

# Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yasuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador

## Quantification of carbon in the moors of the Yasuri National Park, provinces of Loja and Zamora Chinchipe, Ecuador

Leonardo Ayala<sup>1</sup>,  
María Villa<sup>1</sup>,  
Zhofre Aguirre Mendoza<sup>2\*</sup>,  
Nikolay Aguirre Mendoza<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ingenieros Forestal de la Universidad Nacional de Loja

<sup>2</sup> Docente Investigador de la Universidad Nacional de Loja.

\*Autor para correspondencia: zhofrea@yahoo.es

<sup>3</sup> Director del Programa de Investigación de Biodiversidad, Universidad Nacional de Loja.

Recibido 20 de julio 2014; Aceptado 26 Septiembre 2014

### Resumen

Se determinó los tipos de cobertura vegetal del Parque Nacional Yasuri y, para los páramos arbustivo y herbáceo se determinó respectivamente su composición y estructura, incluyendo el carbono fijado en la biomasa, necromasa y suelo y, la influencia de la biomasa en los contenidos de carbono fijado en el suelo; usando parcelas temporales de 4 m<sup>2</sup> y 1 m<sup>2</sup>. Los tipos de cobertura vegetal presentes son páramo arbustivo, páramo herbáceo, bosque siempreverde montano alto, bosque de neblina montano, bosque chaparro, rocas/ picachos y sistema lacustre. La diversidad florística es de 62 especies de plantas vasculares en 76 m<sup>2</sup> de muestreo de páramo arbustivo; y 76 especies en 144 m<sup>2</sup> de muestreo en páramo herbáceo. Se registraron ocho especies endémicas para el páramo arbustivo y 11 para el páramo herbáceo. El carbono almacenada en el compartimento biomasa y necromasa en el páramo arbustivo es de 159,05 t/C/ha y en el páramo herbáceo es de 116,18 t/C/ha. El contenido de carbono fijado en el suelo a 0,60 m de profundidad es de 537,06 t/C/ha para el páramo herbáceo y, en los suelos del páramo arbustivo es de 471,59 t/C/ha. La relación existente entre la biomasa y el contenido de carbono en los suelos presentan una mínima relación. No fue posible generar un modelo matemático para estimar el contenido de carbono en el suelo.

**Palabras clave:** Páramos, Carbono acumulado, necromasa, biomasa, diversidad florística, cobertura vegetal, suelo.

### Abstract

The types of vegetation cover present in Yasuri National Park was determined. The composition and structure of the arbustive and herbaceous paramos was studied, including the use of temporary 4m<sup>2</sup> plots to determine the amount of carbon fixed in biomass, dead matter, and soil. Additionally, plots of 1m<sup>2</sup> were used to determine the influence of biomass on C content fixed in the soil. The following vegetation was found: arbustive paramo, herbaceous paramo, high montane evergreen forest, montane cloud forest, elfin forest, rocks / outcroppings, and lacustrine systems. Floristic diversity includes 62 vascular plant species in 76m<sup>2</sup> of arbustive paramos and 76 species in 144m<sup>2</sup> of herbaceous paramo. Eight endemic species were recorded for the arbustive paramo and 11 for the herbaceous paramo. Carbon stored in the biomass and dead matter of the arbustive paramo is 159,05 t/C/ha, and 116,18 t/C/ha for the herbaceous paramo. Carbon fixed in the soil at 0,60m depth is 537,06 t/C/ha for herbaceous paramo and 471,59 t/C/ha for the arbustive paramo. Only a slight relation was found between biomass and soil carbon content. It was not possible to generate a mathematical model for estimating soil carbon content.

**Key words:** Paramos, stored carbon, dead matter, biomass, floristic diversity, vegetation cover, soil.

## Introducción

Los ecosistemas de páramo son muy diversos biológicamente y ofrecen varios servicios ecosistémicos. Contienen grandes cantidades de carbono acumulado, influenciado por las bajas temperaturas que reducen las tasas de descomposición de la materia orgánica, este proceso es lento y, a pesar de que los stocks de hojarasca y biomasa aérea son muy bajos, la materia orgánica (MO) se acumula en el suelo y puede alcanzar hasta 60 kg/C/m<sup>2</sup>, ubicándose entre los suelos con mayor reserva de carbono en el mundo (Sevink, 2009).

