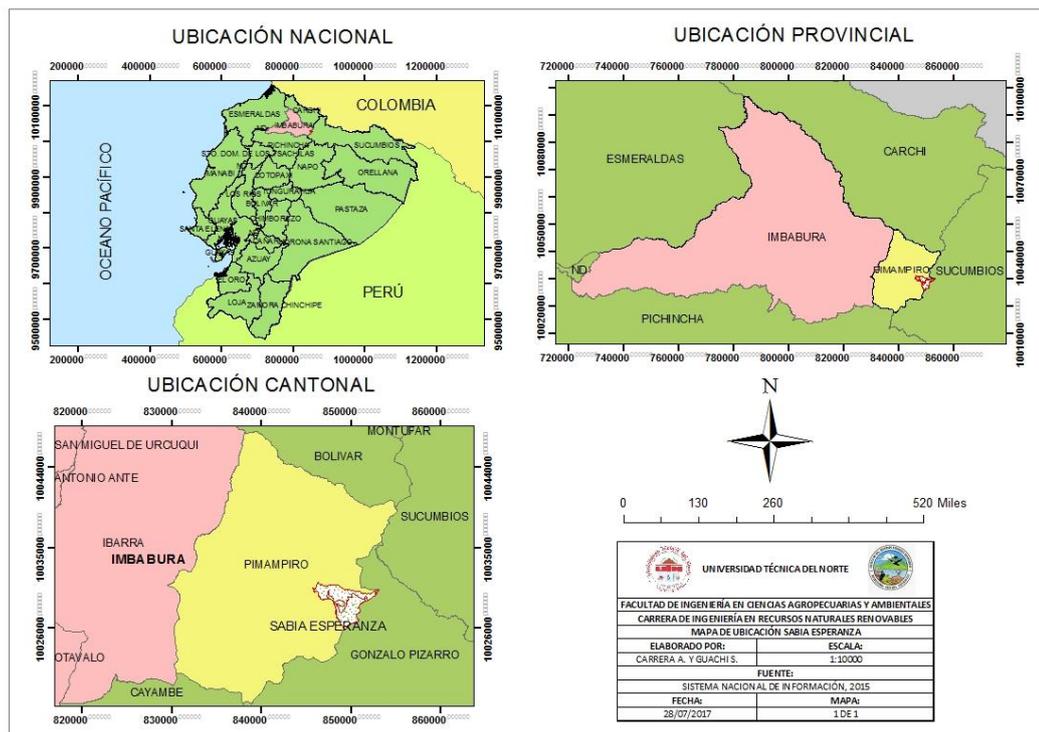


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de Reserva Sabia Esperanza

2.2 Métodos

2.2.1 Fase 1.- Cuantificación de la biomasa presente en los estratos del páramo andino de la Reserva Sabia Esperanza.

En la fase 1 de la investigación se valoró la biomasa presente en páramo obtenida de áreas homogéneas de acuerdo a la cobertura vegetal; es decir en pajonal o herbáceo y arbustivo.

Se realizó la salida de campo al área de estudio, pernoctando cuatro días para realizar el muestreo de biomasa aérea y necromasa en el páramo de la reserva Sabia Esperanza, en colaboración con el Centro Universitario de Investigación, Ciencia y Tecnología CUICYT, dentro del proyecto Captura de Carbono de la Universidad Técnica del Norte.

En el área de estudio se realizó las parcelas de muestreo aplicando la metodología utilizada por CONDESAN (figura 3 y 4), mediante el protocolo de monitoreo de contenido de carbono y flujos en gradientes alto andinos; para el presente trabajo investigativo se ejecutó la cuantificación de carbono presente en el ecosistema páramos, basándose en muestreo de biomasa y necromasa, sin considerar monitoreo ya que no se pretendía determinar flujos en el tiempo sino más bien conocer la cantidad de carbono que posee la biomasa (Calderón, Romero, Cuesta, Pinto y Báez, 2013), ajustando la metodología al área de estudio y sus condiciones climáticas, caracterizadas previamente en ArcGis 10.3 con la cobertura de suelo para el área de la Reserva Sabia Esperanza.

Se escogió sitios homogéneos en el páramo con el fin de tener áreas representativas del ecosistema, para ello se aplicó un diseño estratificado al azar para dos tipos de cobertura vegetal, pajonal o herbáceo y arbustivo. El número de parcelas a muestrear permitieron obtener un error de muestreo del + - 10% con 95% de confianza (Penman et al., 2003).

Según Aguirre y Vizcaíno (2010), el tamaño de la muestra consiste en estimar una característica de la población que abarque toda el área de estudio, para lo cual se aplica la siguiente ecuación 1 y su resolución la ecuación 2:

$$n = \frac{t \alpha^2 S^2}{E^2}$$

Dónde: (1)

E = error de estimación deseado o permitido (0,1 para el 10%)

$T\alpha$ = Valor tabular = 2,7

S = error estándar de la media de la muestra

$$n = \frac{(2,7)^2 (0,1)^2}{0,1^2}$$

(2)

Se establecieron diez parcelas cuadradas temporales de 10 x 10 m como unidades de muestreo en los dos tipos de páramo (pajonal o herbáceo y arbustivo). Para el muestreo de biomasa aérea se realizó dos círculos concéntricos imaginarios dentro de la parcela con un radio de 2,5 m y 5,0 m respectivamente. Posteriormente se ubicó cuatro posiciones de muestreo, según el movimiento de las manecillas del reloj, con medida de 50 x 50 cm, de los cuales se tomó toda la vegetación, cortando desde el ras del suelo y siendo pesadas en campo para determinar el dato de peso fresco (Calderón et al., 2013). Para mayor comprensión, se esquematiza el sistema de muestreo en la figura 2 como establece CONDESAN (2013).

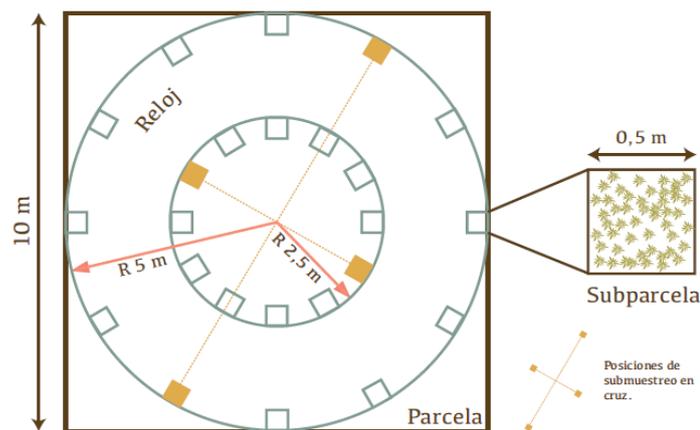


Figura 2. Diseño de muestreo para biomasa y necromasa en páramo

La necromasa (hojarasca, ramas caídas, individuos muertos en pie, entre otros.) se colectó también en las subparcelas de 50 x 50 cm, ubicando todo el material

orgánico que se encuentra sobre el suelo en fundas plásticas para posteriormente proceder a etiquetarlo y pesarlo.

Se promedió el valor de las cuatro subparcelas de la parcela de 10m x10m muestreadas tanto en biomasa como en necromasa obteniendo una muestra homogénea para enviar a análisis de laboratorio.

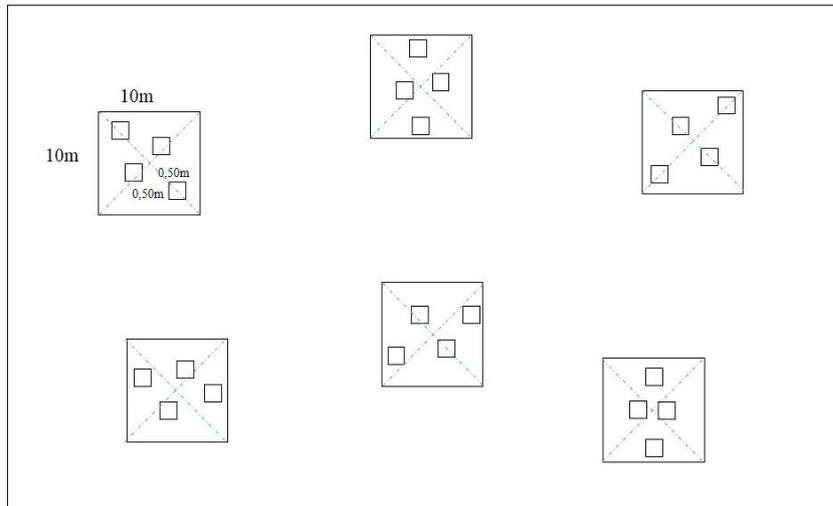


Figura 3. Distribución de parcelas en páramo arbustivo

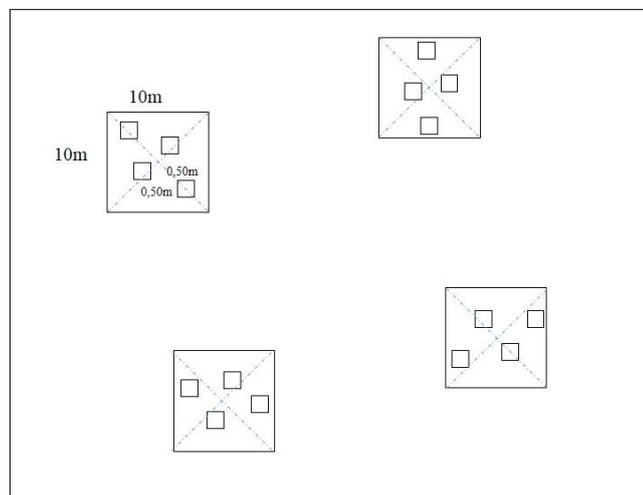


Figura 4. Distribución de parcelas en páramo pajonal

2.2.2 Fase 2.- Estimación de fijación de carbono en la biomasa en el ecosistema páramo.

Para evaluar la fijación de carbono en la biomasa se realizó el cálculo mediante factor de conversión estándar índice 0,5 que establece el Panel Intergubernamental

de Cambio Climático (IPCC, 2002), el cual corresponde al contenido de carbono ya que representa la mitad de la biomasa seca (IPCC, 2013). Por lo que se procedió al secado de las muestras obtenidas en campo y se determinó la curva de secado para conocer el contenido de humedad de la biomasa y necromasa de los estratos de páramo.

