



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”

AUTORAS

Angela Yesenia Carrera Yandún
Sofía Nataly Guachi Araque

DIRECTOR

Dr. Juan Carlos García PhD

ASESORES

Msc. José Guzmán
Msc. Franklin Sánchez
Ing. María Vizcaíno

**Ibarra – Ecuador
2018**

Lugar de investigación: Reserva Sabia Esperanza-Pimampiro-Ecuador

HOJA DE VIDA



APELLIDOS: CARRERA YANDÚN

NOMBRES: ANGELA CARRERA

C. CIUDADANÍA: 10364067-7

TELÉFONO CELULAR: 0990350984

CORREO ELECTRÓNICO: carrera_yandun@hotmail.com

DIRECCIÓN: Ibarra - Imbabura

FECHA DE DEFENSA DE TRABAJO DE GRADO: 04 de octubre del 2018

HOJA DE VIDA



APELLIDOS: GUACHI ARAQUE

NOMBRES: SOFÍA NATALY

C. CIUDADANÍA: 100311724-7

TELÉFONO CELULAR: 0998102081

CORREO ELECTRÓNICO: sonataly93@gmail.com

DIRECCIÓN: San Pablo – Imbabura

FECHA DE DEFENSA DE TRABAJO DE GRADO: 04 de octubre de 2018

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

Angea Carera*, Sofía Guachi*1, Juan García1

1Universidad Técnica del Norte

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales Av. 17 de julio 5-21

y José Córdova,

Ibarra-Ecuador Teléfono: 00593-6-2997800

*Autor correspondiente: e-mail: carrera_yandun@hotmail.com, sonataly93@gmail.com

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 como caso de estudio, es un área intacta que está siendo afectada en sus alrededores por el avance de la frontera agrícola y desvalorización de sus recursos naturales. 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 de 10 x 10 m y subparcelas de 50 x 50 cm para el muestreo de biomasa y necromasa en relación al área de estudio. Para conocer la cantidad de biomasa total en áreas homogéneas, se utilizó la extrapolación de datos, obteniendo 13,86 Ton/ha de biomasa y 6,93 TonC/ha en 288,47 ha de páramo pajonal, mientras que en 1074,67 h. de páramo arbustivo se estimó 172,58 Ton/ha de biomasa y 86,29 TonC/ha. Además, se evaluó el contenido de humedad en 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 este habitat.

Palabras clave: Páramo, sumidero de carbono, servicios ecosistemicos, biomasa y 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. Sabia Esperanza Lodge as a case study is considered as intact area that in its surroundings, the expansion of agriculture is expanding and causing the reduction of its natural resources and ecosystems perturbation. This research is focused on evaluating carbon fixation by estimating biomass in the Andean moorlands. The methodology proposed by Condensan 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, according to the study area. In order to evaluate the amount of total biomass in homogeneous areas, extrapolation of data was used estimating 13,86 Ton/ha biomass and 6,93 TonC/ha in 288,47 ha of pajonal moorland, while in 1047,67 ha of shrub moorland was quantified 172,58 Ton/ha of biomass and 86,29 TonC/ha. In addition, moisture content was obtained in pajonal 81,79% and shrub 79,90%, two principals values of the ecosystem services provided by the Andean moorland such as carbon sink and water source. Then, conservation strategies were elaborated for the improvement of management of this habitat.

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

INTRODUCCIÓN

El páramo es un ecosistema natural sobre el límite de bosque cerrado, considerándose muy frágil a los cambios en el uso del suelo, con un 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 no solo en su cubierta vegetal sino también en la materia orgánica del suelo (Cunalata, et al, 2013; Ayala et al., 2014).

