



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS
NATURALES RENOVABLES

CARERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Estimación del carbono acumulado en el estrato arbustivo,
herbáceo y necromasa en una parcela permanente del bosque
andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja,
Ecuador**

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

AUTOR: Darwin Jasmany Pinza Ochoa

DIRECTOR: Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.

Loja – Ecuador

2018

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

Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.

CERTIFICA

En calidad de Director de la tesis titulada: **Estimación del carbono acumulado en el estrato arbustivo, herbáceo y necromasa en una parcela permanente del bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador**, de autoría del Sr. egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Darwin Jasmany Pinza Ochoa, portador de la cedula 2200136089 ha sido dirigida, revisada y aprobada en su integridad; por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, 08 de noviembre del 2018

Atentamente,



Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS

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

CERTIFICACIÓN:

En calidad de presidenta del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada "ESTIMACIÓN DE CARBONO ACUMULADO EN EL ESTRATO ARBUSTIVO, HERBÁCEO Y NECROMASA EN UNA PARCELA PERMANENTE DEL BOSQUE ANDINO DEL PARQUE UNIVERSITARIO "FRANCISCO VIVAR CASTRO" LOJA ECUADOR". de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Darwin Jasmany Pinza Ochoa portador de la cédula N° 2200136089, se informa que la misma ha sido revisada e incorporadas todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación. Por lo tanto, autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para la sustentación pública.

Loja, 08 de noviembre de 2018

Atentamente,



.....
Ing. Nohemi del Carmen Jumbo Benítez, Mg. Sc.

PRESIDENTA



.....
PhD. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez

VOCAL



.....
Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos, Mg. Sc

VOCAL

AUTORÍA

Yo, Darwin Jasmany Pinza Ochoa, declaro ser el autor 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.

Autor: Darwin Jasmany Pinza Ochoa

Firma: 

Cédula: 2200136089

Fecha: Loja, 08 de noviembre 2018.

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

Yo, Darwin Jasmany Pinza Ochoa, declaro ser autor de la tesis: “**Estimación del carbono acumulado en el estrato arbustivo, herbáceo y necromasa en una parcela permanente del bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja, Ecuador**”, como requisito para optar al grado de: Ingeniero Forestal, autorizo 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 puedan consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Digital Institucional 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 8 días del mes de noviembre de 2018, firma el autor.

Firma:

Autor: Darwin Jasmany Pinza Ochoa

Número de cédula: 2200136089

Dirección: Orellana-la Joya de los Sachas-San Sebastián del Coca

Correo electrónico: darwinpx100@gmail.com

Celular: 0990518802

Director de tesis: Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph. D.

Tribunal de grado: Ing. Nohemi del Carmen Jumbo Benítez, Mg. Sc.

Ph. D. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez

Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTOS

En principio me gustaría agradecer a Dios y a la Virgen del Cisne por bendecirme y guiarme en el camino de cumplir ésta meta.

A la Universidad Nacional de Loja, a la Carrera de Ingeniería Forestal y a sus docentes por guiar y contribuir con sus conocimientos en nuestra formación profesional.

Al Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph. D, director de tesis, por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, experiencia, paciencia y motivación, ha logrado que pueda concluir con éxito esta investigación.

Al Herbario Reinaldo Espinosa de la Universidad Nacional de Loja por su apoyo científico, a los ingenieros Bolívar Merino y Wilson Quispe, quienes fueron de gran ayuda en la identificación de las especies encontradas en este trabajo.

A la Ing. Lucía Quichimbo, por su apoyo durante el desarrollo de la fase de laboratorio.

A la Ing. Nohemi del Carmen Jumbo Benítez, Mg. Sc. presidenta del tribunal calificador, a la Ph. D. Narcisa de Jesús Urgiles Gómez e Ing. Darío Alfredo Veintimilla Ramos, Mg. Sc., miembros del tribunal de calificación de tesis, por las importantes sugerencias en el presente trabajo de investigación.

Finalmente, expreso un infinito y profundo agradecimiento a mi familia y amigos por el apoyo moral y anímico que me dieron desde que empecé a estudiar y convertirse en un pilar fundamental y por haberme brindado su amistad, cariño y consejos.

A mis compañeros de aula con quienes pude compartir alegrías, penas, a veces desilusiones en estos cinco largos, pero lindos años de mi vida. Gracias por su compañía.

“Mil gracias a todos”

DEDICATORIA

A DIOS por darme la vida y salud. A la VIRGENCITA DEL CISNE quien nunca me ha fallado para día a día cumplir las metas que me he planteado, por darme la oportunidad de vivir y guiarme por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. En la tierra a mis padres Tearquino Pinza y Mariana Ochoa quienes son mi fuente de inspiración que me impulsa a seguir adelante, por su formación ejemplar enmarcando valores de humildad, honradez, confianza y de quienes siempre he tenido su apoyo incondicional. A mis hermanos Paola, Luis, Liz, Darío y cuñado (a) Javier y Maritza que siempre me ayudan en las circunstancias cuando los más los necesito. A todos mis familiares y amigos que consciente o inconscientemente siempre me motivaron para que cumpla con mis metas.

*Con cariño y respeto
Darwin Pinza Ochoa*

ÍNDICE GENERAL

Contenidos	Páginas
CERTIFICACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
AUTORÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
CARTA DE AUTORIZACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
AGRADECIMIENTOS	vi
DEDICATORIA.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACTS.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. ECOSISTEMA BOSQUE MONTANO.....	4
2.2. DISTRIBUCIÓN DEL BOSQUE DE NEBLINA MONTANO.....	4
2.3. TIPOS DE ECOSISTEMAS ENCONTRADOS EN EL PUEAR	4
2.3.1. Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes	5
2.3.2. Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes....	5
2.4. FORMACIONES VEGETALES IDENTIFICADAS EN EL PUEAR.....	6
2.4.1. Bosque Natural.	6
2.4.2. Matorral Alto	6
2.4.3. Matorral Bajo.....	6
2.4.4. Páramo Antrópico.....	6
2.4.5. Pastizales	7
2.4.6. Plantaciones forestales.....	7

2.5.	COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	7
2.5.1.	Concepto de composición florística	7
2.5.2.	Concepto de vegetación.....	7
2.5.3.	Factores que influyen en la vegetación	8
2.6.	EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS BOSCOSOS	8
2.6.1.	Parámetros estructurales.....	8
a)	Densidad absoluta (D).....	9
b)	Densidad relativa (Dr).....	9
c)	Dominancia relativa (DmR)	9
d)	Frecuencia.....	9
e)	Índice de valor de importancia (IVI)	9
2.7.	EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN	10
2.7.1.	Estructura de los Bosques.....	10
2.7.2.	Estructura diamétrica.....	10
2.7.3.	Perfil estructural	11
2.7.4.	Estructura vertical.....	11
2.7.5.	Estructura horizontal	11
2.8.	ENDEMISMO	11
2.8.1.	Tipos de endemismo.....	12
2.8.2.	Criterios para nombrar una especie como endémica	12
2.8.3.	Categorías de conservación de especies endémicas	12
2.9.	MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN.....	13
2.9.1.	Método de parcelas de muestreo permanentes (PMP).	13
2.9.2.	Método por bloques.....	14
2.9.3.	Método por transecto.....	14
2.9.4.	Transecto en faja.....	14

2.9.5. Transecto lineal o línea de intercepción	14
2.9.6. Método del cuadrado	14
2.9.7. Índice de diversidad.....	15
2.10. ESTUDIOS SIMILARES DE COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE ESPECIES REALIZADOS EN LOS BOSQUES ANDINOS EN ECUADOR.....	16
2.11. SERVICIOS AMBIENTALES QUE PRESTAN LOS ECOSISTEMAS	18
2.11.1. Los bosques y su importancia en el almacenamiento y captura de carbono	18
2.12. BIOMASA FORESTAL	19
2.12.1. Métodos para estimar biomasa forestal	19
2.12.2. Tradicional o indirecto	19
2.12.3. Destructivo o directo	20
2.12.4. Por sensores remotos	20
2.13. DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂) Y CAMBIO CLIMÁTICO	20
2.13.1. Cálculo del Stock y flujos de carbono	21
2.13.2. Sumideros de Carbono	21
2.13.3. Biomasa	22
2.13.4. Biomasa aérea total.....	22
2.13.5. Biomasa fustal	22
2.13.6. Biomasa foliar	22
2.13.7. Importancia.....	22
2.13.8. El carbono en hierbas y arbustos	22
2.13.9. El carbono en hojarasca.....	23
2.14. ESTUDIOS SIMILARES SOBRE CAPTURA DE CARBONO EN EL SUR DEL ECUADOR.	23
3. METODOLOGÍA.....	26
3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	26
3.2. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	27

3.3.	DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE LOS ESTRATOS ARBUSTIVO Y HERBÁCEO EN UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO EN EL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”.	27
3.3.1.	Selección del área de estudio.....	27
3.3.2.	Características de la parcela permanente estudiada.....	27
3.3.3.	Colección de información de campo de arbustos y hierbas	29
3.3.4.	Cálculo de parámetros estructurales.....	29
3.3.5.	Índice de diversidad de Shannon.....	30
3.3.6.	Endemismo del componente arbustivo y herbáceo del bosque andino del PUEAR	31
3.4.	DETERMINACIÓN DEL CARBONO ACUMULADO DE LOS ESTRATOS ARBUSTIVO Y HERBÁCEO Y NECROMASA EN UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO DEL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”	31
3.4.1.	Compartimento sotobosque.....	31
3.4.2.	Compartimento Herbáceo.....	33
3.4.3.	Compartimento Necromasa.....	33
3.4.4.	Obtención de biomasa total	33
4.	RESULTADOS	34
4.1.	DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE LOS ESTRATOS ARBUSTIVO Y HERBÁCEO EN UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO DEL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”.	34
4.1.1.	Diversidad florística de los estratos arbustivo y herbáceo del bosque andino del PUEAR.....	34
4.1.2.	Parámetros estructurales del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR	36
4.1.3.	Parámetros estructurales del componente herbáceo del bosque andino del PUEAR	37
4.1.4.	Índice de diversidad de Shannon del componente arbustivo.....	38

