



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

AREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO EXISTENTE EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL YACURI, PROVINCIAS DE LOJA Y ZAMORA CHINCHIPE.

*TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL*

AUTORES:

Leonardo Rafael Ayala Castañeda
María Gabriela Villa Jaramillo

DIRECTOR:

Ing. Zhofre Aguirre Mendoza M. Sc.

Loja - Ecuador
2013



Ministerio
del **Ambiente**



Parque Nacional
Yacuri

**“CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO EXISTENTE EN EL ECOSISTEMA
PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL YACURI, PROVINCIAS DE LOJA Y
ZAMORA CHINCHIPE”**

TESIS DE GRADO

**Presentada al Tribunal Calificador como requisito parcial para la obtención
del título de:**

INGENIERO FORESTAL

EN LA

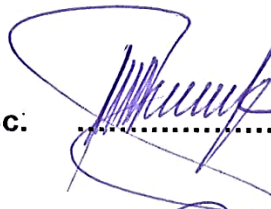
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

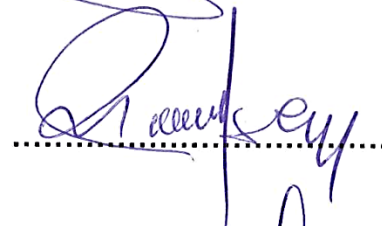
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

APROBADA:

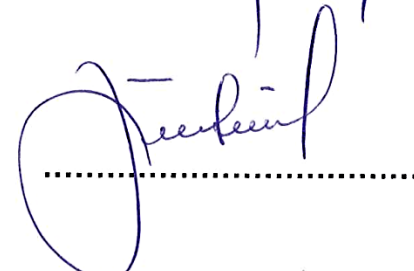
**Ing. Manuel Quizhpe Córdova M. Sc.
PRESIDENTE**



**Ing. Nikolay Aguirre Mendoza Ph. D.
VOCAL**



**Ing. Luis Sinche Fernández M. Sc.
VOCAL**



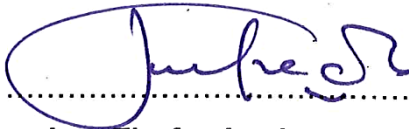
Ing. Zhofre Aguirre Mendoza M. Sc.

CERTIFICA:

En calidad de Director de la tesis titulada **“CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO EXISTENTE EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL YACURI, PROVINCIAS DE LOJA Y ZAMORA CHINCHIPE”**, de autoría de los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Forestal Leonardo Rafael Ayala Castañeda y María Gabriela Villa Jaramillo, ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, Diciembre de 2013

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Zhofre', is written over a horizontal dotted line.

Ing. Zhofre Aguirre Mendoza M. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Manuel Quizhpe Córdova M. Sc.

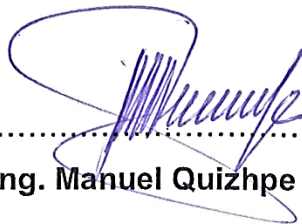
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS
“CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO EXISTENTE EN EL ECOSISTEMA
PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL YACURI, PROVINCIAS DE LOJA Y
ZAMORA CHINCHIPE”.**

CERTIFICA:

Que en calidad de Presidente del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada **“CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO EXISTENTE EN EL ECOSISTEMA PÁRAMO DEL PARQUE NACIONAL YACURI, PROVINCIAS DE LOJA Y ZAMORA CHINCHIPE”**, de autoría de los señores egresados de la Carrera de Ingeniería Forestal **Leonardo Rafael Ayala Castañeda** y **María Gabriela Villa Jaramillo**, ha sido dirigida, revisada e incorporadas todas las sugerencias efectuadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación y aprobación. Por lo tanto, autorizo su publicación definitiva.

Loja, Diciembre de 2013

Atentamente,



Ing. Manuel Quizhpe Córdova M. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

AUTORIA

Yo, Leonardo Rafael Ayala Castañeda y María Gabriela Villa Jaramillo, declaro ser autor(a)(es) del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Loja, Diciembre de 2013



.....
Leonardo Rafael Ayala Castañeda
C.I. 1104737935



.....
María Gabriela Villa Jaramillo
C.I. 1104989676

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Nosotros Leonardo Rafael Ayala Castañeda y María Gabriela Villa Jaramillo, declaramos ser autores, de la tesis titulada **“Cuantificación del carbono existente en el ecosistema páramo del Parque Nacional Yasuni, provincias de Loja y Zamora Chinchipe”**, como requisito para obtener al grado de: Ingeniero Forestal, autorizamos al sistema bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios podrán consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 10 días del mes de Diciembre del 2013.

Firma:		
Autores:	Leonardo Ayala Castañeda	María Villa Jaramillo
Pasaportes:	1104737935	1104989676
Dirección:	Cdl. Daniel Alvares, Tras la Correccional de Menores.	La Argelia, Av. Pio Jaramillo Alvarado 32-100.
Correo Electrónico	gordalayalaleonardo@hotmail.com	magavija-90@hotmail.es
Teléfono	0990209049 2 584 803	0981480195

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis:	Ing. Zhofre Aguirre Mendoza M. Sc.
Tribunal de Grado:	Ing. Manuel Quizhpe Córdova M. Sc. Ing. Nikolay Aguirre Mendoza Ph. D. Ing. Luis Sinche Fernández M. Sc.

DEDICATORIA

A mis padres Germán y Beatriz, mis hermanos Jimmy y Patricia y mi sobrina Ivi, por evidenciar mi sacrificio, fortaleza y dedicación hacia mis metas alcanzadas. A mis abuelitos Pablito (+) y María, por sus consejos y sabias palabras en cada una de mis jornadas formativas. A María Gabriela por formar parte de mi vida y convertirse en el ser especial por haberme brindado su cariño y su amor, convertirse en la fortaleza de mis superaciones personales.

Leonardo Ayala.

Con todo el cariño y gratitud a Dios por darme la vida, salud y fortaleza, a mis padres Rafael y Victoria por su apoyo, ayuda y comprensión en todos los momentos de mi vida dándome aliento y fortaleza para seguir luchando día tras días. A mis hermanos Verónica, Rafael y Rosa Antonia (+); a mis abuelos, tíos y tías por apoyarme siempre en todo momento. Finalmente a una persona que con su sencillez y humildad supo ganarse un lugar importante en mi corazón, Leonardo Rafael quien me impulsa a seguir luchando y alcanzar mis objetivos y metas.

María Gabriela Villa

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este trabajo de investigación queremos dejar constancia de nuestros más sinceros agradecimientos a las siguientes Instituciones y personas que intervinieron en el desarrollo y elaboración sin la cual no hubiese sido posible sin su valiosa colaboración.

Gracias a la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, a la Carrera de Ingeniería Forestal y principalmente a sus docentes, por haber impartido sus conocimientos a lo largo de toda nuestra formación profesional.

Al Ing. Zhofre Aguirre Mendoza por su dirección y asesoramiento, por habernos brindado su apoyo, amistad y confianza, quien con su experiencia nos guio en el desarrollo de la fase de campo, análisis de la información, dirección y revisión de nuestro trabajo.

Agradecemos al tribunal de grado integrado por los Ingenieros Manuel Quizhpe, Luis Sinche y Dr. Nikolay Aguirre M. por las sugerencias que permitieron enriquecer el contenido de esta investigación.

Agradecemos al Herbario LOJA y en especial al Sr. Bolívar Merino por su apoyo en la identificación y reconocimiento de especies.

Agradecemos al Ministerio del Ambiente Regional 7 Loja-Zamora Chinchipe-El Oro y al administrador Ing. Nolberto Patiño y al equipo técnico del Parque Nacional Yacuri Leonzo Gonzaga, Esgar Gonzaga, José Cordero, Juan Cordero, Juan Escobar y Juan Delgado, quienes nos brindaron su amistad y colaboración en la guía y recolección de la información básica para el desarrollo de nuestro trabajo.

Al equipo técnico del laboratorio de Suelos del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la UNL, conformado por el Director Ing. Omar Ojeda, y sus técnicos, Ing. Orly Mendoza e Ing. Galo Ojeda, quienes nos brindaron su

apoyo en la preparación y montaje de muestras para la cuantificación de carbono existen en el suelo de los páramos del Parque Nacional Yacuri.

A nuestro compadre Sr. Esgar Gonzaga y al Sr. Juan Delgado por acompañarnos en cada jornada de trabajo en las duras y adversas situaciones climáticas con las que nos encontramos en las inmediaciones del PNY, las mismas que con su sencillez y picardías superamos todas las circunstancias con una sonrisa y un abrazo de amistad.

A la Licenciada Albita Palacios y Cristian Tapia persona que nos brindaron su valiosa amistad y cariño, así como sabias palabras, críticas constructivas y firmes consejos que nos expresaron para bienestar de nuestras vidas.

Finalmente, expresamos un infinito y profundo agradecimiento a nuestras familias y amigos por convertirse en un pilar fundamental en nuestra formación y por habernos brindado su amistad, cariño y consejos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Nº	CONTENIDO	Pag.
1.	INTRODUCCIÓN	1
	OBJETIVO GENERAL	2
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1.	Sumidero	4
2.2.	Reservorio de carbono.	4
2.2.1.	El carbono almacenado (Ca)	6
2.2.2.	El carbono fijado (Cf)	6
2.3.	Ciclo del carbono.	6
2.4.	Biomasa	7
2.5.	Necromasa	8
2.6.	El ecosistema páramo	8
2.7.	Distribución y características de los páramos en la cordillera de los Andes y en la Región Sur del Ecuador (RSE).	9
2.7.1.	Características de los páramos en la RSE.	11
2.7.2.	Distribución de los páramos en la RSE.	12
2.8.	Servicios ambientales que brindan los páramos.	13
2.9.	Definición, propiedades físicas y químicas del suelo	14
2.9.1.	Propiedades físicas de los suelos.	14
2.9.2.	Propiedades químicas del suelo.	15
2.9.3.	Características de los perfiles del suelo.	16
2.9.4.	Materia orgánica del suelo.	17
2.9.5.	Contenido de carbono orgánico en el suelo.	17
2.10.	Los suelos del páramo.	19
2.11.	Mercado de bonos de carbono.	20
2.12.	Estudios relacionados al tema de estudio.	21
3.	METODOLOGÍA	28
3.1.	Ubicación del área de estudio	28
3.2.	Metodología para la caracterización florística del ecosistema páramo del PNY.	30
3.2.1.	Determinación de los parámetros estructurales del ecosistema páramo del PNY.	31
3.3.	Metodología para la cuantificación del carbono existente en cuatro compartimentos (páramo arbustivo, páramo herbáceo, necromasa y suelo) del ecosistema páramo del PNY.	33
3.3.1.	Compartimento arbustivo	33
3.3.2.	Compartimento herbáceo	34

3.3.3.	Compartimento necromasa	34
3.3.4.	Compartimento suelo.	34
3.3.4.1.	Descripción del método de Walkley-Black:	35
3.4.	Total de carbono almacenado	39
3.5.	Metodología para la determinación de la influencia de la cobertura vegetal en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo del PNY.	39
3.6.	Socialización de los resultados de la investigación.	40
4.	RESULTADOS	41
4.1.	Mapa de cobertura vegetal del Parque Nacional Yacuri (PNY).	41
4.1.1.	Páramo arbustivo	41
4.1.2.	Páramo herbáceo	42
4.1.3.	Bosque de neblina montano	42
4.1.4.	Bosque siempreverde montano alto	43
4.1.5.	Bosque chaparro–sector Lacustre	43
4.2.	Composición florística del páramo arbustivo y herbáceo del Parque Nacional Yacuri - PNY.	45
4.2.1.	Composición florística del páramo arbustivo del PNY.	45
4.2.2.	Parámetros estructurales del páramo arbustivo del PNY.	46
4.2.2.1.	Diversidad relativa de cada familia (DiR).	46
4.2.2.2.	Densidad y densidad relativa de las especies del páramo arbustivo del PNY.	46
4.2.2.3.	Frecuencia relativa de las especies del páramo arbustivo del PNY.	48
4.2.2.4.	Índice de valor de importancia del ecosistema páramo arbustivo del PNY.	48
4.2.3.	Parámetros estructurales del páramo herbáceo del PNY.	49
4.2.3.1.	Diversidad relativa de cada familia (DiR).	49
4.2.3.2.	Densidad y densidad relativa de las especies del páramo arbustivo del PNY.	50
4.2.3.3.	Frecuencia relativa de las especies del ecosistema de páramo herbáceo del PNY.	52
4.2.3.4.	Índice de valor de importancia del ecosistema páramo herbáceo del PNY.	52
4.2.4.	Diversidad alfa del ecosistema páramo arbustivo y herbáceo del PNY.	53
4.2.5.	Diversidad beta del ecosistema páramo arbustivo y herbáceo del PNY.	53
4.2.6.	Endemismo de las especies registradas en el páramo del PNY.	53

4.2.7.	Estructura de los suelos del ecosistema páramo del PNY.	54
4.3.	Cuantificación del carbono existente en cuatro compartimentos (arbustivo, herbáceo, necromasa y suelo) del ecosistema páramo del PNY.	55
4.3.1.	Cuantificación del carbono orgánico en el compartimiento arbustivo del ecosistema páramo del PNY	55
4.3.2.	Cuantificación del carbono orgánico en el compartimiento herbáceo del ecosistema páramo del PNY	55
4.3.3.	Compartimento suelo del páramo arbustivo y herbáceo del PNY.	56
4.4.	Cuantificación total de carbono fijado en cuatro compartimentos del ecosistema páramo en el PNY.	57
4.5.	Influencia de la cobertura vegetal en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo del PNY.	58
4.5.1.	Relación entre la biomasa aérea y el carbono almacenado en el suelo del ecosistema páramo del PNY.	58
4.5.2.	Relación entre la biomasa aérea (arbustiva y herbácea) y el carbono almacenado en el suelo (0-20 cm) en el ecosistema páramo del PNY.	59
4.5.3.	Relación entre la biomasa aérea (arbustiva y herbácea) y el carbono almacenado en el suelo (20-40 cm) en el ecosistema páramo del PNY.	60
4.5.4.	Relación entre la biomasa aérea (arbustiva y herbácea) y el carbono almacenado en el suelo (40-60 cm) en el ecosistema páramo del PNY.	61
4.6.	Socialización de los resultados obtenidos.	63
5.	DISCUSIÓN	64
5.1.	Caracterización de la cobertura vegetal y estructura del ecosistema páramo del Parque Nacional Yacurí.	64
5.1.1.	Mapa de cobertura vegetal	64
5.1.2.	Composición florística del páramo arbustivo	64
5.1.3.	Composición florística del páramo herbáceo	65
5.1.4.	Diversidad alfa de los páramos arbustivos y herbáceo del PNY.	65
5.1.5.	Diversidad beta de los páramo arbustivo y herbáceo del PNY.	66
5.1.6.	Endemismo de los páramos arbustivo y herbáceo del PNY.	66
5.2.	Cuantificación del carbono fijado en la cobertura vegetal y necromasa del ecosistema páramo.	66
5.3.	Cuantificación del carbono fijado en el suelo del ecosistema páramo.	67
5.4.	Establecer la influencia de la cobertura vegetal en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo.	68

6.	CONCLUSIONES	70
7.	RECOMENDACIONES	71
8.	BIBLIOGRAFÍA	72
9.	ANEXOS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Título	Pag.
Figura 1.	Ciclo de carbono en un ecosistema marino y terrestre.	7
Figura 2.	Distribución de los tipos de páramo en la Cordillera de los Andes (Mena <i>et al.</i> , 2007).	10
Figura 3.	Perfiles de la estructura de un tipo de suelo.	16
Figura 4.	Ubicación geográfica y política del Parque Nacional Yacuri (PNY).	29
Figura 5.	Esquema de las parcelas instaladas para la caracterización florística de los páramos arbustivos y herbáceos del PNY.	30
Figura 6.	Dimensiones de una calicata instalada a tres profundidades (0-20, 20-40, 40-60 cm) utilizadas para la obtención de muestras de suelo y posterior cuantificación de carbono en los páramos del PNY.	35
Figura 7.	Tipos de Cobertura vegetal existente en el Parque Nacional Yacuri, de acuerdo a Sierra <i>et al.</i> , (1999) y confirmado por los autores de esta investigación.	44
Figura 8.	Representación gráfica de las curvas área/especie producto del muestreo en los páramos arbustivo y herbáceo del PNY.	45
Figura 9.	Familias con mayor diversidad registrada en el páramo arbustivo del PNY.	46
Figura 10.	Densidad de las 10 especies más representativas registradas en el páramo arbustivo del PNY.	47
Figura 11.	Densidad de individuos por hectárea de las especies sobresalientes del ecosistema páramo arbustivo del PNY.	47
Figura 12.	Frecuencia relativa de las especies registradas en el páramo arbustivo del PNY.	48
Figura 13.	Índice de Valor de Importancia de las especies registradas en el ecosistema páramo arbustivo del PNY.	49
Figura 14.	Familias con mayor diversidad relativa del páramo herbáceo del PNY.	50
Figura 15.	Densidad de especies registradas en el estudio del páramo	51

	herbáceo del PNY.	
Figura 16.	Densidad por hectárea de las especies en el ecosistema páramo herbáceo del PNY.	51
Figura 17.	Frecuencia relativa de las especies representativas registradas en el ecosistema páramo herbáceo del PNY.	52
Figura 18.	Índice de Valor de Importancia de las especies representativas registradas en el ecosistema páramo herbáceo del PNY.	53
Figura 19.	Valores medios (Ton/C/ha) y error estándar del carbono almacenado en el compartimento suelo en el estrato arbustivo y herbáceo.	59
Figura 20.	Valores medios y error estándar del carbono almacenado en la primera capa del suelo (0-20 cm) entre el estrato arbustivo y herbáceo.	60
Figura 21.	Valores medios y error estándar del carbono almacenado en la segunda capa de suelo (20-40 cm) entre el estrato arbustivo y herbáceo.	61
Figura 22.	Valor medio y error estándar del carbono almacenado en la tercera capa de suelo entre el estrato arbustivo y herbáceo.	62

ÍNDICE DE CUADROS

N°	Título	Pág.
Cuadro 1.	Determinación de la cantidad de Carbono (g/m^2) existente en las parcelas establecidas en Cayambe y Cotopaxi.	23
Cuadro 2.	Fórmulas para calcular los parámetros estructurales e índices de diversidad alfa y beta de los páramos del PNY.	32
Cuadro 3.	Valores de correlación usando los rangos de Pearson.	40
Cuadro 4.	Ecosistemas naturales presentes en el PNY, según Sierra <i>et al.</i> , (1999) y confirmado por los autores de esta investigadores.	41
Cuadro 5.	Especies endémicas registradas en el páramo arbustivo y herbáceo del PNY y categorizadas de acuerdo a la UICN.	54
Cuadro 6.	Valores medios del contenido de carbono (t/C/ha) fijado en la biomasa y necromasa del compartimento arbustivo del PNY.	55
Cuadro 7.	Valores medios del Contenidos de carbono (t/C/ha) fijado en el compartimento herbáceo del PNY.	56
Cuadro 8.	Valores medios del contenido de carbono t/C/ha fijado en el suelo a tres profundidades en el páramo arbustivo del PNY.	56
Cuadro 9.	Valores medios del contenido de carbono t/C/ha fijado en el suelo a tres profundidades en el páramo herbáceo del PNY.	57
Cuadro 10.	Valores promedio de carbono fijado t/C/ha , correspondiente a los compartimentos biomasa, necromasa y suelo del PNY.	57
Cuadro 11.	Regresiones lineales entre la cobertura vegetal y el carbono almacenado en los suelos del páramo arbustivo y herbáceo del páramo del PNY.	62

ÍNDICE ANEXOS

N°	Índice de Anexos	Pág.
Anexo 1.	Coordenadas de parcelas muestreadas	78
Anexo 2.	Diversidad relativa por familia del páramo arbustivo del PNY.	79
Anexo 3.	Parámetros ecológicos del ecosistema páramo arbustivo del PNY.	80
Anexo 4.	Diversidad relativa de las familias del páramo herbáceo del PNY.	82
Anexo 5.	Procedimiento general en la instalación de parcelas de muestreo y recolección y secado de Biomasa y Necromasa del páramo arbustivo y herbáceo del PNY.	83
Anexo 6.	Parámetros ecológicos del ecosistema páramo herbáceo del PNY.	85
Anexo 7.	Índice de Sorensen de los páramos arbustivos y herbáceo del PNY.	87
Anexo 8.	Descripción general de la instalación de parcelas y calicatas para la obtención de biomasa, necromasa y muestras de suelo, para la determinación de su contenido de carbono fijado en cada compartimento de los páramos arbustivos y herbáceos del PNY.	89
Anexo 9.	Valores de la biomasa en verde y seco del páramo arbustivo del PNY con su respectivo contenido de carbono.	91
Anexo 10.	Valores de la Necromasa en verde y seco del páramo arbustivo del PNY, con su respectivo contenido de carbono.	92
Anexo 11.	Valores de la biomasa en verde y seca del páramo herbáceo del PNY, con sus respectivos contenidos de carbono.	93
Anexo 12.	Valores de necromasa en verde y seco del páramo herbáceo del PNY, con su respectivo contenido de carbono.	95
Anexo 13.	Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo arbustivo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (0 – 20 cm).	97

Anexo 14.	Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo arbustivo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (20 – 40 cm).	98
Anexo 15.	Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo arbustivo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (40 – 60 cm).	99
Anexo 16.	Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo herbáceo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (0 – 20 cm).	100
Anexo 17.	Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo herbáceo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (20 – 40 cm).	102
Anexo 18.	Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo herbáceo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (40 – 60 cm).	105
Anexo 19.	Tríptico de los resultados obtenidos en la caracterización y cuantificación de carbono en los páramos arbustivos y herbáceos del PNY.	106
Anexo 20.	Socialización de los resultados docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal, personal del Ministerio del Ambiente Regional Zona 7.	108

RESUMEN

La investigación se realizó en los meses de julio de 2012 a octubre de 2013 en el Parque Nacional Yacuri (PNY), ubicado al sur del Ecuador, posee 43 090,6 ha y se encuentra distribuido en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, en un rango altitudinal entre 2 120 - 3 880 msnm, con una temperatura que oscila de 8 a 16°C y una precipitación de 750 mm en los meses secos y hasta 3 500 mm en los meses lluviosos.

La investigación tuvo como propósito la elaboración de un mapa de cobertura vegetal, determinar la composición y estructura de los páramos arbustivo y herbáceo del PNY, cuantificar el carbono fijado en la biomasa, necromasa y en el suelo de estos ecosistemas; y, establecer la influencia de la biomasa en los contenidos de carbono fijado en el suelo.

Se estudiaron dos tipos de páramos (arbustivo y herbáceo), a través de la instalación de parcelas temporales de 4m² y 1m² respectivamente, que permitieron determinar su estructura y composición.

Los tipos de cobertura vegetal presentes en el Parque Nacional Yacuri son: páramo arbustivo, páramo herbáceo, bosque siempreverde montano alto, bosque de neblina montano, bosque chaparro-sector lacustre, roca o picachos y el sistema lacustre, ubicados en suelos jóvenes con altos contenidos en materia orgánica, poco profundos y bien definidos.

La diversidad florística de los páramos del PNY, se encuentra reflejada en 62 especies de plantas vasculares en un área de muestreo de 76 m² para el páramo arbustivo; y, en el páramo herbáceo se registraron 76 especies de plantas vasculares en un área de muestreo de 144 m².

Se registraron 8 especies endémicas para el páramo arbustivo y 11 especies para el páramo herbáceo, presentando todas las especies algún grado de peligro de acuerdo a las categorías de la UICN.

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, mientras que los contenidos de carbono fijados en el suelo a una

profundidad de 0,60m, es de 537,06 t/C/ha para el páramo herbáceo y en los suelos del páramo arbustivo es 471,59 t/C/ha.

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

ABSTRACT

The research was conducted in the months of July 2012 to October 2013 at Yacuri National Park (YNP), located in southern Ecuador, it has 43 090.6 ha and is distributed in the provinces of Loja and Zamora Chinchipe in an altitudinal range between 2120 - 3880 meters above sea level, with a temperature range of 8-16 ° C and rainfall of 750 mm in the dry months and up to 3500 mm in the rainy months.

The research objectives were to develop a land cover map, determine the composition and structure of shrub and herbaceous moorlands at YNP, quantify the carbon fixed in biomass, necromass and soil of these ecosystems, and to establish the influence of biomass in fixed carbon content in the soil.

Two types of moorlands (shrub and herbaceous) were studied through the installation of temporary plots of 4 m² and 1 m² respectively, this allowed us to determine its structure and composition.

The land cover types present in the Yacuri National Park are shrub morrland, herbaceous moorland upper montane evergreen forest, mist montane forest, chaparral forest-lacustrine sector rocks and the lake system, located in young soils with high organic matter contents, shallow and well defined.

The floristic diversity of the landmoors of the YNP is reflected in 62 species of vascular plants in a sampling area of 76 m² for shrub moorland and in the herbaceous moorland 76 species of vascular plants were recorded in a sampling area of 144 m².

Eight endemic species were recorded for the shrub moorland and 11 species to the herbaceous moorland all species presenting some degree of danger according to the IUCN categories.

The carbon stored in the biomass and necromass compartment in the shrub moorland is 159,05 t/C/ha and in the herbaceous moorland is 116,18 t/C/ha, while the fixed carbon content in the soil at a depth of 0.60 m is 537,06 t/C/ha for the herbaceous moorland and in the shrub moorland soils it is 471,59 t/C/ha.

The biomass and carbon content in soils present a minimal relationship; therefore it was not possible to obtain a mathematical model to estimate the carbon content in the soil with respect to its biomass.

1. INTRODUCCIÓN

El deterioro acelerado de los recursos naturales ha puesto en peligro la vida de miles de especies que requieren ser conservadas, esto se refleja en la tasa de deforestación del país, que es de 74 300 ha/año entre los años 1990-2000; y, 61 800 ha/año en el periodo 2000-2008 (MAE, 2012).

Los servicios ambientales generados por los ecosistemas naturales, como la belleza escénica, fijación o almacenamiento de carbono, y del ciclo hidrológico, requieren de la gestión local, para la perpetuidad en estas zonas representativas del Patrimonio de Áreas Naturales del Ecuador – PANE.

Los ecosistemas de páramo son extremadamente diversos y contienen ingentes cantidades de carbono acumulado marcados por la influencia de bajas temperaturas que reducen las tasas de descomposición de materia orgánica. El proceso de descomposición es tan lento que, 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/m², ubicándose entre los suelos con las mayores reservas de carbono en el mundo (Sevink, 2009).

En la mitigación el efecto por el aumento de la concentración de Dióxido de Carbono - CO₂ (reducción de emisión y fijación), el páramo juega un papel importante, como reservorio de carbono, lo cual al conservar se evita la emisión de este elemento a la atmósfera (Hofstede, 1999).

El carbono orgánico cumple un papel fundamental en los procesos físico químico y biológico del planeta, a través del ciclo de carbono. Los procesos de captura y emisión de carbono son parte de un sistema de cuatro reservorios de carbono: 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).

FAO (2002) ha analizado la distribución del total de las existencias de carbono del suelo según las principales zonas ecológicas. Tales zonas muestran 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/m² en las zonas áridas y 21-24 kg/m² en las regiones polares o boreales, con valores intermedios de 8 a 10 kg/m² en las zonas tropicales (De Petre *et al.*, 2005).

En el páramo, el carbono está más concentrado debido a la baja temperatura, radiación solar y la descomposición de los residuos vegetales que es más lenta en este ecosistema, por tal razón hay más carbono fijado; mientras que en los bosques tropicales, el carbono se descompone (hojarasca) más 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 CO₂, que es el principal causante del calentamiento global, posiblemente el más grave problema ambiental del planeta.

En el año 2010 se crea el Parque Nacional Yacuri - PNY, convirtiéndose en nueva área para la conservación, investigación y generación de información, de los bienes y servicios ecosistémicos que genera esta área, situada en la Región Sur del Ecuador – RSE y parte norte del Perú.

El Parque Nacional Yacuri existen dos tipos de ecosistemas de páramo, los que se investigaron a través de la siguiente pregunta: ¿Cuál será el contenido de carbono almacenado en los diferentes compartimentos de los páramos del Parque Nacional Yacuri?

Para lo cual se planteó los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL.

- ✓ Determinar la cantidad de carbono existente en el ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri - PNY localizado en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe, como sumidero y reservorio de CO₂.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ✓ Caracterizar la cobertura vegetal y estructura del ecosistema páramo del Parque Nacional Yacurí, ubicado en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe.
- ✓ Cuantificar el stock de Carbono fijado en la cobertura vegetal (páramo arbustivo y herbáceo), necromasa y suelos del ecosistema páramo del Parque Nacional Yacurí.
- ✓ Establecer la influencia de la cobertura vegetal en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo del Parque Nacional Yacurí.
- ✓ Socializar los resultados obtenidos a los actores sociales interesados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sumidero

El concepto de sumidero, en relación con el cambio climático, fue adoptado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992. Un sumidero de gases de efecto invernadero, según la Convención, es cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera uno de estos gases o uno de sus precursores. En el ámbito del Protocolo de Kioto, la definición se limita a determinadas actividades de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (creación de nuevos bosques, gestión forestal y gestión de tierras agrícolas, entre otras) que se traducen en la captura del CO₂ presente en la atmósfera y su almacenamiento posterior en forma de materia vegetal. Esta captura de CO₂ contribuye a reducir la concentración de los Gases de Efecto Invernadero de la atmósfera, y por lo tanto, a mitigar el cambio climático (IPCC, 2007).

Además se conoce como sumidero todo sistema o proceso por el que se extrae de la atmósfera un gas o gases y se almacena. Las formaciones vegetales actúan como sumideros por su función vital principal, la fotosíntesis (proceso por el que los vegetales captan CO₂ de la atmósfera o disuelto en agua y con la ayuda de la luz solar lo utilizan en la elaboración de moléculas sencillas de azúcares). Mediante esta función, los vegetales absorben CO₂ que compensa las pérdidas de este gas que sufren por la respiración y lo que se emite en otros procesos naturales como la descomposición de materia orgánica (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España, 2012).

2.2. Reservorio de carbono.

Se puede definir como la cantidad de carbono contenido en un sistema que tiene la capacidad de acumular o liberar carbono. Estos pueden ser los océanos, suelo, y la vegetación. En el contexto de los bosques se refiere a la cantidad de carbono almacenado en los ecosistemas forestales especialmente en la biomasa y el suelo y en menor proporción en la madera muerta y hojarasca (FAO *et al.*, 2011).

Sevink (2009), señala que si bien los ecosistemas de páramo son extremadamente diversos, todos ellos están marcados por la influencia de bajas temperaturas que reducen dramáticamente las tasas de descomposición de materia orgánica. El proceso de descomposición es tan lento que, 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 los 60 kg/C/m², ubicándose entre los suelos con las mayores reservas de carbono en el mundo. Aunque esta característica es común en muchas zonas de páramo, es importante resaltar que existe una gran heterogeneidad espacial en la distribución de los suelos de páramo y en su contenido de materia orgánica. Esta heterogeneidad aún no ha sido bien caracterizada y puede tener implicaciones importantes en términos de la cuantificación de las reservas de carbono en el suelo de los páramos.

En términos de importancia de los stocks de carbono en los suelos del páramo, estimaciones moderadas sugieren que, a lo largo de los Andes tropicales, este tipo de ecosistemas almacena al menos 1,65 Gt de carbono en una superficie de 35 000 km². Esta figura no incluye a los histosoles de las turberas que cubren grandes extensiones en la región altoandina y que pueden almacenar más de 60 kg/C/m². A escala global esto significa que los páramos andinos contienen hasta un 5 % del total mundial de materia orgánica en el suelo, en un área correspondiente a menos del 1 % de toda la superficie continental en la Tierra (Sevink, 2009).

El carbono en ecosistemas forestales, el CO₂ atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO₂ participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollar follaje, ramas, raíces y tronco (Ortiz *et al.*, 2006).

Según Ortiz *et al.*, (2006), los agroecosistemas acumulan carbono en cuatro grandes componentes: biomasa aérea (o biomasa sobre el suelo), hojarasca, sistema radical y carbono orgánico del suelo. La influencia de la vegetación herbácea en el almacenamiento y fijación de carbono es muy baja, por lo que puede omitirse dentro de un estudio de carbono. Durante el tiempo en que el

CO₂ se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado.

Entre los métodos empleados para determinar la cantidad de CO₂ presente en la biomasa total, se encuentra el método del factor de conversión. Este consiste en multiplicar los datos de biomasa por un factor de conversión o fracción de carbono que involucra la relación entre el peso de la molécula de CO₂ y el peso del átomo de carbono (C). Este factor generalmente, asume un valor de 0,5 g de C con respecto a un gramo de biomasa (Ortiz *et al.*, 2006).

2.2.1. El carbono almacenado (Ca).

Se refiere a la cantidad de carbono que se encuentra en un ecosistema vegetal, en un determinado momento. Tiene en cuenta criterios como tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, factores de ajuste que se basan en datos de biomasa calculada a partir de volúmenes por hectárea de inventarios forestales (Ortiz *et al.*, 2006).