Clasificando en amplias zonas altitudinales, el páramo posee tipos de vegetación; subparamo, páramo y superparamo, por consiguiente, el subparamo es la zona de transición entre el bosque montano y el páramo verdadero, el superparamo es la zona de transición del páramo verdadero y las nieves perpetuas (Mena et. al. 2011). En la zona de transición entre bosque montano y paramo se encuentran árboles, arbustos y pajonales entre ellas *Hypericum*, *Polystichum*, *Gynoxis*, *Buddleja*, la zona de paramo está cubierta por generos *Calamagrostis*, *Festuca*, *Espeletia*, helecho *Blenchnum loxense*, en el superparamo encontramos especies como *Xenophyllum rigidum*, *Pernettya próstata*, *Azorella pedunculata*, *Calcutum* (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 y escasa presencia humana, hace que el agua sea de excelente calidad, siendo consumida como agua de uso doméstico, uso agrícola y producción de energía. Otro servicio ambiental que brinda el páramo es el suelo, en consecuencia, del clima frío y húmedo, como también una baja presión atmosférica, esto hace que exista una gran presencia de materia orgánica, convirtiéndoles en reservorios de carbono (Mena et. al., 2011).

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 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

MATERIALES Y METODOS

El ecosistema de la Reserva Sabia Esperanza con una extensión de 1500 ha entre los 2700 a 3400 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 10-12° C.

Área muestral e identificación de especies

El estudio se lo realizo por fases. En la fase 1 para la cuantificación de la biomasa presente en los estratos del páramo andino, se aplicó un diseño estratificado al azar para páramo pajonal y arbustivo, fórmula aplicada por Aguirre y Vizcaíno (2010) permitieron obtener un error de muestreo del $\pm 10\%$ con 95% de confianza.

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

Dónde:

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

$T\alpha$ = Valor tabular

S =error estándar de la media de la muestra

Se utilizó la metodología de (CONDESAN, 2013) en la cual se estableció 10 parcelas temporales de 10 x 10 m. distribuidas 6 en páramo arbustivo y 4 en paramo pajonal, posteriormente se ubicó 4 subparcelas de muestreo de 50 x 50 cm, en posición del movimiento de las manecillas del reloj. Se tomó toda la biomasa, y necromasa y fueron pesadas en campo (Calderón et. al., 2013). (Ver figura 1)

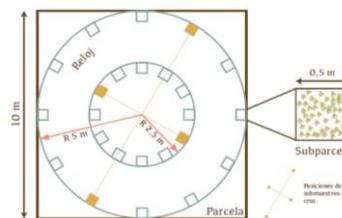


Figura 1. Diseño de muestreo para biomasa y necromasa en páramo

Se promedió el valor de las 4 subparcelas muestreadas de biomasa y necromasa obteniendo muestras homogéneas y llevadas a laboratorio para la siguiente fase de estudio.

Para la fase 2, las muestras se secaron a una temperatura de 105°C en una estufa, hasta que el peso se estabilizó posteriormente se realizó la curva de secado para el cálculo del contenido de humedad.

$$CH = \frac{pf - ps}{pf} \times 100$$

CH = Contenido de Humedad

pf = peso fresco de la muestra

ps = peso seco de la muestra

Identificación de áreas homogéneas

Se utilizó ArcGis 10.3 para identificar áreas homogéneas de páramo pajonal y arbustivo en relación a las parcelas de muestreo aplicando teledetección espacial mediante sensores remotos a través de PlanetScope Satellite obteniendo imágenes satelitales (Planet, 2016). Se identificó los niveles de color que emiten las bandas para conocer las áreas homogéneas, los cuales se muestran como resolución espectral de cuatro bandas; Azul, Verde, Rojo y NIR (Infrarojo cercano) (González, Ruiz & Acosta, 2015).

Posteriormente se realizó el cálculo de carbono para las 10 parcelas de muestreo, mediante factor de conversión estándar, índice 0,5 que establece el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2002) para luego extrapolar a las áreas homogéneas. Se comparó el contenido de humedad y carbono entre componentes, aplicando análisis estadístico “T pareada” conociendo la mayor significancia en relación a los estratos de páramo pajonal y arbustivo.

Diseño de estrategias de conservación

En la fase 3 se realizó la 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. Se diseñó con referencia a 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.