4.1.5. Índice de Equititividad de Pielou del componente arbustivo	40
4.1.6. Índice de diversidad de Shannon de hierbas.....	41
4.1.7. Índice de Equititividad de Pielou del componente herbáceo.....	42
4.3. CARBONO ACUMULADO EN LOS ESTRATOS ARBUSTIVO, HERBÁCEO Y NECROMASA EN UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO DEL PARQUE UNIVERSITARIO “FRANCISCO VIVAR CASTRO”.	43
4.2. CANTIDAD TOTAL DE CARBONO FIJADO EN TRES COMPARTIMENTOS DEL BOSQUE ANDINO DEL PUEAR.	44
4.3. DIFUSIÓN DE RESULTADOS	44
5. DISCUSIÓN.....	46
6. CONCLUSIONES.....	49
7. RECOMENDACIONES	50
8. BIBLIOGRAFIA.....	51
9. ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Páginas
Figura 1. Categorías de conservación de especies endémicas según la UICN.....	13
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio en el contexto nacional y provincial	26
Figura 3. Diseño de distribución de subparcelas en la parcela permanente y coordenadas	28
Figura 4. Ubicación del área de estudio con GPS, inventario del componente arbustivo y herbáceo.	28
Figura 5. Diseño de distribución de subparcelas anidadas en las subparcelas de 20 x 20 m, para coleccionar información de la biomasa aérea (4 m ²), necromasa (1 m ²) y hierbas (1 x 1)	32
Figura 6. Difusión de los resultados obtenidos en los componentes arbustivo, herbáceo, además sobre la captura de carbón en los compartimentos arbustivo, herbáceo y necromasa del bosque andino del PUEAR.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Páginas
Tabla 1. Hoja de campo para registrar el número de arbustos y hierbas.	29
Tabla. 2 Escala de significancia para calificar la diversidad del bosque	30
Tabla 3. Escala de significancia para calificar la equitatividad de diversidad del bosque.	31
Tabla 4. Especies vegetales registradas en el estrato arbustivo y herbáceo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.	34
Tabla 5. Parámetros estructurales de las 10 especies principales del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.	36
Tabla 6. Parámetros estructurales de las 10 especies con mayores valores del componente herbáceo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.	37
Tabla 7. Cálculo del Índice de Shannon de las especies del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.	39
Tabla 8. Cálculo del Índice de Shannon de las especies del componente herbáceo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.	41
Tabla 9. Especies endémicas y categorizadas de acuerdo a la UICN, del componente arbustivo registradas en el bosque andino del PUEAR y, Loja, Ecuador, marzo de 2018.	42
Tabla 10. Contenido de biomasa y carbono (t/C/ha) fijado en la biomasa del compartimento arbustivo, herbáceo y necromasa del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.	43
Tabla 11. Valores de carbono fijado t/C/ha, correspondiente a los compartimentos de biomasa, arbustiva, herbáceo y necromasa del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido	Páginas
Anexo 1. Parámetros estructurales del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR	61
Anexo 2. Parámetros estructurales del componente herbáceo del bosque andino del PUEAR	62
Anexo 3 Valores de biomasa y carbono (t/C/ha) fijado en el compartimento arbustivo en el bosque andino del PUEAR.....	63
Anexo 4. Valores de biomasa y carbono (t/C/ha) fijado en el compartimento herbáceo en el bosque andino del PUEAR.....	64
Anexo 5. Valores de biomasa y carbono (t/C/ha) fijado en la necromasa del bosque andino del PUEAR.....	65
Anexo 6 Tríptico informativo de resultados obtenidos en el componente arbustivo, herbáceo y cantidad de carbono de los compartimentos arbustivo, herbáceo y necromasa del bosque montano del PUEAR.....	66

**Estimación del carbono acumulado en el estrato arbustivo,
herbáceo y necromasa en una parcela permanente del bosque
andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, Loja,
Ecuador**

RESUMEN

En la región andina existe remanentes de bosques, los cuales abarcan una interesante diversidad de especies florísticas del país, se reportan 9 865 especies (64 % del total). Los bosques almacenan carbono en los fustes de los árboles y en la materia orgánica del suelo, ayudando de esta forma con el ciclo de dióxido de carbono. Los bosques andinos son importantes en el mantenimiento del clima a escala regional y continental y, ofertan una gama de servicios ecosistémico como: provisión de agua en cantidad y calidad, control de la erosión y regulación de clima. De igual manera, cumplen una función transcendental en el almacenamiento y balance del carbono atmosférico ya que pueden llegar a acumular entre 20 y 40 toneladas de carbono por hectárea, lo que los convierte en sumideros muy importantes.

El propósito de la investigación fue determinar: la composición florística, parámetros estructurales, endemismo del PUEAR; y, cuantificar el carbono fijado en la biomasa arbustiva, herbácea y necromasa del bosque andino.

Se instaló una parcela permanente de una hectárea $10\,000\text{ m}^2$ ($50 \times 50\text{ m}$), subdividida en 25 subparcelas de 400 m^2 ($20 \times 20\text{ m}$). Dentro de estas parcelas se instalaron 25 subparcelas de 25 m^2 ($5 \times 5\text{ m}$) para arbustos y 25 de 1 m^2 ($1 \times 1\text{ m}$) para hierbas. Se calcularon parámetros estructurales de abundancia, densidad, frecuencia e Índice de Valor de Importancia simplificado (IVI), además del Índice de diversidad de Shannon e Índice de Equitatividad de Pileou. Se determinó el endemismo mediante análisis comparativo de las especies registradas en el área de estudio con el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador.

Para el cálculo de carbono, se instalaron subparcelas de 4 m^2 ($2 \times 2\text{ m}$) para arbustos, 1 m^2 ($1 \times 1\text{ m}$) para hierbas y necromasa anidadas dentro de nueve parcelas de muestreo de 400 m^2 ($20 \times 20\text{ m}$), en las cuáles se recolecto toda la vegetación de sotobosque (arbustos): tronco, ramas, ramillas y hojas; vegetación herbácea y necromasa (hojarasca, mantillo y detritos de madera), se pesó independientemente cada componente obteniendo el peso húmedo total de cada uno, luego se colecto una muestra de 1 kg de cada componente y se depositaron en bolsas plásticas identificadas, se llevó al laboratorio para ser secado durante 120 horas hasta alcanzar un contenido de humedad constante. Posteriormente con el peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), se determinó la relación peso seco/peso húmedo.

La diversidad florística del bosque andino del PUEAR del componente arbustivo mostró una diversidad media, con 30 especies incluidas en 24 géneros y 16 familias de plantas vasculares

registradas. El componente herbáceo mostró una diversidad baja, con 22 especies dentro 17 géneros y 10 familias registradas.

Las especies con índice valor de importancia simplificado IVI más alto del componente arbustivo son: *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Phenax hirtus*, *Rubus robustus*; y, para el componente herbáceo son: *Peperomia obtusifolia*, *Panicum stigmatosum* y *Blechnum occidentale*.

Se registraron 4 especies endémicas para el componente arbustivo, *Aetheolaena heterophylla*, *Centropogon erythraeus*, *Ageratina dendroides* y *Senecio iscoensis*, el componente herbáceo no presentó especies endémicas, todas las especies están dentro de las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

De los resultados obtenidos se puede concluir que el bosque andino del PUEAR se encuentra en un buen estado de conservación representado por su diversidad de elementos arbustivos principalmente y por la presencia de especies endémicas del Ecuador.

Hay una diferencia mínima en el contenido de carbono entre los componentes arbustivo y herbáceo. Sin embargo, existe una gran diferencia en el contenido de carbono de la necromasa en comparación con los componentes arbustivo y herbáceo.

Palabras claves: Bosque andino, diversidad florística, parámetros estructurales, endemismo, carbono almacenado, necromasa.

ABSTRACTS

In the Andean region, there are remnants of forests which include an interesting diversity of floristic species of the country (9 865 species corresponding to 64% of the total). These forests store carbon in the trunks of trees and in the soil organic matter, helping in this way with the carbon dioxide cycle. The Andean forests are important in the maintenance of climate at regional and continental scale and offer a range of ecosystem services such as provision of water in quantity and quality, erosion control and climate regulation. Likewise, they play a transcendental role in the storage and balance of atmospheric carbon since they can accumulate between 20 and 40 tons of carbon per hectare, which makes them very important sinks.

The purpose of this research was to determine: the floristic composition, structural parameters, endemism of the PUEAR; and, to quantify the carbon fixed in the biomass of shrubs, herbs and necromass of the Andean forest.

A permanent plot of one hectare of 10,000 m² (50 x 50 m) was installed, subdivided into 25 subplots of 400 m² (20 x 20 m). Within this plot, 25 subplots of 25 m² (5 x 5 m) for shrubs and 25 of 1 m² (1 x 1 m) for herbs were installed. Structural parameters of Density, Abundance, Frequency, simplified Importance Value Index (IVIs), Shannon's diversity index and Pileou's equitativity index were calculated. Endemic species were determined by comparative analysis of the species registered in the study area with the Red Book of Endemic Plants of Ecuador.

For the calculation of carbon, subplots of 4 m² (2 x 2 m) for shrubs, 1 m² (1 x 1 m) for herbs and necromass were installed nested in nine 400 m² (20 x 20m) sampling plots, in which all the understory vegetation (shrubs) was collected: trunk, branches, twigs and leaves; herbaceous vegetation and necromass (litter, mulch and wood debris), each component was weighed independently obtaining the total wet weight of each, then a sample of 1 kg of each component was collected and deposited in identified plastic bags. Samples were carried to the laboratory to be dried for 120 hours until reaching constant moisture content. Subsequently, with the wet weight (in the field) and dry weight (in the laboratory), the dry / wet weight ratio was determined.

Floristic diversity of the Andean forest of PUEAR showed a medium diversity for the shrub component, with 30 species included in 24 genera and 16 families of vascular plants registered. Herbs showed a low diversity with 22 herbaceous species, within 17 genera and 10 families registered.

The species with the highest IVI simplified importance value index of the shrub component are: *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Phenax hirtus*, *Rubus robustus*; and, for the competent herbaceous are: *Peperomia obtusifolia*, *Panicum stigmatosum* and *Blechnum occidentale*.

There were 4 endemic species for the shrub component, *Aetheolaena heterophylla*, *Centropogon erythraeus*, *Ageratina dendroides* and *Senecio iscoensis*, the herbaceous component did not present endemic species, all species are within the categories of the International Union for Conservation of Nature (IUCN).

From the results obtained it can be concluded that the Andean forest of the PUEAR is in a good state of conservation represented mainly by its diversity of shrub elements and by the presence of endemic species of Ecuador. There is a minimal difference in carbon content between shrub and herbs components. However, there is a big difference in the carbon content of the necromass compared to the shrub and herbs components.

Keywords: Andean forest species diversity, structural parameters, endemismo stored carbon necromass.

1. INTRODUCCIÓN

La superficie forestal mundial incluyendo los bosques plantados es cerca de 4 000 millones de hectáreas, que cubren el 31 % de la superficie global (FAO, 2015). América Latina y el Caribe albergan el 22 % de los bosques del mundo, con un área de 860 millones de hectáreas aproximadamente. De éstas, 831,5 millones de hectáreas se encuentran en América del Sur (97 %) en países como: Colombia, Brasil, Venezuela, Perú, Chile, Bolivia, Uruguay, Paraguay, Argentina y Ecuador (FAO, 2009).

El Ecuador dispone de una cobertura natural de 14,12 millones de hectáreas, es decir, 57 % de la superficie total del país, el área estimada de bosque nativo es de 11,5 millones de hectáreas (cerca del 42 % del territorio), de las cuales el 80 % se encuentra en la Amazonía, un 13 % en la Costa y el restante 7 % en la Sierra. El 29 % del área total de bosques naturales del país está declarado como zona de protección (bosques protectores o áreas naturales protegidas), correspondiendo un 50 % a bosques secos tropicales, 46 % a bosques de las estribaciones de cordilleras y 4 % a manglares (Ministerio del Ambiente, 2015).

El Ecuador es considerado un país megadiverso del planeta (Myers *et al.*, 2000). En este contexto, actualmente la cifra total de plantas vasculares en Ecuador es de 18 198 (Ministerio del Ambiente, 2013; Neill y Ulloa, 2011), de las cuales aproximadamente 5 500 son endémicas para Ecuador, que corresponde cerca del 25 % del total de especies del país (León – Yáñez *et al.*, 2011).

En la región andina existe remanentes de bosques andinos, los cuales abarcan la mayor diversidad de especies florísticas del país (Aguirre *et al.*, 2006), lo que significa que existen 9 865 especies (64 % del total), dado por la diversidad de climas, rangos altitudinales, presencia de las cordilleras oriental y occidental (Baquero *et al.*, 2004). La superficie cubierta por los bosques andinos ha sido estimada en 2 983,673 ha, con una tasa de deforestación de 13 000 ha anuales (MAE y FAO, 2015).