Generalmente, este tipo de carbono se paga por conservación de bosques y no puede ser liberado a la atmósfera si se accede a un pago por servicios ambientales.

2.2.2. El carbono fijado (Cf).

Se refiere al flujo de carbono dentro de una unidad de área cubierta con vegetación en un lapso de tiempo dado. Su cuantificación permite predecir el comportamiento del C en cualquier momento durante el crecimiento de la población (Ortiz *et al.*, 2006).

Este tipo de carbono depende de las características de la especie, la tasa de crecimiento y la longevidad, así como también de las condiciones del sitio, como localización, clima y rotación.

2.3. Ciclo del carbono.

La cantidad que se fija en la estructura del suelo depende de la entrada y la salida de la materia orgánica. La vegetación fija carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis (Figura 1). Parte del carbono fijado es devuelto a la

atmósfera mediante la respiración, convirtiéndose en dióxido de carbono. La materia orgánica en la tierra retornará a la atmósfera como dióxido de carbono, o se acumulará en el perfil del suelo. Los procesos más importantes en el ciclo del carbono en particular son la producción de biomasa, la descomposición de basura y la acumulación de materia orgánica en el perfil del suelo.

La proporción de la biomasa que se acumula está determinada por la cantidad de carbono fijado durante la totalidad de la fotosíntesis y en la proporción en la que el carbono se devuelve a la atmósfera a través de la respiración durante la construcción y mantenimiento del tejido (follaje, ramas, raíces y tronco). La biomasa se incrementará rápidamente durante la primera fase del desarrollo del ecosistema hasta alcanzar el estado máximo (clímax).

MAE (2011) señala que los bosques absorben carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis y es fijado en los denominados depósitos de carbono (madera muerta).

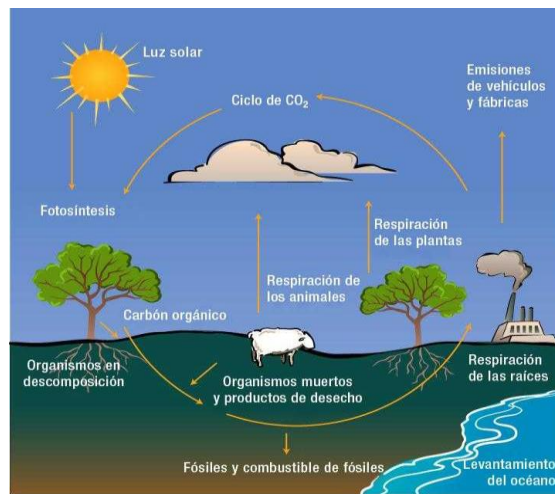


Figura 1. Ciclo de carbono en un ecosistema marino y terrestre.

2.4. Biomasa

Área extensa ocupada por un conjunto de comunidades vegetales que nacen de las complejas interacciones del clima, factores del medio físico y biótico (Sarmiento, 1974).

Benítez *et al.*, (2006), define a la biomasa como la cantidad total de materia viva presente en un sistema biológico, por lo general se expresa en unidades

de peso seco por unidad de superficie. También se la reconoce como el conjunto de materia orgánica de origen animal o vegetal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial.

El IPCC (2007), define a la biomasa como la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dado. La cantidad de biomasa se expresa mediante su peso en seco o mediante su contenido de *energía*, de carbono o de nitrógeno.

La biomasa también se puede definir como todo tipo de materia orgánica sea esta aérea o subterránea, viva o muerta esta puede estar por encima o debajo del suelo; como por ejemplo: árboles, los cultivos, las gramíneas, las raíces. Lo que respecta a la biomasa aérea, es toda la biomasa de la vegetación viva, tanto maderera como herbácea, que se halla por encima del suelo, incluidos tallos, cepas, ramas, corteza, semillas y follaje (FAO *et al.*, 2011).

2.5. Necromasa

Es la materia orgánica que reposa en el suelo, generalmente en estado fresco y con bajo grado de descomposición. Esta puede incluir material cosechado por animales y materia orgánica (FAO *et al.*, 2011).

Conjunto de cadáveres y materia vegetal muerta unida aún a las plantas vivas (madera muerta en pie en los bosques, raíces muertas) para algunos autores, la biomasa es el conjunto de toda la materia orgánica, viva o muerta, que hay en el ecosistema (Sarmiento, 1974).

2.6. El ecosistema páramo

El ecosistema páramo es un área propio de alta montaña, caracterizado por poseer zonas hiperústicas que determinan una elevada humedad. La temperatura es baja y predominan formaciones vegetales de graminetum; algunos presentan comunidades en almohadillas, arbustos coriáceos y esporádicamente formaciones arborescentes (Sarmiento, 1974).

En el Ecuador hay diferenciaciones entre cada uno de los páramos por efectos altitudinales, ya que el macizo andino decrece de norte a sur. La biota de cada

uno de ellos posee integrantes únicos, infiriendo aislamientos geográficos a manera de islas (Sarmiento, 1974).

El páramo también se puede definir como la formación vegetal constituida en su mayoría por elementos florísticos herbáceos y arbustivos, al desarrollarse sobre grandes planicies presentan una apariencia muy abierta. La mezcla de vegetación está dominada por gramíneas y algunos arbustos achaparrados por la vegetación característica debido a la humedad, los cuales se diferencian páramos secos y húmedos. En el caso de los secos están dominados por *Stipa icchu*. Los húmedos forman verdaderas almohadilla de musgos, hierbas rosetas (Cabrera *et al.*, 2001).

Los páramos se encuentran sobre los Andes, aproximadamente entre 3 400 - 4 700 m de altitud, se extienden desde los 11° latitud norte hasta los 8° latitud sur, desde Costa Rica en Centroamérica hasta el Perú. El núcleo de expansión son los Andes colombianos y ecuatorianos, básicamente sus estribaciones orientales. También se encuentran en Sudamérica ecosistemas parameros hasta los 15° latitud sur, por la vertiente oriental húmeda de los Andes, que corresponden a Bolivia y en el extremo noreste de Sudamérica y en algunos cerros de Guyanas (Josse, 1996).

2.7. Distribución y características de los páramos en la cordillera de los Andes y en la Región Sur del Ecuador (RSE).

Los páramos sudamericanos propiamente dichos se encuentran desde la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia y la Cordillera de Mérida en Venezuela, hasta la depresión de Huancabamba en el Perú (aproximadamente entre los 11° de latitud Norte y los 8° de latitud Sur) también conocida como la “divisoria de Piura”, es el punto altitudinal más bajo de la cadena de los Andes, con implicaciones importantes para la biogeografía de las biotas de montañas tropicales (Sarmiento, 1974), y constituyen un componente importante de la biodiversidad de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú (Chicaiza *et al.*, 2002).

En el Ecuador, el páramo cubre alrededor de 1 250 000 ha es decir aproximadamente un 6 % del territorio nacional. En términos relativos, el Ecuador es el país que más páramos tiene con respecto a su extensión total.

Los páramos están por encima de lo que es o lo que algún día fue el ecosistema de bosques andinos, en la actualidad fuertemente alterado. La zona de transición entre los dos ecosistemas, marcada en términos generales por la disminución en la altura y densidad de los árboles con respecto al bosque nublado inferior, se denomina subpáramo (Mena *et al.*, 2007).

La distribución y ubicación de los tipos de páramos que se encuentran en el Ecuador se presentan en la figura 2.

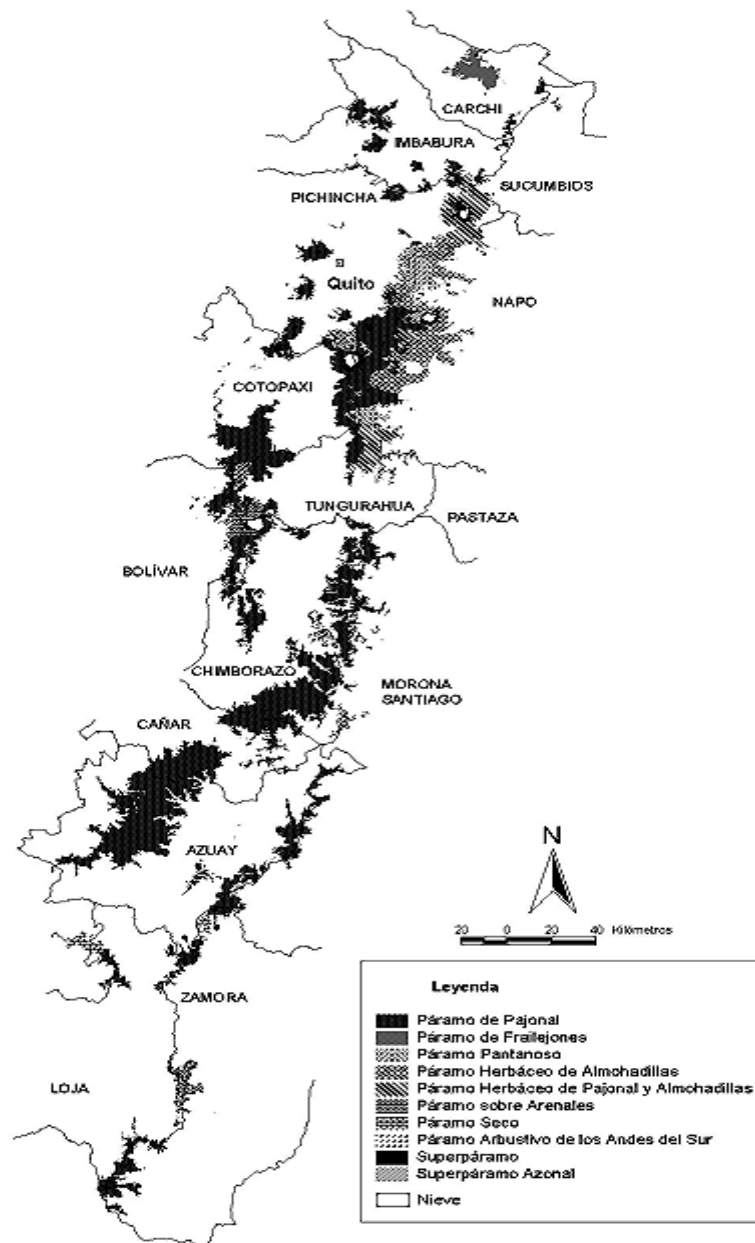


Figura 2. Distribución de los tipos de páramo en la Cordillera de los Andes (Mena *et al.*, 2007).

Los páramos en el Ecuador están a lo largo de la cadena montañosa que cruza el país y que se conoce con el nombre de Cordillera de los Andes, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- Al norte los páramos de Carchi, Imbabura y Pichincha.
- Al centro los páramos de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar.
- Al sur los páramos de Cañar, Azuay y Loja.

Los páramos son ecosistemas que varían por el lugar donde están, por la altura, por la vegetación, por el uso y por tipo de suelo (Chicaiza *et al.*, 2002).

2.7.1. Características de los páramos en la RSE.

En el Ecuador la cordillera de los Andes tiene dos ramales, uno occidental y otra oriental, que casi a todo el largo del país corren paralelamente. Entre los dos se encuentra el callejón interandino, donde están ubicadas casi todas las poblaciones de la Sierra y donde han aprovechado el suelo para la agricultura. Cada cierta distancia hay corredores que unen un ramal con otro en forma de peldaños (Josse, 1996).

Los páramos en el Ecuador forman un corredor casi ininterrumpido entre las fronteras Norte y Sur, cubriendo las partes más altas de las dos cordilleras andinas (Occidental y Oriental, que en el Sur se juntan en la cordillera de Sabanilla).

Según los pocos datos climatológicos existentes, en los páramos del Ecuador la precipitación anual varía entre 500 y 2 000 mm y, en la mayoría del territorio, presenta un patrón bimodal, con dos estaciones húmedas: febrero a mayo y octubre a diciembre. Las temperaturas presentan una gran amplitud diaria, oscilando desde bajo cero hasta más de 25°C, pero con una media anual que varía entre 2 y 10°C.

Según los tipos de suelo, los páramos del Ecuador pueden ser divididos en dos partes. En el centro y norte del país, debido a la continua actividad volcánica, los suelos están formados por cenizas volcánicas jóvenes y son negros y gruesos, con una diferenciación de horizontes pobres (andisoles o andepts, clasificación USDA). Estos suelos volcánicos tienen un alto contenido de

aluminio activo que se refleja en la formación de complejos aluminio-humus, alófanos e imogolita. Las características de estos suelos son una alta retención de agua, alta permeabilidad y fijación de fósforo y una densidad baja (Hofstede *et al.*, 2002).

En el sur del país la actividad volcánica está ausente, aunque en ciertos sitios hay capas finas de cenizas volcánicas jóvenes que cubren las capas inferiores de cenizas antiguas meteorizadas (inceptisoles; tropepts, aquepts y orthents).

De acuerdo a Sierra *et al.*, (1999), se demuestra que más de 9 000 km² de los 12 000 km² de páramos del Ecuador son dominados por pajonal (páramo seco, páramo de pajonal y páramo de frailejones). Los otros tipos de páramo son páramos altos (superpáramo y páramos sobre arenales), formaciones sobre lahares recientes (superpáramos azonales), páramos más húmedos con presencia de almohadillas o pantanos (páramo herbáceo y páramo pantanoso) o páramos con una vegetación arbustiva típica de una zona del Sur del país (páramo arbustivo del sur).

Estos tipos de páramo se encuentran casi exclusivamente en el lado oriental de la cordillera oriental, con difícil acceso y dentro de áreas protegidas, mientras que los páramos de pajonal se encuentran ubicados en el lado interandino y cuentan con mucha mayor accesibilidad (Hofstede *et al.*, 2002).

2.7.2. Distribución de los páramos en la RSE.

Los ecosistemas paramunos inician a los 3 500 msnm, originados por los ramales oriental y occidental de la cordillera de los Andes que recorren paralelamente a lo largo de casi todo el país, no obstante, a 3° S del país, en las provincias de Cañar, Azuay y Loja, la forma de la cordillera cambia, es más angosta, baja y no se diferencian completamente los dos ramales, dando lugar a muchas ramificaciones con elevaciones donde los páramos empiezan a 2 900 o 3 000 msnm (Eguiguren *et al.*, 2009).

Sierra *et al.*, (1999) en la región sur del Ecuador se encuentran dos tipos de páramos, los de tipo herbáceo y arbustivo. Los páramos herbáceos en esta parte del país se extienden solamente entre 2 800 ó 2 900 hasta algo más de

3 000 msnm, y raramente cerca de 4 000 msnm (como en Fierro Urco, a 3 788 msnm). Estos páramos están dominados por hierbas en penacho (manejo) de los géneros *Calamagrostis*, *Festuca* y varias especies de *Stipa*. Los páramos arbustivos se encuentran sobre 3 100 msnm, las hierbas en penacho son reemplazadas por arbustos, hierbas de varios tipos, plantas en roseta, especialmente en los páramos más húmedos, por plantas en almohadilla.

2.8. Servicios ambientales que brindan los páramos.

Los páramos al igual que otras formaciones vegetales, prestan beneficios, sobre todo para las comunidades humanas que viven alrededor de ellas y también en forma indirecta a comunidades que viven en zonas de amortiguamiento. En este contexto se pueden enumerar bienes y servicios ambientales que brinda el ecosistema páramo, como la generación, retención y purificación del agua, fijación y retención de carbono, control parcializado del clima, purificación del aire, belleza escénica, servicios culturales (espiritual, recreativas y culturales), y servicios de apoyo (ciclo de los nutrientes que mantienen las condiciones de vida en la Tierra (FAO *et al.*, 2011).

Analizando el contexto de los servicios ambientales, la generación y retención de agua y la fijación de carbono son quizás los menos conocidos y los que actualmente tienen una mayor demanda, mediante la adquisición y venta de bonos por la reducción de emisiones al ambiente.

Para el servicio ambiental de provisión de agua, que con este se busca medir la cantidad de recurso hídrico que permite el ecosistema esté disponible, dicha función es considerada como un valor de uso directo, pues el agua disponible es utilizada en diversas actividades como lo son consumo, riego, abrevaderos, entre otras. Los servicios ambientales de almacenamiento de agua y de carbono, por otro lado, son considerados como valores de uso indirecto ya que no son directamente extraídos o consumidos, sino que se derivan del sustento o protección que dan a actividades económicas tanto de producción como de consumo, o a poblaciones (Castro, 2011).

2.9. Definición, propiedades físicas y químicas del suelo

El término suelo proviene del latín *solum*, que significa piso, o como la capa superior de la tierra, que puede ser cavada, arada y es en donde crecen las plantas. El suelo es complejo a causa de su composición física y química. Su formación parte de masas rocosas parcialmente meteorizadas y de minerales de la corteza terrestre (Thompson, 1965).

El suelo tiene cuatro componentes principales que son materia mineral, materia orgánica, aire y agua. El material mineral varía en tamaño desde arcilla hasta las grandes rocas; el aire y agua ocupan el volumen de poros. La materia orgánica en el suelo superior ocupa un promedio de 3 %. El suelo con un contenido de materia orgánica superior al 20 % se llama suelo orgánico y cuando es menos se llama suelo mineral (Thompson, 1965).

2.9.1. Propiedades físicas de los suelos.

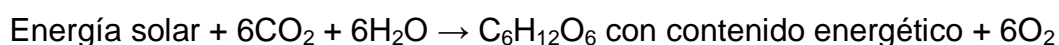
Muchas propiedades químicas y biológicas importantes vienen reflejadas por las propiedades físicas, que determinan por otra parte su productividad. La relación de aireación y humedad son función principal de la configuración del perfil de suelo.

La textura se refiere al tamaño de las partículas, de los cuales se establecen tres fracciones: arena, limo y arcilla. Las piedras y la grava superior a 2 mm no son consideradas en la determinación de porcentajes de arena, limo y arcilla, la que puede ser determinada a través del *método de análisis del tamaño de partícula o método de Bouyoucos y el método de la pipeta*. Ambos se basan en la determinación de la velocidad de sedimentación de las partículas en suspensión en agua. El material grueso se sedimenta rápidamente, mientras el fino lo hace más lentamente, lo que permite la determinación del nombre o clase de suelo en función de estos tres parámetros, a través del uso del triángulo de las clases texturales del suelo (Thompson, 1965).

2.9.2. Propiedades químicas del suelo.

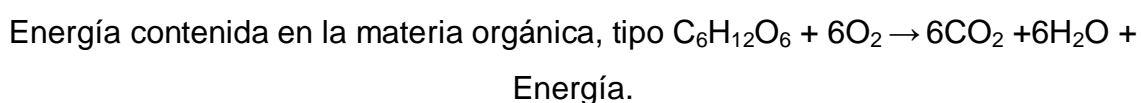
En el horizonte A se encuentra la materia orgánica, la cual presenta grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y azufre que se transforman en asimilables por las plantas al descomponerse. Esta coopera a su vez, a producir sustancias accesibles nutritivas. Además, desde un punto de vista físico, la materia orgánica facilita simultáneamente la aireación y la capacidad de retención de agua.

El carbono, hidrógeno y oxígeno también contribuyen al suelo en el crecimiento de la planta, suponen el 95 % en peso del extracto seco de los tejidos vegetales. Estos tres elementos vienen también suministrados por aire y agua. Pasan a formar parte del tejido de la planta a través de un proceso de fotosíntesis,



El agua es absorbida a través del sistema radicular. El dióxido de carbono es absorbido mediante las hojas. El azúcar sencillo producido en la fotosíntesis es posteriormente modificado por acciones de los elementos nutricios, que provienen del suelo. Todas las vitaminas, hormonas y otros cuerpos orgánicos, que son necesarios para el crecimiento de la planta, son sintetizados en el interior de la misma. A través de las raíces y hojas absorbe la totalidad de los 15 elementos necesarios de manera inorgánica simple.

En la reacción de la fotosíntesis se libera oxígeno. Las plantas poseen una respiración y emplean parte de la energía almacenada en los productos de su fotosíntesis. Puesto que la atmosfera contiene cerca de un 20 % de oxígeno, esta necesidad no es nunca un factor limitante para la respiración de la planta. Pero en las raíces, la respiración, por efecto de un suelo mal aireado, es a veces limitada por un bajo suministro de oxígeno. La respiración es el fenómeno inverso de la fotosíntesis:



Los 12 elementos esenciales aportados por el suelo que ayudan al crecimiento de la planta, se dividen en: *seis elementos principales* (calcio, magnesio, potasio, nitrógeno, fósforo y azufre) y *seis oligoelementos* (cobre, manganeso, zinc, hierro, boro y molibdeno).

2.9.3. Características de los perfiles del suelo.

Una característica común en los suelo es el perfil, que se presentan en forma de capas desde la superficie hacia debajo de forma vertical. Los diferentes perfiles o estructuras que se encuentran en el suelo está determinado a través de la evolución que tienen los suelos llevando a la formación de capas o estratos que se diferencian en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, denominándose horizontes y al conjunto de capas edáficas se las llama perfil del suelo (Vega, 2007).

La manera más fácil de designar el perfil del suelo (Figura 3) es clasificar en cuatro horizontes, designados desde arriba hacia abajo. El horizonte cero o mantillo es el manto superficial, capa fina, compuesta por hojas, desechos de animales, hongos y otros materiales orgánicos, se caracteriza por ser de color negro o marrón. El horizonte A es el denominado suelo, es una capa de poca profundidad, formada por materia orgánica porosa, descompuesta, organismos vivos y material mineral; es más suelta que las capas inferiores. El horizonte B, es el subsuelo compuesto por roca alterada, material orgánico y minerales lixiviados provenientes del horizonte A; y, por el horizonte C, que es roca madre u original alteradas, la cual descansa sobre un lecho rocoso (Vega, 2007).

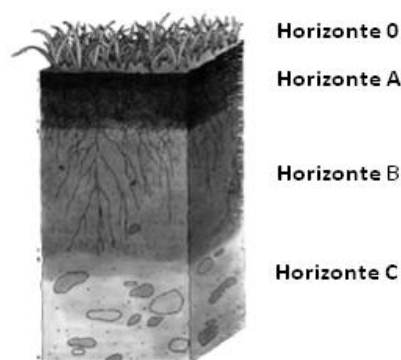


Figura 3. Perfiles de la estructura de un tipo de suelo.

Para la formación de los diferentes horizontes en el suelo, es necesario cinco factores que son: material primario, topografía, vegetación, clima y tiempo. Es por eso que no es raro encontrar dos suelos idénticos, pero los que son semejantes se agrupan, a los efectos de clasificación, para su utilización y práctica de cultivos (USDA, 2006).

Donde quiera que dos suelos se hayan desarrollado a partir de materiales primarios similares, con un clima y vegetación semejantes, en el mismo periodo geológico y en topografía similar, serán lo suficientemente semejantes en apariencia y propiedades para que puedan nombrarse de la misma manera (Vega, 2007).

2.9.4. Materia orgánica del suelo.

Los residuos de las plantas constituyen el material primario para la materia orgánica del suelo. Solo puede considerarse una pequeña parte de la materia orgánica como fracción húmica. Un suelo con un 3 % de materia orgánica contiene aproximadamente 75 toneladas de la misma por hectárea (Thompson, 1965).

El carbono de las plantas tiene lugar del dióxido de carbono de la atmósfera y es reducido en el proceso de fotosíntesis en donde utiliza la luz solar como fuente de energía (Thompson, 1965).

El proceso de formación del suelo en condiciones normales da lugar a la acumulación de materia orgánica, hasta alcanzar un cierto equilibrio. Este nivel es constante hasta que varíen sus niveles de formación. Establecido el equilibrio, la descomposición de materia orgánica es igual a su incorporación. Esta relación demuestra que ningún componente de los residuos es enteramente indestructible, ya que si así fuera no llegaría nunca a establecerse su equilibrio (Thompson, 1965).

2.9.5. Contenido de carbono orgánico en el suelo.

Hasta hace poco se carecía de un método que permita conocer la cantidad de materia orgánica existente en el suelo. Se admitía que el contenido de carbono en la materia orgánica del suelo era del 58 %. Según Thompson (1965), en la

actualidad la determinación del carbono es sencilla y conociendo de este dato basta multiplicar por 1,72 (cociente de 100/58) para deducir el contenido de materia orgánica (Thompson, 1965).

Pero, mediante el empleo de métodos de análisis más perfeccionados se ha llegado a concluir que raramente la materia orgánica contiene más del 52 % de carbono; es así que Broadbent sugiere el factor 1,9 para el suelo superior y 2,25 para el subsuelo; esto se basa en la recopilación de datos que señalan un promedio de 40 % en carbono. Sin embargo el factor 1,72 se ha empleado por mucho tiempo para el suelo superior y subsuelo y la mayor parte de los datos se han calculado con este factor (Alvarado *et al.*, 2000).

Los factores que afectan directamente la cantidad de materia orgánica en el suelo son: naturaleza de los materiales primarios, clases vegetales, topografía, clima y el tiempo al que está expuesta la vegetación.

La vegetación es la fuente de la materia orgánica del suelo, lo que se puede considerar como la introducción de la formación de suelos. La materia orgánica está distribuida en el suelo de acuerdo a la distribución y presencia de restos dejados por las plantas. Por lo general los suelos presentes en los bosques tienen una profundidad de 10 a 12,5 cm que posee elevada cantidad de materia orgánica; mientras que en el subsuelo su contenido de materia orgánica es inferior a la capa A.

La irregularidad topográfica difiere en la formación de un suelo, esta es una condicionante a los efectos de la humedad. Un suelo con pendientes pronunciadas presenta muchos desbordamientos provocados por las aguas, quedando poca humedad para las plantas. Los suelos de las pendientes tienen poca profundidad ya que el desarrollo de las raíces está limitado por la ausencia de agua. El suelo de una pendiente muy pronunciada tiene más aireación y es más templado y la materia orgánica se descompone más rápidamente. En consecuencia el contenido de materia orgánica en pendientes pronunciadas es menor que en suelo con poca pendiente a pesar de tener la presencia de los mismos factores.

El efecto de la presencia del material primario en la materia orgánica depende mucho de la presencia de la vegetación que se desarrolla en ese lugar. El factor que se opone a la acumulación es, la velocidad o tiempo que emplea en la descomposición. Un suelo templado y bien aireado tiene un mayor porcentaje de descomposición mayor que uno similar pero más frío y menos aireado. El suelo arenoso tiene a ser más templado y aireado que el suelo con textura más fina, sin embargo teniendo iguales factores permite una descomposición más rápida de materia orgánica.

El clima es otro factor que influye en la acumulación de materia orgánica de dos maneras, una es que el clima ejerce influencia sobre la cantidad total de residuos que vuelve al suelo cada año y la otra es la influencia del clima en la velocidad de descomposición de los residuos.

2.10. Los suelos del páramo.

Los suelos del páramo tienen una capa orgánica relativamente profunda y elevada, color negro, saturación de agua, y con retención de humedad aún en periodos de poca precipitación. Además se ha constatado que con el incremento de altitud el contenido de nitrógeno y de materia orgánica en el suelo se hace más alto. Naturalmente, esta relación es válida solo hasta cierto nivel, pasado el cual la presencia de arena y rocas es dominante y la capa de suelo es delgada (Josse, 1996).

En general los suelos de los páramos tienen dos tipos, la zona centro - norte, en donde predominan suelos de tipo volcánicos; y, en la zona más austral en donde se pueden encontrar suelos no volcánicos.

Los suelos volcánicos se caracterizan por ser ricos en aluminio extractable y por ser muy profundos llegando en unos casos a sobre pasar los cinco metros. Son clasificados dentro del grupo de Andosoles (tierra negra).

Este color negro viene del alto contenido de materia orgánica, que por las bajas temperaturas no se descompone rápidamente. Además, el aluminio de la ceniza volcánica y la materia orgánica se combinan para formar vesículas muy resistentes a la descomposición por la edafofauna. Estos complejos se llenan

de agua, ésta es retenida por un período relativamente largo y soltando lenta y constantemente. Así, el páramo no debe considerarse un *productor* de agua (que viene de la lluvia, la neblina y los deshielos) sino *recogedor* de ella y *regulador* de su flujo. No es exagerado decir que prácticamente todos los sistemas fluviales de los países andinos septentrionales nacen en el páramo y que los sistemas de riego, agua potable e hidroelectricidad, dependen en gran medida de esta capacidad del ecosistema páramo en la regulación hídrica (Hofstede *et al.*, 1999).

Desde el punto de vista de su complejidad, el suelo es una mezcla de partículas minerales, materia orgánica, agua y aire, que constituye el material de soporte de los organismos vivos. Desde el punto de vista ecológico, deben considerarse tres características: *su complejidad*, consecuencia de su composición, *su dinamismo* no solo porque nacen y mueren los organismos vivos que lo habitan, sino porque la materia mineral y orgánica está en constante evolución; y, *su permeabilidad*, por ser un medio abierto, con entradas y salidas, siendo esto muy frágil a la degradación (Vega, 2007).

Las variaciones edáficas y topográficas también determinan diferentes tipos de asociaciones. Por ejemplo hay zonas pantanosas o anegadas, que no se secan en donde hay plantas que forman almohadillas que mueren y van al fonda para formar turbas. A veces se encuentran quebradas a la mitad del páramo que en su cauce forman un microclima que permite el crecimiento de arbolitos, arbustos leñosos y plantas herbáceas formando matorrales cerrados y exuberantes (Josse, 1996).

2.11. Mercado de bonos de carbono.

Los bonos de carbono, que nacieron bajo la protección del protocolo de Kyoto, el cual obliga a los países desarrollados a reducir sus gases de efecto invernadero y para cumplir con su meta de reducción, los países desarrollados pueden financiar proyectos de captura o abatimiento de estos gases en otras naciones en vías de desarrollo y disminuyendo los efectos invernaderos como que si hubiesen sido hechos en su propio territorio. El mercado de carbono se viene desarrollando a nivel mundial desde 1996 y ha recibido gran impulso a

partir de 2002 y ante esta situación el país no ha desarrollado de manera amplia un fondo ecuatoriano de carbono tendiente a facilitar y desarrollar proyectos de inversión en el Ecuador, cuya función podría encargarse de emprender múltiples proyectos. Los objetivos se podrían enmarcar en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, facilitar los incentivos del mecanismo para el desarrollo limpio, incorporar nueva tecnología y maximizar la participación en el mercado internacional de carbono (Merchán, 2010).

El mercado de bonos de carbono es poco explotado y tiene una perspectiva de un gran crecimiento en los próximos años. Un bono de carbono equivale a una tonelada de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera que puede ser vendido en el mercado y al bono de carbono se le llama formalmente CER lo que quiere decir Certificado de Emisión Reducida (Merchán, 2010).

Un bono de carbono representa una reducción de emisiones de una tonelada de CO₂, y adquirir un bono, es financiar un esfuerzo de reducción de gases de efecto invernadero en otra parte del mundo y a los compradores les interesa comprar grandes volúmenes de bonos y el Ecuador, convirtiéndose el país en ofertante de bonos ante las necesidades mundiales en acceder a un CER, a través de las potenciales de las masas boscosas y suelos fijadores de carbono, para lo cual se debería crear un Fondo Ecuatoriano de Carbono y obtener algún rédito de estas ventas, que permitan el crecimiento y desarrollo de las poblaciones aledañas (Merchán, 2010).

2.12. Estudios relacionados al tema de estudio.

Castro (2011) en un estudio realizado en los páramos y humedales altoandinos de los cantones de Nabón y Oña (provincia de Azuay), Saraguro (provincia de Loja) y Yacuambi (provincia de Zamora Chinchipe), en un área de 932 km², de los cuales 56 % pertenece al cantón Yacuambi, 21 % y 17 % a los cantones de Oña y Nabón respectivamente. El resto de la superficie corresponde al cantón Saraguro, considerados como sector 1.

Mientras que el sector 2, corresponde a los páramos y a los humedales altoandinos de los cantones Tisaleo, Mocha, Quero y Cevallos, parte de la

Mancomunidad del Frente Suroccidental en la provincia de Tungurahua. De igual manera se encuentra dentro de la zona de estudio el cantón Guano de Chimborazo y parte de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo. La superficie de este sector de estudio es de 602,57 km².

En el sector 1, Oña – Nabón - Saraguro - Yacuambi, el valor de la densidad del suelo en promedio fue de 0,92 g/cm³ para las muestras recogidas en campo del suelo de bofedales. La profundidad a la cual se tomó la muestra para análisis de contenido de carbono fue 10 cm. El contenido de carbono es de 26,5 % en promedio para las muestras, y la media del costo social del carbono es de 15 \$/tCO₂.

Con estos datos, el valor del servicio ambiental de almacenamiento de carbono en el suelo de los bofedales es de 13 340,62 \$/ha; lo cual representa un valor total de USD 2,9 millones para toda la superficie de bofedales. Con un contenido de carbono de 52 877,38 toneladas en una superficie de 218 ha.