Para el cálculo del contenido de humedad, se deshidrataron las muestras de biomasa y necromasa en la estufa a una temperatura de 105°C, tomando datos en intervalos de dos horas hasta que el peso de las muestras se estabilice. Posteriormente se calculó el porcentaje de contenido de humedad de las muestras, aplicando la ecuación 3:

$$CH = \frac{pf - ps}{pf} \times 100 \quad (3)$$

CH = Contenido de Humedad

pf = peso fresco de la muestra

ps= peso seco de la muestra

El cálculo se aplicó en los dos estratos de páramo conjuntamente con el análisis estadístico “t pareada” que se usa para comparar las diferencias de muestras con relación a si mismos o con variaciones en tiempo o circunstancias diferentes (Gómez, Danglot & Vega, 2013). Se comparó los componentes de biomasa y necromasa para conocer la mayor significancia de contenido de humedad en relación a los estratos de paramo de pajonal y arbustivo, en el caso de carbono solo se realizó la comparación en la biomasa de los estratos de pajonal y arbustivo.

Para determinar el contenido de carbono en áreas homogéneas de páramo, se utilizó el programa ArcGis 10.3 aplicando teledetección espacial mediante sensores remotos a través de PlanetScope Satellite (PLANET, 2016), el cual permitió obtener imágenes satelitales, mismas que trabajan bajo la incidencia de la reflectancia (González, Ruiz & Acosta, 2015). Posteriormente se calculó la resolución radiométrica transformando el número digital a radiancia, identificando las tonalidades o niveles de color que emiten las bandas, luego se procedió a la

corrección atmosférica en la cual se convirtió la radiancia a reflectancia, y de esta manera poder identificar sitios homogéneos y extrapolar los datos en relación a las parcelas establecidas en campo en el ecosistema páramo (González, Ruiz & Acosta, 2015).

2.2.3 Fase 3.- Propuesta de estrategias de conservación de los ecosistemas nativos, con el fin de contribuir a la mitigación del calentamiento global y mantener la provisión de los servicios ecosistémicos.

Para el diseño de estrategias de conservación se utilizó la información de la captura de carbono, ya que este parámetro es crucial en los servicios ecosistémicos tanto a nivel local que corresponde a la población de Pimampiro y el páramo como tal a todo el planeta.

En las estrategias se establece objetivos, metas y prioridades dentro de programas, de manera que, las metas describan lo que queremos lograr para la conservación de la biodiversidad basándonos en el medio biofísico y especies presentes, estableciendo lugares con prioridad de conservación en este caso las zonas de uso público y las zonas con uso restringido (The Nature Conservancy, 2007).

Los objetivos, metas y prioridades están dentro de los programas establecidos por el ente encargado del Sistema Nacional del Área Protegida; el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Turismo, para lo cual se realizó una revisión bibliográfica de los programas existentes y se estableció las estrategias mediante actividades acordes a la conservación de la reserva Sabia Esperanza.

Se utilizó como referencia la metodología de Gestión de Destino de Áreas Naturales Protegidas, en el módulo de manejo de áreas y de biodiversidad, las cuales son establecidas por el Ministerio del Ambiente; además se tomó en cuenta la información geográfica del área y su potencial en fijación de carbono en la biomasa del páramo, así como los grandes volúmenes de agua que conserva esta reserva.

Esta información se plasma en programas con sus respectivas actividades, rubros y personal encargado, con el fin de optimizar el manejo del área y conservar los recursos naturales y a su vez los servicios ecosistémicos de importancia a nivel local y regional.

Entre las estrategias de conservación consideradas en este estudio están el turismo comunitario, la educación ambiental, la investigación científica, entre otras, involucrando siempre el accionar de la población, ya que conservar el área es fuente económica para las comunidades aledañas a la reserva Sabia Esperanza (MAE, 2015).

Por tal razón se buscó soluciones o estrategias dentro de un desarrollo sustentable, satisfaciendo las necesidades de la población y conservando los recursos naturales.

2.3 Materiales y equipos

Para la elaboración del siguiente estudio se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

Tabla 1. Materiales equipos y recursos humanos

Materiales y equipos
GPS (Global Position System)
Computador portátil
Material cartográfico del IGM: mapas de ubicación
Imágenes satelitales: constelación (Planet Scope)
Cámara fotográfica digital
Software: ArcGIS 10.3 Word y Excel.
Memoria flash
Material de campo:
Brújula, prensadora, flexometro, piolas, tijeras de podar, ozes, machete, periódicos, alcohol, fundas plásticas, navaja, balanza electrónica, estacas, correas plásticas, linternas.
Guías de Vegetación de páramo
Material de oficina
Recursos humanos
Dos investigadores de trabajo de titulación
Investigadores del CUICYT y FICAYA de la Universidad Técnica del Norte

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización de cobertura vegetal

En la figura 5 se presenta el mapa de cobertura vegetal de la Reserva Sabia Esperanza con un área de 1.480,61 Ha encontrado ecosistemas de bosque nativo con 22,89%, cuerpo de agua 0,18%, erial 0,13%, páramo 13,68% y vegetación arbustiva 63%. Tomando en cuenta el porcentaje perteneciente a cada uno y en base al total del área de la reserva se deduce que el ecosistema páramo posee dos tipos de estratos, pajonal y arbustivo. Siendo el más extenso el páramo arbustivo con 934,44 ha y páramo de pajonal con 202,51 ha, dispersos en forma de parches en la superficie del páramo arbustivo.

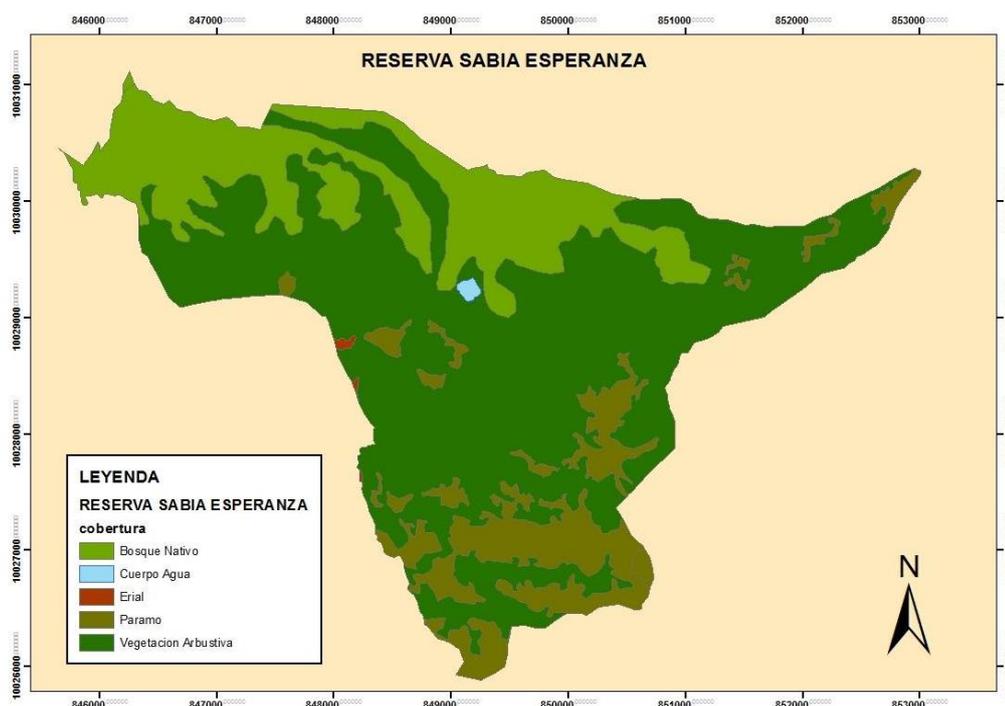


Figura 5. Mapa de cobertura vegetal de la Reserva Sabia Esperanza

La Reserva Sabia Esperanza pertenece a las formaciones vegetales llamadas subpáramo debido a que se encuentra una mezcla de árboles, arbustos y pajonales por otra parte en el páramo se encuentra solo pajonales y otras especies sobresalientes como los frailejones y helechos (Sklenar, 2000). Está ubicada a una altitud que va desde los 2700 m a los 3700 msnm, se muestrearon especies

dominantes dentro de las parcelas de 10 m x 10 m, a una altitud de 3200 m en páramo arbustivo y 3300msnm en el páramo de pajonal.

Las cuales se enlistan a continuación.

Tabla 2. Especies identificadas en los estratos de páramo

Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Alstromereaceae	<i>Bomarea hieronymi</i> Pax	
Asteraceae	<i>Espeletia pycnophylla</i> Cuatrec.	Frailejón
	<i>Diplostephium spinulosum</i> Wedd.	
	<i>Baccharis genistelloides</i> (Lam.) Pers.	Coniza de tacunga
	<i>Loricaria thyoides</i> (Lam.) Sch. Bip.	
Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i> Kunth	Helecho Gigante
Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	Cortadera
Equiseteaceae	<i>Equisetum bogotense</i> Kunth	Cola de Caballo
Hypericaceae	<i>Hypericum irazuense</i> Kuntze	
	<i>Hypericum strictum</i> Kunth	Ciprés de montaña
Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Gateadera
Myrtaceae	<i>Myrteola nummularia</i> (Lam.) O. Berg.	
Orquidaceae	<i>Epidendrum sp</i>	Orquídea
Poaceae	<i>Calamagrostis sp</i>	Paja de páramo

3.1.1 Cuantificación de biomasa y necromasa

En la reserva Sabia Esperanza se cuantifico un total de 866.000 g de biomasa en 1000 m² de muestreo distribuidos 264.000 g en el estrato Pajonal y 602.000 g en el

estrato Arbustivo a una altura de 3200m a 3300msnm. Siendo el estrato con mayor cantidad de biomasa el arbustivo, debido a que su vegetación es variada, puesto que se encuentra desde hierbas rastreras hasta arbustos de 1,50 m de altura. Otro factor que incide en la biomasa son la altitud, la topografía, temperatura y precipitación que se encuentra el área de estudio (Spracklen et al., 2014). Por este motivo en el páramo de pajonal la mayoría de su vegetación es rastrera y su biomasa está en menor cantidad ya que la temperatura es limitante para el crecimiento de vegetación.