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 servicios ecosistémicos con un enfoque en el desarrollo sustentable, satisfaciendo las necesidades de la población y conservando los recursos naturales.

RESULTADOS

Caracterización de cobertura vegetal

Se encontró ecosistemas de bosque nativo con 22,89%, cuerpo de agua 0,18%, erial 0,13%, páramo 13,68% y vegetación arbustiva 63%. En 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 en páramo arbustivo y 3300 msnm en el páramo pajonal.

Tabla 1. 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 thyoidea</i> (Lam.) Sch. Bip.	
Blechnaceae	<i>Blechnum loxense</i> Kunth	Helecho Gigante
Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i> Kunth	Cortadera
Equisetaceae	<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</i> sp	Orquídea
Poaceae	<i>Calamagrostis</i> sp	Paja de páramo

Cuantificación de biomasa y necromasa

En la reserva Sabia Esperanza se cuantificó 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 3200 a 3300 msnm. 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.

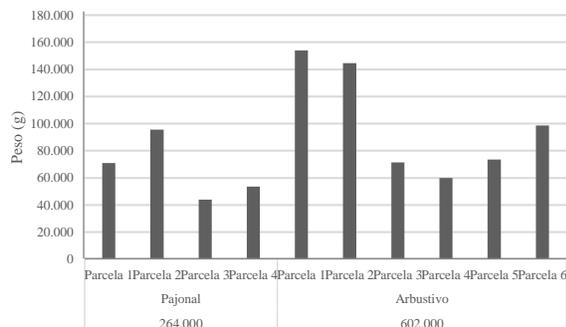


Figura 2 . Cantidad de biomasa en parcelas de muestreo de estrato de pajonal y arbustivo

En 1000 m² de muestreo se contabilizó la mayor cantidad de necromasa en el estrato arbustivo con 454.000 g de peso, mientras que el páramo de pajonal se contabilizó 166.000 g, o mencionado se resume en la figura 3.

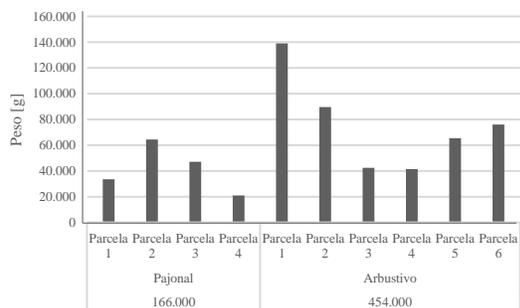


Figura 3. Cantidad de necromasa en las parcelas de muestreo de estratos de páramo arbustivo y pajonal

Contenido de humedad en biomasa y necromasa

Para el contenido de humedad se procedió a establecer la curva de secado en la cual 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, a diferencia del pajonal el cual decrece de 270,69 g de biomasa a 120,14 g aproximadamente.

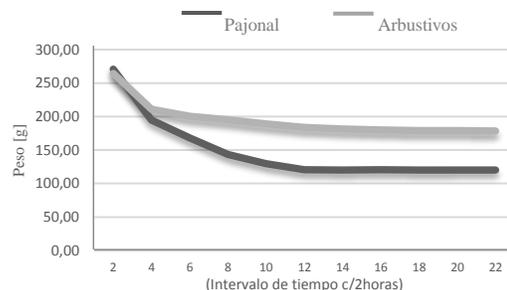


Figura 4. Curva de Secado determinado por pesos e intervalos de tiempo en biomasa de estrato pajonal y arbustivo

En la curva de secado de estratos para necromasa, se establecen las curvas respectivas donde el arbustivo sobresale con mayor contenido de humedad, iniciando en 258 g y descendiendo a 152 g con un porcentaje del 77,38 % de CH. El estrato de pajonal muestra una curva que decrece de 70 g a 49 g aproximadamente, representando el 88,65 % de Contenido de Humedad.