Los bosques andinos son importantes en el mantenimiento del clima a escala regional y continental (Cuesta *et al.*, 2009) y ofertan una gama de servicios ecosistémico como: provisión de agua en cantidad y calidad, control de la erosión y regulación de clima entre otros (Cuesta *et al.*, 2009; Leigh, 1999; Harold y Lyon, 2005). De igual manera, cumplen una función transcendental en el almacenamiento y balance del carbono atmosférico ya que pueden llegar a acumular entre 20 y 40 toneladas de carbono por hectárea, que lo convierte en sumideros muy importantes (Cuesta *et al.*, 2009). De acuerdo a Young (2006), los bosques almacenan carbono

en los fustes de los árboles y en la materia orgánica del suelo, ayudando de esta forma con el ciclo de dióxido de carbono (CO₂).

Los bosques constituyen los principales productores de materia orgánica, durante los procesos de fotosíntesis, absorben el (CO₂) existente en la atmósfera, lo combinan con minerales, clorofila y agua, y utilizando la energía solar por medio de procesos químicos se transforman en azúcares y carbohidratos y, como consecuencia de este proceso se produce una liberación de oxígeno (O²) (Muñoz, 2017).

Así, los bosques capturan, almacenan y liberan carbono como resultado de los procesos fotosintéticos, de respiración y de degradación de materia seca; son considerados como los ecosistemas terrestres responsables de la mayor parte de los flujos de carbono entre la tierra y la atmósfera (Tipper, 1998). El almacenamiento neto de carbono orgánico en los bosques depende del manejo dado a la cobertura vegetal, edad, distribución de tamaños, estructura y composición de ésta. Además, estos ecosistemas permiten reducir la concentración de carbono en la atmósfera, misma que se incrementa debido a las emisiones producto de la actividad humana (Torres y Guevara, 2002).

Según, Cadena y Ángeles (2005), la tasa de fijación de carbono por medio de procesos de fotosíntesis es más alta en rodales jóvenes que en rodales maduros, pero el almacenamiento total de carbono en el sistema es mayor en los bosques maduros, considerando que en los ecosistemas terrestres el carbono queda retenido en la biomasa aérea, mantillo, madera muerta, biomasa subterránea y en el suelo a través del tiempo (IPCC, 2000).

De esta manera, los bosques se destacan por su gran capacidad de fijar carbono en sus estructuras leñosas (Ordóñez *et al.*, 2001), así, el fuste de un árbol almacena aproximadamente el 84 % de biomasa, de la cual el 46 % es carbono (Avendaño *et al.*, 2009).

Desde esta perspectiva, los bosques, según la FAO (2012), desempeñan cuatro funciones principales en relación al cambio climático: a) contribuyen con un 11 % de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) globales (IPCC, 2014) cuando son talados, sobre explotados o degradados; b) reaccionan sensiblemente a los cambios del clima; c) constituyen fuentes de dendrocombustible como una alternativa a los combustibles fósiles, especialmente en comunidades remotas; y d) tienen la capacidad natural de absorber o remover importantes cantidades de las emisiones mundiales de GEI por intermedio de su biomasa, suelos y productos (FAO, 2012).

En este contexto, para documentar la dinámica del carbono en los bosques montanos, se realizó esta investigación en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, con la finalidad de generar información en cuanto a la estimación y acumulación de carbono en una parcela permanente instalada en bosque andino y su relación con su composición florística. Esta investigación forma parte del proyecto denominado: “Procesos ecológicos de la vegetación del bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, ejecutada por la Universidad Nacional de Loja; se plantearon los objetivos:

Objetivo General:

- Contribuir a la generación de información sobre diversidad florística y captura del carbono acumulado del estrato arbustivo, herbáceo y necromasa en una parcela permanente del bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. en el cantón Loja, Ecuador.

Objetivos Específicos:

- Conocer la diversidad florística de los estratos arbustivo y herbáceo en una parcela permanente de bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.
- Determinar el carbono acumulado de los estratos arbustivo, herbáceo y necromasa en una parcela permanente de bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”.
- Difundir los resultados obtenidos en esta investigación a interesados y actores involucrados.

La investigación se realizó en los meses de noviembre 2017 a marzo 2018 en el Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, de propiedad de la Universidad Nacional de Loja, ubicado en el cantón y provincia de Loja, tiene una superficie total 99,13 ha (Aguirre *et al.*, 2016) en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 msnm, con una temperatura media anual de 16,6°C y, registra una precipitación media anual de 955 mm.

Este documento contiene información sobre: composición florística, parámetros estructurales, endemismo de los estratos arbustivo y herbáceo del PUEAR; y, la cantidad de carbono fijado en la biomasa arbustiva, herbáceo y necromasa del bosque andino.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ECOSISTEMA BOSQUE MONTANO

Se denomina bosque “montano” “andino” “nublado” a la formación ubicada a ambos lados de la cordillera de los andes, en una distribución altitudinal entre 1800 hasta 3000 msnm. Se caracteriza generalmente porque son bosques cuyos árboles están cubiertos por abundantes epifitas: helechos, musgos, orquídeas, bromelias, situación que ayuda para que la humedad atmosférica alta reinante se condense y se provoque la precipitación horizontal. La mayoría de sus árboles son retorcidos y la altura máxima del dosel varía entre 5 a 20 m (Aguirre *et al.*, 2001).

Según Uday (2003) es la formación andina típica que se desarrolla en zonas con temperaturas promedio menores que en las partes bajas y constante condensación de niebla. El bosque de montaña o bosque montano, se debe principalmente a la combinación de alta temperatura y temperaturas templadas que han creado un ambiente favorable para la coexistencia de la flora neotropical. Este tipo de formación vegetal es importante por los servicios ambientales que proporcionan, especialmente agua, estos bosques parecen derivar la mayor de sus recursos hídricos de las nubes debido a que tienen epifitas grandes y abundantes (MAE, 2012).

2.2. DISTRIBUCIÓN DEL BOSQUE DE NEBLINA MONTANO

Se localizan en las provincias de Zamora Chinchipe, Loja y El Oro, en El Oro en los rangos altitudinales de 2000-2800 msnm, en las partes altas de Chilla. En la provincia de Loja en el rango altitudinal 2300-2900 msnm. En la zona del flanco occidental del Parque Nacional Podocarpus: Cajanuma, Cerro Toledo, Cruz del Soldado en el cruce de Sabanilla, Loja-Zamora, al norte en Acacana, La Cofradía, Loma del Oro, Fierro-Urco, entre Celén y Selva Alegre, Bellavista (Manú), Cerro Santa Ana, Bosque de Angashcola en Amaluza (Lozano *et al.*, 2002).

2.3. TIPOS DE ECOSISTEMAS ENCONTRADOS EN EL PUEAR

Según los tipos de ecosistemas reportados por el MAE (2013), se identifican dos tipos de ecosistemas: Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes y Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes.

2.3.1. Arbustal siempreverde montano del sur de los Andes

característicos de bosque secundarios, se encuentra sobre terrenos de pendientes moderadas, está formada por especies de sucesión luego de la conversión de uso y abandono por baja productividad.

Así mismo, ocupa grandes extensiones en laderas, entre cultivos, en hondonadas, por lo general soporta frecuentes incendios forestales. Los suelos sobre los que se desarrolla son medianamente fértiles y se recuperan con el aporte de la materia vegetal. La mayor parte de este ecosistema se encuentra hacia las vertientes occidentales de la cordillera oriental y las vertientes disectadas de la cordillera occidental.

Las especies diagnósticas para este tipo de ecosistema son: *Baccharis obtusifolia*, *B. alaternoides*, *Barnadesia arborea*, *Bejaria aestuans*, *B. resinosa*, *Berberis rigida*, *Cantua quercifolia*, *Coriaria ruscifolia*, *Escallonia floribunda*, *Hesperomeles obtusifolia*, *Lomatia hirsuta*, *Lepechinia mutica*, *L. paniculata*, *Oreocallis grandiflora*, *Persea ferruginea*, *P. brevipes*, *Symplocos rigidissima*, *Viburnum triphyllum*.

2.3.2. Bosque siempreverde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes

Ecosistema donde el dosel alcanza los 20 m, generalmente los árboles tienden a desarrollar fustes rectos en zonas accidentadas los árboles tienen fustes torcidos y quebrados donde el dosel alcanza alrededor de 4 m de altura. El ecosistema se extiende desde 2200 a 3000 msnm en algunas localidades puede encontrarse fuera de este rango altitudinal. Los elementos florísticos de tierras bajas están prácticamente ausentes y la mayoría de familias y géneros son de origen andino.

En estos bosques son importantes las familias Melastomataceae, Myrsinaceae, Cunoniaceae, Clusiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Celastraceae, Podocarpaceae y Ternstroemiaceae (Madsen y Øllgaard 1993; Medina-Torres 2008). Se han registrado entre 75 y 110 especies por hectárea (Madsen y Øllgaard 1993; Medina-Torres 2008).

También se presenta los ecosistemas del PUEAR según Aguirre y Yaguana (2014)

El PUEAR pese a su escasa extensión posee una excelente diversidad de ecosistemas, diferenciables por su composición, estructura y función, a continuación, se realiza una breve descripción de cada uno (Aguirre y Yaguana, 2014).

2.4. FORMACIONES VEGETALES IDENTIFICADAS EN EL PUEAR

2.4.1. Bosque Natural.

Este ecosistema se encuentra a una altitud de 2 250 msnm. Tiene una extensión de 12,93 ha que corresponde al 13,46 % del área total del PUEAR, es la cobertura boscosa de máximo crecimiento y desarrollo con una gran diversidad florística formada por árboles, arbustos, hierbas, parásitas y epifitas. Gran parte de este bosque se encuentra en lugares de difícil acceso tanto por la estructura de la vegetación como por la pendiente del terreno. Debajo del bosque natural existen suelos profundos y negros, con una buena capa de materia orgánica compuesta de árboles caídos, ramas y hojas que han sido desintegradas por agentes de meteorización y microorganismos del suelo. Dentro de este ecosistema se incluyen el bosque con dominio de *Juglans neotropica* (nogal) con 2,91 ha (3,03 %); y, el bosque con abundancia de *Alnus acuminata* (aliso) con una extensión de 2,45 ha (2,55 %).

2.4.2. Matorral Alto

Está constituido por especies secundarias que resultan de la destrucción del bosque primario, comprende un área de 28,4 ha que corresponde al 29,58 % del área del PUEAR. Se puede distinguir dos estratos: arbustivo y herbáceo; además gran cantidad de plantas inferiores, que conjuntamente con los residuos vegetales forman la cobertura del suelo, protegiéndolo de la erosión y pérdida de la humedad.

2.4.3. Matorral Bajo

Este ecosistema comprende 14,27 ha que constituye el 14,86 % del área total del PUEAR. Corresponde a vegetación secundaria, producto de la destrucción del bosque, por incendios forestales, está ubicada en las partes altas con fuertes pendientes, desempeña un papel muy importante en la protección del suelo y del nacimiento de las quebradas. Está conformada por arbustos, hierbas y una gran cantidad de plantas inferiores.

2.4.4. Páramo Antrópico

Llamado también pajonal, localizado entre 2380 a 2468 msnm, ocupa 20,58 ha dentro del PUEAR (21,44 %), sobre terrenos con pendientes mayores a 35 %, es una formación herbácea perenne, con dominio de *Calamagrostis intermedia* y *Puya eryngioides*; en conjunto forma una vegetación densa muy importante en la conservación por su capacidad retentiva de agua. Esta

cobertura vegetal ha sufrido alteraciones en la estructura y composición de su vegetación, que ha traído como consecuencia la degradación de los suelos, especialmente por el proceso de lixiviación.