A continuación, se presenta la tabla de contenido de biomasa por parcela en los estratos de páramo de la Reserva Sabia Esperanza:

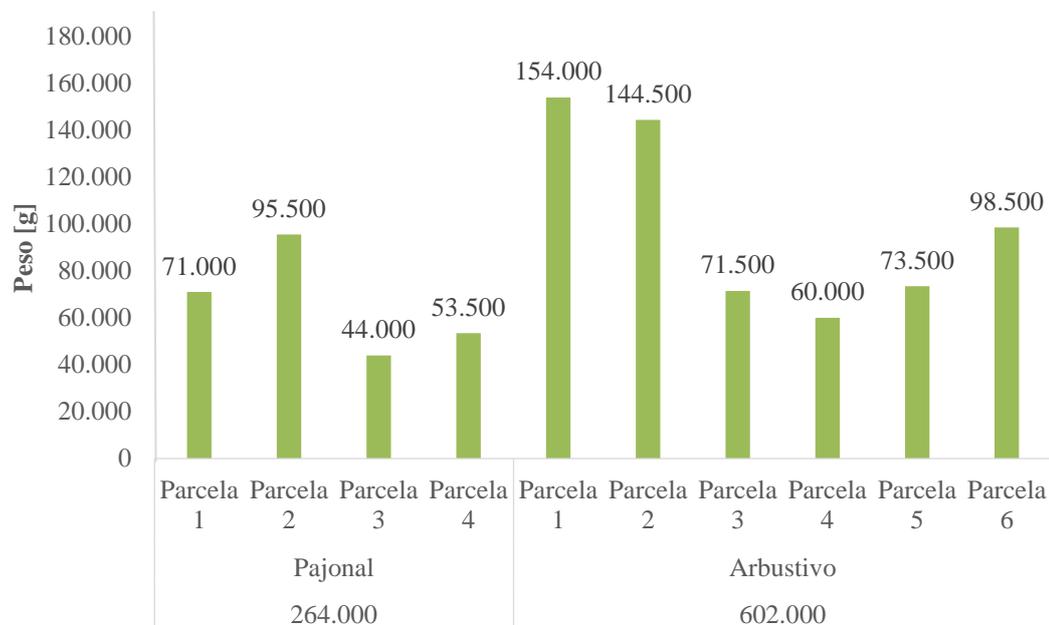


Figura 6. Cantidad de biomasa en parcelas de muestreo de estrato de pajonal y arbustivo

Es importante la presencia de la diversidad de biomasa que se puede encontrar en el ecosistema de páramo arbustivo ya que por su tipo de cobertura vegetal densa que cubre todo el suelo, ayuda a la protección de la superficie de factores como la radiación solar y la precipitación, dando lugar a una descomposición lenta de la materia orgánica y mayor concentración de CO₂ por lo tanto mayor fijación de carbono, a diferencia del páramo de pajonal donde la cobertura predominante es *Calamagrostis*, presenta menor cantidad de biomasa, pero mayor concentración de

agua y lenta descomposición de materia orgánica, mostrando menos concentración de CO₂ (Zimmermann, 2010, Tonneijck et al., 2010).

En el páramo arbustivo y de pajonal de la Reserva Sabia Esperanza se muestreó la necromasa que incluye hoja rasca, ramas caídas e individuos muertos en pie, en donde se evidencio que la mayor cantidad de necromasa se halla en las parcelas del estrato arbustivo en relación a las parcelas de pajonal. En 1000 m² de muestreo se contabilizo la mayor cantidad de necromasa en el estrato arbustivo con 454.000 g de peso, mientras que el páramo de pajonal se contabilizo 166.000 g, o mencionado se resume en la figura 7.

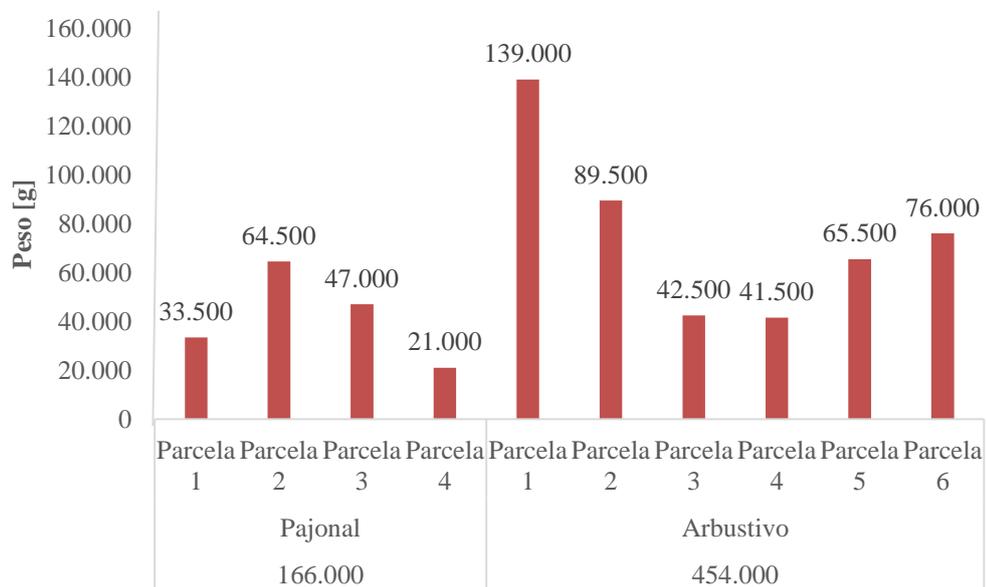


Figura 7. Cantidad de necromasa en las parcelas de muestreo de estratos de páramo arbustivo y pajonal

3.2 Contenido de humedad en biomasa y necromasa

Se realizó el análisis de la curva de secado de la biomasa y necromasa determinando el contenido de humedad de cada una de las muestras obtenidas en campo. Se puede observar que el estrato con mayor contenido de humedad es el arbustivo, el cual decrece de 254,33 g de peso fresco de biomasa aérea a 178,43 g en peso seco (Ver figura 8), aquí la curva llega a estabilizarse representando el 81,79% de contenido de humedad, mientras en pajonal la curva decrece de 270,69 g de biomasa a 120,14 g aproximadamente con un 79,90% de contenido de humedad (Ver Tabla 2).

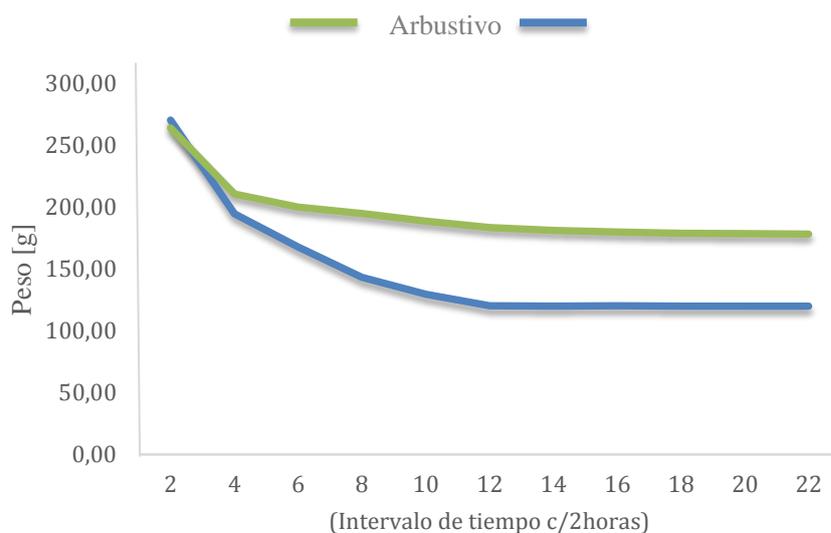


Figura 8. Curva de secado determinado por pesos e intervalos de tiempo en biomasa de estrato pajonal y arbustivo

En la curva de secado de estratos para necromasa, se establecen las curvas respectivas donde el pajonal sobresale con mayor contenido de humedad, iniciando en 70 g a 49 g aproximadamente, representando el 88,65 % de Contenido de Humedad. Mientras que el arbustivo decrece de 258 g a 152 g con un porcentaje del 77,38 % de CH. (Ver Figura 9 y Tabla 3).

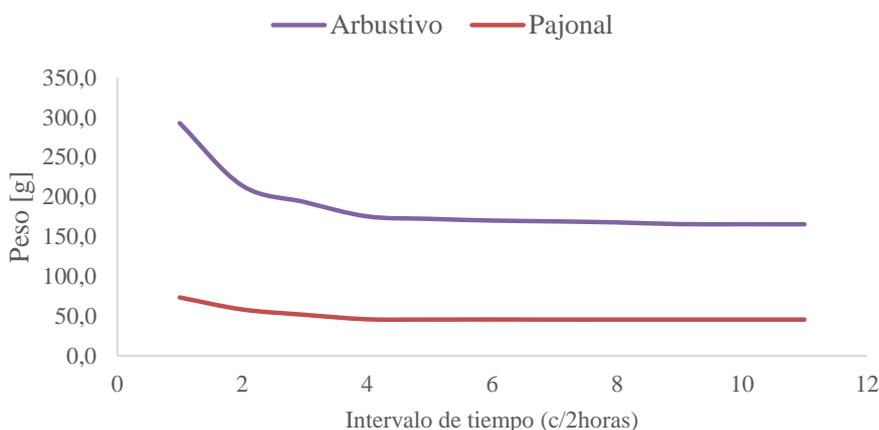


Figura 9. Curva de Secado determinado por pesos e intervalos de tiempo en necromasa de estrato pajonal y arbustivo

En la tabla tres se puede observar que el mayor porcentaje de contenido de humedad tanto en biomasa como en necromasa pertenece al estrato de pajonal, demuestra que su vegetación posee alta retención de recurso hídrico puesto que en su mayoría

posee paja, almohadillas y frailejones permitiendo que el agua sea retenida en su cobertura como se determinó en campo. Por otra parte se resalta que el estrato arbustivo no tiene inferencia en su contenido de humedad ya que en su vegetación hay arbustos.

Tabla 3. Porcentaje de contenido de humedad en la biomasa y necromasa de los estratos de páramo

Estratos	Biomasa % de contenido de humedad	Necromasa % de contenido de humedad
Pajonal	79,90	88,65
Arbustivo	81,79	77,38

3.3 Extrapolación de datos y cálculo IPCC

Se cuantifico y se extrapolo la necromasa a las áreas homogéneas dando como resultado 5,27 Ton necro/ha en 288,47 ha para el páramo pajonal y 124,50 Ton necro/ha en 1074,67 ha el páramo arbustivo. Por su cobertura vegetal en el estrato arbustivo existe mayor cantidad de necromasa que el estrato pajonal por las formaciones vegetales que posee. Se resalta que no se calcula el carbono para la necromasa porque el índice IPCC solo aplica para biomasa, por esta razón se necesita realizar los análisis químicos correspondientes.

Como se puede observar en la Figura 10, el componente de biomasa aérea está presente en mayor cantidad en el páramo arbustivo que el páramo de pajonal. Es notorio que la parcela dos de estrato pajonal tiene 91,54 g de carbono en biomasa con respecto a las demás parcelas de pajonal, mientras que en el páramo arbustivo la parcela con mayor carbono es la cinco con 205,87 g de carbono fijado. La parcela con menor cantidad de carbono fijado es la cuatro con 37,38 g en el estrato de pajonal y en el estrato arbustivo la parcela nueve es la de menor cantidad de carbono en su biomasa con 75,08 g.