En la mitigación al efecto por el aumento de la concentración de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) (reducción de emisión y fijación), el páramo juega un papel importante, como reservorio de carbono, que al conservar se evita la emisión de este elemento contaminante a la atmósfera (Hofstede, 1999).

Los procesos de captura y emisión de carbono son parte de un sistema de cuatro reservorios en: vegetación aérea y radicular, materia en descomposición, suelos y productos forestales, con tiempos de residencia y flujos asociados muy diferentes y estrechamente interrelacionados (De Petre et al., 2005).

La FAO (2012), analizó la distribución del total de las existencias de carbono del suelo considerando zonas ecológicas, mostrando grandes diferencias en el almacenamiento del carbono orgánico sobre todo en relación a la temperatura y lluvia. Las existencias de carbono en el suelo hasta un metro de profundidad varían entre 4 kg/m<sup>2</sup> en las zonas áridas y 21-24 kg/m<sup>2</sup> en las regiones polares o boreales, con valores intermedios de 8 a 10 kg/m<sup>2</sup> en las zonas tropicales (De Petre et al., 2005).

En el páramo, el carbono está más concentrado debido a la baja temperatura y descomposición lenta de los residuos vegetales en este ecosistema, por tal razón hay más carbono fijado; mientras que en los bosques tropicales, el carbono se descompone (hojarasca) rápidamente y se libera a la atmósfera de la misma forma (Rojas, 2009). Por lo tanto con un buen manejo de los páramos, se conserva el suelo y se mantiene el carbono almacenado, mientras que si se descubre y maltrata el suelo, existe el peligro de que el carbono almacenado se descomponga y se libere a la atmósfera en forma de gas, como CO<sub>2</sub>, que es el principal causante del calentamiento global, posiblemente el más grave

problema ambiental del planeta.

Los servicios ecosistémicos como la belleza escénica, fijación y almacenamiento de carbono y protección hidrológica, generados por los ecosistemas naturales, tienen mayor importancia y posibilidades para su perpetuidad cuando son ofertados en áreas conservadas que corresponden al Patrimonio de Áreas Naturales del Ecuador – (PANE).

En el año 2010 se crea el Parque Nacional Yasuni (PNY), un gran porcentaje de su área es páramo, este parque es un importante espacio para la conservación e investigación de bienes y servicios ecosistémicos. En este contexto esta investigación aporta con información sobre la cantidad de carbono almacenado en dos tipos de páramo del Parque Nacional Yasuni, respondiendo a la pregunta: ¿Cuál será el contenido de carbono almacenado en los diferentes compartimentos de los páramos del PNY?

## Materiales y métodos

### Área de Estudio

La investigación se realizó en los páramos del Parque Nacional Yasuni (PNY) (Figura 1), situada en la Región Sur del Ecuador (RSE), norte del Perú, en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, entre 2 120 a 3 880 msnm, con una temperatura de 8 a 16°C y una precipitación de 750 mm en los meses secos y hasta 3 500 mm en los meses lluviosos.

### Caracterización florística del ecosistema páramo del PNY

Se elaboró un mapa de cobertura vegetal del PNY, con énfasis en el ecosistema páramo, usando cartas topográficas, imágenes satelitales, fotos aéreas y visitas de campo para comprobación.

Para la caracterización florística del ecosistema páramo se utilizó la metodología planteada por Aguirre y Aguirre (1999), se registró y contabilizó las especies encontradas en cada parcela de muestreo en el estrato arbustivo y herbáceo; y, el muestreo fue validado mediante la curva del colector (curva de acumulación de especies) usando el Software BioDiversity Pro. Las parcelas tuvieron una dimensión de 4 m<sup>2</sup> (2 x 2 m) para el arbustivo; y, de 1 m<sup>2</sup> (1 x 1 m) para el herbáceo, instaladas al azar (Figura 2).