2.4.5. Pastizales

Pasto natural localizado en los alrededores de la casa de visitantes, ocupa 0,65 ha (0,68 %). Existen, asociadas especies forestales y frutales, constituyéndose en un llamativo muestrario de flora útil de la hoya de Loja, donde están inventariadas 40 especies.

2.4.6. Plantaciones forestales

Este tipo de cobertura vegetal está conformada especialmente por Eucalipto y Pino, tiene un área de 13,83 ha (14,4 % del PUEAR, encontrándose 12 especies de *Eucalyptus* spp. y 11 especies de Pino. Bajo el dosel de las plantaciones se ha formado un interesante sotobosque con especies nativas, donde se han inventariado especies.

2.5. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

2.5.1. Concepto de composición florística

Según Aguirre (2013) define a la composición florística como el conjunto de plantas de diferentes especies que conforman un tipo de formación vegetal natural o plantada. Así mismo menciona que la composición florística está dada por la heterogeneidad de plantas que se logran identificar en una determinada categoría de vegetación. Lo que equivale a demostrar la riqueza de especies vegetales de un determinado tipo de vegetación. Se expresa mediante la suma de todas las especies diferentes que se han registrado en cada uno de los transectos o parcelas y los hábitos de crecimiento de las mismas. Esta información es útil para el manejo de una determinada región como remanentes de vegetación.

2.5.2. Concepto de vegetación

La vegetación es el conjunto de plantas o vegetales de un área determinada. También se define la vegetación natural como la totalidad de formaciones constituidas por las plantas nativas de un área. Los factores geográficos influyen o limitan la vegetación, de allí que en Venezuela las diferencias paisajísticas, climáticas y topográficas de las regiones den origen a una enorme variedad vegetal. Vegetación, es un término general, sin referencia específica a un taxón particular, formas de vida, estructura, extensión u otras características botánica o geográfica

específicas. Es más amplio que flora que se refiere exclusivamente a la composición de especies. Quizás el sinónimo más cercano es la comunidad de plantas, pero la vegetación, puede y suele hacer referencia a una gama de escalas espaciales más amplias que flora (incluyendo las escalas tan grandes como la global) (Patzelt y Echeverría, 1996).

2.5.3. Factores que influyen en la vegetación

Según Sierra *et al.*, (1999) los factores que influyen en la formación de la vegetación son: factores físicos y factores humanos.

Factores físicos: como la existencia de distintos climas, relieves y suelos; la posición de península de la Península; y la originalidad de la vegetación determinada por la insularidad. Cuando la vegetación de una zona resulta exclusivamente de la incidencia de factores naturales se denomina clímax o potencial.

Factores humanos: como la introducción de especies interesantes por su valor económico, o la degradación de la vegetación existente. La vegetación debida a la actuación humana se denomina vegetación secundaria. Las formaciones vegetales se disponen en comunidades, cuyo conjunto constituye el paisaje vegetal de un área. Dado que el clima ejerce una influencia decisiva sobre la vegetación.

Según Sánchez y Rosales (2002), la diversidad de la composición florística en los trópicos se ve influenciada por los siguientes factores:

Clima, con todas sus manifestaciones de temperatura, viento, humedad ambiental y radiación pues todos estos elementos son manifestaciones de la energía procedente del sol.

Suelo, con todas sus características físicas químicas y microbiológicas. Además de estos factores existen otros de menor importancia como el número de animales que actúan como agentes dispersantes de las semillas, la composición florística de la vegetación circundante y las características de las especies vegetales disponibles para invadir el área descubierta.

2.6. EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS BOSCOSOS

2.6.1. Parámetros estructurales

Los parámetros estructurales importantes de considerar para realizar un estudio de caracterización de la vegetación son:

a) Densidad absoluta (D)

Esta dada por el número de individuos de una especie o de todas las especies por unidad de área o superficie determinada. Para el cálculo no es necesario contar todos los individuos de una zona, sino que se puede realizar muestreos en áreas representativas (Aguirre y Aguirre, 1999).

b) Densidad relativa (Dr)

Esta dada por número de individuos de una misma especie con relación al total de individuos de la población (Aguirre y Aguirre, 1999).

c) Dominancia relativa (DmR)

Aguirre y Aguirre (1999), definen la dominancia, como el porcentaje de biomasa que aporta una especie. Se expresa por la relación entre el área basal del conjunto de individuos de una especie y el área muestreada. Se usa para árboles y arbustos.

Por otro lado, Lamprecht (1990) dice que, es el grado de cobertura de las especies como expresión del espacio ocupado por ellas. Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. Las sumas de las proyecciones de las copas de todos los individuos de una especie determinan su dominancia. La determinación de las proyecciones de las copas resulta muchas veces complicada debido a la estructura vertical de algunos tipos de bosque. Por ello, generalmente estas no son evaluadas, sino que se emplean las áreas basales calculadas como sustitutos de los verdaderos valores de dominancia.

d) Frecuencia

Cerón (1993), dice que la frecuencia es el número de unidades de muestreos con la especie, suma de frecuencias de todas las especies.

Mientras que Uday (2003), menciona que la frecuencia absoluta se la expresa en porcentajes (100) % = existencia en todas las subparcelas. La frecuencia relativa de una especie se calcula como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

e) Índice de valor de importancia (IVI)

Este índice indica qué tan importante es una especie dentro de una comunidad vegetal. La especie que tiene el IVI más alto significa entre otras cosas que es ecológicamente dominante;

que absorbe muchos nutrientes, que controla en un porcentaje alto la energía que llega a ese ecosistema. Su ausencia implica cambios substanciales en la estabilidad del ecosistema (Aguirre y Aguirre, 1999).

2.7. EVALUACIÓN E INTERPRETACIÓN

2.7.1. Estructura de los Bosques

Dentro de la estructura del bosque, desde el punto de vista ecológico se distinguen los estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo y muscinal. El estrato arbóreo está formado por elementos florísticos leñosos con alturas mayores a 5 m, fuste recto o muy ramificado, copa cuya forma depende de la especie y de la formación vegetal. Arbustivo constituido por individuos semileñosos o leñosos con alturas inferiores a los 5 m; por lo general presentan varios fustecillos. Herbáceo considera especies de tallos suaves a veces carnosos y alcanzan alturas máximas de 1 m; y muscinal formado por musgos y líquenes (Rosales y Sánchez, 2002).

En la práctica forestal, se distinguen los estratos superior, medio, inferior y sotobosque; determinar estos estratos en los bosques tropicales heterogéneos es difícil por la existencia de una gran mezcla de copas. El estrato superior está formado por árboles que forman el dosel más alto. El estrato medio formado por árboles cuyas copas están por debajo del dosel más alto, pero que está todavía en la mitad superior del espacio ocupado por la vegetación alta. El estrato inferior está formado por árboles de copas arbóreas que se encuentran en la mitad inferior del espacio ocupado por el bosque, pero que tienen contacto con el estrato medio. El sotobosque constituido por arbustos y arbolitos ubicados debajo del estrato inferior (Rosales y Sánchez, 2002).

2.7.2. Estructura diamétrica

El parámetro más importante considerado en la estructura diamétrica, es la distribución del número de árboles por clase de diámetro. Esta distribución, como un todo, tiene generalmente la forma de una "J" invertida. Sin embargo, estudiando por separado cada especie se observa una gran diversidad de comportamientos que es la mejor forma de entender las distribuciones diamétrica, ósea relacionando el número de árboles con el área basal (Conza, 1998)

2.7.3. Perfil estructural

El perfil estructural tiene por objeto lograr una representación gráfica o sintética de la comunidad que permita la comparación visual. El perfil representa una imagen gráfica de la vegetación y reemplaza a la fotografía que no es posible tomar en un bosque montano. Un perfil de vegetación es una faja de muestreo que trata de muestrear la altura relativa, el espacio lateral y la interrelación entre las diferentes plantas que componen la comunidad (Matteucci y Colma, 1982).

2.7.4. Estructura vertical

Al efectuar un examen al bosque, de inmediato se observaría que presenta una estructura vertical, generalmente determinado por estratos claramente delimitados cuyo tamaño y número dependen de los tipos de formas de vida que existen (Vélez & Oswaldo 2013).

2.7.5. Estructura horizontal

La estructura horizontal obedece a la interacción de los diferentes factores, resulta mucho más compleja y difícil de observar. Aunque los ejemplares individuales de cada especie que forman la comunidad están distribuidos de acuerdo con sus respectivas escalas de tolerancia. La competencia entre individuos de varias especies por el mismo espacio ambiental se traduce en complejos esquemas de distribución. En términos generales, cualquier especie de una comunidad presentará una de las siguientes pautas de distribución: regular, a manera de árboles de una plantación; agrupada, con agrupamiento de individuos en un solo lugar y esparcida dispersa al azar por toda la comunidad (Aguirre, 2013).

2.8. ENDEMISMO

Se dice que una especie es endémica de una zona determinada si su área de distribución está enteramente confinada a esa zona. Estas especies situadas en un lugar determinado no se encuentran en ningún otro. Cuanto menor es el área de endemismo, mayor es el riesgo de que las especies endémicas sufran cambios de población de origen; estas especies tienen poca variabilidad genética por eso no se adaptan a condiciones diferentes a las de su hábitat (Aguirre, 2015).

2.8.1. Tipos de endemismo

Según Aguirre (2015) en base a la distribución y para efectos de investigación y conservación, el endemismo se puede calificar como:

Endemismo nacional: la especie se puede encontrar en varias provincias del país.

Endemismo regional: las especies crece exclusivamente en una región dada de ese país, ejemplo la región sur del Ecuador, región amazónica.

Endemismo local: es un tipo de endemismo muy especial, pues esa especie tiene la posibilidad muy restringida de crecer en un solo sitio o lugar.

Endemismo compartido: se da en especies que viven en áreas restringidas, pero que pertenecen a dos Países diferentes.

2.8.2. Criterios para nombrar una especie como endémica

Según Aguirre (2015) menciona los siguientes criterios para nombrar una especie como endémica:

La especie tiene un rango de distribución geográfica muy restringido, crece en solo un sitio y no existe posibilidades que crezca o de encontrarla en otro lugar.

La distribución geográfica de la especie sigue patrones geográficos bien definidos. La riqueza de endemismos se relaciona con la distancia al trópico, existe mayor endemismo en los trópicos. El grado de endemismo crece a partir de los 40 a 50° hacia el Ecuador.

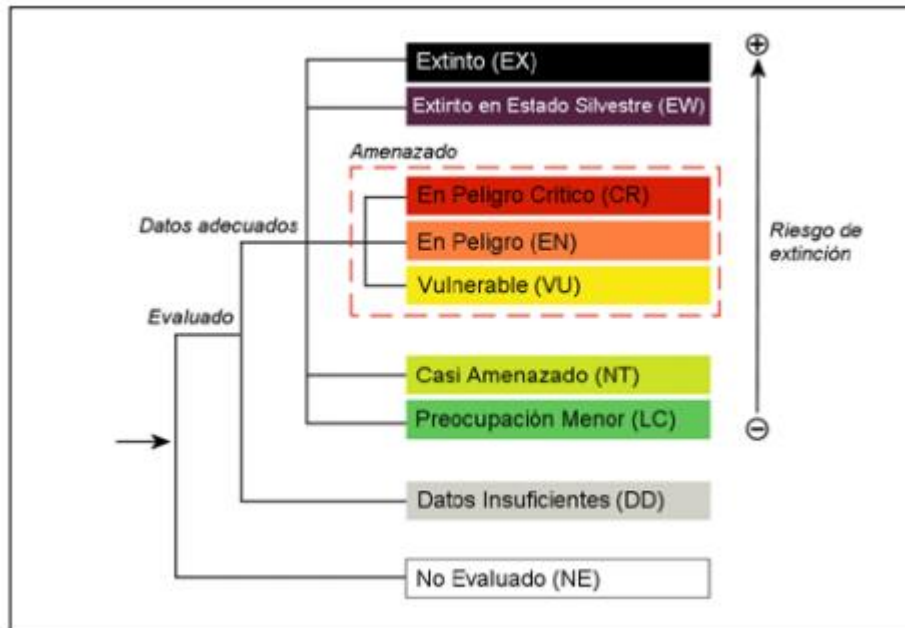
Ese endemismo es irremplazable y supone por lo general la existencia de un alto número de especies en peligro de extinción.