En el sitio 2, en este sitio, con valores de densidad en suelo de 1,05 g/cm³. La profundidad a la es la misma que para el sitio anterior (10 cm). El contenido de carbono es de 13,5 % en promedio para las muestras. La media del costo social del carbono utilizada en este sitio es la misma que la de Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi (15 \$/tCO₂).

De esa manera, el valor del servicio ambiental almacenamiento de carbono en el suelo de los bofedales es de 7 787,26 \$/ha; lo cual representa un valor total de USD 15,3 millones para toda la superficie de bofedales.

Hofstede (1999), indica que la selva húmeda tropical almacena 250 t/C/ha, mientras que el pajonal del páramo tiene máximo de 20 t/C/ha. Pero, en la selva tropical el suelo casi no contiene materia orgánica (carbono). La descomposición de la hojarasca es tan rápida por las altas temperaturas, que los restos vegetales son en la mayoría de los casos totalmente oxidados antes de ser incorporados en el suelo. Por esto, el suelo orgánico no es más profundo que 10 cm y el contenido de carbono elemental es máximo 5 %.

Por el clima frío, la alta humedad y el hecho de que los suelos son formados de cenizas volcánicas recientes, la descomposición de materia orgánica es muy lenta. Por esto existe una gran cantidad de carbono almacenada en una capa gruesa de hojarasca, en el caso de los páramos de El Ángel, hasta dos metros de profundidad. Si se considera este caso extremo de Carchi, donde estos dos metros tienen una concentración de 17 % de carbono en el suelo, se puede calcular que en estos suelos se almacenan 1 700 toneladas de carbono por hectárea. Así, es evidente, que en el ecosistema paramuno, si se considera el suelo, puede almacenar más carbono que la selva tropical.

Tonneijck (1998), realizó su estudio sobre la fijación de carbono de los suelos volcánicos en los medioambientes alpino - tropical del Ecuador, ubicado en la reserva ecológica Cayambe - Coca y en el Parque Nacional Cotopaxi. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Determinación de la cantidad de Carbono (g/m^2) existente en las parcelas establecidas en Cayambe y Cotopaxi.

Sitio	Altitud msnm	C. Biom. gC/m^2	S gC/m^2	Material Vivo gC/m^2	Material Muerto gC/m^2	Basura gC/m^2	Carbono Suelo gC/m^2
1caya	3 950	836	97	269	480	88	5 813
2caya	4 100	1 413	48	440	785	188	7 420
3coto	3 720	1 475	80	463	961	189	13 180
4coto	3 800	1 792	414	391	1 104	297	16 707
5coto	3 920	941	203	265	418	258	12 172
6coto	4 000	1 090	132	281	563	246	9 062
7coto	4 110	950	151	446	335	168	4 752

C: Carbono; Biom: Biomasa; S: Error Estándar; Caya: Parcelas ubicadas en Cayambe; Coto: Parcelas ubicadas en Cotopaxi

Lo que se evidencia que el contenido de carbono en el suelo en estos dos sectores, es cuatro veces superior al que se encuentra almacenado en la biomasa.

Fehse *et al.*, (1999), determinaron la productividad de carbono en cuatro bosques secundarios en la Sierra del Ecuador, obteniendo los siguientes

resultados, Biomasa: Bosque monoespecífico 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.; 365,6 t/ha en un bosque monoespecífico de *Polylepis incana* en Pifo (provincia del Pichincha), equivalente a 182,8 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 127,65 t/C/ha a una altitud de 2 300 msnm.; y 148,9 t/ha en un bosque montano mixto en Santiago, provincia de Loja, equivalente a 74,45 t/C/ha, a una altitud entre 2 600 y 2 900 msnm.

EcoSecurities (2007), en las selvas tropicales de Latinoamérica, por ejemplo, se ha estimado que el bosque húmedo tropical de tierras bajas, la vegetación puede almacenar entre 200 y 400 t/C/ha, en el suelo entre 100 y 200 t/C/ha, mientras que el bosque tropical montano puede almacenar en su biomasa de 100 a 200 t/C/ha, en el suelo un valor promedio de 74 t/C/ha y, caso especial lo que ocurre en el páramo obteniendo en su biomasa un valor medio de 40 t/C/ha, mientras que en el suelo los contenidos de carbono oscilan entre 300 y 600 t/C/ha, demostrando que el suelo en los páramos además de brindar un servicio innato como es la regulación hídrica mantiene una elevada concentración de carbono orgánico en su estructura.

Se estima que los suelos de este tipo de ecosistemas han almacenado aproximadamente 1,65 Gt de carbono (1 650 millones de toneladas de carbono). Aunque es aún difícil asignarle un valor económico a estas reservas de carbono, estimaciones realizadas para bosque tropical sugieren que, a nivel global, el mercado de créditos de carbono por REDD podría generar entre 153 y 4 500 millones de dólares bajo escenarios que cumplan un 5 % de reducción de la deforestación o entre 7 000 y 46 000 millones de dólares si la reducción de la deforestación alcanza un 50 % (EcoSecurities, 2007).

La existencia de carbono orgánico presente en los suelos naturales representa un balance dinámico entre la absorción de materia vegetal muerta y la pérdida por descomposición (mineralización). En condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del carbono que ingresa al mismo es frágil y solo una pequeña fracción (1 %) del que ingresa (55 000 millones de t/año) se acumula en la fracción húmica estable (400 millones de toneladas/año) (FAO, 2002).

De acuerdo con un estudio realizado en los páramos intervenidos y no intervenidos en los Parques Nacionales Naturales de Chingaza y Los Nevados de Colombia por Torres *et al.*, (2012), señala que la producción de biomasa y el aporte de carbono por parte de la vegetación arbustiva de los páramos, son mucho más bajos que la producción de biomasa y fijación de carbono en los pastizales de páramos. Esto se explica, debido a que la vegetación arbustiva, tiene un crecimiento más lento en el páramo, debido a las condiciones ambientales extremas, como son la densidad y humedad del aire, con cambios rápidos y bruscos por la acción de los vientos, ambiente seco por la fuerte radiación solar, baja temperatura media y heladas nocturnas, que inducen en la latencia en los tejidos.

El aporte de carbono por la vegetación de pastizales, fue inverso al aporte de carbono por la vegetación arbustiva, en el páramo de ambos parques nacionales. Este aporte, es mucho más alto en el PNN Los Nevados que en el PNN Chingaza. Esto debido a que la cobertura vegetal de pastizales en el páramo de PNN Los Nevados, sobrepasa la cobertura de vegetación arbustiva. Este alto nivel de carbono en los pastizales del páramo intervenido del PNN Los Nevados, es aportado por especies robustas de Poaceae, como *Cortaderia* y especies de crecimiento agresivo, que forman grandes masas de vegetación seca y verde, como el pasto forrajero *Pennisetum clandestinum*.

En el páramo intervenido del PNN Chingaza, la acumulación de carbono, fue menor que en el páramo no intervenido, posiblemente, porque la intervención, ha sido muy fuerte, en detrimento de la vegetación y su dinámica. Esto se debe, a la práctica de quemas, que ocurren en estos páramos para introducir la generación de pajonales jóvenes y tiernos, que sirven de alimento al ganado.

En el PNN Los Nevados, la acumulación de carbono en el páramo intervenido, fue sorprendentemente más alta, que en el páramo no intervenido, debido a un componente del pastizal del páramo, que tiene características diferentes, a los pastos nativos. Se trata del pasto *Pennisetum clandestinum*, nativo de África, que al igual que la mayoría de Poaceae introducidas a América desde el continente africano, tiene una biomasa mucho más elevada, que se va

acumulando en forma aérea y en forma subterránea, debido a su exitoso crecimiento rizomatoso.

García (2003), en los páramos de Chinganza en Bogotá, Colombia, señala que: los suelos del páramo de Chinganza están constituidos en un 10 % de carbono y que más del 70 % del suelo es agua. El 17 % del carbón orgánico total del suelo corresponde a fracciones lábiles (frágiles) que serían fuentes netas de emisiones de CO₂. No se han encontrado diferencias significativas en el contenido de carbono en suelo, mantillo y materia orgánica libre entre tipos de suelos ni vertientes húmedas y secas.

Calderón *et al.*, (2012) en un estudio de cuantificación del carbono almacenado en tres fincas en tres estados de desarrollo del bosque de Pino (*Pinus oocarpa*, L.) Dipilto, en Nueva Segovia, Nicaragua, obtuvo los contenidos de carbono en biomasa seca, hojarasca y suelos en Bosques de Regeneración (BR), Bosque Joven (BJ) y Bosque Maduro (BM).

La biomasa seca (Kg/árbol) para bosque en regeneración fue 105,53; bosque joven 316,07; y, 391,67 en bosque maduro y carbono almacenado es de 11, 45,5 y 58,5 (t/C/ha) respectivamente.

En la biomasa de hojarasca el contenido de carbono fue de 3,89 t/ha (4 t/C/ha) para bosque en regeneración, 5,50 (4,30 t/C/ha) para bosque joven y 7,99 kg/m² (5,8 t/C/ha) para bosque maduro. El carbono determinado en el suelo fue de 310, 215 y 120 t/C/ha para bosque en regeneración, bosque joven, bosque maduro, respectivamente.

El carbono capturado se deposita o se fija en un 75 % en el fuste de los árboles, 16,7 % en ramas y 8,3 % en acículas. El suelo cumple una función muy importante en el Carbono acumulado resultando superior su contenido de carbono bajo los suelos de cada uno de los bosques de pino en desarrollo en las tres fincas diferentes

Ortiz *et al.*, (2006) esta investigación se llevó a cabo en la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica y tuvo como fin simular la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao

Theobroma cacao - laurel *Cordia alliodora*, en dos condiciones de relieve (valle y loma), bajo tres densidades de siembra para laurel (6x6, 9x9 y 12x12 m) y una densidad de siembra para cacao, en un período de 25 años. Esta simulación incluyó el carbono almacenado promedio de los compartimientos suelo, necromasa y vegetación herbácea del sistema.

La cantidad promedio de carbono almacenado en el sistema agroforestal con cacao y laurel (SAF - CL) fue de 126,4 tCha⁻¹ en valle y de 114,5 tCha⁻¹ en loma bajo la densidad 6x6 m. El carbono promedio almacenado en las densidades 9 x 9 m y 12 x 12 m, fue de 109,7 y 97,9 tCha⁻¹, respectivamente, en un período de 25 años. Las tasa de fijación promedio en los SAF-CL de la Reserva Indígena de Talamanca, fue de 5,1 tCha⁻¹ año⁻¹ en el mismo período de tiempo.

Los compartimientos que más secuestraron Carbono en el sistema fueron en su orden: el suelo (54,8 % en valle y 58,3 % en loma), el laurel (31,8 % en valle y 25,6 % en loma), la necromasa (7,04 % en valle y 9,04 % en loma), el cacao (6 % en valle y 6,5 % en loma) y la vegetación herbácea (0,6 % en valle y loma).

Los contenidos de necromasa (hojarasca y madera caída) en loma fue 9,5 t/ha y en valle 8 t/ha, mientras que en sus suelos el carbono orgánico en el suelo en loma 61,3 t/ha en valle 62 t/ha, manteniendo alta con tenido de carbono fijado bajo este sistema agroforestal desarrollado tanto en valle como en loma.

3. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en el Parque Nacional Yacuri (PNY), ubicado al sur del Ecuador, posee 43 090,6 ha que limita al norte con el cantón Loja en las parroquias Quinara y Yangana, al sur con la República del Perú, al este con el cantón Palanda con las parroquias Valladolid y Palanda, y el cantón Chinchipe con su parroquia San Andrés; y al oeste con el cantón Espíndola en las parroquias de Santa Teresita, Amaluza y Jimbura, provincia de Loja (Figura 4).

Se encuentra en un rango altitudinal entre 2 120 - 3 880 msnm, con una temperatura que oscila de 8 a 16°C y una precipitación de 750 mm en los meses secos y hasta 3 500 mm en los meses lluviosos (Morocho, 2008).

Del total de la superficie del PNY, el 14,2 % se encuentra en el cantón Espindola que equivale a 6 120,3 ha; en el cantón Chinchipe se encuentra el 26,2 % que equivale a 11 281,1 ha y en el cantón Palanda el 59,6 % de la superficie equivalente a 25 689,2 hectáreas.

La cobertura existente en el PNY, radican su importancia porque aquí se originan los caudales que forman las cuencas de los ríos Catamayo y Macará, que abastece varios canales de riego y vertientes que suministran de agua para las comunidades rurales de los Cantones Espindola, Palanda y Chinchipe. Además en estas área se originan dos sistemas hidrográficos de importancia binacional, hacia el occidente la cuenca Catamayo-Chira, y al oriente la cuenca Chinchipe-Mayo (Morocho, 2008).

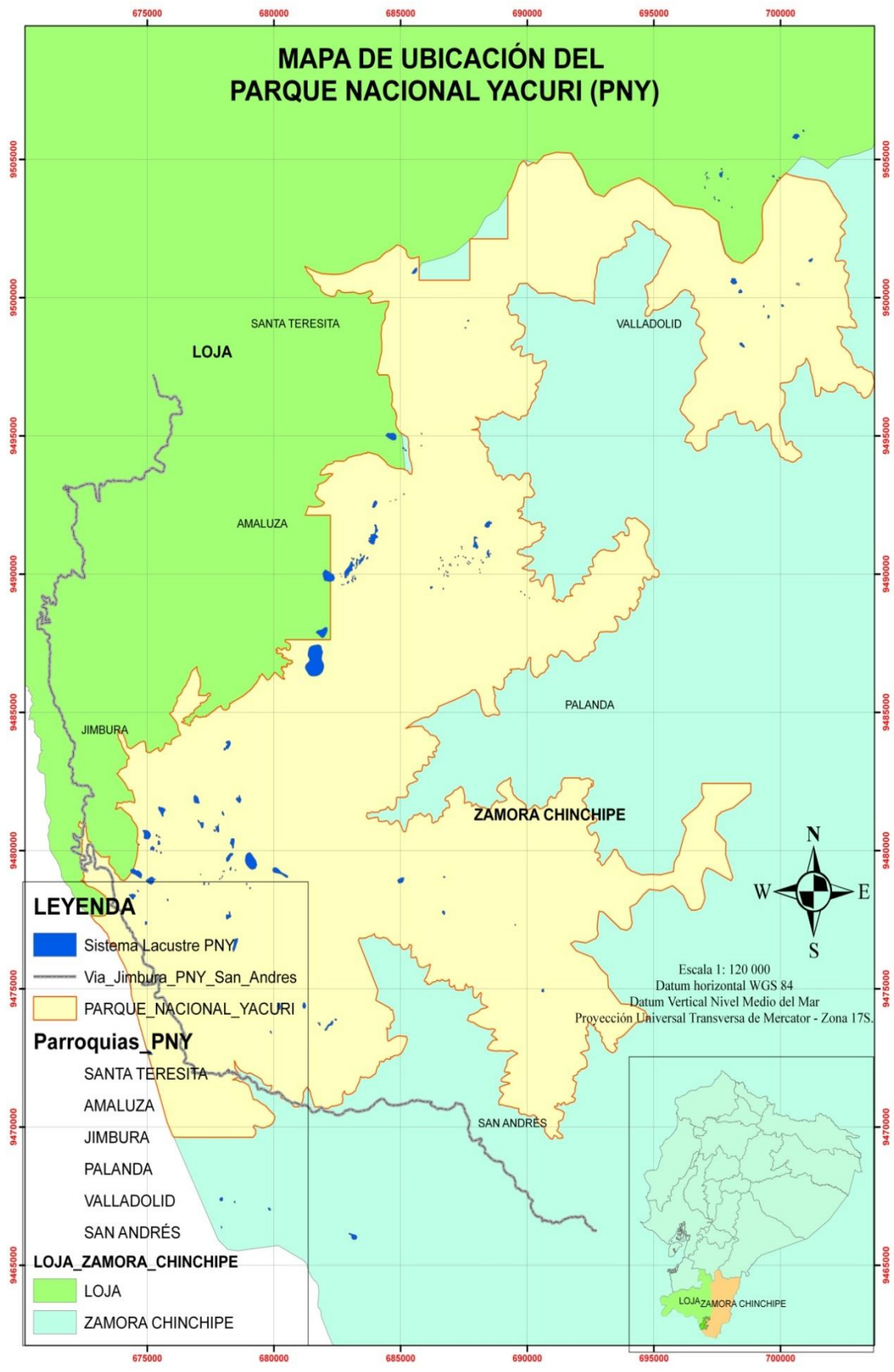


Figura 4. Ubicación geográfica y política del Parque Nacional Yacuri (PNY).

3.2. Metodología para la caracterización florística del ecosistema páramo del PNY.

Previa a la instalación de las parcelas de muestreo, se elaboró un mapa de cobertura vegetal del PNY con énfasis en el ecosistema páramo, para conocer con exactitud los tipos y superficie de cada páramo dentro del área protegida. Esto se realizó con visitas de campo, cartas topográficas, imágenes satelitales y fotointerpretación.

La caracterización florística del ecosistema páramo se utilizó la metodología planteada por Aguirre y Aguirre, (1999) y el muestreo fue validada mediante la curva del colector (área-especies o curva del colector) usando el Software BioDiversity Pro. Este procedimiento permitió determinar un número total de 55 parcelas, distribuidas en: 19 para el páramo arbustivo y 36 para el páramo herbáceo. Las coordenadas UTM de las 55 parcelas de muestreo se presentan en el Anexo 1.

Las parcelas tuvieron una dimensión de 4 m² (2 x 2 m) para el arbustivo; y, de 1 m² (1 x 1 m) para el herbáceo, las cuales fueron instaladas al azar (Figura 5).

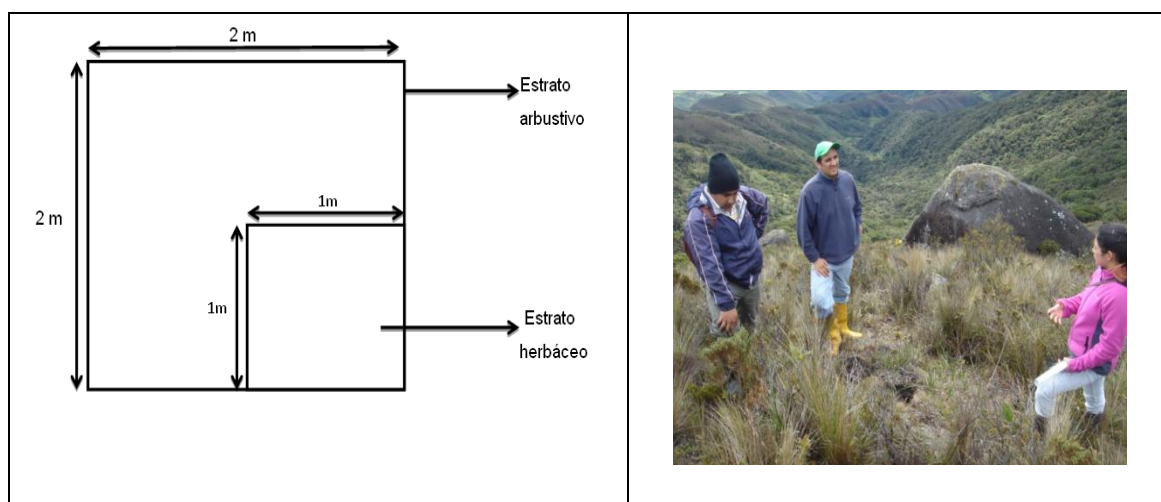


Figura 5. Esquema de las parcelas instaladas para la caracterización florística de los páramos arbustivos y herbáceos del PNY.

Se registró y contabilizó las especies encontradas en cada parcela de muestreo tanto del estrato arbustivo como herbáceo de los páramos del PNY, utilizando la siguiente hoja de campo:

Hoja de campo para la recolección de las especies en los estratos arbustivo y herbáceo del ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri.

Coordenadas					
Altitud					
Lugar/Fecha					
Observaciones:					
Código	N. Científico	N. Común	N° de Individuos.	Hábito	Endemismo

3.2.1. Determinación de los parámetros estructurales del ecosistema páramo del PNY.

Con los datos recolectados se determinó la composición florística y los parámetros estructurales como: densidad, densidad relativa, IVI diversidad relativa de cada familia, frecuencia relativa, IVI, diversidad alfa, diversidad beta y tipo endemismo. Las formulas empleadas para obtener estos parámetros se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Fórmulas para calcular los parámetros estructurales e índices de diversidad alfa y beta de los parámetros del PNY.

Parámetro	Modelo	Descripción	Interpretación
Diversidad relativa de cada familia (DiR)	$DiR = \frac{\text{Número de especies por familia}}{\text{Número total de especies}} \times 100$	Expresa cuán diversa es una familia en base al número de especies por las que está representada.	La familia más diversa es la que alcanza el porcentaje más alto.
Densidad (D)	$D = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Total del área muestreada}}$	Es el número de individuos existentes en un área determinada	La especie con más densidad es la que tiene un mayor número de individuos por hectárea.
Densidad relativa (DR)	$DR = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Número total de individuos}} \times 100$	Es el número total de individuos de una especie expresada como una proporción del número total de individuos de todas las especies.	La especie con mayor densidad relativa es la que tiene el porcentaje más alto.
Índice de valor de importancia (IVI)	$IVI = DR + FR$	Es la suma de la abundancia relativa más la frecuencia relativa.	Mencionan la igualdad o semejanza de la estructura y composición del ecosistema.
Frecuencia relativa (FR)	$FR = \frac{\text{Número parcelas en que se repite la especie}}{\text{Número total de parcelas}} \times 100$	Es el número de ocurrencia de una especie en el área de muestreo.	Se expresa en porcentaje.
Diversidad alfa	Índice de Shannon-Wiener (H') $H' = - \sum_{i=1}^S (Pi) (\ln Pi)$ $E = \frac{H'}{\ln S}$	S = número de especies Pi = proporción total de la muestra que corresponde a la especie i. ln = logaritmo natural E = índice de equitatividad	Div. Baja: 0-0,35 Div. Media: 0,36-0,7 Div. Alta: 0,71-1

Aguirre y Aguirre, (1999).

3.3. Metodología para la cuantificación del carbono existente en cuatro compartimentos (páramo arbustivo, páramo herbáceo, necromasa y suelo) del ecosistema páramo del PNY.

Se realizaron mediciones del contenido de carbono en los compartimentos arbustivo, herbáceo, necromasa y suelo del ecosistema páramo del PNY.

Para recolectar 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 de las parcelas instaladas.

Para determinar el contenido de carbono de los compartimentos biomasa y necromasa del páramo arbustivo y herbáceo, se utilizó la metodología propuesta por Aguirre y Aguirre (2004), los que plantean el pesaje y etiquetado *in situ* de toda la materia viva y orgánica presente en cada parcela de muestreo, con el propósito de obtener su peso húmedo (en campo), para luego ser sometidas a altas temperaturas para obtener su peso seco, bajo el control y supervisión hasta que alcancen el peso constante, los que se usaron para la determinación de la relación peso seco/peso húmedo (**r**), y obtener la cuantificación del contenido de carbono de cada compartimento. Procedimiento de recolección, secado y pesaje de biomasa y necromasa, ver anexo 5.

3.3.1. Compartimento arbustivo

Para cuantificar el carbono fijado en este compartimento se utilizó la fórmula:

$$\text{Biomasa} = Ph_{\text{comp. arbustivo}} * r$$

Dónde:

Ph : Peso húmedo de la muestra en una parcela de muestreo de 4 m².

arbustivo

r : Relación peso seco/peso húmedo de la parcela.

$$\text{Carbono acumulado} = \text{Biomasa} \times 0,5$$

3.3.2. Compartimento herbáceo

Para cuantificar el carbono fijado en este compartimento se utilizó la fórmula:

$$\text{Biomasa} = \text{Ph}_{\text{comp. herbáceo}} * r$$

Dónde:

$\text{Ph}_{\text{herbáceo}}$: Peso húmedo de la muestra en una parcela de muestreo de 1 m².

r : Relación peso seco/peso húmedo de la parcela.

$$\text{Carbono acumulado} = \text{Biomasa} \times 0,5$$

3.3.3. Compartimento de necromasa

Para este compartimento se consideraron hojarasca, mantillo y detritos de madera. Estas fueron recolectados en una superficie de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m), aplicando el mismo procedimiento empleado para el secado de la biomasa de los estratos arbustivos y herbáceo, que es el de pesar en campo (peso húmedo) y luego se llevó la muestra al laboratorio para obtener su peso en seco y de esta manera obtener la relación peso húmedo/ peso seco (r).

Para la cuantificación de carbono fijado en este compartimento se utilizó la fórmula:

$$\text{Biomasa} = \text{Ph}_{\text{comp. necromasa}} * r$$

Dónde:

$\text{Ph}_{\text{necromasa}}$: Peso húmedo de la muestra de necromasa en una miniparcela de 0,25 m².

r : Relación de peso seco/peso húmedo de la muestra

$$\text{Carbono acumulado} = \text{Biomasa} \times 0,5$$

3.3.4. Compartimento suelo.

Para la determinación de la estructura de los suelos del ecosistema páramo, se instalaron un total de 55 calicatas de 0,50 m³ (1x1x0,50 m), distribuidas en 19 para el páramo arbustivo y 36 para el páramo herbáceo, divididas a tres diferentes horizontes (0-20; 20-40; 40-60 cm) (figura 6). De estas unidades de muestreo se extrajeron muestras representativas de 500 gr de suelo, que sirvieron para determinar el contenido de carbono orgánico fijado en este ecosistema (Aguirre & Aguirre, 1999).



Figura 6. Dimensiones de una calicata instalada a tres profundidades (0-20, 20-40, 40-60 cm) utilizadas para la obtención de muestras de suelo y posterior cuantificación de carbono en los páramos del PNY.

Todas las muestras de suelo fueron etiquetadas y analizadas en el laboratorio de Suelos del Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la UNL, obteniendo el contenido de materia orgánica y carbón orgánico, aplicando el método de Walkley-Black, el mismo que se describe a continuación:

3.3.4.1. Descripción del método de Walkley-Black.

Alvarado *et al.*, (2000) señala el procedimiento para determinar la cantidad de MO en el suelo a nivel de laboratorio, que fue utilizado en esta investigación.

Equipos y materiales utilizados para determinar MO en suelo en laboratorio

- Balanza analítica 1/10 mg
- Erlenmeyer de 500 ml
- Buretas de precisión de 25 ml
- Pipetas de diferentes volúmenes
- Probetas
- Vasos
- Cronómetro

Reactivos utilizados para la determinación del contenido de materia orgánica.

- Ácido sulfúrico concentrado.
- Ácido ortofosfórico concentrado.
- Solución de dicromato de potasio 1N.
- Difenilamina.
- Solución de sal de Morh 0,5 N.

Procedimiento:

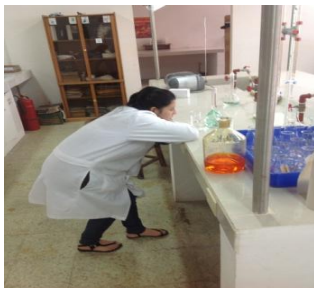

Para la aplicación de este método, las muestras de suelo, deben estar secas, triturada y libre de raicillas y restos de materia orgánica grandes, para el efecto las muestras fueron tamizadas sobre papel encerado (tamiz de 0,25 mm).

	
<p>Etiquetado y codificación de muestras de suelos en el invernadero del laboratorio</p>	<p>Tamizaje de muestras de suelo en papel de 0,25 mm</p>

Se pesó 0,1 g de suelo cuando existía mucha MO y 0,5 g cuando el suelo tenía poca MO.



	
<p>Muestras de suelo listas para el pesaje para determinar su contenido de materia orgánica.</p>	<p>Pesado de submuestras, 10 g en suelos negros y >10 g en caso de suelos claros o amarillentos y arenosos.</p>

Se agregó 5 ml de dicromato de potasio 1 normal y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado al 97 % por muestra.


	
<p>Adición de 5 ml de dicromato de potasio</p>	<p>Adición de 10 ml de ácido sulfúrico al 97 % en Erlenmeyer que contienen 10 g de suelo.</p>

Se agitó suavemente durante un minuto a fin de homogeneizar, evitando que la muestra se adhiriera a las paredes del matraz.

Se dejó en reposo durante 30 minutos. Luego de este tiempo se agregó en el siguiente orden: 100 ml de agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico al 85 % y 4 gotas de difenilamina, en este estudio.

	
<p>Adición de 100 ml de agua destilada.</p>	<p>Adición de 5 ml de ácido fosfórico al 85 %.</p>

Se tituló el exceso de dicromato por medio de la solución de sal de Morh de concentración 0,5 normal. El viraje de color se hizo de azul a verde, luego se anotó el volumen consumido.

	
<p>Adición de sal de Morh con una concentración de 0,5 normal</p>	<p>Muestras de suelo tituladas</p>

Para cada conjunto de muestras analizadas se realizó *un blanco* siguiendo el mismo procedimiento que con las muestras.

Para el cálculo de la cantidad de materia orgánica y carbono de cada muestra se utilizó las fórmulas propuestas por Alvarado *et al.*, (2000), cuyos resultados están dados en porcentaje.

Cálculos:

$$C \% = \frac{(V_o - V) * N * 0,39}{PM}$$

$$MO \% = \frac{(V_o - V) * N * 0,39 * 1,72 * 1,1}{PM}$$

Dónde:

- Vo : Volumen gastado en la titulación del blanco.
V : Volumen gastado en la titulación de la muestra
N : Normalidad exacta del sulfato de hierro.
0,39 : Peso equivalente del carbono
1,72 : Constante de conversión de C a MO sobre la hipótesis de que la materia orgánica contiene 58 % de C en la generalidad de suelos encontrados en el Ecuador.

1,1 : Error de conversión de C a MO (10 %)
PM : Peso de la muestra de suelo
F : Factor de corrección de la sal de Morh
0,39 = 3*100 * 1,3/100 : (3 = peso equivalente de carbono).

Nota: El factor 1,3 es un factor de compensación por la combustión incompleta de la materia orgánica en este procedimiento.

Para la transformación de porcentaje a toneladas de carbono por hectárea, se utilizó las formulas propuestas por FAO (2012), Calderón *et al.*, (2012), y Castro (2011), que es:

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

Dónde:

- Pss : Peso seco del suelo.
Da : Densidad aparente (gr/cm³).
Pm : Profundidad de la muestra (m).
10 000 m²: : Equivalente de 1 ha en m²

$$Cs = \% C/100 * Pss$$

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

Además se determinó la varianza y desviación estándar usando las formulas propuestas por Levin y Rubin (1996):

$$s^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Dónde:

s^2 : Varianza

x : Carbono acumulado en cada parcela

\bar{x} : Media del Carbono acumulado en el suelo de cada compartimento

N : Número de muestras (165 en el caso del suelo y 55 para la cobertura vegetal)

Desviación estándar $s = \sqrt{s^2}$

Error estándar $\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$

3.4. 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_{TOTAL} : Contenido de Carbono Total del ecosistema Páramo

$C_{comp. arbustos}$: C en el compartimento arbusto (biomasa)

$C_{comp. hierbas}$: C en el compartimento herbáceo (biomasa)

$C_{comp. necromasa (a+h)}$: C en la necromasa del páramo arbustivo y herbáceo.

$C_{comp. suelo (a+h)}$: C en el compartimento suelo en los páramos arbustivos y herbáceo.

3.5. Metodología para determinar la influencia de la cobertura vegetal en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo del PNY.

De acuerdo a la información obtenida en campo, sobre la cantidad de carbono fijado en los diferentes compartimentos (estrato arbustivo, estrato herbáceo, necromasa y suelo) del ecosistema páramo, se verificó si existe relación entre los contenidos de carbono fijados 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 el contenido de carbono fijado en el suelo bajo estas coberturas.

Para determinar si existe relación entre el carbono almacenado en el páramo arbustivo y herbáceo, se utilizó el análisis estadístico de varianza ANOVA con la prueba de hipótesis de Fisher ($\alpha = 0,05$).

Para determinar si existe una relación entre la cobertura vegetal y los contenidos de carbono fijado en el suelo de cada ecosistema, se utilizó el análisis de correlación de Pearson ($\alpha = 0,05$) y el coeficiente de determinación R^2 . Estos parámetros estadísticos permitieron establecer el grado de correlación entre estos dos compartimentos, cuyos valores se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Valores de correlación usando los rangos de Pearson.

Tipo	Escala	Interpretación
Coeficiente de Correlación Pearson	+1	Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada <i>relación directa</i> , cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
	0	Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes.
	-1	Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada <i>relación inversa</i> , cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.
Coeficiente de Determinación R^2 %	0 – 30	Débil relación entre variables
	30 – 60	Mediana relación entre las variables
	60 – 100	Fuerte relación entre variables manteniendo una ligada dependencia entre sus datos.

Montgomery *et al.*, (2007).

3.6. Socialización de los resultados de la investigación.

La socialización de los resultados, se realizó ante funcionarios del MAE-Regional 7 y estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal conjuntamente con la entrega de un tríptico. Además se elaboró y entregó un artículo científico a la carrera de Ingeniería forestal para posterior publicación en una revista de la UNL.