Figura 1. Ubicación geográfica y política del Parque Nacional Yacuri (PNY)

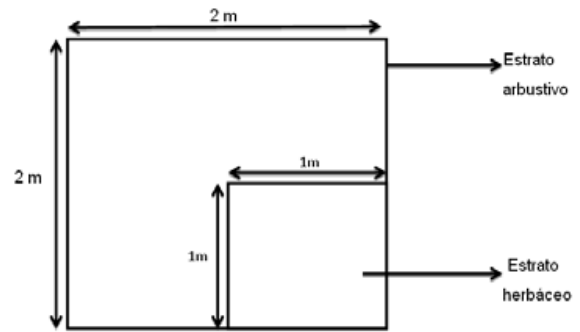


Figura 2. Esquema de las parcelas instaladas para la caracterización florística de los páramos arbustivos y herbáceos del PNY

**Determinación de los parámetros estructurales del ecosistema páramo del PNY**

Se calculó los parámetros estructurales del

ecosistema páramo, usando las formulas planteadas por Aguirre y Aguirre (1999), y Aguirre (2010), las mismas que se pueden observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Fórmulas para el cálculo de los parámetros estructurales para el análisis de la diversidad florística del ecosistema páramo del PNY

Parámetros estructurales	Fórmulas
Diversidad relativa de cada familia (DiR)	$DiR = \frac{\text{Número de especies por familia}}{\text{Número total de especies}} \times 100$
Densidad (D)	$D = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Total del área muestreada}}$
Densidad relativa (DR)	$DR = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$
Frecuencia relativa (FR)	$FR = \frac{\text{Número parcelas en que se repite la especie}}{\text{Número total de parcelas}} \times 100$
IVI	IVI = DR + FR Índice de Shannon-Wiener (H')
Diversidad alfa	$H' = - \sum_{i=1}^S (Pi) (\ln Pi)$ $E = \frac{H'}{\ln S}$ Índice de Sorensen (IS)
Diversidad beta	$IS = \frac{2C}{A + B} \times 100$
Índice de valor de importancia	IVI = Ab + FR

Para determinar el endemismo de las especies vegetales, se revisó el Libro Rojo de las Especies Endémicas del Ecuador de León *et al.*, (2011).

**Cuantificación del carbono existente en cuatro compartimentos: páramo arbustivo, páramo herbáceo, necromasa y suelo del ecosistema páramo del PNY**

Para la recolección de los datos de estos compartimentos se instalaron parcelas temporales distribuidas al azar (19 parcelas para el páramo arbustivo y 36 para páramo herbáceo), aplicando el método destructivo (extracción y recolección de todos los individuos vegetales presentes en cada

parcela de muestreo), los datos fueron analizados en laboratorio para conocer la cantidad de carbono fijado en cada compartimento, se utilizó la metodología propuesta por Aguirre y Aguirre (2004).

Para determinar el contenido de carbono de los compartimentos biomasa y necromasa tanto del páramo arbustivo y herbáceo, se colectó y pesó *in situ* toda la materia viva y orgánica presente en cada parcela de muestreo, con el propósito de obtener su peso húmedo (en campo), que luego fue secada para obtener el peso seco constante, que se usó para determinar la relación peso seco/peso húmedo (r), y con estos datos obtener la cuantificación del contenido de carbono (Cuadro 2).

Cuadro 2. Fórmulas para determinar biomasa y carbono

Compartimentos	Fórmulas biomasa	Fórmulas carbono
Arbustivo	Biomasa = Ph <sub>comp. arbustivo</sub> * r	Carbono acumulado = Biomasa x 0,5
Herbáceo	Biomasa = Ph <sub>comp. herbáceo</sub> * r	Carbono acumulado = Biomasa x 0,5
Necromasa	Biomasa = Ph <sub>comp. necromasa</sub> * r	Carbono acumulado = Biomasa x 0,5

**Compartimento suelo**

Se instaló 55 calicatas de 0,50 m3 (1 m x 1 m x 0,50 m), 19 para el páramo arbustivo y 36 para el páramo herbáceo, divididas en tres horizontes (0-20; 20-40; 40-60 cm). Se extrajeron muestras representativas de 500 g de suelo, que sirvieron para determinar el contenido de carbono orgánico fijado en este ecosistema. Las muestras de suelo

fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Loja, obteniendo el contenido de MO y C, aplicando el método de Walkley-Black. Para la transformación de porcentaje a toneladas de carbono por hectárea, se utilizó las formulas propuestas por la FAO (2012), Calderón *et al.*, (2012) y Castro (2011).