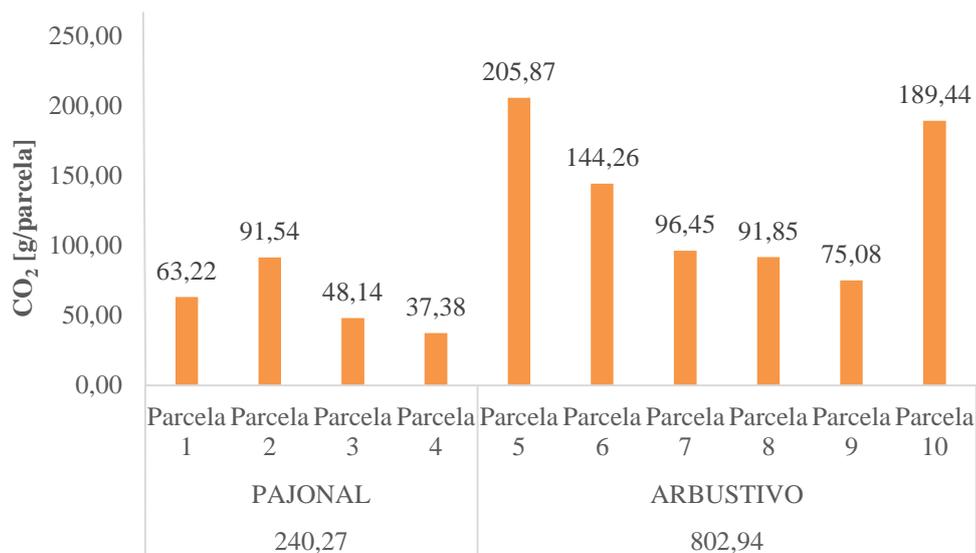


Figura 10. Cuantificación de carbono en biomasa aérea presentes en las parcelas de muestreo

En la tabla cuatro se muestra la cantidad de carbono en toneladas por hectárea en las áreas homogéneas, se obtuvo en el páramo de pajonal 288,47 hectáreas homogéneas en la que se encuentra 13,86 t/ha de biomasa, almacenando 6,93 TonC/ha en el páramo de Sabia Esperanza. Sin embargo en el estrato arbustivo se cuantifico 172,58 t/ha de biomasa la misma que tiene 86,29 TonC/ha.

Se evidencia que el estrato arbustivo posee mayor fijación de carbono en su biomasa, debido a que por la altitud que se encuentra la reserva hay presencia de factores como la precipitación, humedad y temperatura (Serrano & Galarraga, 2015) lo que permite que la vegetación mantenga su función biológica equilibrada.

Tabla 4. Cuantificación de carbono en biomasa en áreas homogéneas de los estratos de pajonal y arbustivo.

Estrato	Peso Seco [g]	Áreas homogéneas [ha]	Biomasa [Ton/ha]	Dióxido de Carbono [Ton C/ha]
Pajonal	480,54	288,47	13,86	6,93
Arbustivo	1605,88	1074,67	172,58	86,29

3.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se aplicó la prueba de “t pareada” comparando el contenido de humedad entre necromasa y biomasa del páramo de la Reserva Sabia Esperanza. Se determinó que, el componente biomasa es altamente significativo en humedad que la necromasa, tanto en pajonal como en arbustivo con un nivel de significancia al $\alpha=0,05$ y $\alpha=0,01$. Mientras el componente de necromasa en los dos estratos solo es significativo al $\alpha=0,05$ y no significativo al $\alpha=0,01$. Ver tabla 5 y 6.

Tabla 5. Análisis estadístico aplicada “t pareada” en componente necromasa

Necromasa				
	MS		CH	
	Pajonal	Arbustivo	Pajonal	Arbustivo
Media	11,350516	24,853367	88,649484	91,813299
tc	3,1800857		0,4665098	
Significancia		*		ns
$t_{\alpha,05}$			2,306	
$t_{\alpha,01}$			3,355	

(*) Significante, (ns) no significativo, (MS) masa seca, (CH) contenido de humedad.

Tabla 6. Análisis estadístico aplicada “t pareada” en componente biomasa

Biomasa				
	MS		CH	
	Pajonal	Arbustivo	Pajonal	Arbustivo
media	18,207876	81,792124	27,198446	122,80155
tc	4,8983112		0,0563751	
Significancia		**		ns
$t_{\alpha,05}$			2,306	
$t_{\alpha,01}$			3,355	

(**) Altamente significativo, (ns) no significativo, (MS) masa seca, (CH) contenido de humedad.

Estos resultados comprueban que la biomasa posee mayor contenido de humedad en relación a la necromasa en el mismo ecosistema. Consecuente de las altas

precipitaciones que se dan en la reserva con 1248,96 mm/año en 275,34 hectáreas de páramo perteneciente al 18,27% en relación al área total, tomando en cuenta que la reserva Sabia Esperanza no presenta meses secos sin embargo presenta bajas precipitaciones en agosto y septiembre (Ruiz, 2018). Ver tabla 5 y 6.

Se realizó el mismo análisis estadístico para el contenido de carbono por parcela comparando la cantidad de carbono en biomasa de los estratos de páramo; pajonal y arbustivo. Resultando altamente significativo en el $\alpha=0,05$ y $\alpha=0,01$ para contenido de carbono en biomasa de los estratos pajonal y arbustivo significativo al $\alpha=0,05$. Demostrando que aunque son estratos distintos tiene mínima diferencia de cantidad de carbono en la biomasa.

Tabla 7. Análisis estadístico “t pareada” para el contenido de dióxido de carbono en biomasa.

	Biomasa			
	MS		C	
	Pajonal	Arbustivo	Pajonal	Arbustivo
media	18,207876	60,0675	27,198446	133,82333
tc	4,8983112		5,1108844	
Significancia		**		**
$\alpha_{0,05}$			2,306	
$\alpha_{0,01}$			3,355	

(**) Altamente significativo, (MS) masa seca, (C) carbono.

3.5 Propuesta de estrategias de conservación en la Reserva Sabia Esperanza

La Reserva Sabia Esperanza posee servicios ecosistémicos importantes para sustentar la vida de los seres vivos en especial las personas quienes viven a sus alrededores. Los recursos agua y suelo son los principales componentes del ecosistema páramo, sus funciones dan soporte a toda la flora existente y esta mantiene todos los niveles de fauna en el área.

El estudio realizado da a conocer la cantidad de carbono que tiene almacenado el páramo, por ende es necesario desarrollar estrategias de conservación que preserve este stock y fomente mayor fijación para mitigar el cambio climático, de esta

manera los recursos naturales y actores sociales podrán dar un manejo sustentable al área protegida.

Las estrategias de conservación son propuestas técnicas para el manejo y gestión asegurando el suministro de los servicios ecosistémicos que brinda la reserva a las comunidades aledañas. Además de aportar a la mitigación del cambio climático, es necesario planificar actividades que sean ejecutadas por la población beneficiaria, con el fin de mantener a largo plazo los recursos ecosistémicos que impulsaron a ser un área de conservación.

Los siguientes programas y subprogramas de manejo se establecen para fortalecer y conservar los servicios ecosistémicos de manera sustentable, generando un equilibrio entre las comunidades cercanas, el ingreso económico y la conservación de la reserva Sabia Esperanza.



Figura 111. Programas y subprogramas de conservación

3.5.1 Programa de comunicación, educación y participación ambiental

Este programa de acción tiene como propósito instituir la educación ambiental en las comunidades, mediante la comunicación y acción directa de los diferentes actores sociales que se encuentran ubicados a los alrededores de la Reserva Sabia

Esperanza. Es importante la participación e interacción entre la parroquia de San Francisco de Sigsipamba, la comunidad La Floresta, Gobierno Autónomo Descentralizado de Pimampiro y la autoridad ambiental competente, así como también entidades no gubernamentales que apoyen a la conservación de la reserva.

Objetivo general del programa de comunicación, educación y participación ambiental

Planificar y monitorear las acciones de educación, comunicación y participación ambiental que promuevan la sensibilización en la población para garantizar la conservación del área protegida.

Meta

Diseñar los contenidos de al menos tres subprogramas de educación, comunicación y empoderamiento ambiental para los pobladores del área de influencia de la Reserva Sabia Esperanza enfocado principalmente en manejo y conservación de los servicios ecosistémicos.

3.5.1.1 Subprograma de interpretación y difusión ambiental.

Este subprograma se basa en el desarrollo de tácticas comunicacionales para realzar la importancia de la conservación y uso sustentable de los recursos enfocándose a un flujo comunicacional vertical entre comuneros, turistas y personal de logística de la Reserva Sabia Esperanza.

Estrategias:

- Realizar un análisis FODA para construir procedimientos enfocados en un aprovechamiento responsable de los recursos provenientes de la reserva, principalmente el agua y su biodiversidad.
- Difundir las oportunidades de aprovechamiento responsable de los recursos naturales estimulando la generación de energías limpias, bellezas paisajísticas, avistamientos, microorganismos benéficos entre otros.
- Fomentar la dinámica entre beneficiarios y naturaleza mediante el uso de técnicas interpretativas para la conservación de los recursos naturales con aprovechamiento responsable.

3.5.1.2 Subprograma de educación y valorización de servicios ecosistémicos

Incluye acciones de valoración de servicios ecosistémicos para concientizar a la población de la importancia de la permanencia de los recursos naturales de la Reserva Sabia Esperanza.

Estrategias:

- Promover la formación de talento humano comunitario para empoderamiento de la conservación de los servicios ecosistémicos.
- Instituir conciencia ambiental en las comunidades aledañas a la reserva Sabia Esperanza para proteger los recursos que permiten el abastecimiento de los servicios ecosistémicos.