4. RESULTADOS

4.1. Mapa de cobertura vegetal del Parque Nacional Yasuni (PNY).

Los ecosistemas naturales presentes en el PNY, según Sierra *et al.*, (1999), se detallan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Ecosistemas naturales presentes en el PNY, según Sierra *et al.*, (1999) y confirmado por los autores de esta investigadores.

N°	Nombre	Área (ha)	Superficie %
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	Roca/Picachos	916,75	2,13
7	Sistema Lacustre	248,62	0,56

Los tipos de ecosistemas presentes en el PNY, de acuerdo a salidas de campo, interpretación de cartas topográficas, fotografías aéreas y fotointerpretación, tienen las siguientes características y están representadas en la Figura 7.

4.1.1. Páramo arbustivo

Este ecosistema cuenta con una superficie de 202,89 ha que representa el 0,47 % del área total, se encuentra en su mayoría en el cantón Amaluza de la provincia de Loja y en menor porcentaje en el cantón Chinchipe de la provincia de Zamora Chinchipe.

El grado de intervención de este ecosistema es alto, por encontrarse cerca a la vía que conduce desde el refugio de Jimbura hacia San Andrés, en un rango altitudinal de 2 950 a 3 200 msnm.

Las especies vegetales registradas en esta área son: *Ageratina dendroides*, *Brachyotum campii*, *Disterigma empetrifolium*, *Lycopodium clavatum*, *L.*

complanatum, *Rhynchospora vulcani*, *Calamagrostis intermedia*, *Vaccinium floribundum*, *Chuquiraga jussieu*, *Loricaria thuyoides*.

4.1.2. Páramo herbáceo

Este ecosistema cuenta con 22 180,97 ha que representa el 51,46 % del área total, y se encuentra distribuido en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe.

El grado de intervención es bajo, debido a que la mayor superficie de este ecosistema está dentro del PNY, conjuntamente con los denominados Picachos y el sistema lacustre, en un rango altitudinal de 2 950 hasta 3 900 msnm. El sistema lacustre del PNY, está conformado por las Lagunas Negras, Patos, Natosa, Bermeja, localizadas en el sector de Jimbura, mientras que la laguna Yacuri, Chuquiragua, Arenal, Cogote, Arrebiatadas en el Sector de Santa Teresita, todas pertenecientes al cantón Espindola, Provincia de Loja.

Las especies vegetales registradas en esta área son: *Neurolepis nana*, *Calamagrostis intermedia*, *Rhynchospora vulcani*, *Werneria nubigena*, *Lycopodium clavatum*, *Hieracium frigidum*, *Hypericum lancioides*, *Carex* sp., *Hieracium* sp., y *Oreobolus goeppingeri*.

4.1.3. Bosque de neblina montano

Este tipo de ecosistema cuenta con una superficie de 1 488,28 ha que representa el 3,45 % del área total, se encuentra distribuido en el cantón Espindola, en las parroquias Santa Teresita, Amaluza y Jimbura de la Provincia de Loja.

Son áreas boscosas que por su topografía, difícil acceso y por ser parte de un área protegida, son poco intervenidas; las especies características son: *Citronella* sp., *Clethra fimbriata*, *Clusia alata*, *C. latipes*, *Cyathea caracasana*, *Faramea coerulescens*, *Hedyosmum racemosum*, *Hyeronima duquei*, *Ilex andicola*, *Meriania tomentosa*, *Myrcianthes rhopaloides*, *Myrica pubescens*, *Oreopanax sessiliflorus*, *Persea ferruginea*, *Podocarpus oleifolius*, *P. sprucei*, *Psycotria* sp, *Ternstroemia* sp, *Weinmannia glabra*, *W. pubescens* y *W. rollottii* (Moreno et al., 2008).

Además existen especies en menor abundancia como: *Cuatrecasanthus flexipappus*, *Dendrophorbium balsapampae*, *Myrsine sodiroana*, *Oreopanax andreanus*, *O. ecuadorensis*, *O. rosei*, *O. sessiliflorus* y *Palicourea calycina* Benth (Moreno *et al.*, 2008).

4.1.4. Bosque siempreverde montano alto

Este ecosistema cuenta con una superficie de 18 003,49 ha que representa el 41,78 % del área total, se encuentra distribuido en las parroquias de Valladolid y Palanda del cantón Palanda; y en la parroquia San Andrés del cantón Chinchipe de la provincia de Zamora Chinchipe.

Son áreas boscosas que por su topografía, acceso y pertenecer al área protegida, se encuentran poco intervenidas y presenta especies características como: *Podocarpus oleifolius*, *P. sprucei*, *Saurauia harlingii*, *Piptocoma discolor*, *Carica palandensis*, *Clethra revoluta*, *Cyathea caracasana*, *Terminalia amazónica*, *Claricia racemosa*, *Ficus pertusa*, *Triplaris cumingiana*, *Cedrela montana*, *Cedrelinga cateniformis* y *Cecropia marginalis*.

4.1.5. Bosque chaparro–sector Lacustre

Ecosistema que cuenta con una superficie de 49,59 ha que representa el 0,12 % del área total, se encuentran localizados en los alrededores de las lagunas que conforman el sistema lacustre del PNY.

Son áreas boscosas de fácil acceso ubicadas en los alrededores de las lagunas, la vegetación es baja, con especies que sobresalen como *Cinchona officinalis* L., *Podocarpus oleifolius* D. Don. ex Lamb, *P. sprucei* Parl., *Clethra fimbriata* Kunth, *C. revoluta* (Ruiz & Pav.) Spreng, *Oreopanax andreanus* Marchal, *O. rosei* Harms, características de este tipo de ecosistema poco representativos y con alto índice de intervención.

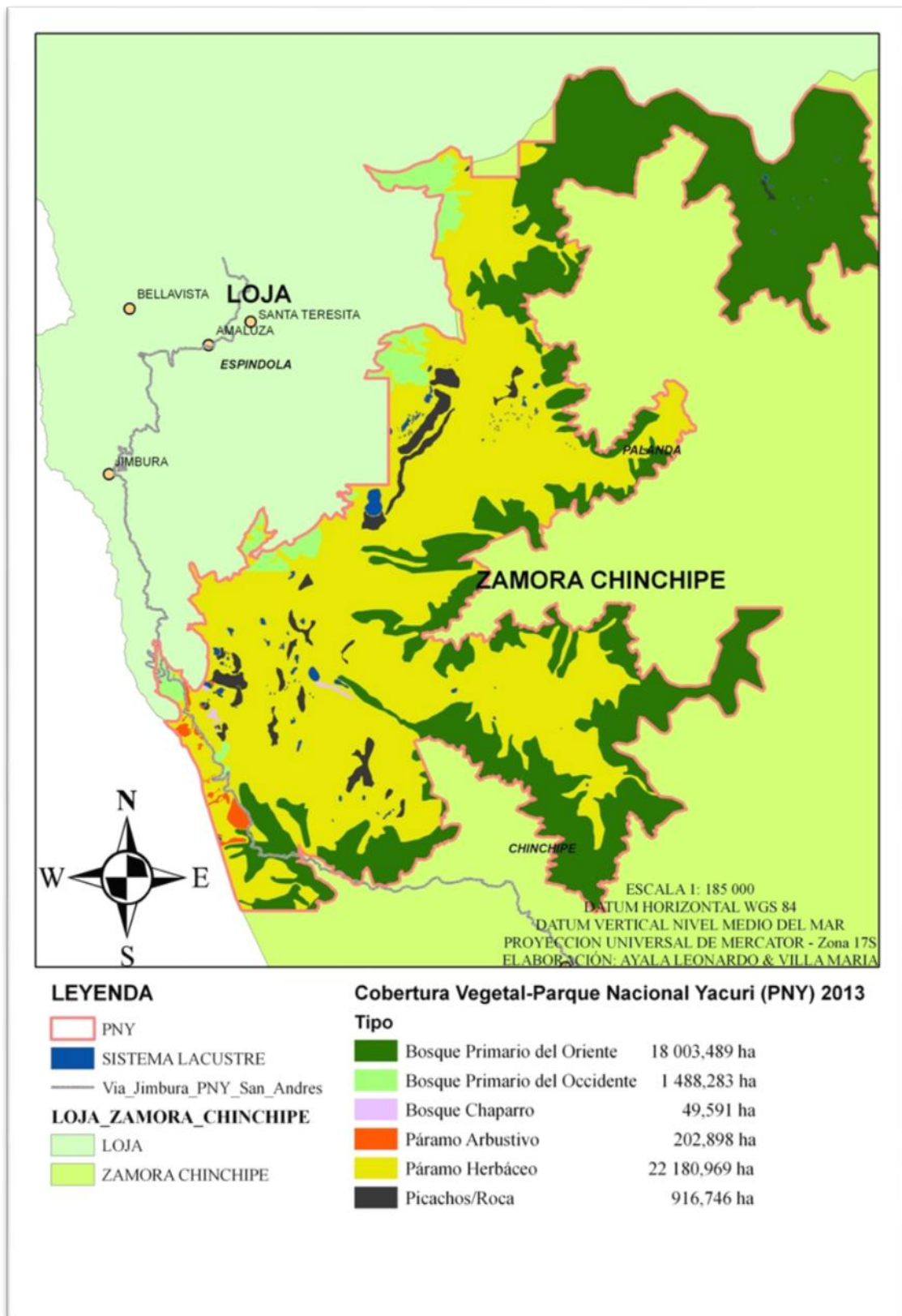


Figura 7. Tipos de Cobertura vegetal existente en el Parque Nacional Yacuri, de acuerdo a Sierra *et al.*, (1999) y confirmado por los autores de esta investigación.

4.2. Composición florística del páramo arbustivo y herbáceo del Parque Nacional Yacuri - PNY.

De acuerdo a la relación especies/área obtenidas mediante la aplicación de BioDiversity Pro, para el estrato arbustivo y herbáceo, indica que el número de parcelas establecidas en cada tipo de ecosistema, son suficientes para tener información completa y representativa de los mismos. Esto corresponde a la composición florística de cada estrato (Figura 8).

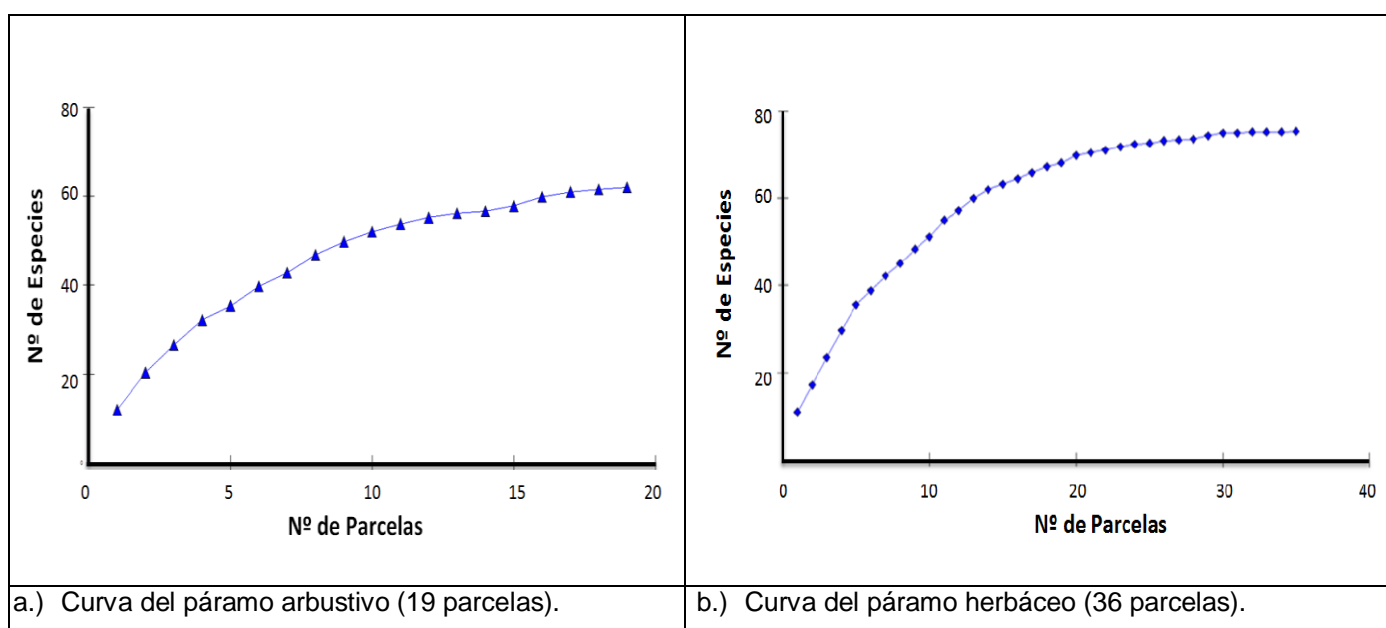


Figura 8. Representación gráfica de las curvas área/especie producto del muestreo en los páramos arbustivo y herbáceo del PNY.

El número de parcelas necesarias para caracterizar el páramo arbustivo resultó 19 parcelas, mientras que para el páramo herbáceo 36 parcelas, suficientes para tener representada la flora de estos ecosistemas.

4.2.1. Composición florística del páramo arbustivo del PNY.

Se presentan los resultados de las 8 primeras familias y para las especies se indican las 10 especies más representativas. En el anexo 2 y 3 se presentan los resultados para todas las especies encontradas en este ecosistema.

4.2.2. Parámetros estructurales del páramo arbustivo del PNY.

Se describen las especies características del páramo arbustivo registradas en la zona de estudio, se señala la diversidad relativa de cada familia, densidad, densidad relativa y frecuencia relativa.

4.2.2.1. Diversidad relativa de cada familia (DiR).

La composición florística del ecosistema páramo del PNY, del estrato arbustivo, es de 62 especies con un total de 3 058 individuos distribuidos en 26 familias entre las que resaltan ASTERACEAE con 14 especies (22,58 %), ERICACEAE con 5 especies (8,06 %), LYCOPODIACEAE con 4 especies (6,45 %), CLUSIACEAE, CYPERACEAE, POACEAE, ROSACEAE y SCROPHULARIACEAE cada una con tres especies (4,84 %). Las 8 familias más representativas del páramo arbustivo se presentan en la Figura 9.

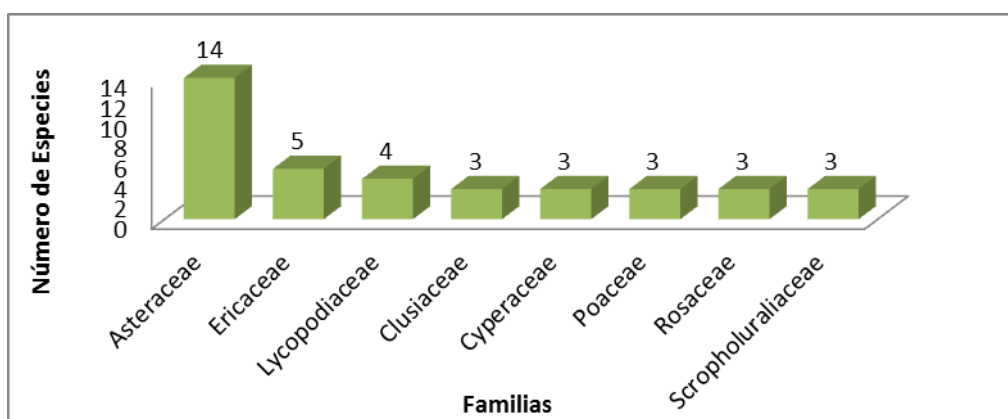


Figura 9. Familias con mayor diversidad registrada en el páramo arbustivo del PNY.

4.2.2.2. Densidad y densidad relativa de las especies del páramo arbustivo del PNY.

Las especies representativas de este ecosistema son: *Calamagrostis intermedia* con 484 individuos (15,83 %), *Vaccinium floribundum* con 358 individuos (11,71 %), *Brachyotum campii* con 261 individuos (8,53 %), *Rhynchospora vulcani* con 224 individuos (7,33 %), *Ageratina dendroides* con 167 individuos (5,46 %), *Lycopodium complanatum* con 157 individuos (5,13 %), *Lycopodium clavatum* con 142 individuos (4,64 %), *Disterigma empetrifolium* con 100 individuos (3,27 %), *Hypericum lancioides* con 87

individuos (2,84 %) y *Gaiadendron punctatum* con 82 individuos (2,68 %); estos datos fueron registrados en un área de muestreo de 76 m². Las 10 especies con mayor densidad del páramo arbustivo se presentan en la figura 10.

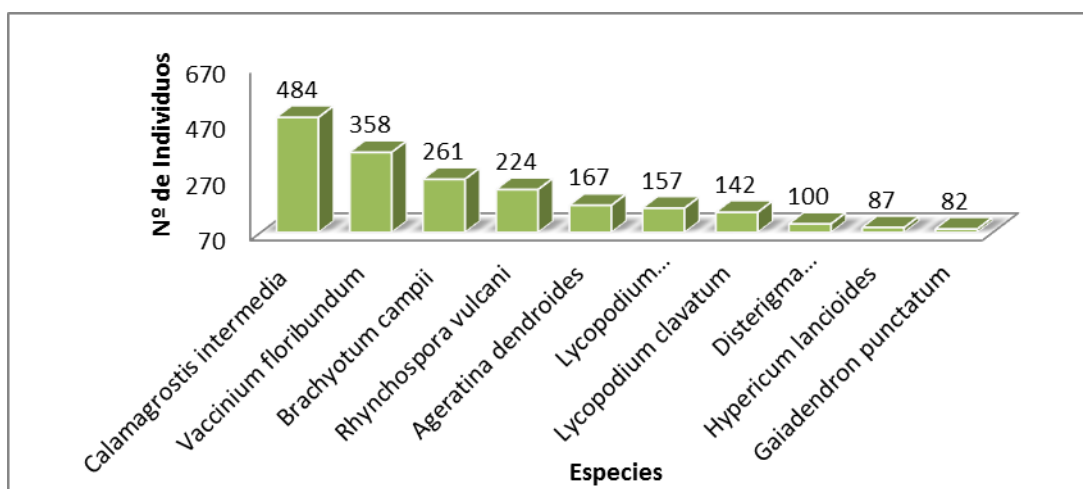


Figura 10. Densidad de las 10 especies más representativas registradas en el páramo arbustivo del PNY.

Las especies con mayor número de ind/ha para este estrato es *Calamagrostis intermedia* con 8 643 ind/ha, *Vaccinium floribundum* con 6 393 ind/ha, *Brachyotum campii* con 4 661 ind/ha, *Rhynchospora vulcani* con 4 000 ind/ha y *Ageratina dendroides* con 2 982 ind/ha, siendo éstas las más abundantes por su capacidad regenerativa y ser características de este tipo de ecosistema. La densidad de las 10 especies representativas del páramo arbustivo se presenta en la figura 11.

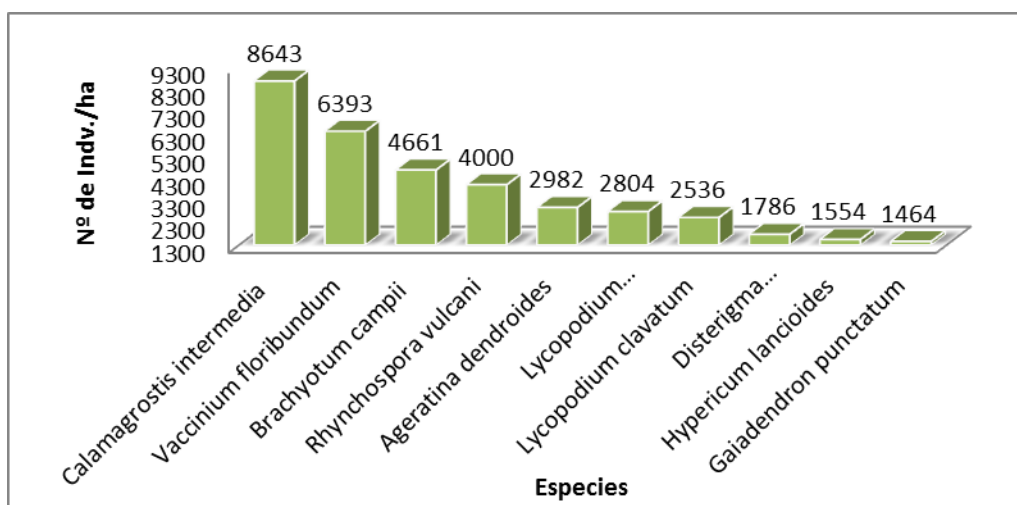


Figura 11. Densidad de individuos por hectárea de las especies sobresalientes del ecosistema páramo arbustivo del PNY.

4.2.2.3. Frecuencia relativa de las especies del páramo arbustivo del PNY.

Las especies con mayor frecuencia en el páramo arbustivo son: *Rhynchospora vulcani* y *Calamagrostis intermedia* con 78,95 %, debido a que estas especies se registraron en 15 parcelas, *Vaccinium floribundum* con 68,42 % registrada en 13 parcelas, *Hypericum lancioides* y *Lycopodium clavatum* con 52,63 % registradas en 10 parcelas, *Ageratina dendroides* y *Brachyotum campii* con 47,37 % registradas en 9 parcelas, *Loricaria thuyoides* con 36,84 % registradas en 7 parcelas; y, *Gaiadendron punctatum* con 31,58 % registradas en 6 parcelas de muestreo. Las 10 especies más frecuentes del páramo arbustivo se presentan en la figura 12.

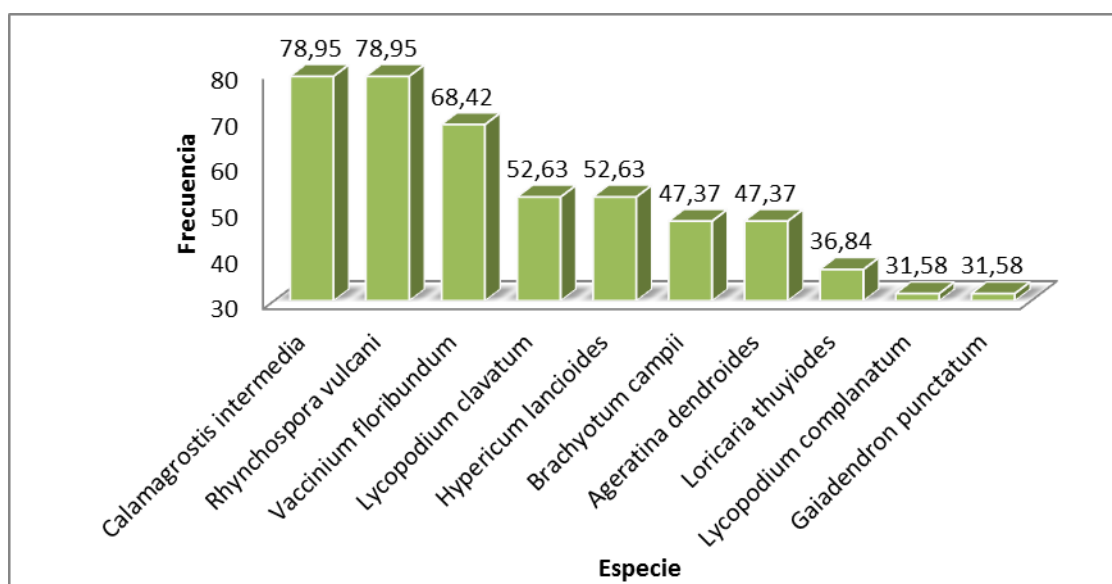


Figura 12. Frecuencia relativa de las especies registradas en el páramo arbustivo del PNY.

4.2.2.4. Índice de valor de importancia de las especies del ecosistema páramo arbustivo del PNY.

Las especies con mayor IVI del páramo arbustivo son *Calamagrostis intermedia* (94,77 %), *Rhynchospora vulcani* (86,27 %), *Vaccinium floribundum* (80,13 %), *Lycopodium clavatum* (57,28 %), *Brachyotum campii* (55,90 %), *Hypericum lancioides* (55,48 %), *Ageratina dendroides* (52,86 %), *Loricaria*

thuyoides (38,51 %), *Lycopodium complanatum* (36,71 %) y *Gaiadendron punctatum* (34,26 %), que se presentan en la figura 13.

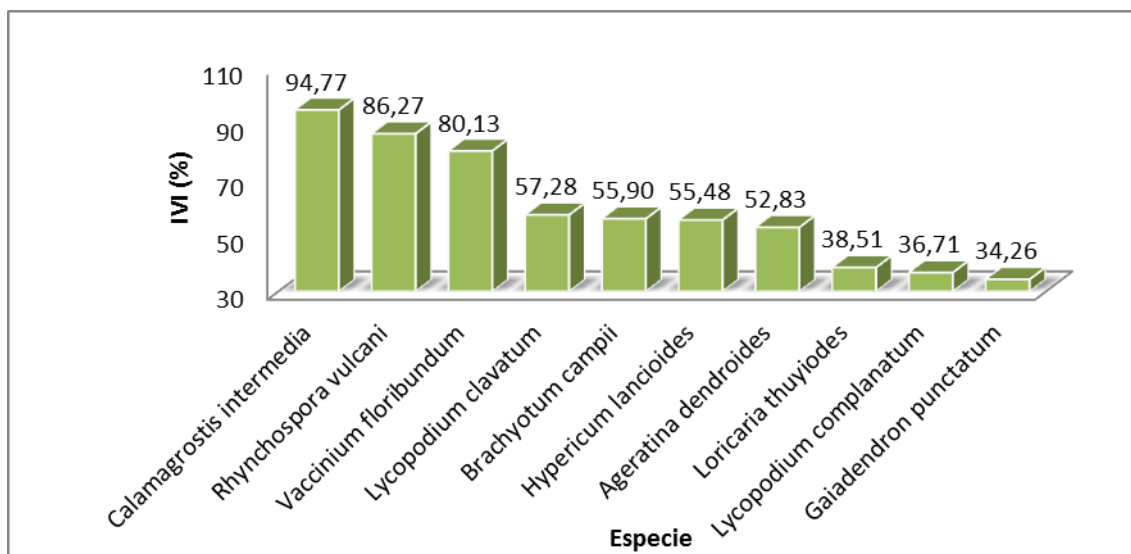


Figura 13. Índice de Valor de Importancia de las especies registradas en el ecosistema páramo arbustivo del PNY.

4.2.3. Parámetros estructurales del páramo herbáceo del PNY.

Se describen las especies características del páramo herbáceo registradas en la zona de estudio, se señala la diversidad relativa de cada familia, densidad, densidad relativa, frecuencia relativa e IVI. En los anexos 4 y 6 se presentan los resultados totales de las especies encontradas en este ecosistema.

4.2.3.1. Diversidad relativa de cada familia (DiR).

El estrato herbáceo registro 76 especies con un total de 20 469 individuos distribuidos en 28 familias entre las que resaltan Asteraceae con 21 especies (27,63 %), Ericaceae Y Geraniaceae cada una con 5 especies (6,58 %), Lycopodiaceae y Melastomataceae cada una con 4 especies (5,26 %); y, Cyperaceae, Poaceae Y Scrophulariaceae con 3 especies (3,95 %). Las 8 familias más diversas del páramo herbáceo se presentan en la figura 14.

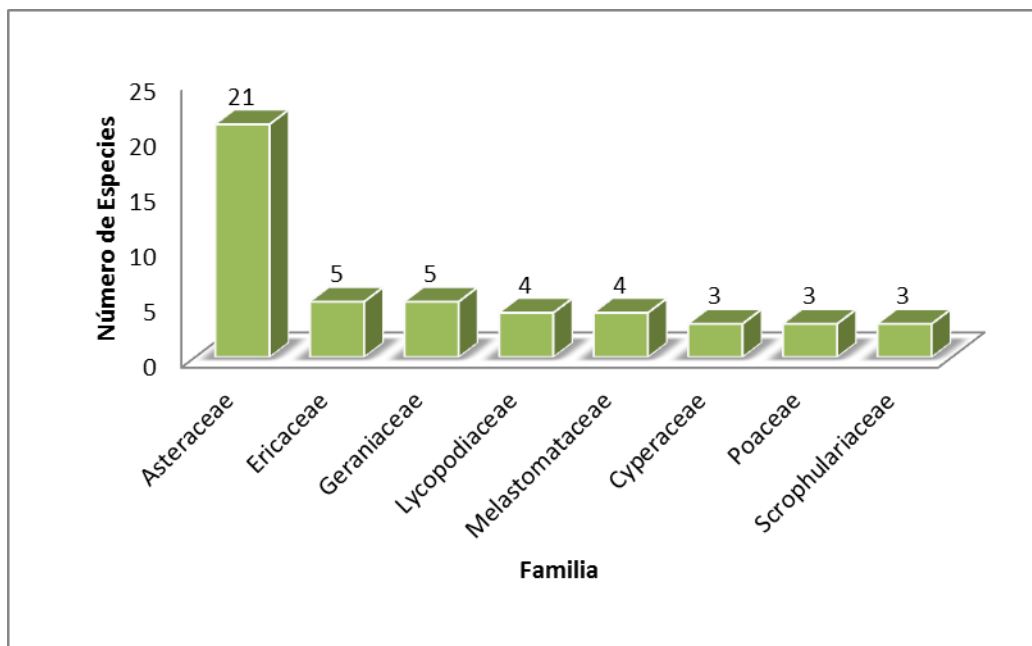


Figura 14. Familias con mayor diversidad relativa del páramo herbáceo del PNY.

4.2.3.2. Densidad y densidad relativa de las especies del páramo herbáceo del PNY.

Las especies con mayor densidad son: *Neurolepis nana* con 10 642 individuos (51,99 %), *Calamagrostis intermedia* con 5 035 individuos (24,60 %), *Rhynchospora vulcani* con 694 individuos (3,39 %), *Vaccinium floribundum* con 328 individuos (1,60 %), *Werneria nubigena* con 326 (1,59 %), *Lycopodium clavatum* con 290 individuos (1,42 %), *Hieracium frigidum* con 197 individuos (0,96 %), *Hypericum lancioides* con 194 individuos (0,95 %), *Carex* sp. con 184 individuos (0,90 %), *Hieracium* sp. con 168 individuos (0,82 %); registrados en un área de muestreo de 144 m². Las 10 especies representativas del páramo herbáceo se presentan la figura 15.

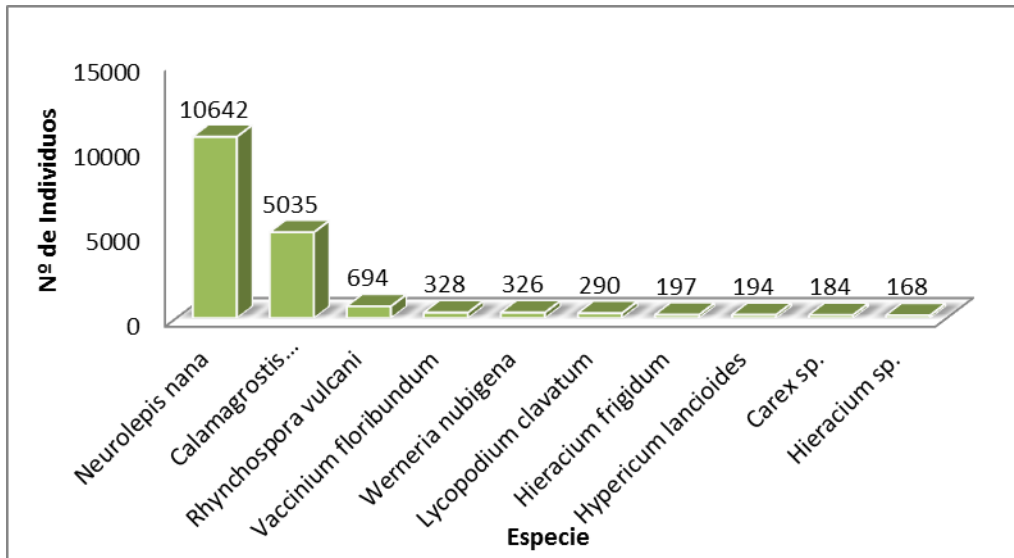


Figura 15. Densidad de especies registradas en el estudio del páramo herbáceo del PNY.

Las especies con mayor número de individuos por hectárea son: *Neurolepis nana* con 8 582 ind/ha debido a su alta capacidad regenerativa y es la especie que mayor área ocupa en este ecosistema, *Calamagrostis intermedia* con 4 060 ind/ha, *Rhynchospora vulcani* con 560 ind/ha, *Vaccinium floribundum* con 265 ind/ha, juntas conforman el 50 % de la composición florísticas de este ecosistema. Las 10 especies más representativas del páramo herbáceo se presentan en la figura 16.