$Pss = Da * Pm * 10\ 000\ m^2$       Dónde:

Pss: Peso seco del suelo.  
 Da: Densidad aparente (gr/cm3).  
 Pm: Profundidad de la muestra (m).  
 10 000 m<sup>2</sup>: Equivalente de 1 ha en m<sup>2</sup>

$Cs = \% C / 100 * Pss$       Dónde:      Cs: Contenido de carbono por tonelada y por hectárea.  
 % C: Porcentaje de carbono, valor obtenido a través de laboratorio  
 Pss: Peso seco del suelo

**Total de carbono almacenado**

El contenido de carbono total existente en el ecosistema páramo del PNY, es el resultado de

la sumatoria de los valores obtenidos de cada compartimento, que se expresan en kg/C/ha o Ton/C/ha, a través de la siguiente expresión:

$C_{TOTAL} = C_{comp. arbustivo} + C_{comp. herbáceo} + C_{comp. necromasa (a+h)} + C_{suelo (a+h)}$

Dónde:

- C<sub>TOTAL</sub> : Contenido de Carbono Total del ecosistema Páramo
- C<sub>comp. arbustos</sub> : C en el compartimento arbusto (biomasa)
- C<sub>comp. hierbas</sub> : C en el compartimento herbáceo (biomasa)
- C<sub>comp. necromasa (a+h)</sub> : C en la necromasa del páramo arbustivo y herbáceo.
- C<sub>comp. suelo (a+h)</sub> : C en el compartimento suelo en los páramos arbustivos y herbáceo.

## Resultados y Discusión

### Influencia de la cobertura vegetal en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo del PNY

En base a la información levantada en campo, se analizó la relación entre los contenidos de carbono fijado en el suelo con respecto de la cobertura vegetal, para lo cual se utilizó el contenido de carbono en la biomasa del páramo arbustivo, herbáceo y la cantidad de carbono fijado en el suelo de estas coberturas. Con estos datos se realizó un análisis de regresión lineal, coeficiente de correlación de Pearson y el coeficiente de determinación R<sup>2</sup>.

### Ecosistemas del Parque Nacional Yacuri (PNY).

Los ecosistemas naturales presentes en el PNY, según Sierra *et al.*, (1999), se detallan en el Cuadro 3.

Según Sierra *et al.*, (1999), en el Parque Nacional Yacuri se identificaron los siguientes ecosistemas: páramo arbustivo, páramo herbáceo, bosque siempreverde montano alto, bosque de neblina montano, bosque chaparro lacustre, rocas/picachos y sistema lacustre, ubicados sobre suelos jóvenes con altos contenidos en materia orgánica y superficiales, lo que es corroborado por Sánchez *et al.*, (2009), que reporta las mismas formaciones vegetales con la diferencia relacionada a la ubicación y extensión de los tipos de páramos arbustivo y páramo herbáceo (Figura 3).

Cuadro 3. Ecosistemas naturales identificados en el Parque Nacional Yacuri, Loja-Zamora Chinchipe, Ecuador

Nº	Nombre	Área (ha)	Porcentaje
1	Páramo arbustivo	202,89	0,47
2	Páramo herbáceo	22 180,97	51,48
3	Bosque siempreverde montano alto	18 003,49	41,78
4	Bosque de neblina montano	1 488,28	3,45
5	Bosque chaparro–sector Lacustre	49,59	0,12
6	Rocas/Picachos	916,75	2,13
7	Sistema Lacustre	248,62	0,56

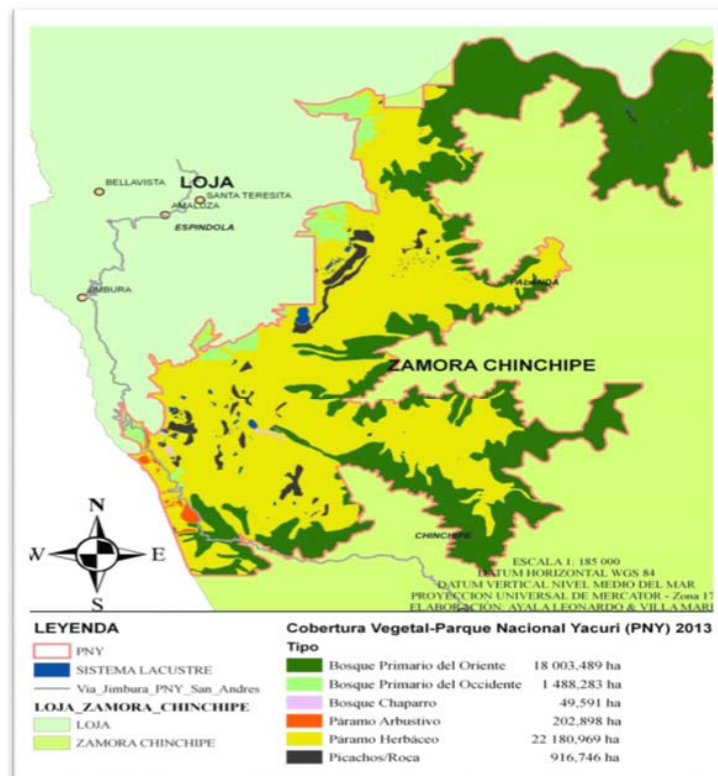


Figura 3. Tipos de cobertura vegetal existentes en el Parque Nacional Yacuri, según Sierra *et al.*, (1999), confirmado por los autores de esta investigación