Tabla 8. Desarrollo del programa de comunicación, educación y participación ambiental

	Subprograma	Estrategias	Actividades	Tiempo Meses	Presupuesto	Responsables
<p>PROGRAMA DE COMUNICACIÓN, EDUCACIÓN Y PARTICIPACIÓN AMBIENTAL</p> <p>Objetivo General</p> <p>Planificar las acciones de educación, comunicación y participación ambiental que promuevan la sensibilización en las personas con el fin de conservar el área protegida.</p>	Subprograma de interpretación y difusión ambiental.	Realizar un análisis FODA para construir procedimientos enfocados en un aprovechamiento responsable de los recursos provenientes de la reserva, principalmente el agua y su biodiversidad.	<p>Conformar un diagnóstico de la situación actual de la reserva Sabia Esperanza.</p> <p>Establecer acuerdos de cooperación para la realización del diagnóstico y recopilación de información.</p>	12	50000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Gobierno Provincial de Imbabura ● GAD Municipal de Pimampiro ● GAD Parroquial ● Comunidad La Floresta ● Red de Bosques Privados ● Encargados del Proyecto ● Universidad Técnica del Norte
		Difundir las oportunidades de aprovechamiento responsable de los recursos naturales estimulando la generación de energías limpias, bellezas paisajísticas, avistamientos, microorganismos benéficos entre otros.	Realizar un programa de difusión de información escrita y tecnológica sobre los servicios ecosistémicos que brinda la reserva Sabia Esperanza a nivel local, regional y nacional. Divulgar información sobre la importancia del desarrollo de energías limpias.	10	70000,00	
		Fomentar la dinámica entre beneficiarios y naturaleza mediante el uso de técnicas interpretativas para la conservación de los recursos naturales con aprovechamiento responsable.	<p>Realización de talleres mediante convenios de colaboración con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.</p> <p>Interpretación de los recursos naturales mediante material didáctico (Afiches, pancartas, etc.)</p>	4	3000,00	

	Subprograma de educación y valoración de servicios ecosistémicos.	Promover la formación de talento humano comunitario para empoderamiento de la conservación de los servicios ecosistémicos.	Realización de charlas ambientales enfocadas en la conservación. Difusión de la normativa legal vigente en relación al ambiente.	3	10000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Gobierno Provincial de Imbabura ● GAD Municipal de Pimampiro ● GAD Parroquial ● Comunidad La Floresta ● Red de Bosques Privados ● Encargados del Proyecto ● Universidad Técnica del Norte
		Instituir conciencia ambiental en las comunidades aledañas a la reserva Sabia Esperanza para proteger los recursos que permiten el abastecimiento de los servicios ecosistémicos.	Organizar campañas de concientización ambiental en las comunidades aledañas a la reserva. Realizar charlas de la importancia del recurso hídrico, suelo y captación de carbono.	4	8000,00	

3.5.2 Programa de ecoturismo comunitario

El turismo es una de las herramientas potenciales para aprovechar un área protegida, por consiguiente debe ser sostenible con el fin de no poner en riesgo la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que tiene la reserva.

El turismo comunitario se enfoca en la promoción del área protegida basándose en su zonificación y en los planes de gestión de destino de Áreas Naturales Protegidas que dispone la autoridad ambiental competente (MAE, 2015).

La comunidad La Floresta mantienen como sustento económico las actividades agrícolas y ganaderas, sin embargo, mediante la implementación de programas ecoturísticos podrían diversificar sus ingresos, al mismo tiempo que fortalecen los conocimientos de conservación, por lo tanto mediante este programa se busca dialogar e interactuar con la población para implementar una actividad más a su diario vivir compartiendo su conocimiento y sus saberes ancestrales a futuros los visitantes y ser una comunidad que se ha empoderado en el cuidado de la reserva.

Objetivo general

Fomentar el conocimiento y potenciar la actividad turística sustentable, valorando los recursos naturales, fortaleciendo la interacción hombre-naturaleza de manera responsable y principalmente empoderándose de la conservación del patrimonio natural y cultural.

Meta

Crear al menos un paquete turístico con fuerte enfoque ambientalista con base de acción en circuitos, senderos, bellezas paisajísticas y zonas de acampamento.

3.5.2.1 Subprograma de diseño para senderos y rutas con realce para zonas de gran belleza paisajística.

Este subprograma permite establecer parámetros para el ordenamiento del área, vinculada al uso y manejo del turismo sustentable con la participación activa de la comunidad aledaña, ONG y GADs. La zonificación se realiza mediante la metodología del SNAP, con el fin de aportar un equilibrio entre la población, el turismo y área protegida.

Estrategias:

- Fiscalizar el área protegida para determinar los distintos usos que se le puede dar en base a sus servicios ecosistémicos, biodiversidad, características morfológicas y culturales.
- Determinar puntos estratégicos que regulen el acceso a la reserva Sabia Esperanza.
- Levantamiento de información de atractivos turísticos, principales especies de fauna y flora, recurso hídrico y áreas inaccesibles, para diseño de senderos.

3.5.2.2 Subprograma de capacitación para guías turísticos

Este subprograma consiste en fortalecer las capacidades de los guías turísticos de la Reserva Sabia Esperanza con el fin de llevar una gestión operativa del área protegida, de manera eficiente, responsable y proactiva. Contribuyendo a cumplir los objetivos de conservación y manejo de los recursos naturales, recursos humanos, materiales y financieros.

Estrategias:

- Formar guías turísticos éticos y responsables con conocimientos que les permitan desarrollar actitudes y aptitudes para lograr un desempeño eficiente en el área protegida.
- Contribuir al desarrollo de actividades turísticas en la reserva, de manera responsable, ética y eficiente.
- Establecer un plan de gestión enfocado en la capacitación constante de los guías y la suficiente generación de información para atraer la mayor cantidad de turistas.

	Subprograma	Estrategias	Actividades	Tiempo Meses	Presupuesto	Responsables
<p>PROGRAMA DE ECOTURISMO COMUNITARIO</p> <p>Objetivo general</p> <p>Fomentar el conocimiento y potenciar la actividad turística sustentable, valoración de los recursos naturales, interacción hombre-naturaleza de manera responsable y principalmente la conservación del patrimonio natural y cultural.</p>	Subprograma de diseño para senderos y rutas con realce para zonas de gran belleza paisajística	Fiscalizar el área protegida para determinar los distintos usos que se pueden dar en base a sus servicios ecosistémicos, biodiversidad, características morfológicas y culturales.	Planificación de salidas de campo con actores involucrados en la conservación de la reserva y su desarrollo sustentable. Analizar los principales servicios ecosistémicos que brinda la reserva Levantamiento de línea base de la reserva Sabia Esperanza. Revisión de cartografía base e imágenes satelitales de la reserva Planificación de salidas de campo con actores involucrados en la conservación de la reserva.	12	20000,00	<ul style="list-style-type: none"> ○ • Gobierno Provincial de Imbabura • GAD Municipal de Pimampiro • GAD Parroquial • Comunidad La Floresta • Red de Bosques Privados • Encargados del Proyecto • Universidad Técnica del Norte
		Determinar puntos estratégicos que regulen el acceso a la reserva Sabia Esperanza.	Revisión de imágenes satelitales y establecimiento de coordenadas GPS para la ubicación de puntos estratégicos en campo para el acceso a la reserva. Planificación de salidas de campo para la obtención de los puntos GPS.	6	10000,00	
		Levantamiento de información de atractivos turísticos, principales especies de fauna y flora, recurso hídrico y áreas inaccesibles, para diseño de senderos.	Creación de fichas técnicas para el reconocimiento de atractivos turísticos y servicios ecosistémicos. Determinar áreas adecuadas para el establecimiento de senderos. Proponer normas de señalización para el correcto uso de los senderos dentro de la reserva.	12	25000,00	

Tabla 9. Desarrollo del programa de ecoturismo comunitario

	Subprograma de capacitación para guías turísticos	<p>Formar guías turísticos éticos y responsables con conocimientos que les permitan desarrollar actitudes y aptitudes para lograr un desempeño eficiente en al área protegida.</p>	<p>Crear grupos multidisciplinarios para la gestión de actividades planificadas. Revisión de la normativa ambiental, código orgánico ambiental y áreas protegidas. Realizar talleres y prácticas en campo con el fin de generar protocolos de manejo de los recursos naturales presentes en la reserva. Socialización e interacción con los actores involucrados acerca de las actividades turísticas dentro de la reserva y la conservación de la misma.</p>	8	30000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Gobierno Provincial de Imbabura ● GAD Municipal de Pimampiro ● GAD Parroquial ● Comunidad La Floresta ● Red de Bosques Privados ● Encargados del Proyecto ● Universidad Técnica del Norte
		<p>Contribuir al desarrollo de actividades turísticas en la reserva, de manera responsable, ética y eficiente.</p>	<p>Cooperar en la realización de investigaciones científicas a desarrollarse dentro de la reserva. Realizar convenios con centros de investigación e instituciones educativas para adquirir conocimientos acerca de los recursos naturales y principales servicios ecosistémicos presentes en la reserva.</p>	10	15000,00	
		<p>Establecer un plan de gestión enfocado en la capacitación constante de los guías y la suficiente generación de información para atraer la mayor cantidad de turistas.</p>	<p>Determinar las actividades a efectuarse durante un año en la reserva. Conocer la dinámica entre la población, visitante y ambiente, con el fin de crear actividades que promueva la investigación científica y el turismo responsable. Generar un turismo de naturaleza mediante la observación de flora y fauna in-sitú de la reserva Sabia Esperanza.</p>	8	50000,00	

3.5.3 Programa de manejo de biodiversidad

Este programa busca manejar los recursos naturales y la biodiversidad dentro del área protegida con el fin de salvaguardar a través de la investigación biológica, el monitoreo de especies prioritarias y la implementación de proyectos específicos de acuerdo a las necesidades de las áreas (MAE, 2015).

La Reserva Sabia Esperanza consta de una gran diversidad tanto en flora como en fauna, para establecer un programa de manejo de biodiversidad eficiente será necesario caracterizar geográficamente todo la zona y sistematizar la presencia de la flora y fauna, determinar correctamente los riesgos y las oportunidades. Una estrategia de conservación de gran importancia, puesto que la zona es el hábitat de especies bandera tales como el oso andino y el tapir, y a su vez están presentes especies vegetales de vital importancia para la conservación del recurso hídrico tales como frailejones, almohadillas, orquídeas entre otras, será realzar lo poco o nada intervenido que se encuentra esta reserva y que la presencia de turistas no irrumpa este equilibrio.

Objetivo general del programa de manejo de biodiversidad

Establecer acciones que promuevan la conservación y manejo de la biodiversidad, para garantizar la integridad de los ecosistemas y mantener los servicios ambientales generados por la misma.

Meta

Diseñar una base de datos de las principales especies clave con el fin de salvaguardar su hábitat y su desarrollo dentro del mismo permitiendo un equilibrio ambiental entre ser humano, flora y fauna presente en el área.

3.5.3.1 Subprograma de monitoreo de biodiversidad

Este subprograma dará seguimiento con actividades de observación y medición que permitan evaluar cambios y tendencias en las especies claves. Conociendo el grado de conservación y degradación que posee el área e implementado acciones que contrarresten aquellas que la están degradando.