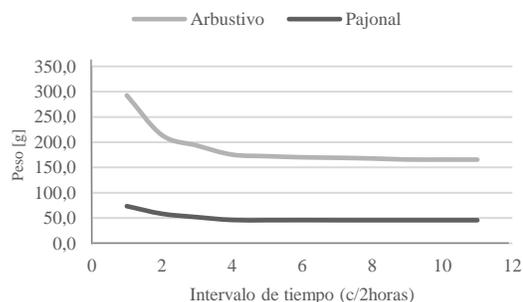


Figura 5. Curva de Secado determinado por pesos e intervalos de tiempo en necromasa de estrato pajonal y arbustivo

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.

Tabla 2. Porcentaje de contenido de humedad en la biomasa y necromasa de los estratos de páramo

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

Extrapolación de datos y cálculo IPCC

Se cuantificó y se extrapoló 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.

En la Figura 6, 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.

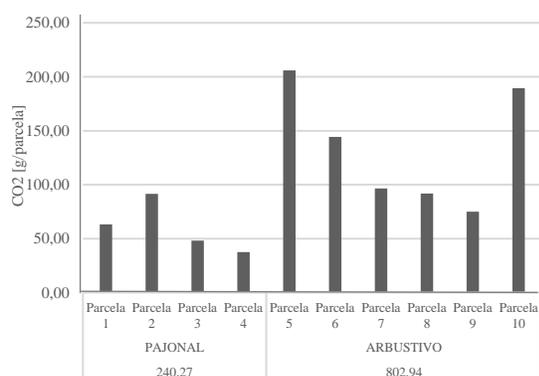


Figura 6. Cuantificación de carbono en biomasa aérea presentes en las parcelas de muestreo

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 cuantificó 172,58 t/ha de biomasa la misma que tiene 86,29 TonC/ha.

Tabla 3. 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 [TonC/ha]
Pajonal	480,54	288,47	13,86	6,93
Arbustivo	1605,88	1074,67	172,58	86,29

Comparación de análisis “t pareada”

Se comparó 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 4 y 5.

Tabla 4. Análisis en componente necromasa

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

(*) Significativo (ns) no significativo

Tabla 5. Análisis en componente biomasa

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

(**) Altamente significativo

En el contenido de carbono por parcela comparando la cantidad de carbono en biomasa de los estratos de páramo; pajonal y arbustivo. Resultó 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 6. Análisis 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	
Sig	**		**	
ta _{0,05}		2,306		
ta _{0,01}		3,355		

Propuesta de estrategias de conservación en la Reserva Sabia Esperanza

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.

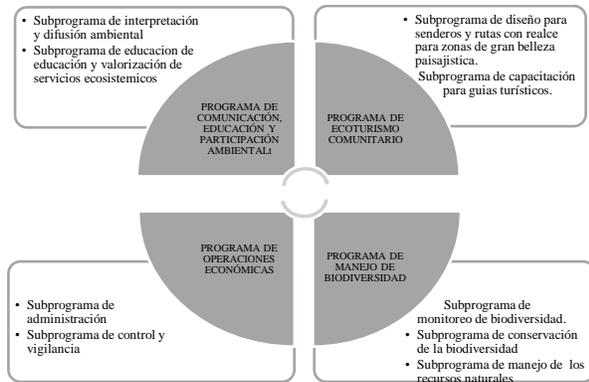


Figura 7. Programas y subprogramas de conservación

DISCUSIÓN

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 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.

En la Reserva Sabia Esperanza se cuantifico 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 estrado 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).

CONCLUSIONES

La reserva Sabia Esperanza posee la mayor superficie de páramo arbustivo con parches de pajonal perteneciendo a la zona de subpáramo 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, Equisetaceae, 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.

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.

BIBLIOGRAFÍA

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.

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.

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

González, 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.

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-changs-biodiversity-sp.pddf>

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.

Luteyn, J. L. (1999). *Páramos: a checklist of plant diversity, geographical distribution, and geobotanical literature*. Memoirs of the New York Botanical Garden 84.

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_ENGv.pdf

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.

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

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.