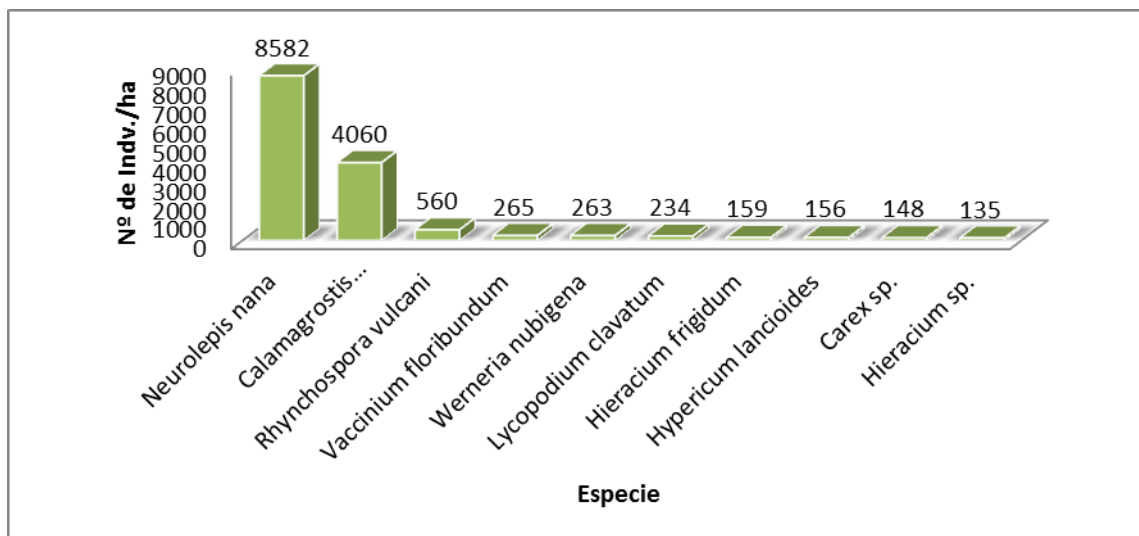


Figura 16. Densidad por hectárea de las especies en el ecosistema páramo herbáceo del PNY.

4.2.3.3. Frecuencia relativa de las especies del ecosistema de páramo herbáceo del PNY.

La especies con mayor frecuencia relativa son: *Calamagrostis intermedia* con 62,16 % registradas en 23 parcelas, *Neurolepis nana* con 48,65 % registradas en 18 parcelas, *Rhynchospora vulcani* con 45,95 % en 17 parcelas, *Puya glomerifera* con 43,24 % registrada en 16 parcelas, *Hypericum lancioides* y *Vaccinium floribundum* con 40,54 % registradas en 15 parcelas respectivamente, *Puya pigmaea* con 35,14 % registrada en 13 parcelas, *Loricaria thuyoides* con 32,43 % registrada en 12 parcelas y *Arcytophyllum setosum* con 18,92 % registradas en 7 parcelas. Las 10 especies más frecuentes del páramo herbáceo se presentan en la figura 17.

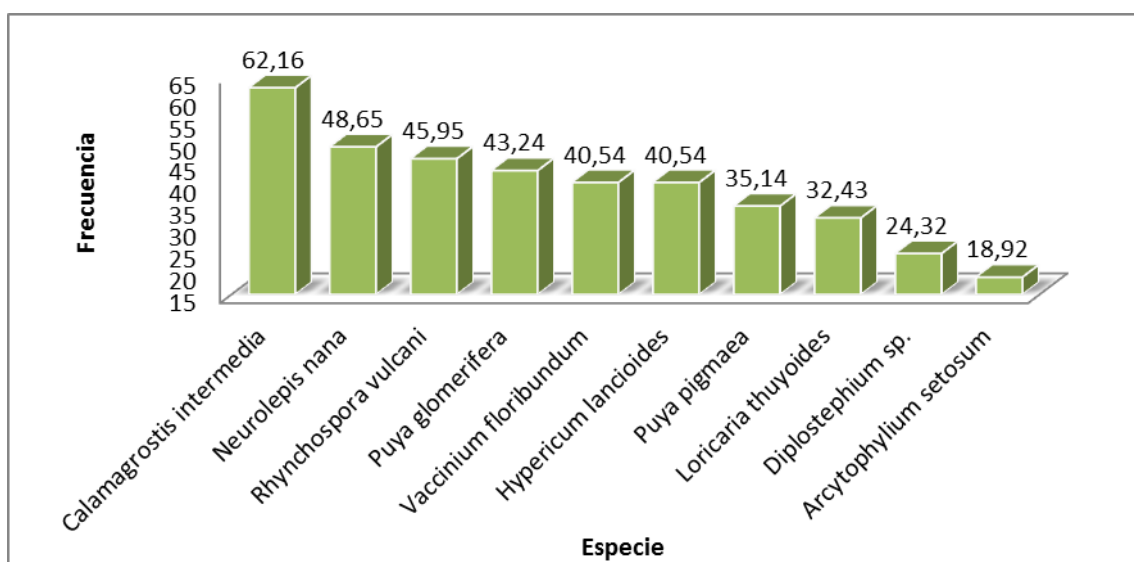


Figura 17. Frecuencia relativa de las especies representativas registradas en el ecosistema páramo herbáceo del PNY.

4.2.3.4. Índice de valor de importancia de las especies del ecosistema páramo herbáceo del PNY.

Las especies con mayor IVI del páramo herbáceo son: *Neurolepis nana* (100,64 %), *Calamagrostis intermedia* (86,76 %), *Rhynchospora vulcani* (49,34 %), *Puya glomerifera* (43,86 %), *Vaccinium floribundum* (42,14 %), *Hypericum lancioides* (41,49 %), *Puya pigmaea* (35,88 %), *Loricaria thuyoides* (32,73 %), *Diplostefium sp.* (24,78 %) y *Oreobolus goeppingeri* (19,69 %), ver figura 18.

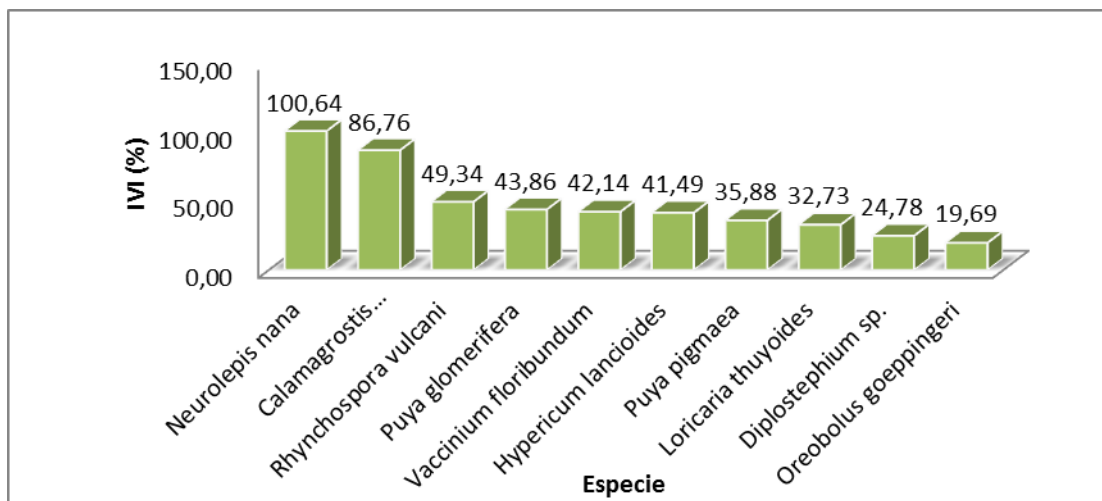


Figura 18. Índice de Valor de Importancia de las especies representativas registradas en el ecosistema páramo herbáceo del PNY.

4.2.4. Diversidad alfa del páramo arbustivo y herbáceo del PNY.

La diversidad alfa tanto para el páramo arbustivo y herbáceo, fue analizada mediante el Índice de Shannon, el páramo arbustivo tiene un valor de 0,77 que corresponde a una diversidad alta. Mientras que para el páramo herbáceo con un valor de 0,42 corresponde a una diversidad media. Los resultados totales del índice de diversidad se presentan en los anexos 6 y 7.

4.2.5. Diversidad beta del páramo arbustivo y herbáceo del PNY.

Los dos ecosistemas son medianamente similares con un valor de 61,87 %, debido al elevado número de especies compartidas, entre las que 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*.

4.2.6. Endemismo de las especies registradas en el páramo arbustivo y herbáceo del PNY.

Se registraron 8 especies endémicas en el páramo arbustivo y 11 especies endémicas para el páramo herbáceo, cada una con su categoría de amenaza de acuerdo a la UICN, mismas que se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Especies endémicas registradas en el páramo arbustivo y herbáceo del PNY y categorizadas de acuerdo a la UICN.

Especie	Ecosistema	Hábito	Categoría UICN
<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	PA, PH	Arbusto	VU B2ab(ii), vulnerable
<i>Diplostephium espinosae</i> Cuatrec.	PA, PH	Arbusto	NT, Casi amenazado
<i>Gynoxys cuicochensis</i> Cuatrec.	PA	Arbusto	NT, Casi amenazado
<i>Berberis chillacochensis</i> L.A. Camargo	PA	Arbusto	VU D2 *, vulnerable, no confirmado en el SNAP.
<i>Puya glomerifera</i> Mez & Sodiro	PA, PH	Hieba	LC, preocupación menor
<i>Puya pigmaea</i> L.B. Sm.	PA, PH	Hierba	CR, A4c *, en peligro crítico, no confirmado dentro del SNAP.
<i>Brachyotum campii</i> Wurdack	PA, PH	Arbusto	NT, Casi amenazado
<i>Neurolepis nana</i> L.G. Clark	PA, PH	Hierba	NT, Casi amenazado
<i>Diplostephium crypteriphyllum</i> Cuatrec.	PH	Arbusto	EN B1 ab(iii)
<i>Senecio iscoensis</i> Hieron.	PH	Arbusto	VU B1ab(iii), vulnerable
<i>Geranium loxense</i> Halfdan-Niels.	PH	Hierba	VU B1ab(iii), vulnerable
<i>Brachyotum alpinum</i> Cogn.	PH	Arbusto	LC, preocupación menor
<i>Miconia stenophylla</i> Wurdack	PH	Arbusto	VU A4c; B1 ab(iii)

PA: Páramo arbustivo; PH: Páramo herbáceo

4.2.7. Estructura de los suelos del ecosistema páramo del PNY.

Las clases texturales determinadas a través de la aplicación del Método de Bouyoucos, son los siguientes:

En el páramo arbustivo se obtuvo las siguientes clases texturales: arenosos-francos (AoFo) y franco-arenosos (FoAo) en las diferentes capas propuestas para este estudio; mientras que, en el páramo herbáceo se encontraron clases texturales como: arenosos-francos (AoFo), franco-arenosos (FoAo), y arenosos (Ao); y, en la tercera capa de muestreo se obtuvieron clases texturales de arenosos-francos (AoFo), franco-arenosos (FoAo), franco-arcillo-arenosos (FoAcAo) y arenosos (Ao). Para mayor detalle de las clases texturales obtenidas en cada muestra de suelo, ver los anexos 13 al 18 donde se presenta los resultados de cada muestra.

4.3. Cuantificación del carbono existente en cuatro compartimentos (arbustivo, herbáceo, necromasa y suelo) del ecosistema páramo del PNY.

En esta investigación se realizaron mediciones en los compartimentos arbustivo, herbáceo, necromasa y suelo del ecosistema páramo del PNY.

4.3.1. Cuantificación del carbono orgánico en el compartimiento arbustivo del ecosistema páramo del PNY

En el cuadro 6, se presentan los resultados del compartimiento arbustivo, conformado por la biomasa y necromasa en este tipo de cobertura. Los datos totales de este compartimiento se presentan en los anexos 9 y 10.

Cuadro 6. Valores medios del contenido de carbono (t/C/ha) fijado en la biomasa y necromasa del compartimiento arbustivo del PNY.

Compartimiento arbustivo				
Superficie (ha)	202,898			
	Ton/C/ha	Varianza	Desviación estándar	Error estándar
Biomasa	153,86	146,69	10,16	1,23
Necromasa	5,19	0,58	0,67	0,15
TOTAL	159,05			

Se evidencia que el valor medio de la biomasa en el compartimiento arbustivo del PNY es de 153,861 t/C/ha, mientras que el valor medio de la necromasa es de 5,19 t/C/ha, obteniendo un total de 159,05 t/C/ha.

4.3.2. Cuantificación del carbono orgánico en el compartimiento herbáceo del ecosistema páramo del PNY

En el cuadro 7, se presenta el contenido de carbono del compartimiento herbáceo, conformado por su biomasa y necromasa. Los datos totales de este compartimiento se presentan en los anexos 9 y 10.

Cuadro 7. Valores medios del Contenido de carbono (t/C/ha) fijado en el compartimento herbáceo del PNY.

Compartimento herbáceo				
Superficie (ha)	22 180,97			
	Ton/C/ha	Varianza	Desviación estándar	Error estándar
Biomasa	115,30	52,54	6,02	1,00
Necromasa	0,87	0,03	0,12	0,02
TOTAL	116,18			

El valor medio en la biomasa herbácea del PNY es de 115,30 t/C/ha y de la necromasa es de 0,87 t/C/ha obteniendo un total de 116,18 t/C/ha, predominando especies herbáceas y de rápida regeneración natural, mismas que se desarrollan y que con el pasar del tiempo mueren y pasan a conformar la materia orgánica presente en el suelo.

4.3.3. Compartimento suelo del páramo arbustivo y herbáceo del PNY.

Según las profundidades evaluadas, el carbono almacenado en el suelo registro mayores cantidades a una profundidad de 0 – 20 cm a diferencia de los contenidos de carbono encontrado a una profundidad de 40 – 60 cm, donde se registran los menores valores; los valores totales se muestran en el cuadro 8 y 9.

Cuadro 8. Valores medios del contenido de carbono t/C/ha fijado en el suelo a tres profundidades en el páramo arbustivo del PNY.

Compartimento suelo páramo arbustivo	
Superficie (ha)	202,89
Profundidad	t/C/ha
0 – 20	211,20
20 – 40	163,22
40 – 60	97,17
Total	471,59

Los suelos del ecosistema páramo arbustivo del PNY, evaluados a una profundidad de 0,60 m, presentan un contenido de carbono de 471,59 t/C/ha; distribuidas en 211,20 t/C/ha en la capa superior; 163,22 t/C/ha en la capa intermedia; y, 97,17 t/C/ha en la capa inferior; lo que demuestra que a mayor profundidad de muestreo los contenidos de carbono se reducen por la ausencia

de la actividad biológica, la materia orgánica fresca y la descomposición y transformación de los residuos vegetales y animales. Los datos totales se presentan en los anexos 13, 14 y 15.

Cuadro 9. Valores medios del contenido de carbono t/C/ha fijado en el suelo a tres profundidades en el páramo herbáceo del PNY.

Compartimento suelo páramo herbáceo	
Superficie (ha)	22 180,97
Profundidad	t/C/ha
0 - 20	242,20
20 - 40	187,99
40 - 60	106,87
Total	537,06

Los suelos del ecosistema páramo herbáceo del PNY, evaluados a una profundidad de 0,60 m, presentan un contenido de carbono de 537,06 t/C/ha, de las cuales 242,20 t/C/ha se localizan en la capa superior; 187,99 t/C/ha en la capa intermedia; y, 106,87 t/C/ha en la capa inferior, debido a su escasa actividad biológica y poca presencia de materia orgánica a mayores profundidades. Los datos totales se presentan en los anexos 16, 17 y 18.

4.4. Cuantificación total de carbono fijado en cuatro compartimentos del ecosistema páramo en el PNY.

El contenido total de carbono orgánico fijado en el ecosistema páramo del PNY, está dado por los valores promedio de carbono fijado en biomasa arbustiva, biomasa herbácea, necromasa arbustiva, necromasa herbácea y suelo de cada cobertura a tres profundidades. (Ver cuadro 10).

Cuadro 10. Valores promedio de carbono fijado t/C/ha, correspondiente a los compartimentos biomasa, necromasa y suelo del PNY.

Tipo de ecosistema	Páramo arbustivo	Páramo herbáceo
Superficie	202,89 ha	22 180,97
Compartimento	t/C/ha	t/C/ha
Biomasa	153,86	115,30
Necromasa	5,19	0,87
Suelo/profundidad (cm)		
0 - 20	211,20	242,200
20 - 40	163,22	187,99
40 - 60	97,17	106,87
TOTAL	630,64	653,24

Según los datos del cuadro 10, los páramos del PNY mantienen una similitud en lo que refiere a los contenidos de carbono fijado en cada compartimento, con una diferencias en el compartimento de la necromasa de cada tipo de páramo, debido a que en el páramo arbustivo se encuentran especies de carácter leñoso, razón por la cual su contenido de carbono es mayor por presentar especies que tienen tejidos y forman abundantes detritos, los cuales influyen en su contenido de carbono.

El contenido de carbono en el compartimento suelo, está influenciado por la actividad microbiana, el contenido de necromasa, la formación del humus y la lenta descomposición y mineralización de residuos vegetales y animales, lo que permite identificar que a medida que el suelo es más profundo el contenido de materia orgánica va disminuyendo.

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

Para la determinación de la influencia de la cobertura vegetal arbustiva y herbácea, en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo del PNY, se consideró los valores medios de carbono (t/C/ha) de los compartimentos biomasa y suelo a tres profundidades (0-20, 20-40, 40-60 cm).

4.5.1. Relación entre la biomasa aérea y el carbono almacenado en el suelo del ecosistema páramo del PNY.

De acuerdo al análisis de varianza ANOVA y a la prueba de hipótesis de Fisher ($\alpha= 0,05$), se obtuvo que no se registran diferencias significativas ($p=0,31$) en el contenido de carbono almacenado en el suelo, entre el páramo herbáceo ($537,06 \pm 37,46$ t/C/ha), y páramo arbustivo ($471,59 \pm 51,57$ t/C/ha), ver figura 19.

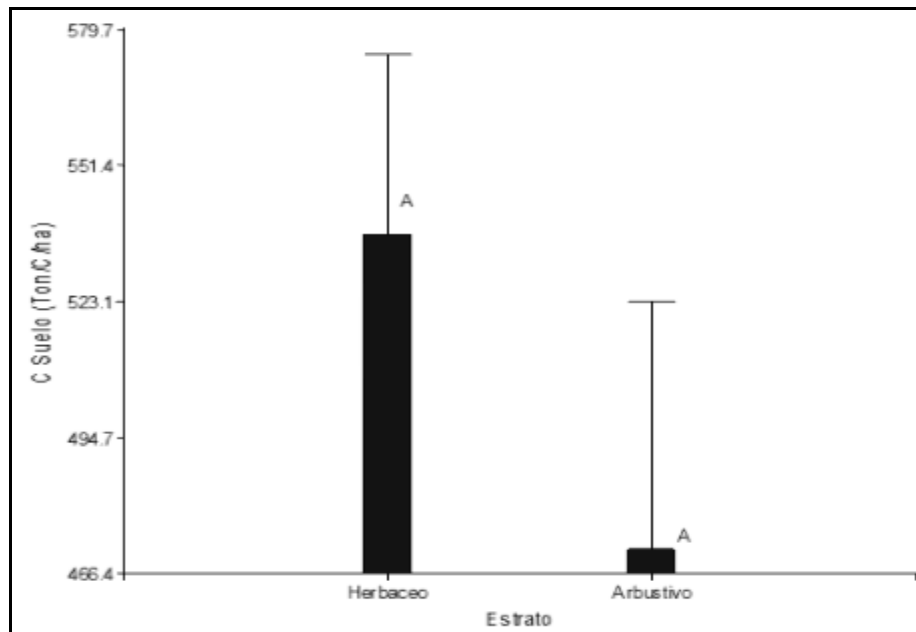


Figura 19. Valores medios (Ton/C/ha) y error estándar del carbono almacenado en el compartimento suelo en el estrato arbustivo y herbáceo.

El análisis de correlación de Pearson en el páramo arbustivo presenta baja correlación (0,26) no significativa ($p=0,28$) entre el carbono almacenado en el suelo con la cantidad de biomasa aérea. Lo mismo sucede con el páramo herbáceo que presenta una correlación (-0,01) no significativa ($p=0,95$).

4.5.2. Relación entre la biomasa aérea (arbustiva y herbácea) y el carbono almacenado en el suelo (0-20 cm) en el ecosistema páramo del PNY.

De acuerdo al análisis de varianza ANOVA y a la prueba de hipótesis de Fisher ($\alpha= 0,05$), se obtuvo que no se registran diferencias significativas ($p=0,23$) entre el carbono almacenado en la primer capa del suelo (0-20 cm) en el páramo arbustivo ($211,20 \pm 20,67$ t/C/ha) y el herbáceo ($242,20 \pm 15,02$ t/C/ha), ver figura 20.

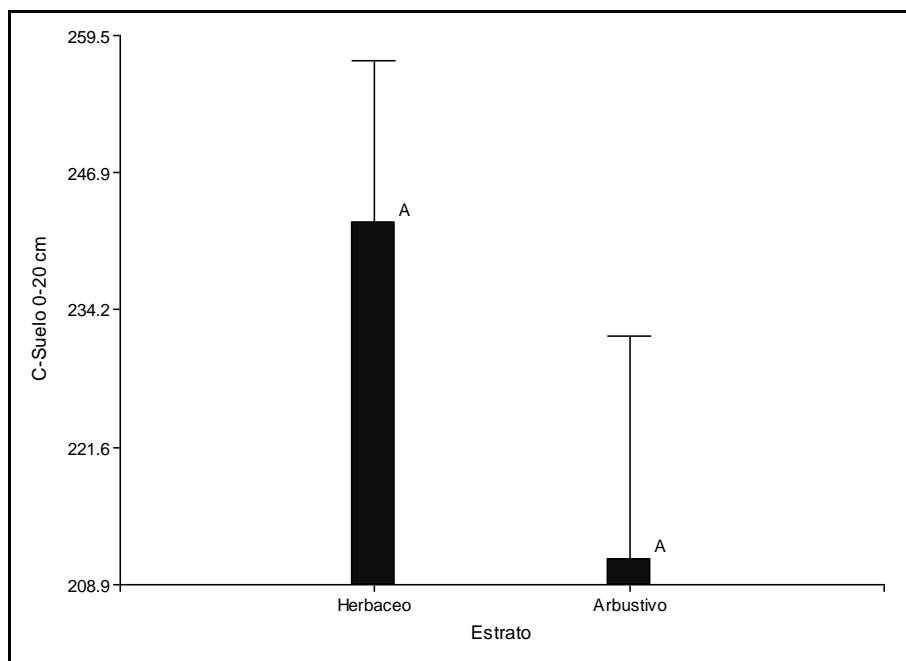


Figura 20. Valores medios y error estándar del carbono almacenado en la primera capa del suelo (0-20 cm) entre el estrato arbustivo y herbáceo.

El análisis de correlación de Pearson en el páramo arbustivo presenta una correlación (-0,33) no significativa ($p=0,17$) entre el carbono almacenado en el suelo con la cantidad de biomasa aérea. Lo mismo sucede con el páramo herbáceo que presenta una correlación (-0,19) no significativa ($p=0,27$).

4.5.3. Relación entre la biomasa aérea (arbustiva y herbácea) y el carbono almacenado en el suelo (20-40 cm) en el ecosistema páramo del PNY.

De acuerdo al análisis de varianza ANOVA y a la prueba de hipótesis de Fisher ($\alpha= 0,05$), se obtuvo que no se registran diferencias significativas ($p=0,39$) entre el carbono almacenado en la segunda capa del suelo en el páramo arbustivo ($163,22 \pm 22,88$ t/C/ha) y el herbáceo ($187,99 \pm 16,62$ t/C/ha), ver figura 21.

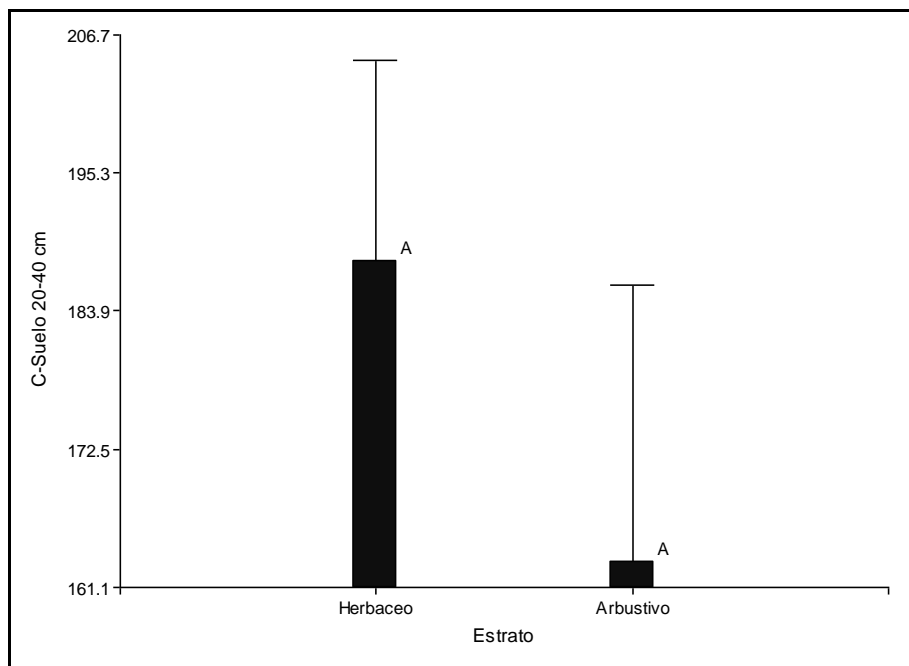


Figura 21. Valores medios y error estándar del carbono almacenado en la segunda capa de suelo (20-40 cm) entre el estrato arbustivo y herbáceo.

El análisis de correlación de Pearson en el páramo arbustivo presenta una correlación (-0,30) no significativa ($p=0,22$) entre el carbono almacenado en el suelo con la cantidad de biomasa aérea. Lo mismo sucede con el páramo herbáceo que presenta una correlación (0,15) no significativa ($p=0,40$).

4.5.4. Relación entre la biomasa aérea (arbustiva y herbácea) y el carbono almacenado en el suelo (40-60 cm) en el ecosistema páramo del PNY.

De acuerdo al análisis de varianza ANOVA y a la prueba de hipótesis de Fisher ($\alpha= 0,05$), se obtuvo que no se registran diferencias significativas ($p=0,65$) entre el carbono almacenado en la tercera capa del suelo en el páramo arbustivo ($97,17 \pm 16,92$ t/C/ha) y el herbáceo ($106,87 \pm 12,29$ t/C/ha), ver figura 22.

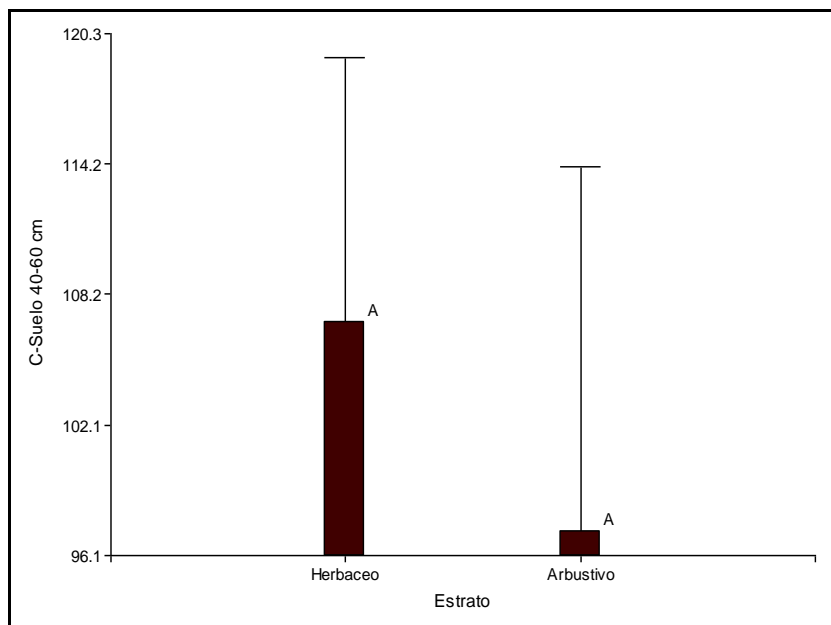


Figura 22. Valor medio y error estándar del carbono almacenado en la tercera capa de suelo entre el estrato arbustivo y herbáceo.

El análisis de correlación de Pearson en el páramo arbustivo presenta una correlación (0,01) no significativa ($p=0,98$) entre el carbono almacenado en el suelo con la cantidad de biomasa aérea. Lo mismo sucede con el páramo herbáceo que presenta una correlación (-0,01) no significativa ($p=0,98$). Ver cuadro 11.

Cuadro 11. Regresiones lineales entre la cobertura vegetal y el carbono almacenado en los suelos del páramo arbustivo y herbáceo del páramo del PNY.

Relación de variables	C Suelo (0 – 20 cm)	C Suelo (20 – 40 cm)	C Suelo (40 – 60 cm)	Carbono total del suelo
Estrato arbustivo	$y = -0,0053x + 4,9669$ $R^2 = 0,1075$	$y = -0,0046x + 4,5981$ $R^2 = 0,0876$	$y = 0,0001x + 3,8336$ $R^2 = 4E-05$	$y = -0,0017x + 4,6415$ $R^2 = 0,0614$
Estrato herbáceo	$y = -0,0022x + 3,4087$ $R^2 = 0,0354$	$y = 0,0015x + 2,603$ $R^2 = 0,0213$	$y = -7E-05x + 2,8902$ $R^2 = 3E-05$	$y = -8E-06x + 2,8871$ $R^2 = 3E-06$

El análisis de regresión lineal presenta coeficientes de determinación ajustados (R^2) sumamente bajos, por lo que no se puede establecer una ecuación matemática confiable para ninguna de las tres capas de suelo, que permita estimar el contenido de carbono fijado en el suelo considerando su cobertura vegetal.

4.6. Socialización de los resultados obtenidos.

Se elaboró un tríptico divulgativo y se realizó una exposición a personal del Ministerio de Ambiente Zonal 7, administrador y guarda parques del Parque Nacional Yacuri y a los presidentes de las Juntas Parroquiales aledañas al área de estudio. Además, se elaboró un artículo científico y el documento de la tesis el cual fue entregado en la carrera de Ingeniería Forestal, Ministerio de Ambiente Zonal 7 y administrador del Parque Nacional Yacuri. Para mayor detalle ver anexo 19 y 20.

5. DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de la cobertura vegetal y estructura del ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri.

5.1.1. Mapa de cobertura vegetal

Los tipos de cobertura vegetal diferenciados en el Parque Nacional Yacuri de acuerdo a la clasificación de Sierra *et al.*, (1999) son: páramo arbustivo, páramo herbáceo, bosque siempreverde montano alto, bosque de neblina montano, bosque chaparro-sector lacustre, roca o picachos y sistema lacustre, ubicados en suelos jóvenes con altos contenidos en materia orgánica, poco profundos y bien definidos, lo cual es corroborado por Sánchez *et al.*, (2009) en el plan de manejo del Bosque Protector Colambo Yacuri, que presenta las mismas formaciones vegetales con diferencia en lo que respecta a la ubicación y extensión de los tipos de páramos arbustivo con una superficie de 32 377,1 ha, mientras que el páramo herbáceo con una superficie de 27,4 ha, dentro de las 76 038,6 ha que mantenía el bosque protector.

5.1.2. Composición florística del páramo arbustivo

La composición florística registrada en las parcelas temporales ubicadas en el páramo arbustivo (19 parcelas), está representada en 62 especies con un total de 3 058 individuos, 48 géneros distribuidos en 26 familias, datos similares son los reportados por Morocho (2008) que registra 67 especies en 51 géneros incluidos en 30 familias para el páramo arbustivo.

Las familias más representativas registradas en esta investigación en el páramo arbustivo del PNY son: Asteraceae, Ericaceae, Lycopodiaceae, Poaceae, Rosaceae y Scrophulariaceae, lo que concuerda con los datos de 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), reportan las familias Ericaceae, Asteraceae y Poaceae, como las más representativas.

La diversidad de especies por área muestreada, en 76 m² se encontraron 3 058 individuos agrupados en 62 especies; Sánchez *et al.*, (2009) reporta 67 especies en este ecosistema, mientras que Eguiguren y Ojeda (2009), registran 765 individuos en 16 m², en una zona piloto del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus, manteniendo un grado de similitud en lo que respecta al número de individuos por área muestreada, considerándose que estas dos zonas forman parte del corredor biológico Podocarpus – El Cóndor.

5.1.3. Composición florística del páramo herbáceo

La composición florística registrada en las parcelas temporales ubicadas en el páramo herbáceo (36 parcelas), está representada en 76 especies con un total de 20 469 individuos distribuidos en 28 familias, datos similares son los reportados por Morocho (2008) donde registra 48 especies en este ecosistema.

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

Además se registraron 20 469 individuos agrupados en 76 especies en un área de 144 m², mientras que Eguiguren y Ojeda (2009), registran en los páramos del PNP 765 individuos en 16 m².

5.1.4. Diversidad alfa de los páramos arbustivos y herbáceo del PNY.

La diversidad alfa tanto para el 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 presenta en el páramo del Parque Nacional Podocarpus, en el que mencionan que su diversidad alfa es alta, en el estudio realizado por Eguiguren y Ojeda, (2009).