Estrategias:

- Establecer programas de monitoreo de especies de fauna y flora que permitan conocer el estado de conservación del ecosistema con apoyo de la comunidad, investigadores y estudiantes.
- Realizar el levantamiento de línea base de flora y fauna representativa de la reserva Sabia Esperanza.

3.5.3.2 Subprograma de conservación de la biodiversidad

Este subprograma se fundamenta en la necesidad de conservar la riqueza natural que posee la reserva Sabia Esperanza, conociendo el estado actual de los ecosistemas y especies de flora y fauna mediante el manejo y conservación del área. De manera que, permita realizar actividades eficientes en la protección integral de la biodiversidad relacionadas con el cambio climático y los recursos naturales.

Estrategias:

- Identificar áreas críticas o vulnerables y localidades que sean de prioridad para la conservación, principalmente zonas de amortiguamiento que necesiten ser intervenidas con reforestación, regeneración y reintroducción de especies.
- Determinar las principales amenazas y presiones a las que está sometida la reserva Sabia Esperanza.
- Establecer proyectos de investigación basados en la conservación de la biodiversidad contribuyendo en la mitigación del cambio climático.

3.5.3.3 Subprograma de manejo de los recursos naturales

Integra actividades relacionadas al mantenimiento y manejo de los servicios ecosistémicos presentes en la reserva Sabia Esperanza, potenciando el recurso hídrico y los páramos como principales sumideros de carbono, con el propósito de proteger y asegurar la provisión de agua para las actividades de la población.

Estrategias:

- Difundir los valores ambientales, conocimientos científicos y técnicos generados en la reserva Sabia Esperanza.
- Divulgar la importancia de los páramos como principales sumideros de carbono y fuente captación, almacenamiento y distribución del recurso hídrico.
- Planificar actividades encaminadas a restablecer el equilibrio entre los ecosistemas.
- Promover el pago de servicios ambientales generados por el páramo en la reserva Sabia Esperanza.

Tabla 10. Desarrollo del programa de manejo de biodiversidad

	Subprograma	Estrategias	Actividades	Tiempo Meses	Presupuesto	Responsables
<p>PROGRAMA DE MANEJO DE BIODIVERSIDAD</p> <p>Objetivo General</p> <p>Establecer acciones que promuevan la conservación y manejo de la biodiversidad, para garantizar la integridad de los ecosistemas y mantener los servicios ambientales generados por la misma.</p>	<p><i>Subprograma de monitoreo de biodiversidad</i></p>	<p>Establecer programas de monitoreo de especies de fauna y flora que permitan conocer el estado de conservación del ecosistema con apoyo de la comunidad, investigadores y estudiantes.</p>	<p>Acordar proyectos de investigación en pro de la conservación de la reserva Sabia Esperanza.</p> <p>Establecer protocolos de monitoreo para la obtención de datos comparables del estado que se encuentra la flora y fauna en la reserva.</p> <p>Realización de tomas de muestras de las especies sobresalientes de flora presentes en la reserva, de forma periódica.</p> <p>Firma de convenios de cooperación con gobiernos locales y ONGs, con el fin de profundizar y actualizar el conocimiento de la dinámica de especies.</p>	12	50000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Gobierno Provincial de Imbabura ● GAD Municipal de Pimampiro ● GAD Parroquial ● Comunidad La Floresta ● Red de Bosques Privados ● Encargados del Proyecto ● Universidad Técnica del Norte
		<p>Realizar el levantamiento de línea base de flora y fauna representativa de la reserva Sabia Esperanza.</p>	<p>Muestreo y monitoreo de las principales especies de flora y fauna como indicadores del estado del ecosistema.</p> <p>Creación de una base de datos para el registro de especies mensual.</p> <p>Registro fotográfico de las especies encontradas en la reserva.</p>	12	60000,00	
	<p><i>Subprograma de conservación de la biodiversidad</i></p>	<p>Identificar áreas críticas o vulnerables y localidades que sean de prioridad para la conservación, principalmente zonas de amortiguamiento que necesiten ser intervenidas</p>	<p>Elaborar un mapa estableciendo las principales áreas críticas o vulnerables de la reserva Sabia Esperanza.</p> <p>Reconocimiento de las zonas de amortiguamiento presentes en la reserva.</p>	7	20000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Gobierno Provincial de Imbabura ● GAD Municipal de Pimampiro ● GAD Parroquial

		con reforestación, regeneración y reintroducción de especies.	Revisión de cartografía en la línea de tiempo de la reserva hasta la actualidad.			
		Determinar las principales amenazas y presiones a las que está sometida la reserva Sabia Esperanza.	Análisis FODA de la reserva Sabia Esperanza. Realización de encuestas y talleres de las principales actividades desarrolladas por la población aledaña a la reserva. Registro fotográfico de las principales actividades antrópicas que se dan en el área.	6	15000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Comunidad La Floresta ● Red de Bosques Privados ● Encargados del Proyecto ● Universidad Técnica del Norte
		Establecer proyectos de investigación basados en la conservación de la biodiversidad contribuyendo en la mitigación del cambio climático.	Promoción de convenios de cooperación con centros educativos y de investigación. Determinar actividades de investigación que promuevan el desarrollo de los proyectos. Desarrollo de facilidades para los investigadores que acudan a realizar sus proyectos en la reserva Sabia Esperanza.	12	20000,00	
	<i>Subprograma de manejo de los recursos naturales</i>	Difundir los valores ambientales, conocimientos científicos y técnicos generados en la reserva Sabia Esperanza.	Realización de campañas y material didáctico con el fin de dar a conocer las investigaciones realizadas en la reserva y sus valores ambientales. Talleres del potencial de la reserva como área de investigación y valor ambiental que posee. Crear información acerca de la reserva impulsando las investigaciones realizadas, a través de medios de comunicación y redes sociales.	6	20000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Gobierno Provincial de Imbabura ● GAD Municipal de Pimampiro ● GAD Parroquial

		Divulgar la importancia de los páramos como principales sumideros de carbono y fuente captación, almacenamiento y distribución del recurso hídrico.	Elaboración de proyectos acerca de los páramos como principales sumideros de carbono y fuentes del recurso hídrico. Capacitar al personal de apoyo de la reserva acerca de la importancia de los páramos	12	30000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Comunidad La Floresta ● Red de Bosques Privados ● Encargados del Proyecto ● Universidad Técnica del Norte
		Planificar actividades encaminadas a restablecer el equilibrio entre los ecosistemas.	Determinar actividades enfocadas entre la conservación, la utilización de los recursos naturales y su integración. Realizar observaciones a largo plazo, que permitan evaluar el equilibrio entre los ecosistemas. Concientizar a la población acerca de los ecosistemas degradados en la reserva.	12	25000,00	
		Promover el pago de servicios ambientales generados por el páramo en la reserva Sabia Esperanza.	Generar información científica de los servicios ecosistémicos. Dar a conocer a la autoridad competente acerca de la importancia de conservar y mantener la reserva. Coordinar convenios y acuerdos de cooperación para la protección de cuencas hidrográficas y sumideros de carbono.	12	60000,00	

3.5.4 Programa de operaciones económicas

Se enfoca en los procesos de planificación de manera participativa, las mismas que deben dar seguimiento a las actividades de control y vigilancia, garantizando la integridad y la conservación de los recursos naturales, dentro del área protegida. Cumpliendo con la normativa ambiental vigente (MAE, 2015).

En la Reserva Sabia Esperanza es necesario dar seguimiento de las actividades de control y vigilancia, así como también el ingreso económico mediante el establecimiento de lineamientos generales del manejo y administración de la misma, en beneficio de la población para mejorar su calidad de vida a través de los servicios ecosistémicos.

Objetivo general programa de operaciones económicas

Planificar actividades de control y vigilancia de la reserva con el fin de conservar y generar aprovechar oportunidades económicas para la comunidad.

Meta

Implementar un plan estratégico para cuidar y proteger los recursos naturales de la reserva Sabia Esperanza, administrando controlando y vigilando de forma adecuada los recursos económicos, ambientales y sociales, alcanzando un consenso de todos los actores involucrados a la conservación.

3.5.4.1 Subprograma de administración

Este subprograma comprende la administración de los recursos financieros y naturales de la reserva Sabia Esperanza, así como el manejo del personal a cargo del cuidado del área y convenios con ONG.

Estrategias

- Incorporar a la mayoría de la población de la zona de influencia de la reserva Sabia Esperanza, entre instituciones, asociaciones y dirigentes, a favor del desarrollo del área protegida.
- Dar seguimiento a la ejecución de los planes anuales y convenios de cooperación externa, establecidos para la conservación de la reserva Sabia Esperanza.

- Aplicar normas técnicas para el manejo y administración de la reserva.

3.5.4.2 Subprograma de control y vigilancia.

Comprende actividades de control y vigilancia con el objetivo de preservar los procesos ecológicos y conservar los recursos naturales. Cumpliendo leyes, reglamentos y resoluciones que se den en la administración del área protegida de la reserva, evitando el daño de los recursos naturales y a su vez servicios ecosistémicos.

Estrategias:

- Prevenir e impedir acciones que atenten la integridad de los recursos naturales en la reserva.
- Realizar recorridos de control dentro del área impidiendo la cacería, incendios, actividades agropecuarias en zonas que atenten la integridad de la reserva, degradación de recursos naturales e invasión del área.
- Generar informes y registros fotográficos de los controles.