## Composición florística del páramo arbustivo y herbáceo del Parque Nacional Yasuni

### Páramo arbustivo

La composición florística del páramo arbustivo (19 parcelas), está representada por 62 especies con un total de 3 058 individuos, de 48 géneros distribuidos en 26 familias, datos similares son los entregados por Morocho (2008) que reporta 67 especies en 51 géneros incluidos en 30 familias para el páramo arbustivo. Mientras que Sánchez *et al.*, (2009) reporta 67 especies en este ecosistema y Eguiguren y Ojeda (2009) registran 765 individuos en 16 m<sup>2</sup> de muestreo en los páramos del PNP, manteniendo un grado de similitud en lo que respecta al número de individuos por área muestreada, en consideración que estas dos zonas forman parte del corredor biológico Podocarpus – El Cóndor.

Las familias más representativas registradas en esta investigación en el páramo arbustivo son: Asteraceae, Ericaceae, Lycopodiaceae, Poaceae, Rosaceae y Scrophulariaceae, lo que concuerda con lo indicado por Flachier (2008) en la misma zona, con las familias Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae. Mientras que en el Parque Nacional Podocarpus (PNP), zona núcleo del corredor biológico Podocarpus – El Cóndor, Eguiguren y Ojeda (2009) y Guzmán y Salinas (2010), indican a las familias Ericaceae, Asteraceae y Poaceae como las más representativas.

### Páramo herbáceo

La composición florística del páramo herbáceo (36 parcelas), está representada por 76 especies con un total de 20 469 individuos distribuidos en 28 familias, datos similares refiere Morocho (2008) que registra 48 especies.

Las familias más representativas del páramo herbáceo en esta investigación son: Asteraceae, Ericaceae, Geraniaceae, Lycopodiaceae, Melastomataceae, Cyperaceae, Poaceae y Scrophulariaceae; datos que son similares a los producidos por Flachier (2008) en la misma zona, con las familias Asteraceae, Poaceae y Cyperaceae; existiendo similitud con lo indicado por Eguiguren y Ojeda (2009); y Guzmán y Salinas (2010), que señalan que las familias más representativas de los páramos del PNP son: Ericaceae, Asteraceae y Poaceae.

## Diversidad alfa de los páramos arbustivos y herbáceo del PNY

La diversidad alfa del páramo arbustivo y herbáceo, fue analizada mediante el Índice de Shannon, donde resultó que la diversidad alfa en el páramo arbustivo es alta y en el páramo herbáceo es media, manteniendo su estructura y composición; caso similar se manifiesta en el páramo del PNP, donde Eguiguren y Ojeda (2009) mencionan que su diversidad alfa es alta.

## Diversidad beta de los páramos arbustivo y herbáceo del PNY

Estos dos ecosistemas son medianamente similares con un valor de 61,87 %, esto es debido al número de especies que comparten, se destacan: *Neurolepis nana*, *Calamagrostis intermedia*, *Rhynchospora vulcani*, *Vaccinium floribundum*, *Lycopodium clavatum*, *Hieracium frigidum*, *Hypericum lancioides*, *Hieracium sp.*, *Oreobolus goeppingeri*, *Puya pigmaea*, *Arcytophyllum vernicosum*, *Jamesonia goudotii* y *Puya glomerifera*, esto se debe a que las zonas estudiadas se encuentran relativamente cerca y están influenciadas por las mismas condiciones físicas, climáticas y de intervención humana.

## Endemismo de los páramos arbustivo y herbáceo del PNY

Se reportan ocho especies endémicas para el páramo arbustivo y 11 especies para el páramo herbáceo, todas presentan algún grado de peligro, caso similar ocurre en los páramos del Parque Nacional Podocarpus, donde se registraron 20 especies endémicas (Eguiguren y Ojeda, 2009). La mayoría de las especies endémicas de los páramos del Ecuador (75 %) están amenazadas y solamente la mitad (48 %) se han registrado dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (Mena y Medina, 2000).