El endemismo está relacionado con los centros de diversidad biológica, que es donde existe mayor variabilidad de la especie. El endemismo se mide en rango específico (especies), pero se puede considerar también familias y variedades.

2.8.3. Categorías de conservación de especies endémicas

La más difundida de las clasificaciones para los estados de conservación es la elaborada por la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza, que compila la llamada Lista Roja

de la UICN de especies amenazadas. Este sistema divide a los taxones en tres grandes categorías, con varias subcategorías figura 1.



Fuente: UICN 2001

Figura 1. Categorías de conservación de especies endémicas según la UICN

2.9. MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN

Los bosques tropicales por ser una maza compleja, tanto en su estructura como en su dinámica, se han desarrollado varios métodos para estudiar la vegetación tanto en su organización como en su estructura.

2.9.1. Método de parcelas de muestreo permanentes (PMP).

Según Guiselle (1989), es aquella que se establece con el fin de que se mantengan indefinidamente en el bosque y cuya adecuada demarcación permita la ubicación exacta de sus límites y puntos de referencia a través del tiempo, así como cada uno de los individuos que la conforman, los cuales se analizan por medio de observaciones periódicas que permitan obtener el mayor volumen de información de un sitio y comunidades determinadas.

Las PMP representan un sistema ágil y ordenado de toma de datos de campo, tanto aplicable a fragmentos de bosques intervenidos, como bosques primarios sin intervención. A partir de su implementación y estudio podemos obtener un control preciso de los procesos naturales,

que nos faciliten estudiar la dinámica de las poblaciones presentes, y conocer el temperamento ecológico de las diferentes especies forestales tropicales.

Se registran también por medio de las PMP, los eventos más sobresalientes de la dinámica forestal, y pueden ser utilizadas como Parcelas Testigo, que permitan controlar los incrementos en crecimiento de los árboles (área basal y volumen) de las especies, en caso de ser utilizadas en bosques manejadas, donde se hayan aplicado diferentes tratamientos silviculturales (cortas selectivas, liberación).

2.9.2. Método por bloques

Este método de muestreo es empleado para reducir el costo de muestrear una población cuando está dispersa sobre una gran área geográfica. Consiste primeramente en dividir el área geográfica en sectores, para después seleccionar una muestra aleatoria de esos sectores, y finalmente obtener una muestra aleatoria de cada uno de los sectores seleccionado (RPS-Qualitas, 2006).

2.9.3. Método por transecto

Las transecciones son muestras de vegetación en forma de fajas o líneas que cruzan una o varias comunidades. Se usan preferentemente para mostrar diferencias en la vegetación, variaciones influenciadas por la modificación de factores ambientales, zonas de transición entre comunidades (Gastiazoro, 2001).

2.9.4. Transecto en faja

Es una banda o faja de vegetación de ancho uniforme y longitud variable. Las dimensiones se determinan de acuerdo al tipo y estructura de la vegetación (Gastiazoro, 2001).

2.9.5. Transecto lineal o línea de intercepción

Conocido también como método de Canfield consiste en realizar observaciones sobre una o varias líneas extendidas a través de la vegetación. El número de líneas es variable y depende de la composición de la vegetación y la distribución de las especies (Gastiazoro, 2001).

2.9.6. Método del cuadrado

Este método consiste en tomar áreas de muestra o parcelas distribuidas en forma regular o al azar en la zona que se desea estudiar. Estas muestras, ya sean de forma cuadrada, rectangular o

circular se denominan simplemente “cuadrado” y su número, tamaño y tipo es variable de acuerdo a la vegetación y al objetivo que se persiga: dinámica de la vegetación, productividad. En general se usan para vegetación herbácea, cuadrados de 1 m de lado o menores, de 5 m para arbustos y 10 m para árboles (Gastiazoro, 2001).

2.9.7. Índice de diversidad

Los índices de diversidad incorporan en un solo valor a la riqueza específica y a la equitatividad. En algunos casos un valor dado de un índice de diversidad puede provenir de distintas combinaciones de riqueza específica y equitatividad. Es decir, que el mismo índice de diversidad puede obtenerse de una comunidad con baja riqueza y alta equitatividad como de una comunidad con alta riqueza y baja equitatividad. Esto significa que el valor del índice aislado no permite conocer la importancia relativa de sus componentes (riqueza y equitatividad). Algunos de los índices de diversidad más ampliamente utilizados son (1) el índice de Simpson (DSi), y (2) el índice de Shannon-Wiener (H') (Peet, 1975).

2.9.7.1. Índice de diversidad Shannon

Índice de Shannon (H) La base de este índice se fundamenta en la presunción de que los individuos se provienen de un muestreo al azar a realizado en una población infinitamente grande y asume que todas las especies están representadas en la muestra (Pielou, 1975). El valor del índice de diversidad de Shannon según Margalef (1972) oscila entre los valores de 1,5 y 3,5 y solo de manera extraordinaria llega a un valor de 4,5. El índice que más se ha utilizado hasta ahora es el de Shannon-Weiner:

$$H = -\sum_{i=1}^S (P_i)(\ln P_i)$$

Dónde:

H'= Índice de diversidad de la especie

S= Número de especies

Pi'= Proporción del número total de individuos que constituye la especie

Ln= logaritmo natural

2.9.7.2. Índice de Equitatividad de Pielou.

Índice de Pielou: Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001).

$$\text{Formula: } E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Dónde:

E = Equitatividad

H' = Índice de Shannon

H_{\max} = Ln del total de especies

2.10. ESTUDIOS SIMILARES DE COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE ESPECIES REALIZADOS EN LOS BOSQUES ANDINOS EN ECUADOR

Se han realizado algunos estudios en bosques montanos en el país, entre los más importantes:

Sánchez y Rosales (2002) registraron en una parcela permanente de una hectárea, en el bosque nublado del Parque Nacional Podocarpus, sector Cajanuma realizando un inventario de los árboles ≥ 5 cm de diámetro a la altura del pecho, donde se registraron 2280 árboles y 80 especies comprendidas en 30 familias y 47 géneros, con un área basal de 45,80 m²/ha y un volumen total de 284,95 m³/ha.

Pardo y Mogrovejo (2004) registraron en 0,75 ha de muestreo en el bosque nativo Huashapamba, cantón Saraguro, 434 árboles mayores de 10 cm de diámetro a la altura del pecho, con un área basal de 13,374 m² y un volumen total de 31, 2515 m³. Respecto al endemismo encontraron 13 especies endémicas de las cuales una especie está en la categoría en peligro (EN), 8 especies en vulnerable (VU), 2 especies en casi amenazadas (NT) y dos especies en preocupación menor (LC); de las 13 especies endémicas 9 son árboles.

Lozano y Yanguana (2009), en un estudio realizado en dos parcela permanentes de 1 hectárea, cada una instalada en el bosque nublado de las reservas naturales de Tapichalaca y Numbala; respecto a Tapichalaca: registraron 544 árboles igual o mayor a 5 cm de diámetro a la altura del pecho, que pertenecen a 86 especies, 55 géneros y a 30 familias dando un área basal de 25,68

m²/ha y un volumen total de 255,24 m³/ha; mientras que en la reserva natural de Numbala registraron 1091 árboles mayores o iguales a 5 cm de diámetro a la altura del pecho, que pertenecen a 171 especies, 84 géneros y a 44 familias dando una área basal de 47,13 m²/ha y un volumen total de 651,89 m³/ha; en cuanto al endemismo registraron 20 especies endémicas de las cuales 9 son árboles.

Alvear *et al.*, (2010) en un estudio sobre la diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, cordillera central Colombiana, determinaron en un área muestreada de 0,1 ha, 470 individuos mayores o iguales a 2,5 cm de DAP, repartido en 51 géneros comprendidos en 35 familias; así mismo mencionan a Melastomatácea y Asterácea como las familias más diversas de estos ecosistemas y finalmente determinaron a *Alnus acuminata* como la segunda especie más importante del bosque.

Paucar (2011) registró en cinco transectos que corresponden a 1000 m² en el bosque montano, sector Licto, cantón Patate, provincia de Tungurahua, 175 individuos arbóreos y arbustivos pertenecientes a 14 familias, 15 géneros y 18 especies con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 5 cm, dando un área basal de 5,49 m².

Aleaga (2014) en un estudio realizado para determinar patrones de diversidad y distribución de plantas leñosas en una gradiente altitudinal entre la provincia de Loja y Zamora Chinchipe, específicamente en el bosque siempre verde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes (BsMn02) a 2410 msnm en tres parcelas de 20 m x 20 m cada una inventariando a todos los individuos con diámetro a la altura del pecho DAP \geq 10 cm, determino 146 individuos de árboles, con un número total de 35 especies distribuidas en 22 familias; también determino que la familia Melastomatácea es la más diversa; mientras que el índice de Shannon-Wiener fue de 3,02 interpretando como diversidad media.

Rasal *et al.*, (2012) en un estudio realizado en la vegetación terrestre del bosque montano de Lanchurán (Piura, Perú), determinaron 399 individuos/0.25 ha entre árboles y arbustos con diámetro a la altura del pecho \geq 2.5 cm, correspondientes a 41 especies, 33 géneros y 25 familias; entre las familias más diversas determino a Asteraceae, Lauraceae, Melastomataceae, Rubiaceae y Solanaceae; determinaron como las especies más importantes de acuerdo al IVI a *Nectandra sp.*, *Myrsine latifolia*, *Chrysophyllum sp.*, *Piper hirtilimum* y *Myrcianthes fragrans*; también observó una distribución diamétrica en forma de “J” invertida de todas las especies, la que es característica de los bosques tropicales, lo cual indica que la mayoría de individuos en

los transectos estuvieron en la clase I y clase II y a medida que aumentan los diámetros va disminuyendo la cantidad de individuos encontrados.

2.11. SERVICIOS AMBIENTALES QUE PRESTAN LOS ECOSISTEMAS

Según Marena (2000), los ecosistemas forestales ofrecen a la sociedad una serie de bienes y servicios, los cuales tienen un valor tanto tangible como intangible. Algunos de los servicios que brinda el bosque y las plantaciones forestales y que inciden directamente en la protección y el mejoramiento del medio ambiente son los siguientes: mitigación de emisiones de gases con efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción), protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico, protección de biodiversidad y suelos para conservarlos y hacer uso sostenible de los mismos, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas, forma de vida y belleza escénica natural para fines turísticos.

Los servicios ambientales generados por los ecosistemas forestales influyen directamente en el mantenimiento de la vida, proporcionando beneficios y bienestar para la sociedad, a nivel local, regional o global.