	Subprograma	Estrategias	Actividades	Tiempo Meses	Presupuesto	Responsables
<p>PROGRAMA DE OPERACIONES</p> <p>Objetivo General</p> <p>Planificar actividades de control y vigilancia de la reserva con el fin de conservar y generar ingresos económicos para la comunidad aledaña</p>	<i>Subprograma de administración</i>	Incorporar a la mayoría de la población de la zona de influencia de la reserva Sabia Esperanza, entre instituciones, asociaciones y dirigentes, a favor del desarrollo del área protegida.	Realizar una asamblea de la importancia de la conservación del área y de sus servicios ecosistémicos. Acoger las sugerencias de la asamblea Generar una base de datos registrando el personal interesado en la conservación de la Reserva Sabia Esperanza. Comunicar al público la regulación ambiental e inmiscuir al turista nacional e internacional.	6	25000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Gobierno Provincial de Imbabura ● GAD Municipal de Pimampiro ● GAD Parroquial ● Comunidad La Floresta ● Red de Bosques Privados ● Encargados del Proyecto ● Universidad Técnica del Norte
		Dar seguimiento a la ejecución de los planes anuales y convenios de cooperación externa, establecidos para la conservación de la reserva Sabia Esperanza.	Revisión de informes mensuales del monitoreo de actividades. Asegurar los convenios de cooperación externa, nacionales e internacionales. Realizar auditorías internas de la administración y ejecución de planes anuales.	12	20000,00	
		Aplicar normas técnicas para el manejo y administración de la reserva.	Crear normas ambientales que regulen las actividades de investigación y turismo dentro de la reserva. Establecer una base administrativa en relaciona a los ingresos y egresos de la reserva. Ejecutar las normas técnicas ambientales en las investigaciones científicas.	12	15000,00	

Tabla 11. Desarrollo de programa de operaciones					
<i>Subprograma de control y vigilancia</i>	Prevenir e impedir acciones que atenten la integridad de los recursos naturales en la reserva.	Organizar grupos de vigilancia, en los linderos de la reserva. Establecer señalética ambiental de información en sectores estratégicos de la reserva. Difundir las actividades permitidas dentro de la reserva. Dar cumplimiento de las sanciones respectivas por violación a la integridad del recurso natural.	12	25000,00	<ul style="list-style-type: none"> ● Gobierno Provincial de Imbabura ● GAD Municipal de Pimampiro ● GAD Parroquial ● Comunidad La Floresta ● Red de Bosques Privados ● Encargados del Proyecto ● Universidad Técnica del Norte
	Realizar recorridos de control dentro del área impidiendo la cacería, incendios, actividades agropecuarias en zonas que atenten la integridad de la reserva, degradación de recursos naturales e invasión del área.	Planificar salidas quincenales dentro de la reserva. Revisar los límites de la reserva con el fin de evitar el avance de la frontera agrícola. Controlar el ingreso de armas a la reserva, con el fin de salvaguardar la integridad de la fauna presente en la misma. Evitar la extracción de flora y fauna de la reserva. Realizar mingas de limpieza del sendero y zona de camping.	12	20000,00	
	Generar informes y registros fotográficos de los controles.	Generar informes y registros fotográficos mensuales de las cuencas hidrográficas. Realizar análisis de calidad de agua mensualmente, para el control del estado de la misma.	12	30000,00	

3. 6 Discusión

Para evaluar el contenido de carbono en la biomasa de páramo se tomó como referencia el protocolo de monitoreo de contenidos y flujos de carbono en gradientes altitudinales altoandinos, el cual propone la metodología para la cuantificación y monitoreo de carbono. Según Sklenár (2000), manifiesta que la vegetación arbustiva se ubica en la zona de subpáramo y es una combinación de árboles, arbustos y pajonales siendo más sobresaliente los géneros; *Polystichum*, *Hypericum*, *Buddleja*, mientras que el páramo herbáceo está representado por pajonales y géneros representativos como *calamagrostis*, *Espeletia*, *Blechnum* y *festuca*. Lo mencionado concuerda con la vegetación que fue identificada en la reserva Sabia Esperanza en donde predominan *Blechnum loxense*, *Espeletia pycnophylla*, *Hypericum irazuense* dentro de las parcelas de muestreo. Se ha realizado estudios aplicando esta metodología en los componentes de biomasa, necromasa y suelo expresado en TonC/ha.

De esta manera se asume que la biomasa en el estrato arbustivo va a ser mayor que el pajonal debido a su vegetación. En la Reserva Sabia Esperanza se cuantificó 13,86 t/ha de biomasa en el estrato de pajonal y 172,58 Ton bio/ha en el arbustivo, tiene relación con el estudio realizado en la Reserva ecológica Yanacocha donde determino 6,55 Ton bio/ha y 3,275 Ton C/ha en páramo ya que a mayor altitud menor cantidad de Biomasa y necromasa (Albán & Granda, 2013). Esto tiene reciprocidad con el contenido de carbono en la reserva, dado que existe 6,93 TonC/ha en biomasa del páramo pajonal y en el estrato arbustivo posee 86,29 TonC/ha en el mismo componente. Esta información tiene diferencia con el estudio realizado en el Parque Nacional Podocarpus que posee en páramo herbáceo 4,27 tonC/ha en la fitomasa y en el arbustivo 7,08 TonC/ha. (Eguiguren et al., 2015) Estos resultados también tienen relación con estudios realizados en los páramos de Suramérica quienes manifiestan que el carbono presente en la biomasa varía entre los 13,21 Ton/ha y 183 Ton/ha (Castañeda, 2017).

Otros autores determinaron 159,05 TonC/ha en el páramo arbustivo y 116,18 TonC/ha en el páramo herbáceo, estudio realizado en el Parque Nacional Yacuri. Sin embargo esta cantidad de Carbono almacenado tiene diferencia con Sabia Esperanza en el estrato pajonal quienes mencionan que es importante al momento

de cuantificar carbono, muestrear y monitorear la vegetación (Ayala et al., 2014). De esta manera asumimos que la diferencia depende de las formaciones vegetales que posee el área de estudio, así como también factores ambientales (temperatura, precipitación, altitud entre otras).

En relación a la vegetación que presenta la reserva Sabia Esperanza, se estimó el contenido de humedad en la biomasa siendo representativo el estrato de pajonal con un 89,79% debido a la gran cantidad de agua que retiene, mientras que el estrato arbustivo posee bajo porcentaje de contenido de humedad con un 79,90%. Según Ruiz (2018), establece que las precipitaciones para los estratos de páramo son variadas presentando al estrato arbustal con 1196,43 mm/año y al herbazal de páramo con 1248,96 mm/año, lo que demuestra la razón de mayor contenido de humedad en pajonal. Por lo cual, en otras áreas de humedal como es el caso de la reserva ecológica “El Ángel” según un estudio realizado demuestra que en áreas conservadas de pajonal es mayor el porcentaje de retención de contenido hídrico obteniendo así un 54% de almacenamiento de agua, a diferencia de áreas arbustivas o de almohadillas y tapetes (Herrera, Chamorro, Gonzales & Palacios, 2017).

Es importante mencionar que la vegetación es un indicador de contenido de carbono y contenido de humedad, ya que si se encuentra mayor biomasa habrá mayor fijación de CO₂ mediante el proceso biológico que realiza la planta y mayor contenido de humedad dependiendo de la capacidad de absorción de agua. Referente a los estudios que se han realizado en ecosistemas de páramo independientemente de su altitud demuestran que son capaces de fijar o almacenar carbono y agua en su cobertura vegetal, por ende, es importante su conservación y buen manejo del área protegida, Sabia Esperanza en su mayoría es un área intacta que merece ser conservada, siendo un ecosistema óptimo para conservar su vegetación ya que forestar traería consecuencias a los servicios ambientales que brinda el páramo.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La reserva Sabia Esperanza posee la mayor superficie de páramo arbustivo con parches de pajonal perteneciendo a la zona de subparamo por su altitud. Presenta formaciones vegetales con una mezcla de árboles, arbustos y hierbas permitiendo que el páramo se convierta en uno de los principales ecosistemas naturales de los Andes como proveedor de servicios ecosistémicos.
- En la cobertura vegetal del páramo se encontró especies representativas pertenecientes a las familias: Alstromereaceae, Asteraceae, Blechnaceae, Cyperaceae, Equiseteaceae, Hypericaceae, Lycopodiaceae, Myrtaceae, Orquidaceae y Poaceae. Demostrando su diversidad florística en 1000m² de muestreo.
- En el área de estudio se determinó 186,44 Ton/ ha de biomasa y 129,77 Ton/ha de necromasa en las áreas homogéneas, estadísticamente el páramo pajonal es altamente significativo en biomasa en relación a necromasa debido a un alto porcentaje de contenido de humedad que posee.
- El contenido de carbono presente en la reserva Sabia Esperanza es mayor en el estrato arbustivo con 86,29 TonC/ha a diferencia que el pajonal que posee 6,93 TonC/ha en relación a la biomasa. Por consiguiente se concluye la importancia del páramo como sumidero de carbono en ambos estratos dentro de la reserva factor clave para que se siga conservando.

4.2 Recomendaciones

- Realizar en campo la cuantificación de la vegetación herbácea y arbustiva existente dentro de la parcela o subparcela con el fin de calcular el porcentaje total que está dentro del bosque en la zona de transición y extrapolar a toda el área, para conocer la cantidad total de CO₂ en el área de estudio.
- Se recomienda realizar estudios enfocados en la flora y fauna presente en la reserva Sabia Esperanza, como levantamiento de línea base para obtener información de las especies que se pueden encontrar en esta área y sus posibles usos.
- Proponer proyectos sustentables a la comunidad aledaña a la reserva con el fin de proporcionar una mejor calidad de vida a sus pobladores, mediante el cuidado y protección de la naturaleza
- Establecer convenios de cooperación nacional e internacional con el fin de conservar y valorar los recursos naturales, así como los servicios ecosistémicos que brinda la reserva, de acuerdo a la normativa ambiental vigente del Ecuador.

REFERENCIAS

- Aguirre, C., Vizcaíno, M. (2010). Aplicación de Estimadores Estadísticos y Diseños Experimentales en Investigaciones Forestales. Universidad Técnica de Norte. Ibarra, Ecuador.
- Ayala, L., Villam M., Aguirre, Z., Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincia de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. CEDAMAZ. Vol. 4. N° 1 pp 45-52
- Albán, E., Granda, J. (2013). Determinación del contenido de carbono en la biomasa aérea del páramo de la Reserva Ecológica Yanacocha. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
- Barboza, O. (2013). *Calentamiento Global: “La máxima expresión de la civilización petrofósil”*. Revista del CESLA, núm. 16,2013, pp.35-68. Uniwersytet Warszawski Varsovia, Polonia.
- Bravo,N.(2017). Teledeteccion espacial: Landsat, Sentinel2, Aster L1T, y Modis. Facultad de Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Becerra, M., Mance, H. (2009). Cambio climático: lo que está en juego. Foro Nacional Ambiental. Primera Edición. Bogotá, Colombia.
- Brewer, C., Monty, J., Johnson, A., Evans, D. & Fisk, H. (2011). Forest carbon monitoring; A review of select and carbon measurement tools for REDD+.RSAC- 10018-RPT1.Salt Lake City, UT: U.S. Department of Service, Remote Sensing Applications Center.35 p.
- Buytaert, W. (2004). The properties of the soils of the south Ecuadorian páramo and the impact of land use changes on their hydrology. Ph.D. thesis,

Faculty of Agriculture and Applied Biological Sciences. Katholieke Universiteit. Leuven.

Calderón, M., Romero-Saltos, H., Cuesta, F., Pinto, E., Báez, S. (2013). Monitoreo de contenidos y flujos de carbono en gradientes altitudinales. Protocolo 1 - Versión 1. CONDESAN/COSUDE: Quito, Ecuador.