## Carbono fijado en la vegetación y necromasa del ecosistema páramo

En esta investigación se obtuvo un valor medio de 153,86 t/C/ha en la biomasa y 5,19 t/C/ha en la necromasa del páramo arbustivo; y, 115,30 t/C/ha en la biomasa y 0,87 t/C/ha en el páramo herbáceo del PNY, las variaciones de concentración de carbono en la biomasa es debido a que las especies registradas en el páramo arbustivo son leñosas y

presentan hojas coriáceas con respecto del páramo herbáceo que son de consistencia carnosa. Esto se corrobora con lo obtenido por Santín y Vidal (2012), en los páramos del PNP donde señalan que la biomasa y necromasa de mayor contenido de carbono es la de tipo arbustivo, con un valor de 1,45 kg/C/m<sup>2</sup> y, en el páramo herbáceo el menor valor es 0,29 kg/C/m<sup>2</sup>. Mientras que EcoSecurities (2007), señala que la vegetación de las selvas tropicales de Latinoamérica, almacena entre 200 y 400 t/C/ha, valor totalmente disímil, ya que se tratan de tipos de vegetación muy diferentes.

Por otro lado Aguirre *et al.*, (1999) determinaron la productividad de cuatro bosques secundarios en la serranía del Ecuador, obteniendo resultados de biomasa, así: bosque mono-específico de *Alnus acuminata* (Oyacachi, provincia de Napo) de 267 t/ha, equivalente a 133,5 t/C/ha a una altitud de 3 200 msnm; 366 t/ha en un bosque mono-específico de *Polylepis incana* en Pifo (provincia del Pichincha), equivalente a 158 t/C/ha a una altitud de 3 600 msnm; 255 t/ha en un bosque mixto cerca de la reserva Maquipucuna, provincia del Pichincha, equivalente a 127,5 t/C/ha a una altitud de 2 300 msnm; y, 148 t/ha en un bosque montano mixto en Santiago, provincia de Loja, equivalente a 74 t/C/ha, en altitudes entre 2 600 a 2 900 msnm. Hofstede (1999), menciona que la biomasa de la selva tropical almacena 250 t/C/ha y los páramos de pajonal almacenan un máximo de 20 t/C/ha, valores distantes a los reportados en esta investigación.

#### Carbono fijado en el suelo del ecosistema páramo

Hofstede (1999) señala que la descomposición de la hojarasca es más rápida cuando existen altas temperaturas y humedad que presentan las selvas tropicales de Latinoamérica, por esto, el suelo orgánico no es más profundo que 10 cm y, el contenido de carbono elemental es máximo 5 %, obteniendo así una cantidad de carbono en el suelo de 50 t/C/ha. Situación contraria a lo que ocurre en los páramos, donde algunas de las características de los suelos son su color negro y húmedo, esto se debe al clima frío, alta humedad y a que son formados de cenizas volcánicas recientes (en el caso de los suelos del norte de Ecuador), y la descomposición de materia orgánica es muy lenta. Por esto existe gran cantidad de carbono almacenada en una capa gruesa de hojarasca, como es el caso de los páramos de El Ángel, hasta dos metros de profundidad, donde se tiene una

concentración de 17 % de carbono en el suelo, se puede calcular que en estos suelos se almacenan 1 700 t/C/ha, es evidente, que en el ecosistema paramuno, si se considera el suelo, puede almacenar más carbono que la selva tropical.

Los resultados obtenidos en esta investigación son: de 471,59 t/C/ha a una profundidad de 60 cm bajo la cobertura del páramo arbustivo, mientras que, en suelos de cobertura herbáceo se registró un total de 537,06 t/C/ha a una profundidad de 60 cm, demostrando que a medida que se profundiza el muestreo el contenido de MO y CO disminuye, lo que es similar a lo obtenido por Santín y Vidal (2012), en los páramos del PNP, donde registran 91,52 t/C/ha, sobre suelo inceptisol, mientras que en los estratos de suelo entisol se encontró un promedio de 68,37 t/C/ha, independientemente que la vegetación sea arbustiva o herbácea.