5.1.5. Diversidad beta de los páramo arbustivo y herbáceo del PNY.

Los dos ecosistemas son medianamente similares en su composición florística con un valor de 61,87 %, esto es debido al número de especies compartidas, entre las que 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 de estudio se encuentran relativamente cerca y están influenciadas por las mismas condiciones físicas, climáticas y de intervención humana.

5.1.6. Endemismo de los páramos arbustivo y herbáceo del PNY.

La mayoría de las especies endémicas de los páramos (75 %) está amenazada y solamente la mitad (48 %) de las endémicas de los páramos se han registrado dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (Mena y Medina, 2000). En los páramos del PNY, existen 8 especies endémicas para el ecosistema arbustivo y 11 especies para el ecosistema herbáceo y todas presentan algún grado de peligro, caso similar pasa en los páramos del Parque Nacional Podocarpus; donde, registran un total de 20 especies endémicas (Eguiguren y Ojeda, 2009).

5.2. Cuantificación del carbono fijado en la cobertura vegetal y necromasa del ecosistema páramo.

La diferencia del contenido de carbono en estos dos compartimentos está influenciada por el área de muestreo y por sus pesos, puesto que para la recolección de la necromasa se realizó en un área de 0,25 m² y en la biomasa aérea se recolectó en un área de 4 m².

En esta investigación se obtuvo un valor medio de 153,86 t/C/ha en la biomasa y 5,19 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 varía porque en las especies registradas en el páramo arbustivo son de tipo leñosas y presentan hojas coriáceas con respecto

del páramo herbáceo. Esto se comparte 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 de arbustivo, con un valor de 1,45 kg/C/m², y en el páramo herbáceo el menor valor fue 0,29 kg/C/m². Mientras que EcoSecurities (2007), señala que la vegetación de las selvas tropicales de Latinoamérica, almacena entre 200 y 400 t/C/ha.

Aguirre *et al.*, (1999) al estudiar la productividad de cuatro bosques secundarios en la serranía del Ecuador, obtuvieron los siguientes resultados de biomasa: bosque monoespecífico 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 monoespecífico 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, a una altitud entre 2 600 y 2 900 msnm. Contrastando con lo expuesto por Hofstede (1999), donde 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.

5.3. Cuantificación del carbono fijado en el suelo del ecosistema páramo.

De acuerdo a Morocho (2008), la geología de los suelos en los páramos del PNY, pertenecen al período Eoceno, con suelos del orden Inceptisol y Entisol. Según las características de estas dos órdenes presentes en el PNY, se puede manifestar que son suelos jóvenes con horizontes y capas bien definidas, derivados de materiales aluviales y residuales, con clases texturales como arenoso (Ao), arenosos francos (AoFo), franco arenoso (FoAo), franco arcilloso (FoAc), distribuidos en esta investigación tanto para el páramo arbustivo como páramo herbáceo del PNY. Caso similar mantiene el PNP, debido a que son ecosistemas que están atravesados por la cordillera de Los Andes, en la RSE, manteniendo las mismas características edáficas según Santín *et al.*, (2012).

Hofstede (1999) señala que la descomposición de la hojarasca es tan rápida por las altas temperaturas y humedad en 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 es la que ocurre en los páramos, una de las características de sus suelos es su color muy negro y húmedo, esto se debe al clima frío, alta humedad y el hecho de que los suelos son formados de cenizas volcánicas recientes (en el caso de los suelos del norte de Ecuador), la descomposición e incorporación de materia orgánica es muy lenta. Por esto existe una 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 es 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 por la ausencia de factores ambientales y bióticos, lo que es similar a lo obtenido por Santín y Vidal (2012); y, en los páramos del Parque Nacional Podocarpus, 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.

5.4. Establecer la influencia de la cobertura vegetal en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo.

Al momento de determinar si existe una relación entre la cobertura vegetal y la fijación de carbono en el suelo mediante el análisis de correlación de Pearson, se determina que no existe relación entre estos dos compartimentos por presentar una correlación baja, por lo que no se puede establecer una ecuación matemática confiable, estando afín a lo expuesto por Reyes (2003), donde

menciona que uno de los principales factores que determinan el rendimiento de carbono en el suelo es la cantidad de necromasa y su proporción de descomposición y ésta depende principalmente de factores ambientales como la temperatura y la humedad.

6. CONCLUSIONES

- Los tipos de cobertura vegetal presentes en el Parque Nacional Yacuri son: páramo arbustivo, páramo herbáceo, bosque siempreverde montano alto, bosque de neblina montano, bosque chaparro-sector lacustre, roca o picachos y el sistema lacustre, ubicados en suelos jóvenes con altos contenidos en materia orgánica, poco profundos y bien definidos.
- La diversidad florística de los páramos del PNY, se encuentra reflejada en 62 especies de plantas vasculares en un área de muestreo de 76 m² para el páramo arbustivo; y, en el páramo herbáceo se registraron 76 especies de plantas vasculares en un área de muestreo de 144 m².
- Se registraron 8 especies endémicas para el páramo arbustivo y 11 especies para el páramo herbáceo, presentando todas las especies algún grado de peligro de acuerdo a las categorías de la UICN.
- 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, mientras que 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 en los suelos del páramo arbustivo es 471,59 t/C/ha.
- La relación existente entre la biomasa y el contenido de carbono en los suelos, presentan una mínima relación, por lo que no se logró obtener un modelo matemático para estimar el contenido de carbono en el suelo con respecto de su biomasa.

7. RECOMENDACIONES

- Considerar la metodología y resultados de esta investigación como punto de partida para nuevos estudios en cuantificación de carbono y poder realizar un análisis comparativo de los contenidos de carbono existente en cada compartimento en los diferentes páramos del Ecuador.
- Incentivar el desarrollo de estudios que permitan identificar el potencial de fijación de carbono en los páramos del sur del país y de esta manera generar bases para negociaciones por pago de servicios ambientales.
- Ejecutar estudios sobre la influencia de los factores climáticos en la dinámica del crecimiento de la vegetación y descomposición de la biomasa y necromasa de los páramos del PNY.
- Elaborar una guía fotográfica impresa y digital de las especies florísticas, que sirva de apoyo a investigadores, turistas y sociedad en general, para la identificación de plantas de páramo del Parque Nacional Yacuri.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, Z., Aguirre, N. 1999. Guía para realizar estudios en comunidades vegetales. Herbario Reinaldo Espinoza. Universidad Nacional de Loja. Loja Ecuador. 50p.
- Fehse, J., N. Aguirre, C. Paladines, R. Hofstede & J. Sevink. 1999. La producción de cuatro bosques secundarios en la sierra del Ecuador. Ecopar. Quito, Ecuador.
- 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.
- Alvarado, S., Córdova, J., López, M. 2000. Metodología de análisis Físico – Químico del suelo, agua y foliares. Tercera aproximación. Quito – Ecuador.
- Buol, S., Hole, F. MacCracken, R. 2013. Génesis y Clasificación de suelos. 2da Edición. México DF.
- Báscones, E. 2005. Análisis de suelo y consejos de abonado. Disponible en: http://www.larioja.org/upload/documents/518266_inea_interpretacion_suelos.pdf.
- Benítez, J., Vidal, A., Rivero, M., Rodríguez J. 2006, Determinación de la biomasa total aérea en plantaciones de *Casuarina equisetifolia* Forst de la provincia de Camagüey, Cuba. Revista Forestal Baracoa vol. 25 (1).
- Cabrera, O., Aguirre, Z., Maza, B. 2001. Planificación para la conservación de sitios. Páramos del Parque Nacional Podocarpus. Herbario Loja – Fundación Ecológica Arcoíris – The Nature Conservancy. Loja – Ecuador. 35 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.
- Carrión, R. 2009. Mecanismos y experiencias prácticas sobre los procesos de compensación del servicio de regulación hídrica local de páramos y bosques en el Ecuador. Corporación Ecuatoriana para el Desarrollo de los Recursos Naturales – CEDERENA. En el Foro 4.

Órgano de difusión del Foro de los Recursos Hídricos (Chimborazo) y la Mesa Provincial de Ambiente de Chimborazo. "Compensación de Servicios Ambientales: Iniciativas y Experiencias". Consultado el 22 de marzo de 2012.

- Castro, M. 2011. Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los páramos ecuatorianos - la experiencia en Oña-Nabón-Saraguro-Yacuambi y el Frente Suroccidental de Tungurahua. EcoCiencia / Wetlands International / UTPL / MAE. Quito. Esta publicación está disponible en: www.ecociencia.org.
- Chicaiza, L., Chontasi, R., Correa, G., Maldonado, P. 2002. Caracterización y diagnóstico de los páramos. Programa de capacitación a promotoras y promotores campesinos. Quito – Ecuador. 150 p.
- 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 - Finlandia, UN-REDD, MAE. 2011. Manual de campo de la Evaluación Nacional Forestal – Ecuador. Quito – Ecuador.
- FAO. 2002. 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.
- Flachier, A., Chinchero, M., Lima, P., Villarroel, M. 2009. Caracterización Ecológica de las Turberas y Bofedales del Sistema de Humedales Amaluza, Nudo de Sabanilla, Provincia de Loja, Ecuador. Proyecto Gestión de Humedales Altoandinos. 29 p.

- Garcia, J. 2003. Análisis del potencial de emisión de dióxido de carbono del páramo de Chingaza y lineamientos para su conservación en el contexto del mecanismo de desarrollo limpio. Trabajo de grado, previo a la obtención de título de ecólogo. Bogotá – Colombia, 110 p.
- Guzmán, P., Salinas, L. 2010. Patrones de diversidad florística en función de la gradiente altitudinal de los páramos del Parque Nacional Podocarpus. Tesis de Ingeniería Forestal UNL. Loja - Ecuador.
- Hofstede R., Mena P. 1999. Los Beneficios escondidos del Páramo: Servicios ecológicos e impacto humano. Quito – Ecuador. Disponible en: <http://www.condesan.org/eforos/páramos2/losbeneficiosescondidosdelpa.htm>. Consultado: sábado 17 de marzo de 2012.
- 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.
- Hofstede, R., Coppus, R., Mena, P., Segarra, P., Wolf, J., y Sevink, J. 2002. El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. Proyecto Páramo, Universidad de Amsterdam, EcoCiencia e Instituto de Montaña, Quito. 16p.
- Hofstede, R., Segarra, P., Mena, P. 2003. Los páramos dl mundo. Proyecto Atlas mundial de los páramos. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia. Quito- Ecuador. 297p.
- IPCC, 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Ginebra, Suiza. 104 p.
- Jorgensen, P., Leon, S. 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden Press. Vol. 75.
- Josse, C. 1996, Guía para los páramos del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador, Quito – Ecuador. 158 p.
- Josse, C., Mena, P., Medina, G. 2000. La Biodiversidad de los Páramos. Serie Páramo 7. 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.

- Levin, R., Rubin, D. 1996. Estadística para administradores. 6^{ta} edición. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México. 811-819 p.
- MAE – Socio Bosque. 2012. Estimación de la Tasa de Deforestación del Ecuador continental. Quito – Ecuador. 10p.
- MAE. 2011. Cambio climático y mecanismos de mitigación. Curso de cambio climático y su influencia en los bosques. Carrera de Ingeniería Forestal. Loja – Ecuador.
- Mena, P., Hofstede, R. 2007. Los páramos ecuatorianos. EcoCiencia, Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina (CONDESAN), Centro Internacional de la Papa. Quito - Ecuador.
- Merchán, N. 2010. Mercados de bono de carbono. Consultado el 19 de abril de 2010. Consultado en: <http://www.elmercurio.com.ec/237567-mercado-de-bonos-de-carbono.html>.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y medio ambiente de España. 2012. <http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/>
- Montgomery, D., Runger, G. 2007. Probabilidad y Estadística aplicadas a la ingeniería. México, D.F. 873 p.
- Moreno, S., Prieto, F. 2008. Diseño del corredor de conservación en las comunidades rurales de Cofradía y Huacupamba, cantón Espíndola, Provincia de Loja”. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador.
- Morocho, D. 2008. Estudio de Alternativas de Manejo para El Bloque Sur del Bosque y Vegetación Protector Colambo – Yacuri; Cantón Espíndola, Provincia de Loja; Cantones Chinchipe y Palanda, Provincia de Zamora Chinchipe. Fundación Ecológica Arcoiris / Ministerio del Ambiente R8 / I. Municipalidad de Espíndola / I. Municipalidad de Chinchipe I. Municipalidad de Palanda / PROLOZA / TNC / Cl. Loja, Ecuador. 119 p.
- 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.
- Rojas, O. 2009. Experiencia del fondo de páramos del Tungurahua y lucha contra la pobreza. Secretario Técnico del Fondo de Páramos de Tungurahua y Lucha contra la pobreza (FMPLPT). En el Foro 4. Órgano de difusión del Foro de los Recursos Hídricos (Chimborazo) y la Mesa Provincial de Ambiente de Chimborazo. "Compensación de Servicios Ambientales: Iniciativas y Experiencias" octubre de 2009. Consultado el 22 de marzo de 2012.
 - Sánchez, O., Benítez, R. 2009. Plan de Manejo del Área de Conservación Colambo Yacuri. Editado por Mauricio Guerrero. Ministerio del Ambiente. Fundación Ecológica Arcoiris, The Mountain Institute, Condesan. 152 p.
 - 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.
 - Sarmiento, F. 1974. Diccionario de Ecología: Paisajes, Conservación y Desarrollo Sustentable para Latinoamérica. Herbario "Reinaldo Espinosa". 226 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.
 - Steel, R., Torrie, J. 1992. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2 Ed. Mc.GRAW-HILL, México. p. 536–537–565.
 - Tonneijck, F. 1998. Carbonfixation in the soil. Volcanic soils in the tropical Alpine environments of Ecuador. Quito, Ec. 46 p.

- Torres, A., Peña, E., Zúñiga O., Peña J. 2012. Evaluación del impacto de actividades antrópicas en el almacenamiento de carbono en biomasa vegetal en ecosistemas de alta montaña de Colombia, Boletín científico. Colombia. 11p.
- USDA. 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos. Soil Survey Staff. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales Décima Edición. Disponible en: ftp://ftpfc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/keys/Spanish_Keys.df
- Vázquez, M. 2000. Páramos en áreas protegidas, caso Parque Nacional Llanganates. En La Biodiversidad de los Páramos. Serie Páramo 7. GTP/ Abya Yala. Quito.
- Vega, J. 2007. Química de Medio Ambiente. Segunda Edición. México. Ediciones de la Universidad Católica de Chile.

ANEXOS

Anexo 1. Coordenadas de parcelas muestreadas

Páramo arbustivo

N°	x	y	z
1	673245	9478975	3292
2	673062	9479268	3305
3	680708	9490786	3141
4	675633	9472594	3255
5	674739	9476907	3447
6	674327	9478963	3267
7	673562	9479246	3359
8	674143	9478082	3548
9	673594	9479623	3206
10	674002	9479440	3491
11	680438	9490876	3099
12	673397	9478896	3342
13	672799	9479419	3370
14	674473	9478613	3403
15	674946	9475396	3492
16	673789	9477190	3420
17	672676	9479463	3194
18	673188	9479155	3312
19	681612	9487684	3430

Páramo herbáceo

N°	x	y	z
1	682189	9489981	3482
2	681561	9489195	3445
3	681867	9487421	3370
4	681370	9487144	3434
5	674606	9479801	3503
6	675451	9472961	3280
7	674539	9479855	3497
8	681457	9490086	3270
9	673312	9474237	3070
10	674029	9477885	3584
11	673877	9477404	3462
12	673127	9477766	3355
13	674785	9480485	3375
14	674164	9479771	3493
15	674812	9480084	3860
16	682602	9489482	3471
17	683552	9491034	3347
18	682510	9489765	3495
19	681802	9489353	3395
20	681943	9489779	3376
21	683698	9491431	3331
22	683371	9490678	3400
23	681010	9486893	3397
24	681800	9486189	3400
25	680985	9486205	3400
26	681753	9486852	3400
27	681687	9487347	3440
28	673486	9477589	3369
29	675218	9472946	3243
30	682429	9489859	3457
31	674499	9480223	3390
32	674499	9480223	3390
33	675110	9472534	3244
34	681527	9487180	3424
35	674274	9476684	3477
36	675490	9472450	3274

Anexo 2. Diversidad relativa por familia del páramo arbustivo del PNY.

N°	Familia	N° de especies	DR por familia (%)
1	ASTERACEAE	14	22,581
2	ERICACEAE	5	8,065
3	LYCOPODIACEAE	4	6,452
4	CLUSIACEAE	3	4,839
5	CYPERACEAE	3	4,839
6	POACEAE	3	4,839
7	ROSACEAE	3	4,839
8	SCROPHULARIACEAE	3	4,839
9	BERBERIDACEAE	2	3,226
10	BROMELIACEAE	2	3,226
11	CUNONIACEAE	2	3,226
12	MELASTOMATACEAE	2	3,226
13	PTERIDACEAE	2	3,226
14	RUBIACEAE	2	3,226
15	APIACEAE	1	1,613
16	BLECHNACEAE	1	1,613
17	CLETHRACEAE	1	1,613
18	GENTIANACEAE	1	1,613
19	GROSSULARIACEA	1	1,613
20	IRIDACEAE	1	1,613
21	LAMIACEAE	1	1,613
22	LORANTHACEAE	1	1,613
23	MELANTHIACEAE	1	1,613
24	MYRTACEAE	1	1,613
25	PROTEACEAE	1	1,613
26	VALERIANACEAE	1	1,613

Anexo 3. Parámetros ecológicos del ecosistema páramo arbustivo del Parque Nacional Yacuri.

N°	ESPECIE	FAMILIA	# ind/sp (56 m ²)	D (56 m ²)	D (Ind/ha)	DR (%)	FR (%)	Ab (%)	IVI (%)	Pi	InPi	Pi*InPi	H'	E
1	<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	ASTERACEAE	167	2,98	2982	0,10	47,37	15,83	94,77	0,06	-2,91	-0,16	3,21	0,78
2	<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schltld.	RUBIACEAE	4	0,07	71	0,00	10,53	11,71	80,13	0,00	-6,64	-0,01		
3	<i>Arcytophyllum vernicosum</i> Standl.	RUBIACEAE	54	0,96	964	0,03	10,53	8,53	55,9	0,02	-4,04	-0,07		
4	<i>Azorella biloba</i> (Schltld.) Wedd.	APIACEAE	12	0,21	214	0,01	5,26	7,33	86,27	0,00	-5,54	-0,02		
5	<i>Baccharis</i> sp.	ASTERACEAE	17	0,30	304	0,01	21,05	5,46	52,83	0,01	-5,19	-0,03		
6	<i>Baccharis teindalensis</i> Kunth	ASTERACEAE	15	0,27	268	0,01	5,26	5,13	36,71	0,01	-5,32	-0,03		
7	<i>Bartsia inaequalis</i> Benth.	SCROPHULARIACEAE	1	0,02	18	0,00	5,26	4,64	57,28	0,00	-8,03	0,00		
8	<i>Bartsia orthocarpiflora</i> Benth.	SCROPHULARIACEAE	9	0,16	161	0,01	5,26	3,27	8,53	0,00	-5,83	-0,02		
9	<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex. L. f.	ERICACEAE	29	0,52	518	0,02	26,32	2,84	55,48	0,01	-4,66	-0,04		
10	<i>Berberis chillacochensis</i> L.A. Camargo	BERBERIDACEAE	1	0,02	18	0,00	5,26	2,68	34,26	0,00	-8,03	0,00		
11	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.	BERBERIDACEAE	1	0,02	18	0,00	5,26	2,45	23,51	0,00	-8,03	0,00		
12	<i>Blechnum cordatum</i> (Desv.) Hieron.	BLECHNACEAE	1	0,02	18	0,00	5,26	2,35	28,67	0,00	-8,03	0,00		
13	<i>Brachyotum campii</i> Wurdack	MELASTOMACEAE	261	4,66	4661	0,15	47,37	1,83	17,62	0,09	-2,46	-0,21		
14	<i>Chrysactinium acaule</i> (Kunth) Wedd.	ASTERACEAE	4	0,07	71	0,00	5,26	1,8	12,32	0,00	-6,64	-0,01		
15	<i>Chusqueira jusieui</i> J.F. Gmel.	ASTERACEAE	5	0,09	89	0,00	5,26	1,77	12,29	0,00	-6,42	-0,01		
16	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	CLETHRACEAE	24	0,43	429	0,01	10,53	1,77	12,29	0,01	-4,85	-0,04		
17	<i>Clinopodium taxifolium</i> (Kunth) Harley	LAMIACEAE	6	0,11	107	0,00	5,26	1,67	22,72	0,00	-6,23	-0,01		
18	<i>Diplostephium</i> sp.	ASTERACEAE	40	0,71	714	0,02	15,79	1,67	38,51	0,01	-4,34	-0,06		
19	<i>Diplostephium espinosae</i> Cuatrec.	ASTERACEAE	27	0,48	482	0,02	10,53	1,31	17,1	0,01	-4,73	-0,04		
20	<i>Disterigma empetrifolium</i> (Kunth) Drude	ERICACEAE	100	1,79	1786	0,06	5,26	1,08	16,87	0,03	-3,42	-0,11		
21	<i>Eriosorus cheilanthoides</i> (Sw.) A.F. Tryon	PTERIDACEAE	24	0,43	429	0,01	5,26	0,98	11,51	0,01	-4,85	-0,04		
22	<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.	GROSSULARIACEAE	72	1,29	1286	0,04	26,32	0,95	27,26	0,02	-3,75	-0,09		
23	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	LORANTHACEAE	82	1,46	1464	0,05	31,58	0,88	11,41	0,03	-3,62	-0,10		
24	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	ERICACEAE	20	0,36	357	0,01	15,79	0,82	16,61	0,01	-5,03	-0,03		
25	<i>Gynoxys cuicochensis</i> Cuatrec.	ASTERACEAE	4	0,07	71	0,00	5,26	0,78	11,31	0,00	-6,64	-0,01		
26	<i>Gynoxys</i> sp.	ASTERACEAE	3	0,05	54	0,00	5,26	0,78	6,05	0,00	-6,93	-0,01		
27	<i>Halenia weddeliana</i> Gilg.	GENTIANACEAE	3	0,05	54	0,00	5,26	0,75	11,28	0,00	-6,93	-0,01		
28	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	ROSACEAE	33	0,59	589	0,02	15,79	0,72	16,51	0,01	-4,53	-0,05		
29	<i>Hieracium frigidum</i> Wedd.	ASTERACEAE	51	0,91	911	0,03	21,05	0,65	16,44	0,02	-4,09	-0,07		
30	<i>Hieracium</i> sp.	ASTERACEAE	15	0,27	268	0,01	5,26	0,59	5,85	0,01	-5,32	-0,03		

31	<i>Huperzia brevifolia</i> (Grev.& Hook.) Holub	LYCOPODIACEAE	3	0,05	54	0,00	10,53	0,56	21,61	0,00	-6,93	-0,01
32	<i>Hypericum aciculare</i> Kunth	CLUSIACEAE	5	0,09	89	0,00	26,32	0,52	11,05	0,00	-6,42	-0,01
33	<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	CLUSIACEAE	18	0,32	321	0,01	5,26	0,49	5,75	0,01	-5,14	-0,03
34	<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.	CLUSIACEAE	87	1,55	1554	0,05	52,63	0,49	5,75	0,03	-3,56	-0,10
35	<i>Isidrogalvia falcata</i> Ruiz & Pav.	MELANTHIACEAE	5	0,09	89	0,00	5,26	0,49	11,02	0,00	-6,42	-0,01
36	<i>Jamesonia goudotii</i> (Hieron.) C. Chr.	PTERIDACEAE	22	0,39	393	0,01	15,79	0,46	26,77	0,01	-4,93	-0,04
37	<i>Lachemilla nivalis</i> (Kunth) Rothm.	ROSACEAE	3	0,05	54	0,00	5,26	0,39	5,66	0,00	-6,93	-0,01
38	<i>Leontodon</i> sp.	ASTERACEAE	9	0,16	161	0,01	5,26	0,33	5,59	0,00	-5,83	-0,02
39	<i>Lomatia hirsuta</i> (Lam.) Diels	PROTEACEAE	15	0,27	268	0,01	10,53	0,29	5,56	0,01	-5,32	-0,03
40	<i>Loricaria thuyiodes</i> (Lam.) Sch. Bip.	ASTERACEAE	51	0,91	911	0,03	36,84	0,29	5,56	0,02	-4,09	-0,07
41	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	LYCOPODIACEAE	142	2,54	2536	0,08	52,63	0,29	16,08	0,05	-3,07	-0,14
42	<i>Lycopodium complanatum</i> L.	LYCOPODIACEAE	157	2,80	2804	0,09	31,58	0,26	10,79	0,05	-2,97	-0,15
43	<i>Lycopodium vestitum</i> Desv. Ex Poir	LYCOPODIACEAE	1	0,02	18	0,00	5,26	0,2	5,46	0,00	-8,03	0,00
44	<i>Miconia salicifolia</i> (Bonpl. ex Naudin) Naudin	MELASTOMATACEAE	4	0,07	71	0,00	5,26	0,16	5,43	0,00	-6,64	-0,01
45	<i>Myrteola</i> sp.	MYRTACEAE	54	0,96	964	0,03	10,53	0,16	26,48	0,02	-4,04	-0,07
46	<i>Neurolepis nana</i> L.G. Clark	POACEAE	75	1,34	1339	0,04	21,05	0,16	5,43	0,03	-3,71	-0,09
47	<i>Oreobolus goeppingeri</i> Suess.	CYPERACEAE	55	0,98	982	0,03	10,53	0,13	10,66	0,02	-4,02	-0,07
48	<i>Oreobolus venezuelensis</i> Steyerem.	CYPERACEAE	30	0,54	536	0,02	10,53	0,13	5,39	0,01	-4,62	-0,05
49	<i>Oritrophium</i> sp.	ASTERACEAE	56	1,00	1000	0,03	15,79	0,13	5,39	0,02	-4,00	-0,07
50	<i>Orthrosanthus chimborasensis</i> (Kunth) Baker	IRIDACEAE	9	0,16	161	0,01	15,79	0,13	5,39	0,00	-5,83	-0,02
51	<i>Paspalum bonplandianum</i> Flügge	POACEAE	23	0,41	411	0,01	10,53	0,13	21,18	0,01	-4,89	-0,04
52	<i>Pedicularis incurva</i> Benth.	SCROPHULARIACEAE	2	0,04	36	0,00	5,26	0,13	10,66	0,00	-7,33	-0,01
53	<i>Pernettya prostata</i> (Cav.) DC.	ERICACEAE	10	0,18	179	0,01	5,26	0,1	5,36	0,00	-5,72	-0,02
54	<i>Puya glomerifera</i> Mez & Sodiro	BROMELIACEAE	14	0,25	250	0,01	26,32	0,1	5,36	0,01	-5,39	-0,03
55	<i>Puya pigmaea</i> L.B. Sm.	BROMELIACEAE	4	0,07	71	0,00	21,05	0,1	10,62	0,00	-6,64	-0,01
56	<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeck.	CYPERACEAE	224	4,00	4000	0,13	78,95	0,1	5,36	0,07	-2,61	-0,19
57	<i>Rubus coriaceus</i> Poir.	ROSACEAE	4	0,07	71	0,00	10,53	0,07	5,33	0,00	-6,64	-0,01
58	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.	POACEAE	484	8,64	8643	0,28	78,95	0,03	5,3	0,16	-1,84	-0,29
59	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	ERICACEAE	358	6,39	6393	0,21	68,42	0,03	5,3	0,12	-2,15	-0,25
60	<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	VALERIANACEAE	25	0,45	446	0,02	15,79	0,03	5,3	0,01	-4,81	-0,04
61	<i>Weinmannia cochensis</i> Hieron.	CUNONIACEAE	8	0,14	143	0,01	10,53	0,03	5,3	0,00	-5,95	-0,02
62	<i>Weinmannia fagaroides</i> Kunth	CUNONIACEAE	16	0,29	286	0,01	10,53	0,03	5,3	0,01	-5,25	-0,03
	Total de individuos		3058									-3,21

Anexo 4. Diversidad relativa de las familias del páramo herbáceo del PNY.

N°	Familia	N° de sp en cada familia	DR por familia (%)
1	ASTERACEAE	21	27,6316
2	ERICACEAE	5	6,5789
3	LYCOPODIACEAE	4	5,2632
4	MELASTOMATACEAE	4	5,2632
5	CYPERACEAE	3	3,9474
6	GERANIACEAE	3	3,9474
7	POACEAE	3	3,9474
8	SCROPHULARIACEAE	3	3,9474
9	VALERIANACEAE	3	3,9474
10	APIACEAE	2	2,6316
11	BERBERIDACEAE	2	2,6316
12	BROMELIACEAE	2	2,6316
13	CLUSIACEAE	2	2,6316
14	FABACEAE	2	2,6316
15	GENTIANACEAE	2	2,6316
16	ROSACEAE	2	2,6316
17	RUBIACEAE	2	2,6316
18	CAMPANULACEAE	1	1,3158
19	CHLORANTHACEAE	1	1,3158
20	CIPERACEAE	1	1,3158
21	CLETHRACEAE	1	1,3158
22	CUNONIACEAE	1	1,3158
23	GROSSULARIACEA	1	1,3158
24	ICACINACEAE	1	1,3158
25	LORANTHACEAE	1	1,3158
26	MELANTHIACEAE	1	1,3158
27	POLYGALACEAE	1	1,3158
28	PTERIDACEAE	1	1,3158

Anexo 5. Procedimiento general en la instalación de parcelas de muestreo y recolección y secado de Biomasa y Necromasa del páramo arbustivo y herbáceo del PNY.



Instalación de parcela de 2x2 m en páramo herbáceo.



Parcela muestreada en el páramo arbustivo.



Inventario y recolección de muestras vegetales para ser identificadas en Herbario – LOJA de la UNL.



Recolección de Biomasa del páramo herbáceo, con ayuda del guardaparque Esgar Gonzaga.



Pesaje y etiquetado de la biomasa de cada parcela.



Secador artesanal empleado en el secado de la biomasa.



Secado de necromasa en invernadero de cada parcela muestreada.



Pesaje final de la biomasa y necromasa en el Laboratorio a través del uso de una balanza de precisión.



Panorámica de páramo herbáceo presente en el Parque Nacional Yacuri.



Panorámica de Laguna Yacuri, presente en Parque Nacional Yacuri- Sector Cofradía, Cantón Espindola, Provincia de Loja.

Anexo 6. Parámetros ecológicos del ecosistema páramo herbáceo del Parque Nacional Yacuri.