Castañeda, A., Montes, C. (Enero-Junio, 2017). Carbono almacenado en páramo andino. En: Entramado. Vol. 13 no. I. p 210-221. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1804/etremado.2017v13n1.25112>

Cunalata, C., Inga, C., Álvarez, 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 llinllin en Ecuador. Bol. Grupo Español Carbón N° 27. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

Cascante, M. (2008). Guía para la Recolecta y Preparación de Muestras Botánicas. Museo Nacional de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Coppus, R. Endara, M. Nonhebel, V. Mera, S. León Yáñez, P. Mena Vásconez, J. Wolf & R.G.M. Hofstede. (2001). El estado de salud de algunos páramos del Ecuador: Una metodología de campo. Pp. 219-240 En: Mena, P., G. Medina y R.G.M. Hofstede (eds.). Los páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.

Comisión Europea (2006). El cambio climático. Comunidades Europeas, Dirección General de Medio Ambiente. Luxemburgo.

De Bievre, B. Iñiguez, V. Buytaert. W. (2011). Hidrología del páramo: Importancia, propiedades y Vulnerabilidad. En: P. Mena Vásconez, J. Campaña A. Castillo, S. Flores, R. Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa

y D. Ortiz (Eds.). Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. Eco Ciencia/Abya Yala/ECOBONA. Quito.

Eynden Mvd. (2011). Effects of fire history on species richness and carbon stocks in a Peruvian puna grassland, and development of allometric equations for biomass estimation of common puna species. Norwegian University of Life Sciences.

Eguiguren. P., Santín, A., Vidal E Aguirre N. (2015). Reservorios de carbono en los páramos del Parque Nacional Podocarpus: en Aguirre et al. Cambio climático y Biodiversidad; Estudio de caso de los páramos del Parque Nacional Podocarpus, Ecuador. Programa de biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. PP 211-224

Fonseca, G. Alice, G. & Rey, B. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. Bosque (Valdivia), 30(1), 36-47.

Gallegos, M. (2012). Análisis mercado de Carbono en Ecuador. Recuperado de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2012/magg.html>

Gómez, M., Danglot, C., Vega, L. (2013). Cómo seleccionar una prueba estadística (Segunda parte). Revista Mexicana de Pediatría. Vol. 80, Núm. 2. Estado de México.

Gonzáles, F. Ruiz, J. & Acosta, F. (2015). Tutorial de teledetección espacial. Telecan. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Herrera, M. Chamorro, S. Gonzáles, M. &Palacio, T. (2017). Almacenamiento de agua y fijación de carbono en la reserva ecológica El Angel y su impacto en el uso del suelo. Universidad Central del Ecuador. Figempa, Vol (2). Quito-Ecuador.

Hofstade, R. Calles, J. López, V. Polanco, R. Torres, F. Ulloa, J. Vásquez, A. Cerra, M. (2014). Los páramos Andinos ¿Qué sabemos? Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramos. UICN, Quito, Ecuador.

Iñiguez, V. (2003). Balance hídrico de microcuencas de páramo. Tesis pregrado, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería. Cuenca.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2002). Cambio Climático y Biodiversidad, Documento Técnico V del IPCC. Recuperado de: <https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-chang-biodiversity-sp.pddf>

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). Glosario [(Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Quin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K.Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V.Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y New York, NY, Estados Unidos de América.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2014). Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad- Responsables de políticas. Contribución del grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio climático Field, et al. (eds).Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 pag. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf

- Ki-moon. (17 de Agosto 2009). Cambio Climático. Naciones Unidas y El Cambio Climático. Recuperado de: http://www.cinu.mx/minisitio/cambio_climatico/
- Lessard, R. Gignac, D. & Rochette, P. (2005). El ciclo del Carbono: Midiendo el Flujo del CO₂ del suelo. Measurement of soil respiration in situ: chamber techniques. Agricultural System, Monografía ASA, N°47 pp. 247-286. American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Llambi, L. Soto-W, R. Celleri, B. De Biere, B. Ochoa. Borja, P. (2012). Ecología hidrología y suelos de páramo. Proyecto páramo andino. 282 p. CONDESAN. Quito, Ecuador.
- Llanos, A. & Escandón, J. (2016). Almacenamiento de Carbono en el suelo bajo tres tipos de cobertura vegetal en los páramos andinos en la Cuenca del Río Paute. Universidad De Cuenca Facultad De Ciencias Agropecuarias. Carrera De Ingeniería Agronómica. Cuenca, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). Metodología de Gestión de Destino de Áreas naturales protegidas. Quito Ecuador.
- Medina, G. & P. Mena. (2001). Los páramos del Ecuador. Pp. 1-23 En: Mena, P., G. Medina & R.G.M. Hofstede (eds.). Los Páramos del Ecuador. Proyecto Páramo y Abya Yala, Quito.
- Medina, G. Mena, P. & C. Josse (Eds.). (1999). El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. Serie Páramo 1. GTP/Abya Yala. Quito.
- Mena, V., Hofstede. R. (2006). Los páramos ecuatorianos. Botánica económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 91-109.

- Mena, V. Castillo, A. Flores, R Hofstede, C. Josse, S. Lasso, G. Medina, N. Ochoa y Ortiz, D. (Eds.). (2011). Páramo. Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado. Eco Ciencia/Abya Yala/ECOBONA. Quito.
- Nafus AM, McClaran MP, Archer SR, Throop HL. (2009). Multispecies allometric models predict grass biomass in semidesert rangeland. *Rangeland Ecology & Management* 62: 68-72.
- Nebell, B. (1999). “Ciencias Ambientales”, Ecología y desarrollo Sostenible, Sexta Edición. México, Prentice Hall Hispanoamericana.
- Luteyn, J. L. (1999). *Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and geobotanical literature*. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 84.
- Oliva, M., Pérez, R., Salas, R., Gamarra, O., Leiva, S., Collazos, R. & Quintana, M. (2017). Cuantificación del área de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata y su potencial como reserva de carbono.
- Penman J, et al. (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme.
- Pike, H. (2013): Drone journalism: worth exploring [En línea] Recuperado de: <http://thekjr.kingsjournalism.com/?p=14896>
- PLANET. (2016). Planet imagery product specification: Planetscope & Rapideye. Recuperado de: https://www.planet.com/products/satellite-imagery/files/1610.06_Spec%20Sheet_Combined_Imagery_Product_Letter_ENGv1.pdf

PNUMA (2009). Cambio Climático en América Latina y Caribe. Naciones Unidas y El Cambio Climático. Recuperado de: http://www.cinu.mx/minisitio/cambio_climatico/las_huellas_en_america_latina/

Rodríguez, M. (2009). Ingeniería y medio ambiente. Dossier.

Ruiz, G. (2018). Valoración de la Disponibilidad Hídrica para la conservación de La Reserva Sabia Esperanza, en la Microcuenca del Río Mataquí. Instituto de Postgrado. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.

Serrano, D., Galárraga, R. (2015). El páramo andino: características territoriales y estado ambiental. Aportes interdisciplinarios para su conocimiento. Estudios geográficos pp. 369-393

Slik, J., Aiba, S., Brearley, F., Cannon, C., Forshed, O., Kitayama, K., & Poulsen, A. (2010). Environmental correlates of tree biomass, basal área, Wood specific gravity and stem density gradients in Borneo's tropical forests. *Global Ecology and Biogeography*. 19(10). Pp 50-60.

Sklenár, P. (2000). Vegetation ecology and phylogeography of Ecuadorian superparamos. Ph.D. dissertation

Spracklen, D. Righelator, R. (2014). Tropical montane forests are a larger than expected global carbon store. In: *Biogeosciences*. 11(10), pp, 2741-2754

Ullricht, S. Londoño, P. (2017). Protocolo para Investigación sobre pirolisis de biomasa. Universidad Central del Ecuador. Quito

Unión Europea. (2011). *Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad hasta 2020*. Medio Ambiente. Luxemburgo

Watson, R. Noble, B. Bolin, N. Ravidranath, D. Verardo & Dokken D. (2000). Land use, land-use change, and forestry. Special Report of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37:29-37 p.

Zabaleta, E.S., M.R. Shaw, N.R. Chiariello et al. (2003). Grassland responses to three years of elevated temperature, CO₂, precipitation and N deposition. *Ecological Monographs* 73: 585-604.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de secado de muestras de Necromasa por estrato de páramo de la Reserva Sabia Esperanza

Estrato	Número de Parcela	Peso fresco [g]	Peso estabilizado [g]	CH(Contento de Humedad) [%]
Pajonal	1	335	23,12	93,10
	2	645	76,33	88,17
	3	470	49,17	89,54
	4	210	34,03	83,80
Arbustivo	5	1390	210,33	84,87
			163,02	88,27
	6	895	208,06	76,75
	7	425	52,35	87,68
	8	415	131,50	68,31
	9	655	154,89	76,35
	10	760	238,35	68,64

Anexo 2. Tabla de secado de muestras de Biomasa por estrato de páramo de la Reserva Sabia Esperanza

Estrato	Número de Parcela	Peso Fresco [g]	Peso Estabilizado	Ch(Contento De Humedad) [%]
Pajonal	1	710	126,43	82,20
	2	955	183,08	80,80
	3	440	96,28	78,10
	4	535	74,75	86,00
Arbustivo	5	1540	157,30	89,80
			254,44	83,50
	6	1445	125,37	91,30
			163,15	88,70
	7	715	192,89	73,00
	8	600	183,69	69,40
9	735	150,16	79,60	
	10	985	158,12	83,90
220,76			77,60	

Anexo 3. Parcelas de muestreo en ecosistema de Páramo pajonal en la Reserva Sabia Esperanza.



Anexo 4. Parcela de Muestreo de 10 x 10 m en estrato pajonal.



Anexo 5. Establecimiento de subparcelas de 50 x 50 cm.



Anexo 6. Recolección de biomasa dentro de la subparcela en estrato de pajonal



Anexo 7. Recolección de necromasa en estrato de paramo pajonal.



Anexo 8. Parcelas de muestreo en ecosistema de Páramo arbustivo en la Reserva Sabia Esperanza.



Anexo 9. Establecimiento de Parcela de 10 x 10 m en estrato arbustivo.



Anexo 10. Recolección de Necromasa dentro de la subparcela de 50 x 50 cm. del estrato arbustivo



Anexo 11. Recolección de Biomasa dentro de la subparcela en estrato arbustivo



Anexo 12. Pesaje de muestras en Campo



Anexo 13. Secado de muestras en laboratorio



Anexo 14. Muestras secas en Laboratorio



Anexo 15. Extrapolación de datos de Biomasa, Necromasa y Carbono en áreas homogéneas.