#### Influencia de la cobertura vegetal en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo

No existe relación entre la cobertura vegetal y la fijación de carbono en el suelo, esto contradice lo expuesto por Reyes (2003), que menciona que uno de los principales factores que determinan el rendimiento de carbono en el suelo es la cantidad de necromasa y su velocidad de descomposición y, ésta depende principalmente de factores ambientales como la temperatura y la humedad.

#### Conclusiones

La diversidad florística de los páramos del PNY, está dada por 62 especies de plantas vasculares en un área de muestreo de 76 m<sup>2</sup> para el páramo arbustivo; y, 76 especies de plantas vasculares en un área de muestreo de 144 m<sup>2</sup> en el páramo herbáceo. Además ocho especies son endémicas para el páramo arbustivo y 11 para el páramo herbáceo.

El carbono almacenada en el compartimento biomasa y necromasa en el páramo arbustivo es 159,05 t/C/ha; y, en el páramo herbáceo es de 116,18 t/C/ha; los contenidos de carbono fijados en el suelo a una profundidad de 0,60 m, es de 537,06 t/C/ha para el páramo herbáceo y 471,59 t/C/ha en los suelos del páramo arbustivo.

Los páramos del Parque Nacional Yacuri, se encuentra almacenan gran cantidad de carbono tanto en la biomasa, necromasa y suelo, debido la diversidad florística y formas de vida de las especies y, principalmente a las condiciones de baja

temperatura y elevada altitud sobre el nivel del mar que no permite que la biomasa se descomponga y se incorpore al suelo, esto convierte al PNY en un excelente ofertante del servicio ambiental de captura de CO<sub>2</sub>.

La relación existente entre la biomasa y el contenido de carbono en los suelos, presentan mínima relación, por lo que no se logró obtener un modelo matemático que permita estimar el contenido de carbono en el suelo con respecto de su biomasa.

### Literatura Citada

- Aguirre, Z., Aguirre, N. 1999. Guía para realizar estudios en comunidades vegetales. Herbario Reinaldo Espinoza. Universidad Nacional de Loja. Loja Ecuador. 50p.
- Aguirre, Z., Aguirre, N. 2004. Guía para monitorear la biomasa y la dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador. Herbario Loja N° 11. Loja - Ecuador.
- Aguirre Z. 2010. Guía para estudios de composición florística, estructura y diversidad de la vegetación natural. Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, Sucre, Bolivia. 57 p.
- Calderón, D., Solís, D. 2012. Cuantificación del carbono almacenado en tres fincas en tres estados de desarrollo del bosque de Pino (*Pinus oocarpa*, L.) Dipilto, Nueva Segovia, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua.
- Castro, M. 2011. Una valoración eco-nómica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los páramos ecuatorianos - la experiencia en Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua. EcoCiencia / Wetlands International / UTPL / MAE. Quito. Esta publicación está disponible en: [www.ecociencia.org](http://www.ecociencia.org).
- De Petre, A., Karlin, Ulf Ola., Ali, S., Reynero, N. 2005. Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON). Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal. Área Captura de Carbono.
- EcoSecurities. 2007. Policy: REDD Policy Scenarios and Carbon Markets. Oxford. UK.
- Eguiguren, P., Ojeda, T. 2009. Línea base para el monitoreo a largo plazo del impacto del cambio climático, sobre la diversidad florística en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus. Tesis de ingeniería forestal. Loja - Ecuador.
- FAO. 2012. Captura de Carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y La Alimentación. Informe sobre Recursos Mundiales de Suelos N° 96. 61 p.
- Hofstede, R. 1999. El páramo como espacio para la fijación de carbono atmosférico. En El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico. Serie Páramo 1. GTP/ Abya-Yala. Quito.
- León, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C., Navarrete, H. 2011. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. 2a edición. Publicaciones del Herbario QCA. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Ortiz, A., Riascos, L. 2006. Almacenamiento y fijación de carbono del Sistema Agroforestal Cacao *Theobroma cacao* L y Laurel *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa De Ingeniería Agroforestal, San Juan De Pasto.
- Santín, A., Vidal, E. 2012. Generación de una línea base de los reservorios de carbono de los páramos del PNP y evaluación de su aplicación como mecanismos de mitigación al cambio climático. Tesis de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Loja- Ecuador. 131 p.
- Sevink J. 2009. Los páramos y sus reservas de carbono. En Cuantificación y estimación de los stocks de carbono en ecosistemas de alta montaña. Lima – Perú, Págs. 20.
- Sierra, R. 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.