2.11.1. Los bosques y su importancia en el almacenamiento y captura de carbono

Cielsa (1996), manifiesta que los secuestros de carbono mediante los bosques se han convertido en un servicio ambiental reconocido a escala global, que puede tener un valor económico considerable para países en vías de desarrollo. Esto es debido a la preocupación creciente por los cambios climáticos y su impacto en la actividad humana y en los recursos naturales, causado por los gases provenientes de procesos industriales, la actividad agrícola, el uso de combustibles fósiles y la deforestación, que son responsables de la mayor parte de estas alteraciones climáticas; entre ellos, el CO₂, es uno de los más abundantes, con efecto invernadero en la atmósfera.

Una forma de mitigar el efecto invernadero del CO₂, además de reducir las emisiones, es almacenarlo el mayor tiempo posible en la biomasa y el suelo. Los bosques son el principal sumidero de CO₂.

La contribución de los tallos leñosos a la biomasa arriba del suelo es muy importante para la fijación de carbono. Este componente es vital para la fijación, ya que, al remover la cobertura forestal de un terreno, no sólo se reduce la fijación de carbono en la fuente biomasa arriba del suelo, sino que consecuentemente se reduce la fijación en el componente del suelo.

En la octava sesión de la Conferencia de las Partes, conformada por los países del mundo, sobre cambio climático en Nueva Delhi 2002, se discutió el tema del pago por almacenamiento de carbono. Los negociadores decidieron durante la última ronda en Marrakech 2002, que los países podrían cumplir con parte de sus compromisos para reducir las emisiones de carbono para el periodo 2008 a 2012 financiando la reforestación en países en vías de desarrollo (Vespa, 2002). Esto funcionaría a través del mecanismo de desarrollo limpio (MDL) del protocolo de Kioto (IPCC, 2003).

Por otra, parte el éxito de los proyectos del MDL deberá medirse simultáneamente a través de las reducciones de emisiones logradas y de la contribución efectiva al desarrollo sostenible que realice. Los proyectos deberán concebirse de manera que provean beneficios económicos y sociales a la población de las regiones pertinentes, lo que permitirá que ésta se comprometa con el éxito del proyecto, ya que la captación de carbono por sí sola no parece constituir una motivación suficiente como para asegurar la continuidad de los proyectos, debido a que la participación social podría reducir los requerimientos de control y supervisión y, por consiguiente, también los costos (Cielsa, 1996).

2.12. BIOMASA FORESTAL

2.12.1. Métodos para estimar biomasa forestal

El cálculo de la biomasa es el primer paso para evaluar la productividad de los ecosistemas y la contribución de los bosques tropicales en el ciclo global del carbono (Álvarez, 2008). Según Fonseca *et al.*, (2009) existen dos métodos comúnmente usados para estimar la biomasa: el método directo y el indirecto; Además, (Álvarez, 2008) en un estudio en Bolivia agrega un tercer método por sensores remotos.

2.12.2. Tradicional o indirecto

Según Segura y Andrade (2008), la utilización de este método básicamente consiste en cubicar los árboles y estimar volúmenes de la madera y mediante la toma de muestras se puede estimar otros parámetros necesarios como el peso seco y densidad de la madera necesarios para estimar la biomasa total. Se puede recurrir también la utilización de ecuaciones alométricas ya generadas en otros estudios, mediante este método de deben medir variables como dap, altura total, altura comercial, densidad entre otros, menciona que este método se puede aplicar en situaciones de crecimiento similares (Parresor, 1999).

De acuerdo con Brown (1997), puede aplicarse en los bosques densos, secundarios o maduros (correspondiente a climas húmedos y semiáridos). La biomasa se estima a través de la ecuación general:

$$BA = VC * D * FEB$$

Dónde:

BA = Biomasa aérea (t/ha)

VC = Volumen comercial (m³)

D = Densidad básica de la madera (t/ m³)

FEB = Factor de expansión de la biomasa.

2.12.3. Destructivo o directo

La medición de la cantidad de biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere la aplicación del método destructivo (Brown, 1997). Consiste en cortar el árbol y determinar la biomasa pesando directamente cada componente (Fonseca *et al.*, 2009).

Este método proporciona un valor exacto de la biomasa, es el método más preciso debido a que las variables tales como peso fresco y volumen se miden directamente omitiendo errores de estimación; además, este método permite generar relaciones funcionales con variables de fácil medición en un inventario forestal, presenta un alto costo económico y ecológico por la propia destrucción de los árboles (Gayoso *et al.*, 2002; Brown, 1997).

2.12.4. Por sensores remotos

Las imágenes satelitales registran el comportamiento de la superficie terrestre a través de diferentes regiones del espectro electromagnético, proporcionando una gran cantidad de datos espacialmente contiguos entre sí y distribuidos a lo largo de extensas áreas geográficas.

Estas propiedades les confieren la capacidad de detectar, reconocer e identificar coberturas de suelo, así como medir numerosas propiedades biofísicas y bioquímicas asociadas a ellas, ofreciendo ventajas en comparación con métodos in situ, que muchas veces requieren de mediciones en terreno que pueden resultar prohibitivas a amplias escalas, debido a limitantes de accesibilidad, tiempo y recursos (Álvarez, 2008).

2.13. DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) Y CAMBIO CLIMÁTICO

El dióxido de carbono (CO₂), como el gas de efecto invernadero (GEI) más importante, ha aumentado en torno a un 80 % entre 1970 y 2004, en el 2005 las concentraciones atmosféricas de CO₂ (379 ppm) y metano (CH₄) (1774 ppm) exceden con mucho el intervalo natural de

valores de los últimos 650 000 años. Se estima que la concentración mundial de CO₂ se debe principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y a los cambios de uso de la tierra por conversión de suelos de vocación forestal a tierras agrícolas, ganaderas entre otros (IPCC, 2007). Estas altas concentraciones atmosféricas de CO₂, tienen implicaciones en el cambio climático, al ayudar en la generación del efecto invernadero que modifica la temperatura en la tierra, a partir del cual se asocian otros problemas, porque de ello depende la cantidad de evapotranspiración de los océanos, la existencia de nubes, la presencia– ausencia de lluvia y, en consecuencia, la producción y la escasez de alimentos (Agudelo, 2009). Considerando que los bosques, especialmente bosques primarios y reforestados, son activos captadores de CO₂ y que por lo tanto cambios pequeños en la relación entre la fotosíntesis y la respiración pueden afectar el balance del carbono en la biosfera es necesario realizar monitoreo y mediciones de la dinámica de carbono en los bosques, que mejoren el balance de emisiones y fijaciones de CO₂ (IPCC, 2007).

2.13.1. Cálculo del Stock y flujos de carbono

Se debe recordar que el 50 % de la biomasa o necromasa seca es carbono, que el stock se expresa generalmente en Megagramos de carbono por hectárea (Mg C ha⁻¹) y que los flujos se expresan en Megagramos de carbono por hectárea al año (Mg C ha⁻¹ año⁻¹) (Honorio & Baker, 2010).

2.13.2. Sumideros de Carbono

Se considera sumidero al “área por donde son canalizados el agua, los nutrientes o cualquier tipo de compuesto, físico o químico, o que sirve de almacén de los mismos. En la actualidad este término se aplica a los bosques para significar su papel en la absorción del anhídrido carbónico de la atmósfera y la consiguiente reducción del efecto invernadero” (Diccionario Forestal, 2005). El concepto de sumidero, en relación con el cambio climático, fue adoptado en la Convención Marco de 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, o bien un aerosol y que lo almacena. 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 una 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 (Brown, 1997).

2.13.3. Biomasa

Biomasa es sinónimo de masa biológica y se entiende ésta como la cantidad total de materia orgánica en el ecosistema en un momento dado; en el caso de la biomasa vegetal, la cantidad de materia viva producida por las plantas y almacenada en sus estructuras en forma de biomasa que tiene como fuente original el sol, y suele expresarse en unidades de energía (joules m⁻²) o de materia orgánica muerta (toneladas ha⁻¹) (Salas Y Infante, 2006). La biomasa representa la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las porciones aéreas y subterráneas del ecosistema. La porción aérea de la biomasa arbórea según Dauber *et al.*, (2006), se puede dividir en:

2.13.4. Biomasa aérea total

Peso seco del material vegetal de los árboles, incluyendo fustes, corteza, ramas, hojas, semillas y flores, desde la superficie del suelo hasta la copa del árbol.

2.13.5. Biomasa fustal

Biomasa que va desde la superficie del suelo donde empieza el tronco o fuste hasta la primera ramificación del árbol donde comienza la copa.

2.13.6. Biomasa foliar

Biomasa desde el punto más alto de la copa o dosel hasta la primera ramificación, es decir, la diferencia entre biomasa aérea total y biomasa fustal

2.13.7. Importancia

La biomasa es un factor importante para realizar estudios de investigación, ya que, a partir de la cantidad de biomasa existente en un bosque, se puede determinar la cantidad de carbono almacenado y/o fijado. El total de biomasa es principalmente una función de la edad del rodal así que esta es una medida útil para la valoración de cambio en la estructura forestal.

2.13.8. El carbono en hierbas y arbustos

Estudios realizados por Mooney y Dunn (1970) encontraron que la capacidad de secuestrar carbono en una planta varía de acuerdo a los gradientes térmicos en el ambiente. Las bajas temperaturas no favorecen una rápida descomposición de la materia orgánica. Señalando que, en zonas de climas con tipo mediterráneo, los arbustos perennifolios con un sistema radicular bien desarrollado presentan una baja capacidad fotosintética pero una amplia capacidad potencial de ganancia de carbono. Por otro lado, los arbustos caducifolios con un sistema radicular superficial no presentan un mecanismo para evitar la pérdida de agua, pero cuentan con una alta capacidad de fijar carbono, debido a que va almacenando nutrientes en el tronco para resistir cuando se presente un siniestro. Por lo anterior se asume que el carbono en la vegetación de sotobosque tiene un tiempo de residencia que varía con el tipo de planta, pues no se hace una distinción de la concentración de carbono entre plantas (Emanuel *et al.*, 1984).

2.13.9. El carbono en hojarasca

Emanuel *et al.*, (1984) mencionan que la capa de hojarasca y sus degradadores reciben la entrada directa de carbono proveniente de las partes muertas de los árboles y plantas, las cuales se encuentran en un intercambio activo con la atmósfera. La acumulación y permanencia de carbono en el piso forestal se atribuye principalmente a su complejidad bioquímica de sus componentes recalcitrantes derivados de las hojas de los árboles y a las condiciones de acidez. Según Woodwell & Whittaker (1998), el contenido de carbono en la capa de humus terrestre ha sido estimada recientemente en 1000 a 3000 petagrama (Pg) de carbono (Pg C), es decir, una a cuatro veces más la cantidad de captura de carbono presente en la biota. La acumulación del carbono en la biota es más abundante en los trópicos, sin embargo, la acumulación del humus es mayor en los bosques templados ya que las bajas temperaturas no permiten una alta descomposición. El balance entre entradas y salidas de carbono en estos dos grandes reservorios pueden determinar el movimiento del carbono orgánico en la atmósfera.

2.14. ESTUDIOS SIMILARES SOBRE CAPTURA DE CARBONO EN EL SUR DEL ECUADOR.

En bosques andinos del sur del Ecuador, se han realizado algunos estudios, así:

Aguirre y Erazo (2017), en un estudio ejecutado en el bosque seco de la provincia de Loja, localizado entre 190 a 1 000 m snm, en los cantones Zapotillo, Macará, Puyango, Paltas, Pindal, Célica y Sozoranga, que comprende parte de la Reserva de Biosfera Bosque Seco, reconocida desde junio del 2014. El contenido de carbono del compartimiento leñoso del bosque seco es

de 32,90 tC/ha y las toneladas de CO₂ equivalentes son 118,44/ha, que significa 118,44 Certificados de Emisiones Reducidas por hectárea (CER/ha), se consideró un precio de USD 5/CER, obteniéndose un valor económico total del bosque de USD 183 582 000. Esta valoración apoya a la percepción comunitaria e institucional sobre el bosque seco y constituye la base para elaborar una propuesta de comercialización de bonos de carbono en mercados voluntarios.