N°	Especie	Familia	# ind/sp (144 m ²)	D (144 m ²)	D (ind/ha)	DR (%)	FR (%)	Ab (%)	IVI (%)	Pi	lnPi	Pi*lnPi	H'	E
1	<i>Neurolepis nana</i> L.G. Clark.	POACEAE	10642	73,90	7390	51,99	48,65	51,99	100,60	0,52	-0,65	-0,34	1,85	0,43
2	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.	POACEAE	5035	34,97	3497	24,60	62,16	24,60	86,76	0,25	-1,40	-0,35		
3	<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeck.	CYPERACEAE	694	4,82	482	3,39	45,95	3,39	49,34	0,03	-3,38	-0,12		
4	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	ERICACEAE	328	2,28	228	1,60	43,24	1,60	43,86	0,02	-4,13	-0,07		
5	<i>Werneria nubigena</i> Kunth	ASTERACEAE	326	2,26	226	1,59	40,54	1,59	42,14	0,02	-4,14	-0,07		
6	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	LYCOPODIACEAE	290	2,01	201	1,42	40,54	1,42	41,49	0,01	-4,26	-0,06		
7	<i>Hieracium frigidum</i> Wedd.	ASTERACEAE	197	1,37	137	0,96	35,14	0,96	35,88	0,01	-4,64	-0,05		
8	<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.	CLUSIACEAE	194	1,35	135	0,95	32,43	0,95	32,73	0,01	-4,66	-0,04		
9	<i>Carex</i> sp.	CYPERACEAE	184	1,28	128	0,90	24,32	0,90	24,78	0,01	-4,71	-0,04		
10	<i>Hieracium</i> sp.	ASTERACEAE	168	1,17	117	0,82	18,92	0,82	19,69	0,01	-4,80	-0,04		
11	<i>Oreobolus goeppingeri</i> Suess,	CYPERACEAE	158	1,10	110	0,77	18,92	0,77	19,31	0,01	-4,86	-0,04		
12	<i>Puya pigmaea</i> L.B. Sm.	BROMELIACEAE	153	1,06	106	0,75	16,22	0,75	16,93	0,01	-4,90	-0,04		
13	<i>Arcytophyllum vernicosum</i> Standl.	RUBIACEAE	147	1,02	102	0,72	16,22	0,72	16,69	0,01	-4,94	-0,04		
14	<i>Jamesonia goudotii</i> (Hieron.) C. Chr.	PTERIDACEAE	144	1,00	100	0,70	13,51	0,70	14,48	0,01	-4,96	-0,04		
15	<i>Eryngium humile</i> Cav.	APIACEAE	136	0,94	94	0,66	13,51	0,66	14,22	0,01	-5,01	-0,03		
16	<i>Puya glomerifera</i> Mez & Sodiro	BROMELIACEAE	127	0,88	88	0,62	13,51	0,62	13,62	0,01	-5,08	-0,03		
17	<i>Lysipomia</i> sp.	CAMPANULACEAE	100	0,69	69	0,49	13,51	0,49	13,54	0,00	-5,32	-0,03		
18	<i>Huperzia brevifolia</i> (Grev. & Hook.) Holub	LYCOPODIACEAE	96	0,67	67	0,47	10,81	0,47	11,13	0,00	-5,36	-0,03		
19	<i>Diplostephium</i> sp.	ASTERACEAE	93	0,65	65	0,45	10,81	0,45	10,94	0,00	-5,39	-0,03		
20	<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schldt.	RUBIACEAE	80	0,56	56	0,39	10,81	0,39	10,93	0,00	-5,55	-0,02		
21	<i>Lycopodium complanatum</i> L.	LYCOPODIACEAE	79	0,55	55	0,39	10,81	0,39	10,90	0,00	-5,56	-0,02		
22	<i>Diplostephium espinosae</i> Cuatrec.	ASTERACEAE	66	0,46	46	0,32	10,81	0,32	10,89	0,00	-5,74	-0,02		
23	<i>Loricaria thuyoides</i> (Lam.) Sch. Bip.	ASTERACEAE	61	0,42	42	0,30	10,81	0,30	10,83	0,00	-5,82	-0,02		
24	<i>Orthrosanthus chimborasensis</i> (Kunth) Baker	ICACINACEAE	56	0,39	39	0,27	8,11	0,27	8,93	0,00	-5,90	-0,02		
25	<i>Oritrophium</i> sp.	ASTERACEAE	54	0,38	38	0,26	8,11	0,26	8,77	0,00	-5,94	-0,02		
26	<i>Gnaphalium elegans</i> Kunth	ASTERACEAE	51	0,35	35	0,25	8,11	0,25	8,38	0,00	-6,00	-0,02		
27	<i>Weinmannia cochensis</i> Hieron.	CUNONIACEAE	43	0,30	30	0,21	8,11	0,21	8,36	0,00	-6,17	-0,01		
28	<i>Lupinus tauris</i> Benth.	FABACEAE	41	0,29	28	0,20	8,11	0,20	8,30	0,00	-6,21	-0,01		
29	<i>Geranium diffusum</i> Kunth	GERANIACEAE	40	0,28	28	0,20	8,11	0,20	8,30	0,00	-6,24	-0,01		
30	<i>Hypersia kuesteri</i> (Nessel) B. Ollg.	LICOPODIACEAE	40	0,28	28	0,20	8,11	0,20	8,27	0,00	-6,24	-0,01		
31	<i>Isidrogalvia falcata</i> Ruiz & Pav.	MELANTHIACEAE	35	0,24	24	0,17	8,11	0,17	8,27	0,00	-6,37	-0,01		
32	<i>Geranium campii</i> H.E. Moore	GERANIACEAE	33	0,23	23	0,16	8,11	0,16	8,25	0,00	-6,43	-0,01		
33	<i>Oritrophium peruvianum</i> (Lam.) Cuatrec.	ASTERACEAE	33	0,23	23	0,16	8,11	0,16	8,22	0,00	-6,43	-0,01		
34	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.	BERBERIDACEAE	30	0,21	21	0,15	5,41	0,15	7,00	0,00	-6,53	-0,01		
35	<i>Diplostephium crypterophyllum</i> Cuatrec.	ASTERACEAE	30	0,21	21	0,15	5,41	0,15	6,30	0,00	-6,53	-0,01		
36	<i>Gentianella</i> sp.	GENTIANACEAE	29	0,20	20	0,14	5,41	0,14	5,89	0,00	-6,56	-0,01		

37	<i>Halenia weddeliana</i> Gilg.	GENTIANACEAE	27	0,19	19	0,13	5,41	0,13	5,67	0,00	-6,63	-0,01
38	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	ROSACEAE	25	0,17	17	0,12	5,41	0,12	5,58	0,00	-6,71	-0,01
39	<i>Oreobolus venezuelensis</i> Steyerem.	CYPERACEAE	25	0,17	17	0,12	5,41	0,12	5,55	0,00	-6,71	-0,01
40	<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	VALERIANACEAE	22	0,15	15	0,11	5,41	0,11	5,50	0,00	-6,84	-0,01
41	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	LORANTHACEAE	21	0,15	15	0,10	5,41	0,10	5,49	0,00	-6,88	-0,01
42	<i>Valeriana bracteata</i> Benth.	VALERIANACEAE	21	0,15	15	0,10	5,41	0,10	5,48	0,00	-6,88	-0,01
43	<i>Brachyotum campii</i> Wurdack	MELASTOMATACEAE	20	0,14	14	0,10	5,41	0,10	5,47	0,00	-6,93	-0,01
44	<i>Pernettya prostata</i> (Cav.) DC.	ERICACEAE	19	0,13	13	0,09	5,41	0,09	5,45	0,00	-6,98	-0,01
45	<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	ASTERACEAE	18	0,13	13	0,09	5,41	0,09	5,45	0,00	-7,04	-0,01
46	<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex. L. f.	ERICACEAE	18	0,13	13	0,09	5,41	0,09	5,43	0,00	-7,04	-0,01
47	<i>Oritrophium crocifolium</i> (Lam.) Cuatrec.	ASTERACEAE	17	0,12	12	0,08	5,41	0,08	5,42	0,00	-7,09	-0,01
48	<i>Castilleja fisifolia</i> L.f.	SCROPHULARIACEAE	16	0,11	11	0,08	5,41	0,08	5,42	0,00	-7,15	-0,01
49	<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	CLUSIACEAE	16	0,11	11	0,08	2,70	0,08	4,12	0,00	-7,15	-0,01
50	<i>Gaultheria strigosa</i> Benth.	ERICACEAE	15	0,10	10	0,07	2,70	0,07	3,09	0,00	-7,22	-0,01
51	<i>Senecio iscoensis</i> Hieron.	ASTERACEAE	14	0,10	10	0,07	2,70	0,07	2,91	0,00	-7,29	-0,01
52	<i>Brachyotum alpinum</i> Cogn.	MELASTOMATACEAE	13	0,09	9	0,06	2,70	0,06	2,90	0,00	-7,36	-0,01
53	<i>Miconia salicifolia</i> (Bonpl. ex Naudin) Naudin	MELASTOMATACEAE	13	0,09	9	0,06	2,70	0,06	2,85	0,00	-7,36	-0,01
54	<i>Pentacalia andicola</i> (Turcz) Cuatrec.	ASTERACEAE	12	0,08	8	0,06	2,70	0,06	2,82	0,00	-7,44	0,00
55	<i>Valeriana pilosa</i> Ruiz & Pav.	VALERIANACEAE	12	0,08	8	0,06	2,70	0,06	2,81	0,00	-7,44	0,00
56	<i>Chuquiraga justiei</i> J.F. Gmel.	ASTERACEAE	10	0,07	7	0,05	2,70	0,05	2,79	0,00	-7,62	0,00
57	<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.	GROSSULARIACEA	10	0,07	7	0,05	2,70	0,05	2,79	0,00	-7,62	0,00
58	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	ERICACEAE	10	0,07	7	0,05	2,70	0,05	2,78	0,00	-7,62	0,00
59	<i>Geranium loxense</i> Halfdan-Niels.	GERANIACEAE	10	0,07	7	0,05	2,70	0,05	2,77	0,00	-7,62	0,00
60	<i>Pedicularis incurva</i> Benth.	SCROPHULARIACEAE	8	0,06	6	0,04	2,70	0,04	2,77	0,00	-7,85	0,00
61	<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) Don	CHLORANTHACEAE	7	0,05	5	0,03	2,70	0,03	2,76	0,00	-7,98	0,00
62	<i>Chrysactinium acaule</i> (Kunth) Wedd.	ASTERACEAE	6	0,04	4	0,03	2,70	0,03	2,76	0,00	-8,14	0,00
63	<i>Miconia stenophylla</i> Wurdack	MELASTOMATACEAE	6	0,04	4	0,03	2,70	0,03	2,75	0,00	-8,14	0,00
64	<i>Niphogetun dissecta</i> (Benth.) J.F. Macbr.	APIACEAE	6	0,04	4	0,03	2,70	0,03	2,75	0,00	-8,14	0,00
65	<i>Paspalum</i> sp.	POACEAE	6	0,04	4	0,03	2,70	0,03	2,74	0,00	-8,14	0,00
66	<i>Hesperomeles ferruginea</i> (Pers.) Benth.	ROSACEAE	5	0,04	3	0,02	2,70	0,02	2,74	0,00	-8,32	0,00
67	<i>Lupinus microphyllus</i> Desr.	FABACEAE	5	0,04	3	0,02	2,70	0,02	2,73	0,00	-8,32	0,00
68	<i>Monnina arbuscula</i> Chodat	POLYGALACEAE	5	0,04	3	0,02	2,70	0,02	2,73	0,00	-8,32	0,00
69	<i>Baccharis teindalensis</i> Kunth	ASTERACEAE	4	0,03	3	0,02	2,70	0,02	2,73	0,00	-8,54	0,00
70	<i>Diplostephium peruvianum</i> Cuatrec.	ASTERACEAE	4	0,03	3	0,02	2,70	0,02	2,73	0,00	-8,54	0,00
71	<i>Senecio</i> sp.	ASTERACEAE	3	0,02	2	0,02	2,70	0,01	2,73	0,00	-8,83	0,00
72	<i>Berberis grandiflora</i> Turez.	BERBERIDACEAE	2	0,01	1	0,01	2,70	0,01	2,72	0,00	-9,23	0,00
73	<i>Castilleja arvensis</i> Schltld. & Cham.	SCROPHULARIACEAE	2	0,01	1	0,01	2,70	0,01	2,71	0,00	-9,23	0,00
74	<i>Ageratina</i> sp.	ASTERACEAE	1	0,01	1	0,01	2,70	0,00	2,71	0,00	-9,93	0,00
75	<i>Baccharis</i> sp.	ASTERACEAE	1	0,01	1	0,01	2,70	0,00	2,71	0,00	-9,93	0,00
76	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	CLETHRACEAE	1	0,01	1	0,01	2,70	0,00	2,71	0,00	-9,93	0,00
	Total de individuos	20469									-1,845	

Anexo 7. Índice de Sorensen de los páramos arbustivos y herbáceo del PNY.

N°	Especie	Familia	Páramo Herbáceo	Páramo Arbustivo	sp en común	Índice de Sorensen
1	<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	ASTERACEAE	18	167	1	61,871
2	<i>Arcytophyllum setosum</i> (Ruiz & Pav.) Schltldl.	RUBIACEAE	80	4	1	
3	<i>Arcytophyllum vernicosum</i> Standl.	RUBIACEAE	147	54	1	
4	<i>Baccharis</i> sp.	ASTERACEAE	1	17	1	
5	<i>Baccharis teindalensis</i> Kunth	ASTERACEAE	4	15	1	
6	<i>Bejaria resinosa</i> Mutis ex. L. f.	ERICACEAE	18	29	1	
7	<i>Berberis lutea</i> Ruiz & Pav.	BERBERIDACEAE	30	1	1	
8	<i>Brachyotum campii</i> Wurdack	MELASTOMATACEAE	20	261	1	
9	<i>Chrysactinium acaule</i> (Kunth) Wedd.	ASTERACEAE	6	4	1	
10	<i>Chuquiraga jusiieui</i> J.F. Gmel.	ASTERACEAE	10	5	1	
11	<i>Clethra fimbriata</i> Kunth	CLETHRACEAE	1	24	1	
12	<i>Diplostephium espinosae</i> Cuatrec.	ASTERACEAE	66	27	1	
13	<i>Diplostephium</i> sp.	ASTERACEAE	93	40	1	
14	<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.	GROSSULARIACEA	10	72	1	
15	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	LORANTHACEAE	21	82	1	
16	<i>Gaultheria erecta</i> Vent.	ERICACEAE	10	20	1	
17	<i>Halenia weddeliana</i> Gilg.	GENTIANACEAE	27	3	1	
18	<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	ROSACEAE	25	33	1	
19	<i>Hieracium frigidum</i> Wedd.	ASTERACEAE	197	51	1	
20	<i>Hieracium</i> sp.	ASTERACEAE	168	15	1	
21	<i>Huperzia brevifolia</i> (Grev. & Hook.) Holub	LYCOPODIACEAE	96	3	1	
22	<i>Hypericum decandrum</i> Turcz.	CLUSIACEAE	16	18	1	
23	<i>Hypericum lancioides</i> Cuatrec.	CLUSIACEAE	194	87	1	
24	<i>Isidrogalvia falcata</i> Ruiz & Pav.	MELANTHIACEAE	35	5	1	
25	<i>Jamesonia goudotii</i> (Hieron.) C. Chr.	PTERIDACEAE	144	22	1	
26	<i>Loricaria thuyiodes</i> (Lam.) Sch. Bip.	ASTERACEAE	61	51	1	

27	<i>Lycopodium clavatum</i> L.	LYCOPODIACEAE	290	142	1
28	<i>Lycopodium complanatum</i> L.	LYCOPODIACEAE	79	157	1
29	<i>Miconia salicifolia</i> (Bonpl. ex Naudin) Naudin	MELASTOMATAACEAE	13	4	1
30	<i>Neurolepis nana</i> L.G. Clark	POACEAE	10642	75	1
31	<i>Oreobolus goeppingeri</i> Suess,	CYPERACEAE	158	55	1
32	<i>Oreobolus venezuelensis</i> Steyerm.	CYPERACEAE	25	30	1
33	<i>Oritrophium</i> sp.	ASTERACEAE	54	56	1
34	<i>Orthrosanthus chimborasensis</i> (Kunth) Baker	ICACINACEAE	56	9	1
35	<i>Pedicularis incurva</i> Benth.	SCROPHULARIACEAE	8	2	1
36	<i>Pernettya prostata</i> (Cav.) DC.	ERICACEAE	19	10	1
37	<i>Puya glomerifera</i> Mez & Sodiro	BROMELIACEAE	127	14	1
38	<i>Puya pigmaea</i> L.B. Sm.	BROMELIACEAE	153	4	1
39	<i>Rhynchospora vulcani</i> Boeck.	CYPERACEAE	694	224	1
40	<i>Calamagrostis intermedia</i> (J. Presl) Steud.	POACEAE	5035	484	1
41	<i>Vaccinium floribundum</i> Kunth	ERICACEAE	328	358	1
42	<i>Valeriana microphylla</i> Kunth	VALERIANACEAE	22	25	1
43	<i>Weinmannia cochensis</i> Hieron.	CUNONIACEAE	43	8	1
	Total de especies		76	63	43

Anexo 8. Descripción general de la instalación de parcelas y calicatas para la obtención de biomasa, necromasa y muestras de suelo, para la determinación de su contenido de carbono fijado en cada compartimento de los páramos arbustivos y herbáceos del PNY.



Limpeza y recolección de biomasa previo a la apertura de la calicata



Extracción de chamba/capa 0, de la calicata.



Extracción de residuos de suelo.



Identificación de suelos con altos contenidos de MO, debido a su color.



Diferencia de color entre cada capa de muestreo.



Recubrimiento manual de calicata situada en páramo herbáceo.



Etiquetado y secado de muestras de suelo en invernadero.



Pesado de 50gr de suelo necesario para determinar la clase textural de cada muestra.



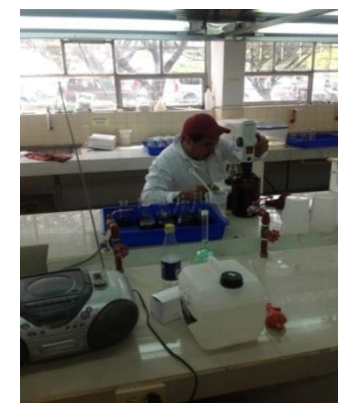
Lectura de temperatura y valor en Hidrómetro, para la determinación de clases texturales de muestras.



Selección de submuestras de suelo listas para ser usadas en la determinación de su MO y CO en laboratorio.



Tamizaje de suelo (tamiz 0,25 mm) que fueron usadas para la determinación de los contenidos de materia y carbono orgánico en cada muestra.



Titulación de dicromato por medio de la solución de sal de Morh de concentración 0,5 normal, viraje de color azul a verde.

Anexo 9. Valores de la biomasa en verde y seco del páramo arbustivo del PNY con su respectivo contenido de carbono.

N°	Biomasa (Kg)		r	Carbono fijado en Biomasa arbustiva				S ²	S	Error estándar
	Verde	Seco		Kg/4 m ²	Kg/m ²	Kg/C/ha	Ton/C/ha			
1	10,909	3,217	0,295	12,867	3,217	128672	128,672	35,249	5,937	1,362
2	12,273	6,848	0,558	27,391	6,848	273912	273,912	800,680	28,296	6,492
3	8,636	5,267	0,610	21,068	5,267	210684	210,684	179,381	13,393	3,073
4	9,773	3,969	0,406	15,877	3,969	158768	158,768	1,338	1,157	0,265
5	4,091	3,352	0,819	13,406	3,352	134060	134,060	21,782	4,667	1,071
6	12,727	4,889	0,384	19,556	4,889	195564	195,564	96,619	9,829	2,255
7	9,091	5,000	0,550	20,001	5,000	200008	200,008	118,308	10,877	2,495
8	9,091	4,901	0,539	19,606	4,901	196056	196,056	98,912	9,945	2,282
9	3,750	2,827	0,754	11,310	2,827	113096	113,096	92,321	9,608	2,204
10	4,091	1,479	0,362	5,916	1,479	59156	59,156	498,280	22,322	5,121
11	3,864	2,462	0,637	9,848	2,462	98484	98,484	170,367	13,052	2,994
12	7,273	2,747	0,378	10,987	2,747	109868	109,868	107,521	10,369	2,379
13	6,364	2,675	0,420	10,700	2,675	107000	107,000	121,997	11,045	2,534
14	10,000	2,192	0,219	8,770	2,192	87696	87,696	243,212	15,595	3,578
15	9,773	4,720	0,483	18,881	4,720	188812,4	188,812	67,867	8,238	1,890
16	4,091	3,430	0,838	13,719	3,430	137191,2	137,191	15,438	3,929	0,901
17	8,182	4,891	0,598	19,563	4,891	195629,6	195,630	96,923	9,845	2,259
18	9,091	3,888	0,428	15,551	3,888	155513,6	155,514	0,152	0,390	0,089
19	8,636	4,330	0,501	17,319	4,330	173192	173,192	20,760	4,556	1,045
						Sumatoria	2923,363	2787,108	193,053	44,289
						Media	153,861	146,690	10,161	2,331

Anexo 10. Valores de la Necromasa en verde y seco del páramo arbustivo del PNY, con su respectivo contenido de carbono.

N°	NECROMASA (Kg)		r	Carbono fijado en Biomasa				S ²	S	Error estándar
	Verde	Seco		Kg/0,25 m ²	Kg/m ²	Kg/C/ha	Ton/C/ha			
1	0,252	0,080	0,316	0,020	0,080	798,0	0,798	1,070	1,034	0,237
2	2,115	0,752	0,356	0,188	0,752	7521,0	7,521	0,303	0,550	0,126
3	0,962	0,544	0,565	0,136	0,544	5435,0	5,435	0,003	0,058	0,013
4	2,258	0,388	0,172	0,097	0,388	3879,0	3,879	0,095	0,308	0,071
5	1,816	0,353	0,194	0,088	0,353	3532,0	3,532	0,152	0,390	0,089
6	2,224	1,264	0,568	0,316	1,264	12640,0	12,640	3,086	1,757	0,403
7	1,561	0,713	0,457	0,178	0,713	7129,0	7,129	0,210	0,458	0,105
8	0,609	0,222	0,365	0,055	0,222	2219,0	2,219	0,489	0,700	0,160
9	0,884	0,252	0,285	0,063	0,252	2522,0	2,522	0,395	0,628	0,144
10	0,887	0,208	0,235	0,052	0,208	2081,0	2,081	0,536	0,732	0,168
11	2,879	0,720	0,250	0,180	0,720	7197,5	7,198	0,225	0,474	0,109
12	0,521	0,186	0,357	0,046	0,186	1857,0	1,857	0,616	0,785	0,180
13	0,439	0,159	0,362	0,040	0,159	1588,0	1,588	0,720	0,848	0,195
14	0,662	0,126	0,190	0,031	0,126	1257,0	1,257	0,858	0,926	0,213
15	1,135	0,681	0,600	0,170	0,681	6810,0	6,810	0,146	0,383	0,088
16	1,016	0,908	0,894	0,227	0,908	9080,0	9,080	0,842	0,918	0,211
17	1,271	0,681	0,536	0,170	0,681	6810,0	6,810	0,146	0,383	0,088
18	1,589	0,908	0,571	0,227	0,908	9080,0	9,080	0,842	0,918	0,211
19	1,362	0,711	0,522	0,178	0,711	7114,2	7,114	0,206	0,454	0,104
						Sumatoria	98,550	10,940	12,704	2,914
						Media	5,187	0,576	0,669	0,153

Anexo 11. Valores de la biomasa en verde y seca del páramo herbáceo del PNY, con sus respectivos contenidos de carbono.

N°	BIOMASA (Kg)		r	CARBONO				S ²	S	Error estándar
	verde	seco		Kg/4 m2	kg/m2	Kg/C/ha	Ton/C/ha			
1	9,091	2,190	0,241	8,760	2,190	87600	87,600	21,929	4,683	0,780
2	9,091	5,264	0,579	21,056	5,264	210556	210,556	259,227	16,101	2,683
3	5,455	4,874	0,894	19,497	4,874	194972	194,972	181,343	13,466	2,244
4	5,227	2,465	0,472	9,859	2,465	98592	98,592	7,980	2,825	0,471
5	2,273	1,250	0,550	5,000	1,250	50000	50,000	121,846	11,038	1,840
6	2,273	1,250	0,550	5,000	1,250	50000	50,000	121,846	11,038	1,840
7	6,136	3,002	0,489	12,007	3,002	120072	120,072	0,650	0,806	0,134
8	2,273	1,133	0,498	4,530	1,133	45300	45,300	140,016	11,833	1,972
9	4,091	1,957	0,478	7,827	1,957	78268	78,268	39,190	6,260	1,043
10	5,455	2,725	0,500	10,900	2,725	108996	108,996	1,137	1,066	0,178
11	9,091	4,357	0,479	17,428	4,357	174284	174,284	99,390	9,969	1,662
12	9,091	4,357	0,479	17,428	4,357	174284	174,284	99,390	9,969	1,662
13	9,091	4,357	0,479	17,428	4,357	174284	174,284	99,390	9,969	1,662
14	6,455	4,174	0,647	16,698	4,174	166976	166,976	76,286	8,734	1,456
15	6,455	4,174	0,647	16,698	4,174	166976	166,976	76,286	8,734	1,456
16	5,000	1,617	0,323	6,469	1,617	64688	64,688	73,199	8,556	1,426
17	7,273	3,351	0,461	13,405	3,351	134048	134,048	10,038	3,168	0,528
18	8,182	4,496	0,549	17,984	4,496	179836	179,836	118,982	10,908	1,818
19	5,455	1,761	0,323	7,043	1,761	70432	70,432	57,528	7,585	1,264
20	8,182	2,535	0,310	10,142	2,535	101416	101,416	5,511	2,348	0,391
21	10,000	2,620	0,262	10,479	2,620	104788	104,788	3,160	1,778	0,296
22	14,091	3,113	0,221	12,450	3,113	124500	124,500	2,416	1,554	0,259

23	15,000	4,147	0,276	16,586	4,147	165864	165,864	73,038	8,546	1,424
24	3,636	2,127	0,585	8,508	2,127	85080	85,080	26,100	5,109	0,851
25	5,000	2,213	0,443	8,853	2,213	88532	88,532	20,478	4,525	0,754
26	4,750	2,235	0,470	8,938	2,235	89382	89,382	19,199	4,382	0,730
27	5,477	2,436	0,445	9,743	2,436	97430	97,430	9,128	3,021	0,504
28	5,409	2,899	0,536	11,595	2,899	115948	115,948	0,012	0,109	0,018
29	6,455	2,359	0,365	9,435	2,359	94352	94,352	12,543	3,542	0,590
30	5,227	2,465	0,472	9,859	2,465	98592	98,592	7,980	2,825	0,471
31	5,227	2,464	0,471	9,858	2,464	98576	98,576	7,995	2,828	0,471
32	4,773	2,188	0,458	8,750	2,188	87502	87,502	22,084	4,699	0,783
33	2,727	2,420	0,887	9,682	2,420	96816	96,816	9,766	3,125	0,521
34	5,455	3,800	0,697	15,199	3,800	151988	151,988	38,449	6,201	1,033
35	7,273	2,897	0,398	11,590	2,897	115896	115,896	0,010	0,100	0,017
36	10,000	2,103	0,210	8,410	2,103	84100	84,100	27,820	5,274	0,879
Sumatoria							4150,926	1891,339	216,675	36,112
Media							115,304	52,537	6,019	1,003

Anexo 12. Valores de necromasa en verde y seco del páramo herbáceo del PNY, con su respectivo contenido de carbono.

N°	NECROMASA (Kg)		r	CARBONO				S ²	S	Error estándar
	verde	seco		Kg/0,25 m ²	Kg/m ²	Kg/C/ha	Ton/C/ha			
2	0,793	0,378	0,477	0,095	0,378	945,0	0,945	0,000	0,012	0,002
5	1,367	0,425	0,311	0,106	0,425	1061,8	1,062	0,001	0,032	0,005
8	2,212	0,553	0,250	0,138	0,553	1382,5	1,383	0,007	0,086	0,014
9	0,625	0,167	0,267	0,042	0,167	416,5	0,417	0,006	0,077	0,013
10	0,613	0,156	0,255	0,039	0,156	390,3	0,390	0,007	0,082	0,014
11	0,625	0,180	0,287	0,045	0,180	449,3	0,449	0,005	0,072	0,012
12	0,442	1,375	3,108	0,344	1,375	3437,0	3,437	0,188	0,433	0,072
13	0,310	0,267	0,863	0,067	0,267	668,3	0,668	0,001	0,035	0,006
14	0,319	0,080	0,250	0,020	0,080	199,5	0,200	0,013	0,114	0,019
16	2,983	0,567	0,190	0,142	0,567	1418,5	1,419	0,008	0,092	0,015
17	1,834	0,840	0,458	0,210	0,840	2099,5	2,100	0,043	0,207	0,035
19	1,834	0,840	0,458	0,210	0,840	2099,5	2,100	0,043	0,207	0,035
20	1,834	0,840	0,458	0,210	0,840	2099,5	2,100	0,043	0,207	0,035
25	0,316	0,095	0,300	0,024	0,095	237,0	0,237	0,012	0,108	0,018
26	0,486	0,306	0,630	0,076	0,306	764,5	0,765	0,000	0,019	0,003
27	0,285	0,165	0,580	0,041	0,165	413,5	0,414	0,006	0,078	0,013
29	0,500	0,174	0,348	0,044	0,174	435,5	0,436	0,005	0,074	0,012
30	0,314	0,069	0,221	0,017	0,069	173,3	0,173	0,014	0,118	0,020
31	1,489	0,365	0,245	0,091	0,365	912,0	0,912	0,000	0,006	0,001
35	1,035	0,188	0,182	0,047	0,188	470,5	0,471	0,005	0,068	0,011
36	0,547	0,137	0,250	0,034	0,137	341,9	0,342	0,008	0,090	0,015
37	0,234	0,080	0,343	0,020	0,080	200,5	0,201	0,013	0,114	0,019

38	0,316	0,077	0,244	0,019	0,077	193,3	0,193	0,013	0,115	0,019
39	0,341	0,103	0,301	0,026	0,103	256,3	0,256	0,011	0,104	0,017
40	0,705	0,168	0,239	0,042	0,168	421,1	0,421	0,006	0,077	0,013
41	0,678	0,170	0,251	0,043	0,170	425,1	0,425	0,006	0,076	0,013
42	0,653	0,140	0,214	0,035	0,140	349,7	0,350	0,008	0,089	0,015
43	0,652	0,164	0,251	0,041	0,164	409,5	0,410	0,006	0,079	0,013
44	0,610	0,150	0,246	0,037	0,150	375,0	0,375	0,007	0,084	0,014
45	0,682	1,377	2,019	0,344	1,377	3441,3	3,441	0,188	0,434	0,072
46	0,682	1,377	2,019	0,344	1,377	3441,3	3,441	0,188	0,434	0,072
47	0,570	0,144	0,253	0,036	0,144	360,6	0,361	0,008	0,087	0,014
48	0,410	0,113	0,276	0,028	0,113	283,0	0,283	0,010	0,100	0,017
49	0,410	0,113	0,276	0,028	0,113	283,0	0,283	0,010	0,100	0,017
50	0,454	0,118	0,259	0,029	0,118	294,3	0,294	0,010	0,098	0,016
51	0,362	0,129	0,355	0,032	0,129	321,8	0,322	0,009	0,093	0,016
						Sumatoria	31,471	0,908	4,300	0,717
						Media	0,874	0,025	0,119	0,020

Anexo 13. Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo arbustivo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (0 – 20 cm).

Cód. Lab.	Peso gr	titulación	MO	CO	Da.	Pss	Cs			Varianza	Desviación estándar	Error estándar	Tipo Textural
			%	%			gr/cm ³	gr	gr/C/ha				
736	0,1004	2,97	26,495	15,404	0,9	1800000000	277269023,904	277269,024	277,269	1637,236	40,463	9,283	AoFo
742	0,1005	6,29	14,280	8,303	0,9	1800000000	149445671,642	149445,672	149,446	106,802	10,335	2,371	FoAo
745	0,1012	5,54	16,916	9,835	0,9	1800000000	177026086,957	177026,087	177,026	283,427	16,835	3,862	AoFo
751	0,1006	4,77	19,254	11,194	0,9	1800000000	201493538,767	201493,539	201,494	510,865	22,602	5,185	AoFo
775	0,1308	7,61	6,741	3,919	0,9	1800000000	70548853,211	70548,853	70,549	68,255	8,262	1,895	AoFo ≈ FoAo
784	0,1019	5,24	17,234	10,020	0,9	1800000000	180356820,412	180356,820	180,357	310,477	17,620	4,042	AoFo
793	0,1006	3,33	24,462	14,222	0,9	1800000000	255992743,539	255992,744	255,993	1256,554	35,448	8,132	AoFo
796	0,1005	6,70	12,114	7,043	0,9	1800000000	126779104,478	126779,104	126,779	24,920	4,992	1,145	FoAo
799	0,1001	6,37	13,379	7,779	0,9	1800000000	140014285,714	140014,286	140,014	65,797	8,112	1,861	AoFo
802	0,1007	4,43	20,407	11,865	0,9	1800000000	213562760,675	213562,761	213,563	647,553	25,447	5,838	AoFo
814	0,1004	6,11	14,295	8,311	0,9	1800000000	149594521,912	149594,522	149,595	107,529	10,370	2,379	AoFo
826	0,1000	1,80	30,474	17,718	0,9	1800000000	318918600,000	318918,600	318,919	2528,046	50,280	11,535	AoFo
829	0,1004	0,81	33,771	19,634	0,9	1800000000	353412250,996	353412,251	353,412	3411,717	58,410	13,400	AoFo
831	0,1000	1,60	30,991	18,018	0,9	1800000000	324324000,000	324324,000	324,324	2657,788	51,554	11,827	AoFo
736	0,1004	2,97	26,495	15,404	0,9	1800000000	277269023,904	277269,024	277,269	1637,236	40,463	9,283	AoFo ≈ FoAo
751	0,1006	4,77	19,254	11,194	0,9	1800000000	201493538,767	201493,539	201,494	510,865	22,602	5,185	AoFo
814	0,1004	6,11	14,295	8,311	0,9	1800000000	149594521,912	149594,522	149,595	107,529	10,370	2,379	AoFo
826	0,1000	1,80	30,474	17,718	0,9	1800000000	318918600,000	318918,600	318,919	2528,046	50,280	11,535	AoFo
796	0,1005	6,70	12,114	7,043	0,9	1800000000	126779104,478	126779,104	126,779	24,920	4,992	1,145	FoAo
			383,445					Sumatoria	4012,793	18425,562	489,435	112,284	
								media	211,200	969,766	25,760	5,910	

MO: Materia orgánica (%); CO: Carbono orgánico (%); Da. Densidad aparente; Pss: Peso seco del suelo; Cs: Contenido de carbono en el suelo.

Anexo 14. Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo arbustivo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (20 – 40 cm).