Ayala y Villa (2013), en su investigación realizada 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, cuantificó el carbono fijado en la biomasa, necromasa y en el suelo de estos ecosistemas. El carbono almacenado en el compartimento biomasa y necromasa en el páramo arbustivo fue de 159,05 tC/ha; y, en el páramo herbáceo fue de 116,18 tC/ha, mientras que los contenidos de carbono fijados en el suelo a una profundidad de 0,60 m, fue de 537,06 tC/ha para el páramo herbáceo y en los suelos del páramo arbustivo es 471,59 tC/ha.

Castro (2011) realizó un estudio 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), considerandos como sector uno, y en los cantones Tisaleo, Mocha, Quero y Cevallos, parte de la Mancomunidad del Frente Suroccidental en la provincia de Tungurahua., el cantón Guano de Chimborazo y parte de la Reserva de Producción Faunística Chimborazo, considerando como el sector dos, con la finalidad de cuantificar el carbono y estimar el valor del servicio ecosistémico.

En el sector 1, contenido de carbono fue 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, el contenido de carbono fue 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.

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.

Ayala *et al.*, (2014) en un estudio de cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador; determinaron los tipos de cobertura vegetal del Parque Nacional Yacuri y, para los páramos arbustivo y herbáceo se determinó respectivamente su composición y estructura, incluyendo el carbono fijado en la biomasa, necromasa y suelo y, la influencia de la biomasa en los contenidos de carbono fijado en el suelo; usando parcelas temporales de 4 m² y 1 m². El carbono almacenado en el compartimento biomasa y necromasa en el páramo arbustivo es de 159,05 t/C/ha y en el páramo herbáceo es de 116,18 t/C/ha. El contenido de carbono fijado en el suelo a 0,60 m de profundidad es de 537,06 t/C/ha para el páramo herbáceo y, en los suelos del páramo arbustivo es de 471,59 t/C/ha. La relación existente entre la biomasa y el contenido de carbono en los suelos presentan una mínima relación. No fue posible generar un modelo matemático para estimar el contenido de carbono en el suelo.

3. METODOLOGÍA

3.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en el Parque Universitario “Ing. Francisco Vivar C.”, propiedad de la Universidad Nacional de Loja, en la figura 2 se observa la ubicación del Parque Universitario a nivel cantonal, provincial y nacional.

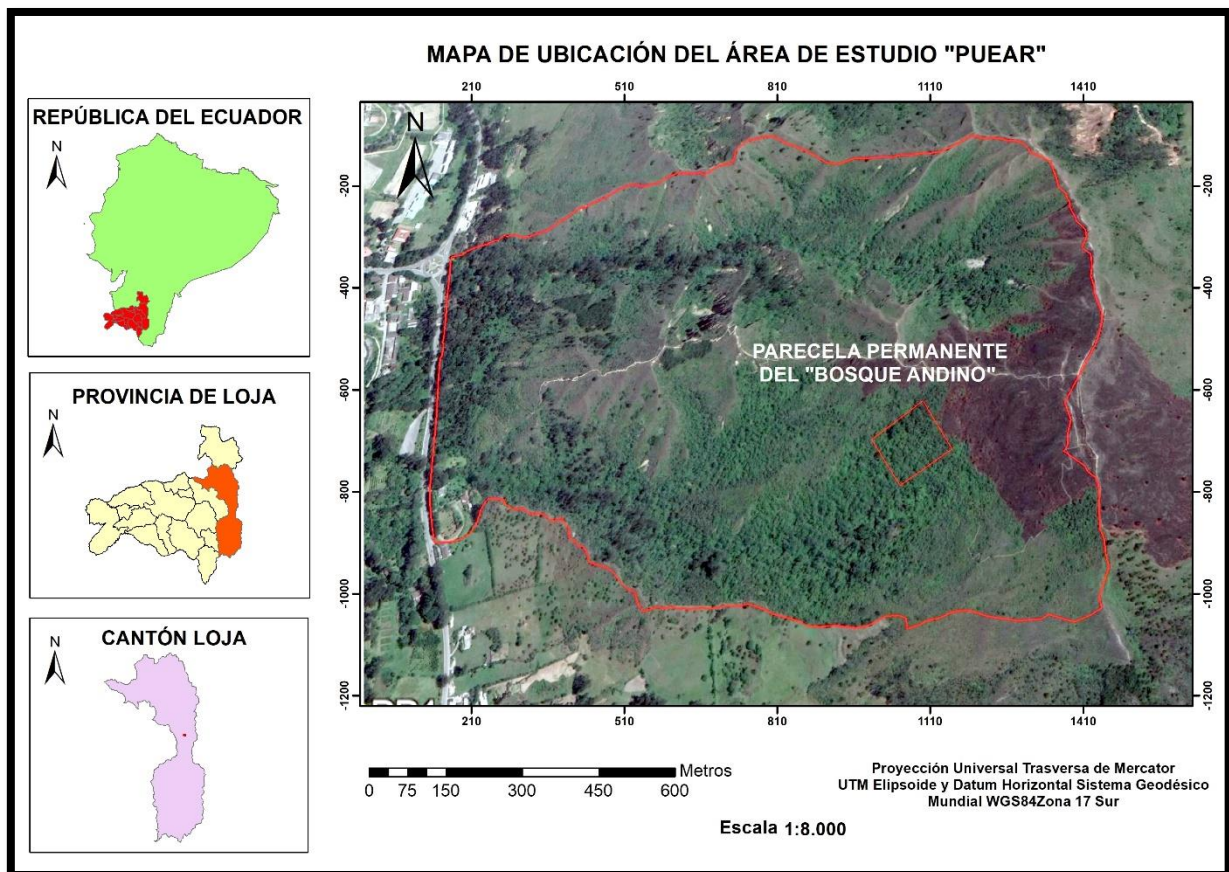


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio en el contexto nacional y provincial

EL PUEAR se encuentra ubicado en el cantón Loja, parroquia San Sebastián, Ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa”, es propiedad de la Universidad Nacional de Loja, localizado en la vía Loja - Vilcabamba, tiene una superficie de 99,13 ha en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 msnm. Los límites del PUEAR son: por el norte la cuenca de la quebrada León Huayco, desde la carretera a Vilcabamba hasta la cresta de la cordillera oriental; por el sur con terrenos de colonos desde el Jardín Botánico hacia arriba de la cordillera oriental; por el este el filo de cordillera oriental (sector Zamora Huayco; y por el oeste la carretera a Vilcabamba (Aguirre *et al.*, 2016; Aguirre, 2001).

3.2. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Esta zona registra una precipitación media anual de 955 mm; temperatura media anual de 16,6°C; humedad relativa media 71,96 % y la evaporación media de 111,33 mm. Datos climáticos que corresponden a la estación meteorológica La Argelia ubicada a 200 m del parque (Aguirre, 2001).

El suelo es de materiales parentales de rocas metamórficas, de baja fertilidad, medianamente profundos (60 cm), de textura franco, franco arenoso y franco arcilloso, pH ácido, con valores bajos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio. Se trata de suelos coluviales donde ha existido la acción constante de fenómenos geomorfológicos que han modificado la fisiografía con grandes deslizamientos y la acción de la erosión pluvial, que ha dado como resultado la formación de estoraques y colinas (Guarnizo y Villa, 1995; Aguirre, 2001). La topografía del terreno es accidentada, presenta pendientes medias que fluctúa entre 40-90 % (Aguirre, 2001).

La red hidrográfica la conforman dos pequeñas quebradas: León Huayco, con un caudal promedio de 5,14 l/s. Y Los Nogales, con un caudal promedio de 2,16 l/s (Samaniego, 2003 citado por Aguirre y Yaguana, 2014).

3.3. DETERMINACIÓN DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE LOS ESTRATOS ARBUSTIVO Y HERBÁCEO EN UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO EN EL PARQUE UNIVERSITARIO "FRANCISCO VIVAR CASTRO".

3.3.1. Selección del área de estudio

Se instaló una parcela permanente de 1 hectárea en un sitio con características de topografía y pendiente regular, uniformidad de la vegetación y ubicación central dentro del bosque para evitar el efecto de borde.

3.3.2. Características de la parcela permanente estudiada

La parcela de 10 000 m² se subdividió en 25 subparcelas de 400 m² (20 x 20 m) a las cuales se asignó un código con letras del alfabeto y números (A₀₁, B₀₂,.... C_n). señalizadas con mojones de cemento para facilitar las futuras mediciones. Dentro de estas parcelas se instalaron 25 subparcelas de 5 x 5 para arbustos y 25 de 1 x 1 m para hierbas. En la figura 3, se presenta la distribución de subparcelas anidadas dentro de la parcela grande. Las parcelas quedaran

delimitadas con piola y se registró con coordenadas geográficas usando GPS. En la figura 4. se ilustra la ubicación del área de estudio con GPS y el inventario del componente arbustivo y herbáceo.

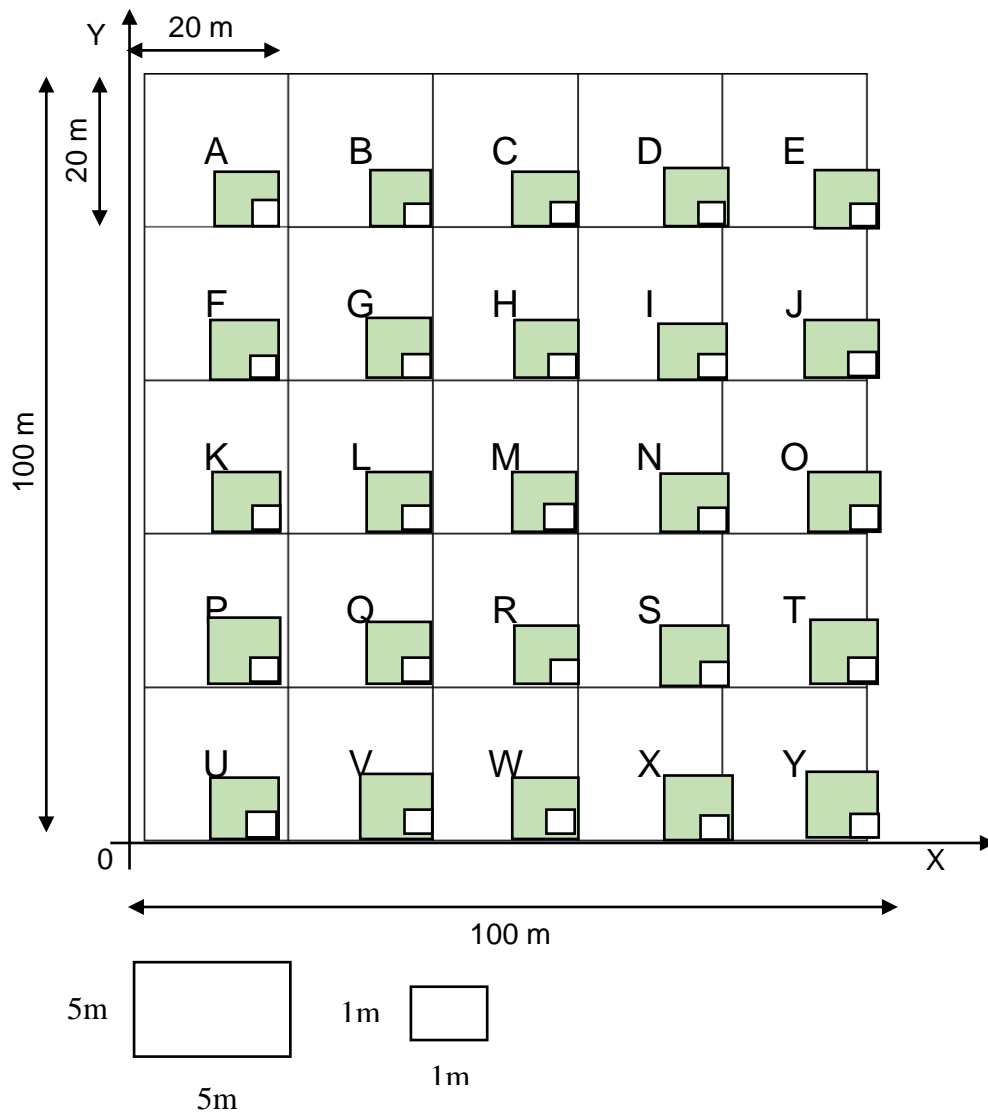


Figura 3. Diseño de distribución de subparcelas en la parcela permanente y coordenadas



Figura 4. Ubicación del área de estudio con GPS, inventario del componente arbustivo y herbáceo.