Cód. Lab.	peso gr	titulación	MO	CO	Da. gr/cm ³	Pss gr	Cs				Desviación estándar	Error estándar	tipo textural
			%	%			gr/C/ha	kg/C/ha	Ton/C/ha	varianza			
737	0,101	5,830	15,937	9,266	1	2000000000	185317775,571	185317,776	185,318	597,528	24,444	5,608	Ao
743	0,100	6,940	11,918	6,929	1	2000000000	138580259,222	138580,259	138,580	180,318	13,428	3,081	AoFo
746	0,101	6,810	11,714	6,811	1	2000000000	136210682,493	136210,682	136,211	165,630	12,870	2,953	AoFo
752	0,119	6,950	9,558	5,557	1	2000000000	111141772,152	111141,772	111,142	48,455	6,961	1,597	FoAo
776	0,212	9,590	0,715	0,416	1	2000000000	8316312,057	8316,312	8,316	298,434	17,275	3,963	AoFo
785	0,106	8,070	6,933	4,031	1	2000000000	80614730,878	80614,731	80,615	0,055	0,234	0,054	FoAo
794	0,100	4,890	18,778	10,917	1	2000000000	218345617,530	218345,618	218,346	1038,717	32,229	7,394	AoFo
797	0,100	7,700	8,452	4,914	1	2000000000	98276892,430	98276,892	98,277	15,434	3,929	0,901	FoAo
800	0,102	6,710	11,935	6,939	1	2000000000	138781710,914	138781,711	138,782	181,595	13,476	3,092	FoAo
803	0,101	6,650	12,249	7,122	1	2000000000	142433102,081	142433,102	142,433	205,532	14,336	3,289	AoFo
815	0,100	6,940	11,290	6,564	1	2000000000	131274000,000	131274,000	131,274	137,034	11,706	2,686	AoFo
827	0,101	3,100	25,424	14,781	1	2000000000	295627722,772	295627,723	295,628	2544,667	50,445	11,573	FoAo
830	0,101	4,240	21,082	12,257	1	2000000000	245142857,143	245142,857	245,143	1485,740	38,545	8,843	FoAo
832	0,100	1,830	30,052	17,472	1	2000000000	349444666,002	349444,666	349,445	3985,330	63,129	14,483	AoFo
737	0,101	5,830	15,937	9,266	1	2000000000	185317775,571	185317,776	185,318	597,528	24,444	5,608	AoFo
752	0,119	6,950	9,558	5,557	1	2000000000	111141772,152	111141,772	111,142	48,455	6,961	1,597	FoAo
815	0,100	6,940	11,290	6,564	1	2000000000	131274000,000	131274,000	131,274	137,034	11,706	2,686	AoFo
827	0,101	3,100	25,424	14,781	1	2000000000	295627722,772	295627,723	295,628	2544,667	50,445	11,573	AoFo
797	0,100	7,700	8,452	4,914	1	2000000000	98276892,430	98276,892	98,277	15,434	3,929	0,901	FoAo
			266,699					sumatoria	3101,146	14227,590	400,493	91,879	
								media	163,218	748,821	21,079	4,836	

MO: Materia orgánica (%); CO: Carbono orgánico (%); Da. Densidad aparente; Pss: Peso seco del suelo; Cs: Contenido de carbono en el suelo.

Anexo 15. Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo arbustivo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (40 – 60 cm).

Cód. Lab.	Peso gr	titulación	MO	CO	Da.	Pss	Cs			varianza	desviación estándar	error estándar	tipo textural
			%	%	gr/cm ³	gr	gr/C/ha	kg/C/ha	Ton/C/ha				
738	0,101	6,640	12,880	7,488	1	2000000000	149769230,769	149769,231	149,769	568,780	23,849	5,471	FoAo
744	0,101	8,330	6,771	3,937	1	2000000000	78735119,048	78735,119	78,735	50,498	7,106	1,630	AoFo
747	0,102	7,420	9,368	5,446	1	2000000000	108925781,250	108925,781	108,926	202,272	14,222	3,263	AoFo
753	0,153	8,280	4,204	2,444	1	2000000000	48884086,444	48884,086	48,884	0,005	0,070	0,016	FoAo
777	0,201	9,820	0,331	0,192	1	2000000000	3845617,530	3845,618	3,846	111,206	10,545	2,419	AoFo
786	0,128	7,960	5,894	3,427	1	2000000000	68532498,042	68532,498	68,532	22,103	4,701	1,079	FoAo
795	0,102	6,600	12,322	7,164	1	2000000000	143280943,026	143280,943	143,281	498,174	22,320	5,121	AoFo
798	0,101	8,690	4,809	2,796	1	2000000000	55919402,985	55919,403	55,919	2,988	1,728	0,397	FoAo
801	0,102	7,630	8,615	5,009	1	2000000000	100170443,350	100170,443	100,170	147,831	12,159	2,789	AoFo
804	0,101	7,440	9,361	5,442	1	2000000000	108844400,396	108844,400	108,844	201,726	14,203	3,258	AoFo
816	0,101	7,280	9,985	5,805	1	2000000000	116107462,687	116107,463	116,107	253,286	15,915	3,651	FoAo
828	0,101	4,900	18,611	10,820	1	2000000000	216409495,549	216409,496	216,409	1564,707	39,556	9,075	AoFo
777	0,201	9,820	0,331	0,192	1	2000000000	3845617,530	3845,618	3,846	111,206	10,545	2,419	FoAo
798	0,101	8,690	4,809	2,796	1	2000000000	55919402,985	55919,403	55,919	2,988	1,728	0,397	FoAo
738	0,101	6,640	12,880	7,488	1	2000000000	149769230,769	149769,231	149,769	568,780	23,849	5,471	AoFo
753	0,153	8,280	4,204	2,444	1	2000000000	48884086,444	48884,086	48,884	0,005	0,070	0,016	FoAo
816	0,101	7,280	9,985	5,805	1	2000000000	116107462,687	116107,463	116,107	253,286	15,915	3,651	FoAo
828	0,101	4,900	18,611	10,820	1	2000000000	216409495,549	216409,496	216,409	1564,707	39,556	9,075	FoAo
798	0,101	8,690	4,809	2,796	1	2000000000	55919402,985	55919,403	55,919	2,988	1,728	0,397	AoFo
			158,780					sumatoria	1846,279	6127,536	259,769	59,595	
								media	97,173	322,502	13,672	3,137	

MO: Materia orgánica (%); CO: Carbono orgánico (%); Da. Densidad aparente; Pss: Peso seco del suelo; Cs: Contenido de carbono en el suelo.

Anexo 16. Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo herbáceo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (0 – 20 cm).

Cód. Lab.	peso	titulación	MO	CO	Da.	Pss	Cs			varianza	desviación estándar	error estándar	Tipo textural
	gr		%	%			gr/cm ³	gr	gr/C/ha				
739	0,1007	0,63	34,989	20,342	0,9	1800000000	366162363,456	366162,363	366,162	1715,873	41,423	6,904	Ao
748	0,1003	5,50	16,626	9,666	0,9	1800000000	173995214,357	173995,214	173,995	79,940	8,941	1,490	Ao
754	0,1020	5,37	16,819	9,779	0,9	1800000000	176016176,471	176016,176	176,016	86,165	9,283	1,547	AoFo
757	0,1001	0,54	34,941	20,314	0,9	1800000000	365657142,857	365657,143	365,657	1708,806	41,338	6,890	AoFo
760	0,1003	6,59	12,543	7,293	0,9	1800000000	131266301,097	131266,301	131,266	2,953	1,718	0,286	AoFo
763	0,1002	4,90	18,778	10,918	0,9	1800000000	196517964,072	196517,964	196,518	162,511	12,748	2,125	AoFo ≈ FoAo
766	0,1002	6,84	11,635	6,765	0,9	1800000000	121764071,856	121764,072	121,764	0,013	0,112	0,019	FoAo
769	0,1014	2,81	26,161	15,210	0,9	1800000000	273773076,923	273773,077	273,773	665,973	25,806	4,301	Ao ≈ AoFo
772	0,1004	1,67	30,610	17,797	0,9	1800000000	320339940,239	320339,940	320,340	1134,187	33,678	5,613	AoFo
778	0,1028	2,41	27,240	15,837	0,9	1800000000	285067996,109	285067,996	285,068	768,157	27,716	4,619	AoFo
781	0,1058	7,12	10,043	5,839	0,9	1800000000	105100945,180	105100,945	105,101	7,313	2,704	0,451	AoFo
787	0,1000	6,60	12,544	7,293	0,9	1800000000	131274000,000	131274,000	131,274	2,957	1,720	0,287	AoFo
790	0,1003	4,13	21,592	12,553	0,9	1800000000	225962811,565	225962,812	225,963	314,177	17,725	2,954	FoAo
805	0,1007	4,03	21,873	12,717	0,9	1800000000	228899404,171	228899,404	228,899	332,020	18,221	3,037	AoFo ≈ FoAo
808	0,1004	5,64	16,022	9,315	0,9	1800000000	167668924,303	167668,924	167,669	61,962	7,872	1,312	Ao ≈ AoFo
811	0,1002	7,20	10,310	5,994	0,9	1800000000	107892215,569	107892,216	107,892	4,984	2,233	0,372	AoFo
817	0,1006	5,42	16,797	9,766	0,9	1800000000	175779125,249	175779,125	175,779	85,423	9,242	1,540	AoFo
820	0,1008	1,77	30,123	17,513	0,9	1800000000	315238392,857	315238,393	315,238	1076,849	32,815	5,469	AoFo
823	0,1002	0,01	36,784	21,386	0,9	1800000000	384944011,976	384944,012	384,944	1988,962	44,598	7,433	Ao ≈ AoFo
833	0,1041	5,34	16,515	9,602	0,9	1800000000	172836311,239	172836,311	172,836	76,476	8,745	1,458	AoFo ≈ FoAo

836	0,1006	0,91	33,337	19,382	0,9	1800000000	348871669,980	348871,670	348,872	1482,284	38,500	6,417	AoFo
839	0,1006	0,31	35,537	20,661	0,9	1800000000	371899502,982	371899,503	371,900	1797,154	42,393	7,065	AoFo
842	0,1008	1,31	31,806	18,492	0,9	1800000000	332858035,714	332858,036	332,858	1281,185	35,794	5,966	AoFo
844	0,1011	6,11	14,196	8,253	0,9	1800000000	148558753,709	148558,754	148,559	21,542	4,641	0,774	AoFo
847	0,1008	3,96	22,107	12,853	0,9	1800000000	231353571,429	231353,571	231,354	347,310	18,636	3,106	AoFo
850	0,1014	0,01	36,348	21,133	0,9	1800000000	380388461,538	380388,462	380,388	1920,872	43,828	7,305	AoFo
853	0,1006	1,38	31,613	18,380	0,9	1800000000	330833200,795	330833,201	330,833	1256,800	35,451	5,909	Ao
856	0,1009	0,09	36,236	21,067	0,9	1800000000	379212190,287	379212,190	379,212	1903,483	43,629	7,271	AoFo
859	0,1005	5,59	16,189	9,412	0,9	1800000000	169422985,075	169422,985	169,423	66,717	8,168	1,361	AoFo
862	0,1005	4,36	20,705	12,038	0,9	1800000000	216677014,925	216677,015	216,677	260,999	16,155	2,693	Ao ≈ AoFo
865	0,1001	5,62	16,143	9,386	0,9	1800000000	168942857,143	168942,857	168,943	65,398	8,087	1,348	AoFo
868	0,1001	1,82	30,149	17,529	0,9	1800000000	315514285,714	315514,286	315,514	1079,912	32,862	5,477	AoFo
871	0,1002	0,03	36,710	21,343	0,9	1800000000	384173353,293	384173,353	384,173	1977,360	44,468	7,411	Ao ≈ AoFo
874	0,1000	5,30	17,340	10,082	0,9	1800000000	181467000,000	181467,000	181,467	104,119	10,204	1,701	AoFo
877	0,1000	5,69	15,901	9,245	0,9	1800000000	166409100,000	166409,100	166,409	58,655	7,659	1,276	AoFo
51	0,1002	5,68	15,906	9,248	0,9	1800000000	166462275,449	166462,275	166,462	58,792	7,668	1,278	AoFo
								sumatoria	8719,201	23958,285	746,781	124,463	
								media	242,200	665,508	20,744	3,457	

MO: Materia orgánica (%); CO: Carbono orgánico (%); Da. Densidad aparente; Pss: Peso seco del suelo; Cs: Contenido de carbono en el suelo.

Anexo 17. Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo herbáceo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (20 – 40 cm).

Cód. Lab.	Peso gr	titulación	MO	CO	Da. gr/cm ³	Pss gr	Cs				desviación estándar	Error estándar	Tipo textural
			%	%			gr/C/ha	kg/C/ha	Ton/C/ha	varianza			
740	0,100	1,010	33,832	19,670	1	2000000000	393393000,000	393393,000	393,393	2561,102	50,607	8,435	AoFo
749	0,101	6,690	12,140	7,058	1	2000000000	141163043,478	141163,043	141,163	63,564	7,973	1,329	AoFo
755	0,100	6,200	14,051	8,169	1	2000000000	163387836,491	163387,836	163,388	137,578	11,729	1,955	AoFo
758	0,102	6,940	11,195	6,509	1	2000000000	130179310,345	130179,310	130,179	37,407	6,116	1,019	AoFo
761	0,197	9,460	1,012	0,589	1	2000000000	11771341,463	11771,341	11,771	193,168	13,899	2,316	AoFo
764	0,128	7,160	8,179	4,756	1	2000000000	95110070,258	95110,070	95,110	0,035	0,188	0,031	AoFo
767	0,109	8,000	6,745	3,921	1	2000000000	78427787,934	78427,788	78,428	6,925	2,632	0,439	FoAo
770	0,119	7,940	6,408	3,726	1	2000000000	74514333,895	74514,334	74,514	10,844	3,293	0,549	FoAo
773	0,100	5,060	18,189	10,575	1	2000000000	211502994,012	211502,994	211,503	394,511	19,862	3,310	FoAo
779	0,105	3,850	21,692	12,612	1	2000000000	252232313,576	252232,314	252,232	715,392	26,747	4,458	FoAo
782	0,111	7,780	7,385	4,294	1	2000000000	85877366,997	85877,367	85,877	1,883	1,372	0,229	FoAo
788	0,101	7,530	9,251	5,378	1	2000000000	107568880,079	107568,880	107,569	5,264	2,294	0,382	AoFo
791	0,101	5,040	18,136	10,544	1	2000000000	210886025,768	210886,026	210,886	390,379	19,758	3,293	Ao ≈ AoFo
806	0,101	6,180	13,968	8,121	1	2000000000	162416253,717	162416,254	162,416	133,752	11,565	1,928	AoFo
809	0,101	5,770	15,452	8,984	1	2000000000	179670297,030	179670,297	179,670	209,717	14,482	2,414	AoFo
812	0,100	7,280	10,015	5,823	1	2000000000	116455089,820	116455,090	116,455	14,412	3,796	0,633	AoFo
818	0,103	6,510	12,550	7,296	1	2000000000	145926900,585	145926,901	145,927	77,052	8,778	1,463	AoFo ≈ FoAo
821	0,101	4,190	21,139	12,290	1	2000000000	245807692,308	245807,692	245,808	658,480	25,661	4,277	Ao ≈ AoFo
824	0,101	6,500	12,772	7,426	1	2000000000	148516320,475	148516,320	148,516	84,928	9,216	1,536	AoFo
834	0,123	5,970	12,108	7,039	1	2000000000	140787459,283	140787,459	140,787	62,555	7,909	1,318	AoFo
837	0,121	4,310	17,349	10,087	1	2000000000	201736363,636	201736,364	201,736	331,657	18,211	3,035	Ao ≈ AoFo
840	0,102	0,310	35,084	20,397	1	2000000000	407949950,932	407949,951	407,950	2816,202	53,068	8,845	AoFo

843	0,100	0,010	36,820	21,407	1	2000000000	428142857,143	428142,857	428,143	3190,118	56,481	9,414	Ao ≈ AoFo
845	0,148	7,550	6,116	3,556	1	2000000000	71112990,528	71112,991	71,113	14,961	3,868	0,645	AoFo
848	0,138	5,880	10,991	6,390	1	2000000000	127800433,839	127800,434	127,800	32,650	5,714	0,952	AoFo ≈ FoAo
851	0,126	3,660	18,594	10,810	1	2000000000	216205087,440	216205,087	216,205	426,716	20,657	3,443	AoFo
854	0,100	3,850	22,645	13,165	1	2000000000	263308383,234	263308,383	263,308	819,048	28,619	4,770	AoFo
857	0,101	0,060	36,418	21,173	1	2000000000	423461767,627	423461,768	423,462	3101,363	55,690	9,282	Ao ≈ AoFo
860	0,120	7,690	7,096	4,126	1	2000000000	82513738,551	82513,739	82,514	3,767	1,941	0,323	AoFo ≈ FoAo
863	0,106	4,690	18,534	10,776	1	2000000000	215514664,144	215514,664	215,515	421,908	20,540	3,423	AoFo
866	0,101	3,670	23,146	13,457	1	2000000000	269134786,918	269134,787	269,135	876,388	29,604	4,934	Ao
869	0,100	4,850	18,981	11,036	1	2000000000	220714285,714	220714,286	220,714	458,786	21,419	3,570	AoFo
872	0,100	1,480	31,434	18,275	1	2000000000	365508000,000	365508,000	365,508	2106,250	45,894	7,649	AoFo
875	0,111	6,620	11,224	6,526	1	2000000000	130514851,485	130514,851	130,515	38,104	6,173	1,029	AoFo
878	0,110	6,820	10,627	6,179	1	2000000000	123570652,174	123570,652	123,571	24,990	4,999	0,833	AoFo
51	0,110	6,790	10,747	6,248	1	2000000000	124962794,918	124962,795	124,963	27,398	5,234	0,872	AoFo ≈ FoAo
					Da.			sumatoria	6767,745926	20449,255	625,990	104,332	
					gr/cm3			media	187,993	568,035	17,389	2,898	

MO: Materia orgánica (%); CO: Carbono orgánico (%); Da. Densidad aparente; Pss: Peso seco del suelo; Cs: Contenido de carbono en el suelo.

Anexo 18. Valores de MO (%) y CO (%) en los suelos del páramo herbáceo del PNY, obtenidos a través del método de Walkley-Black para la determinación del contenido de carbono fijado en el suelo a una profundidad (40 – 60 cm).

Cód. Lab	Peso gr	titulación	MO	CO	Da. gr/cm ³	Pss	Cs			varianza	desviación estándar	error estándar	tipo textural
			%	%		gr	gr/C/ha	kg/C/ha	Ton/C/ha				
741	0,127	3,440	19,580	11,384	1	2000000000	227674015,748	227674,016	227,674	867,407	29,452	4,909	Ao
750	0,125	8,060	5,785	3,363	1	2000000000	67267200,000	67267,200	67,267	5,467	2,338	0,390	Ao ≈ AoFo
756	0,156	8,680	3,175	1,846	1	2000000000	36921001,927	36921,002	36,921	7,792	2,791	0,465	AoFo
758	0,102	6,940	11,195	6,509	1	2000000000	130179310,345	130179,310	130,179	168,277	12,972	2,162	FoAo
762	0,192	9,450	1,060	0,616	1	2000000000	12321148,825	12321,149	12,321	48,296	6,950	1,158	AoFo
765	0,180	8,250	3,579	2,081	1	2000000000	41615853,659	41615,854	41,616	3,991	1,998	0,333	AoFo
768	0,111	8,260	5,799	3,372	1	2000000000	67430894,309	67430,894	67,431	5,597	2,366	0,394	AoFo ≈ FoAo
771	0,192	9,230	1,482	0,862	1	2000000000	17231611,894	17231,612	17,232	37,448	6,119	1,020	AoFo
774	0,140	6,680	8,737	5,079	1	2000000000	101589158,345	101589,158	101,589	66,252	8,140	1,357	AoFo
780	0,128	7,630	6,815	3,962	1	2000000000	79246297,740	79246,298	79,246	19,035	4,363	0,727	AoFo
783	0,153	8,960	2,516	1,463	1	2000000000	29256393,443	29256,393	29,256	16,703	4,087	0,681	FoAo
789	0,105	7,540	8,627	5,016	1	2000000000	100317490,494	100317,490	100,317	62,799	7,925	1,321	AoFo
792	0,100	5,700	15,864	9,224	1	2000000000	184470000,000	184470,000	184,470	490,576	22,149	3,691	Ao
807	0,101	8,030	7,168	4,167	1	2000000000	83346153,846	83346,154	83,346	25,562	5,056	0,843	AoFo
810	0,101	6,600	12,457	7,242	1	2000000000	144846077,458	144846,077	144,846	238,742	15,451	2,575	Ao
813	0,101	6,450	12,917	7,510	1	2000000000	150192307,692	150192,308	150,192	267,485	16,355	2,726	Ao
819	0,101	8,470	5,617	3,266	1	2000000000	65310447,761	65310,448	65,310	4,029	2,007	0,335	AoFo ≈ FoAo
822	0,114	7,560	7,917	4,603	1	2000000000	92063324,538	92063,325	92,063	42,633	6,529	1,088	AoFo
825	0,101	6,720	12,005	6,980	1	2000000000	139595238,095	139595,238	139,595	212,102	14,564	2,427	Ao
835	0,114	6,330	11,856	6,893	1	2000000000	137866024,518	137866,025	137,866	203,674	14,271	2,379	FoAo
838	0,143	9,240	1,968	1,144	1	2000000000	22880000,000	22880,000	22,880	26,675	5,165	0,861	FoAo
841	0,125	3,400	19,464	11,317	1	2000000000	226330935,252	226330,935	226,331	854,086	29,225	4,871	Ao

756	0,156	8,680	3,175	1,846	1	2000000000	36921001,927	36921,002	36,921	7,792	2,791	0,465	FoAo
846	0,150	8,960	2,563	1,490	1	2000000000	29803607,214	29803,607	29,804	15,956	3,994	0,666	FoAo ≈ FaAcAo
849	0,143	8,510	3,842	2,233	1	2000000000	44668763,103	44668,763	44,669	2,196	1,482	0,247	AoFo
852	0,124	5,920	12,139	7,058	1	2000000000	141154838,710	141154,839	141,155	219,851	14,827	2,471	Ao
855	0,101	5,080	18,044	10,490	1	2000000000	209809145,129	209809,145	209,809	698,654	26,432	4,405	Ao
858	0,100	0,010	36,784	21,386	1	2000000000	427715568,862	427715,569	427,716	4002,456	63,265	10,544	Ao
861	0,145	7,800	5,594	3,252	1	2000000000	65044796,692	65044,797	65,045	3,851	1,962	0,327	FoAo
864	0,128	5,940	11,675	6,788	1	2000000000	135755261,107	135755,261	135,755	193,618	13,915	2,319	AoFo
867	0,101	6,650	12,201	7,094	1	2000000000	141870681,145	141870,681	141,871	223,453	14,948	2,491	AoFo
870	0,124	7,540	7,302	4,245	1	2000000000	84902654,867	84902,655	84,903	28,292	5,319	0,887	FoAo
873	0,123	8,370	4,889	2,843	1	2000000000	56851219,512	56851,220	56,851	0,333	0,577	0,096	AoFo
876	0,121	7,160	8,645	5,026	1	2000000000	100524752,475	100524,752	100,525	63,356	7,960	1,327	AoFo ≈ FoAo
879	0,130	6,750	9,216	5,358	1	2000000000	107167563,413	107167,563	107,168	82,491	9,082	1,514	AoFo
51	0,130	6,750	9,216	5,358	1	2000000000	107167563,413	107167,563	107,168	82,491	9,082	1,514	FoAo
								sumatoria	3847,308	9299,416	395,911	65,985	
								media	106,870	258,317	10,998	1,833	

MO: Materia orgánica (%); CO: Carbono orgánico (%); Da. Densidad aparente; Pss: Peso seco del suelo; Cs: Contenido de carbono en el suelo.

Anexo 19. Tríptico de los resultados obtenidos en la caracterización y cuantificación de carbono en los páramos arbustivos y herbáceos del PNY.

Estrato herbáceo: se registró 76 especies con un total de 20 469 individuos distribuidos en 28 familias, cuyas especies más representativas fueron *Neurolepis nana*, *Stipa ichu*, *Rhynchospora vulcani*, *Vaccinium floribundum*, *Lycopodium clavatum*, entre otras. Mientras que las más frecuentes son: *Stipa ichu*, *Neurolepis nana*, *Rhynchospora vulcani*, *Puya glomerifera*, *Hypericum lancioides*, entre otras.

La **diversidad alfa**, en el páramo arbustivo mantiene una diversidad alta (0,777); mientras que, el páramo herbáceo, mantiene diversidad media (0,426).

La **diversidad beta**, entre los dos ecosistemas son medianamente similares con un valor de 61,871 %, las especies que se destacan: *Neurolepis nana*, *Stipa ichu*, *Rhynchospora vulcani*, *Vaccinium floribundum*, *Lycopodium clavatum*.

Para el páramo arbustivo hay 8 especies endémicas y en el páramo herbáceo 11 especies endémicas.

ESTRUCTURA DE LOS SUELOS DEL ECOSISTEMA PÁRAMO.

El páramo arbustivo tiene suelos arenosos-francos (AoFo) y franco-arenosos (FoAo) en las diferentes capas propuestas para el estudio; mientras que, en el páramo herbáceo se encontró en sus primeras capas suelos arenosos-francos (AoFo), franco-arenosos (FoAo), y arenosos (Ao); y, en la tercera capa clases texturales arenosos-francos (AoFo), franco-arenosos (FoAo), franco-arcillo-arenosos (FoAcAo) y arenosos (Fo).

CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO EXISTENTE EN CUATRO COMPARTIMENTOS (PÁRAMO ARBUSTIVO Y HERBÁCEO, NECROMASA Y SUELO) DEL ECOSISTEMA PÁRAMO DEL PNY.

Ecosistema	P. Arbustivo	P. herbáceo
Superficie	202,898 ha	22 180,969 ha
Compartimento	Ton/C/ha	Ton/C/ha
Biomasa	153,861	115,304
Necromasa	5,187	0,874
Suelo (cm)		
0 - 20	211,200	242,200
20 - 40	163,218	187,993
40 - 60	97,173	106,870
TOTAL	630,639	653,241

INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA FIJACIÓN DE CARBONO EN LOS SUELOS DEL ECOSISTEMA PÁRAMO DEL PNY.

No se registraron diferencias significativas ($p=0,309$) entre el carbono almacenado en el suelo y los ecosistemas evaluados, páramo herbáceo ($537,06 \pm 37,46$ t/C/ha), y páramo arbustivo ($471,59 \pm 51,57$ t/C/ha).

El análisis de correlación de Pearson en el páramo arbustivo presenta una pequeña correlación (-0,33) no significativa ($p=0,17$) entre el carbono almacenado en el suelo con la cantidad de biomasa aérea. Lo mismo sucede con el páramo herbáceo que presenta una correlación (-0,19) no significativa ($p=0,27$).

5. CONCLUSIONES

La cobertura vegetal que presenta el Parque Nacional Yacuri está formada por bosque húmedo denso, páramo arbustivo, páramo herbáceo y sistema lacustre, ubicados en suelos jóvenes de tipo entisol que son suelos pobres en materia orgánica, e inceptisoles que son suelos con alto contenido de materia orgánica; con horizontes poco profundos pero bien marcados. Además presenta un área ocupada por roca.

El ecosistema páramo tiene una diversidad florística alta, representada con 62 especies de plantas vasculares, en un área de 76 m^2 para el páramo arbustivo; y, el páramo herbáceo está representando con 76 especies de plantas vasculares en un área de 144 m^2 , lo que demuestra la alta diversidad de este ecosistema.

La cantidad de carbono almacenado en los páramos del Parque Nacional Yacuri, es de $630,638$ t/C/ha para el páramo arbustivo y $653,238$ t/C/ha para el páramo herbáceo.

La relación existente entre la biomasa y el contenido de carbono en los suelos, presentan una mínima relación, por lo que no se logró plantear un modelo matemático para sobreestimar o subestimar el contenido de carbono en el suelo con respecto de su biomasa.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
ÁREA AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES
RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



TEMA DE TESIS:

Cuantificación del carbono existente en el ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe.

AUTORES Leonardo Ayala
María Gabriela Villa

DIRECTOR: Ing. Zhofre Aguirre M. M. Sc.
LOJA – ECUADOR
2013



1. INTRODUCCIÓN

Los procesos de captura y emisión de carbono son parte de un sistema de cuatro reservorios de carbono (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).

Para la mitigación del aumento de concentración de Dióxido de Carbono - CO₂ (reducción de emisión y fijación), el páramo funciona como reservorio de carbono, que al conservarlo se evita la emisión de este elemento a la atmósfera (Hofstede, 1999).

En el año 2010 se crea el Parque Nacional Yacuri - PNY, como área para la conservación, investigación y generación de información, de los bienes y servicios ecosistémicos que contempla esta área, situada en la Región Sur del Ecuador - RSE y norte del Perú. Por lo cual se planteo la siguiente pregunta ¿Cuál será el contenido de carbono almacenado en los diferentes compartimentos de los páramos del Parque Nacional Yacuri?

2. OBJETIVOS

Caracterizar la cobertura vegetal y estructura del ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri, ubicado en las provincias de Loja y Zamora Chinchipe.

Cuantificar el stock de Carbono fijado en la cobertura vegetal (páramo arbustivo y herbáceo), necromasa y suelos del ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri.

Establecer la influencia de la cobertura vegetal en la fijación de carbono en los suelos del ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri.

Socializar los resultados obtenidos a los actores sociales interesados.

3. METODOLOGÍA

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Yacuri tiene 43 090,6 ha, ubicado en Loja: Cantón Espíndola: parroquias Amaluzza, Santa Teresita y Jimbura; en Zamora Chinchipe: Cantón Palanda, parroquias Palanda y Valladolid; y, en el Cantón Chinchipe, parroquia San Andrés. Se ubica entre los 2 120 m a 3 880 msnm; temperatura que oscila de 8 a 16°C; y, precipitaciones de 750 mm a 3 500 mm.

CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA DEL ECOSISTEMA PÁRAMO.

Se elaboró un mapa de cobertura vegetal del PNY, con énfasis en el ecosistema páramo con ayuda de información secundaria, diálogo directo y vistas de campo.

Para el establecimiento del número de parcelas a instalar se usó el programa estadístico BioDiversity Pro que relaciona las especies/área, obteniendo un promedio de 55 parcelas temporales distribuidas al azar. Para luego con los datos obtenidos, determinar los parámetros ecológicos (diversidad relativa por familia, densidad y densidad por especie, frecuencia y diversidad alfa y beta), además endemismo; con su respectivo análisis de varianza, covarianza y error estándar.

CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL ECOSISTEMA PÁRAMO.

Se realizaron 55 calicatas de 0,50 m³ - (1x1x0,50 m), subdivididas en diferentes horizontes (0-20; 20-40; 40-60 cm), obteniendo muestras de 500gr de suelo de cada capa y para la determinación del contenido de carbono orgánico fijado en los suelos de cada ecosistema, en el Laboratorio del AARNR de la UNL.



CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO EXISTENTE EN CUATRO COMPARTIMENTOS (PÁRAMO ARBUSTIVO Y HERBÁCEO, NECROMASA Y SUELO) DEL ECOSISTEMA PÁRAMO DEL PNY.

En las parcelas de muestreo de (2 x 2 m) y (1 x 1 m) se aplicó el método destructivo, para ser pesadas en el sitio en verde y luego someterla a alta temperatura para obtener su peso en seco y relacionar estos dos pesos cuyo resultado se multiplicó por 0,5 para obtener la cantidad de carbono en el estrato arbustivo y herbáceo y necromasa; mientras que, para el suelo se obtuvo la cantidad de carbono aplicando el método de Walkley-Black. Finalmente para obtener el total de carbono almacenado en cada tipo de ecosistema se sumó la cantidad de carbono obtenido de cada compartimento.

INFLUENCIA DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA FIJACIÓN DE CARBONO EN LOS SUELOS DEL ECOSISTEMA PÁRAMO DEL PNY.

Se utilizó el análisis de regresión lineal, coeficiente de correlación de Pearson y Feasher; y, el coeficiente de Determinación R², los que permitieron establecer el grado de correlación entre estos dos compartimentos, mediante la aplicación del programa InfoStat.

4. RESULTADOS

El PNY presenta páramos de tipo herbáceo y arbustivo, bosque siempreverde montano alto, bosque chaparrosector lacustre, roca o picachos y el sistema lacustre.

CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA DEL ECOSISTEMA PÁRAMO.

Estrato arbustivo: se registró 62 especies con un total de 3 058 individuos distribuidos en 26 familia, cuyas especies más representativas fueron *Stipa ichu*, *Vaccinium floribundum*, *Brachyotum campii*, *Rhynchospora vulcani* y *Ageratina dendroides*, entre otras. Mientras que las más frecuentes son: *Rhynchospora vulcani*, *Stipa ichu*, *Vaccinium floribundum*, *Hypericum lancioides*, *Lycopodium clavatum*, entre otras.

Anexo 20. Socialización de los resultados docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Forestal, personal del Ministerio del Ambiente Regional Zona 7.