3.3.3. Colección de información de campo de arbustos y hierbas

En las 25 subparcelas anidadas de 25 m² (5 x 5 m) y las de 1 m² (1 x 1 m) se colectó información de todos los arbustos y hierbas, utilizando la hoja de campo presente en la Tabla 1.

Tabla 1. Hoja de campo para registrar el número de arbustos y hierbas.

Hoja de campo para registrar los arbustos y hierbas				
Parcela N°:		Fecha:		
Altitud m.s.n.m._		Pendiente %:		
Familia	N. Común	N. Científico	Número de individuos	Observaciones

Se colectaron muestras botánicas fértiles de todas las especies, las mismas que fueron llevadas al Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja, para su respectivo procesamiento e identificación.

3.3.4. Cálculo de parámetros estructurales

Se calculó los parámetros estructurales considerados para caracterizar la vegetación del bosque en estudio. Para los cálculos se aplicaron las fórmulas planteadas por Aguirre y Aguirre (1999) y Cerón (1993).

$$\text{Densidad absoluta (D)} = \frac{N^{\circ} \text{ total de individuos por especie}}{\text{Total de area muestreada}}$$

$$\text{Densidad relativa (DR) \%} = \frac{N^{\circ} \text{ de individuos por especie}}{N^{\circ} \text{ total de individuos}} \times 100$$

$$\text{Frecuencia (Fr)} = \frac{\text{Numero de cuadrantes en que esta la especie}}{\text{Numero total de cuadrantes evaluados}} \times 100$$

$$\text{Índice valor de importancia simplificado (IVI)} = DR + Fr$$

3.3.5. Índice de diversidad de Shannon

Para conocer la diversidad de los estratos arbustivo y herbáceo del bosque andino del PUEAR, se calculó el índice de Shannon (Cerón, 2003), aplicando la fórmula:

$$\text{Formula: } H = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_2 P_i)$$

Dónde:

H = Índice de SHANNON

S = Número de especies

P_i = Proporción del número total de individuos que constituye la especie

Para interpretar los resultados se considera la escala de significancia entre 0 – 3,5 para calificar la diversidad (Tabla 2)

Tabla. 2 Escala de significancia para calificar la diversidad del bosque

Valores	Significancia
0,00 - 1,35	Diversidad baja
1,36 – 3,5	Diversidad mediana
Mayor a 3,5	Diversidad alta

Fuente: Aguirre, 2015.

- **Índice de Equitatividad de Pielou.**

$$\text{Formula: } E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Dónde:

E = Equitatividad

H' = Índice de Shannon

H_{\max} = Ln del total de especies

Para interpretar los resultados se consideró la escala que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Escala de significancia para calificar la equitatividad de diversidad del bosque.

Valores	Significancia	
0,00 – 0,33	Heterogéneo en abundancia	Diversidad baja
0,34 – 0,66	Ligeramente heterogéneo en abundancia	Diversidad mediana
0,67 – 1,00	Homogéneo en abundancia	Diversidad alta

Fuente: Aguirre, 2007.

3.3.6. Endemismo del componente arbustivo y herbáceo del bosque andino del PUEAR

Para determinar el endemismo de las especies vegetales arbustivas y hierbas del bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” (PUEAR), se recolectó el material vegetal y se llevó al Herbario “Reinaldo Espinosa” de la Universidad Nacional de Loja para luego realizar la respectiva comparación con las especies que se reportan como endémicas en el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador (León *et al.*, 2011). Además, se consultó la página web oficial de la UICN para determinar su estado de conservación.

3.4. DETERMINACIÓN DEL CARBONO ACUMULADO DE LOS ESTRATOS ARBUSTIVO Y HERBÁCEO Y NECROMASA EN UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO DEL PARQUE UNIVERSITARIO “ FRANCISCO VIVAR CASTRO”

3.4.1. Compartimento sotobosque

En cada parcela de muestreo de 20 m x 20 m, se instalaron nueve subparcelas anidadas de 4 m² (2 x 2 m). En las cuáles se recolectó toda la biomasa viva del sotobosque (arbustos): tronco, ramas, ramillas y hojas; se pesó independientemente cada componente obteniendo el peso húmedo total de cada uno, luego se colectó una muestra de 1 kg de cada componente y se transportaron en bolsas plásticas identificadas, se llevó al laboratorio para ser secado durante 120 horas a 80°C hasta alcanzar un contenido de humedad constante. Posteriormente con el peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), se determinó la relación peso seco/peso húmedo usando la siguiente expresión:

En la figura 5 se ilustra la distribución de las subparcelas donde se colectó información para el cálculo de contenido de carbono.

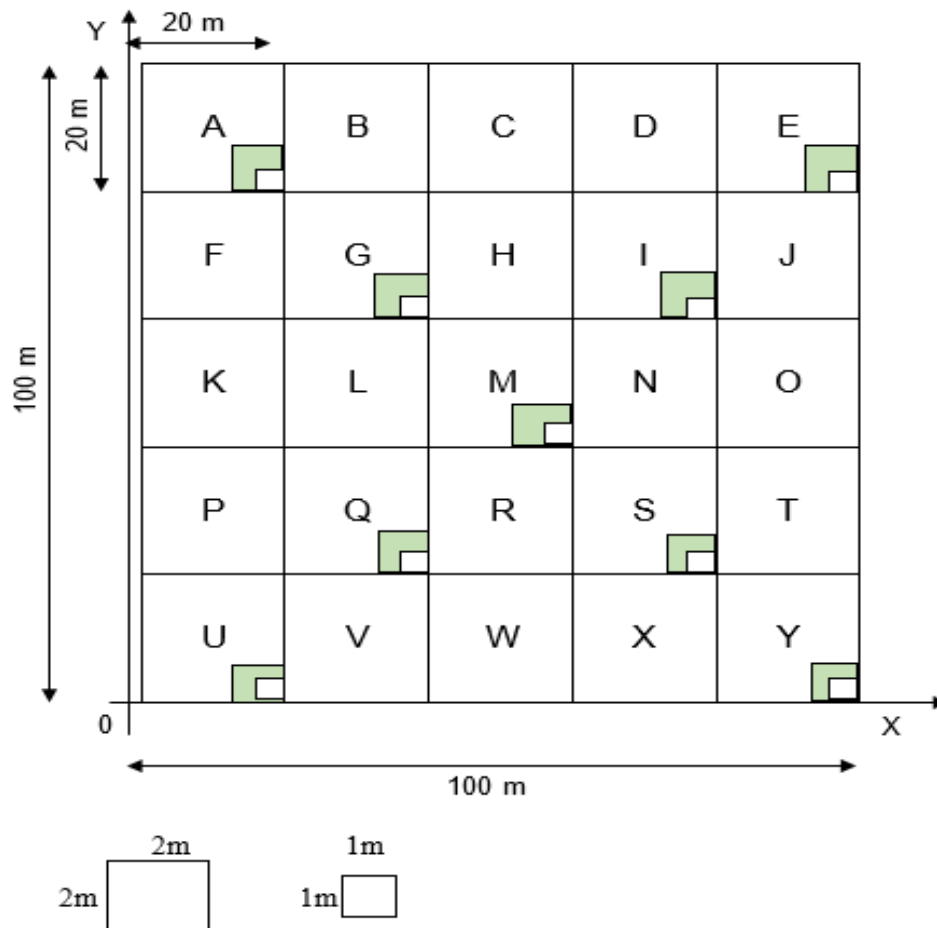


Figura 5. Diseño de distribución de subparcelas anidadas en las subparcelas de 20 x 20 m, para colectar información de la biomasa aérea (4 m²), necromasa (1 m²) y hierbas (1 x 1)

Siguiendo lo recomendado por Pearson et al., (2005), para la obtención de la biomasa se empleó la siguiente relación (Ecuación 1):

$$BT = \frac{psm}{phm} * pht \quad (Ec. 1)$$

Dónde:

Bt: Biomasa total

psm: Peso seco de la muestra

phm: peso húmedo de la muestra

pht: peso húmedo total

3.4.2. Compartimento Herbáceo

Dentro de las parcelas de 20 x 20 m se instalaron subparcelas anidadas de 1 m², en las cuales se recolectó toda la vegetación herbácea se pesó en campo y se colecta una muestra de un kilogramo. Este material se secó en laboratorio por 120 horas hasta alcanzar un contenido de humedad constante y, se obtiene la relación peso seco/peso húmedo.

3.4.3. Compartimento Necromasa

En cada parcela de muestreo (20 x 20 m), se instaló subparcelas anidadas de 1 m², en las cuales se recolectó el material considerado necromasa (hojarasca, mantillo y detritos de madera) mismo que se pesó para obtener el peso húmedo (en campo). Se llevó la muestra de un kilogramo que fue secado en laboratorio por 120 horas a 80°C hasta alcanzar un contenido de humedad constante, y de esta manera se obtuvo la relación peso seco/peso húmedo.

3.4.4. Obtención de biomasa total

Para obtener la biomasa de la parcela permanente del bosque andino del PUEAR, se usó la expresión:

Biomasa del estrato no arbóreo = Compartimento Arbustivo + Herbáceo + Necromasa (MacDicken, 1994).

Con los resultados de la biomasa se obtuvo el valor correspondiente al contenido de carbono en el estrato no arbóreo, multiplicado la biomasa total por el valor constante de conversión (0,5) (IPCC *et al.*, 2003; Aguirre y Aguirre, 2004).

4. RESULTADOS

4.1. DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE LOS ESTRATOS ARBUSTIVO Y HERBÁCEO EN UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO DEL PARQUE UNIVERSITARIO "FRANCISCO VIVAR CASTRO".

4.1.1. Diversidad florística de los estratos arbustivo y herbáceo del bosque andino del PUEAR

La diversidad florística es de 52 especies dentro de 41 géneros y 26 familias, de los cuales 30 especies son arbustivas incluidos en 24 géneros y 16 familias; 22 especies herbáceas dentro de 17 géneros y 10 familias (Tabla 4).

Tabla 4. Especies vegetales registradas en el estrato arbustivo y herbáceo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.

Hábito de crecimiento	Nombre científico	Número de Individuos
Arbustos	<i>Acalypha stenoloba</i> Müll. Arg.	7
	<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	2
	<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.	18
	<i>Alloplectus</i> sp.	4
	<i>Bidens squarrosa</i> Kunth	6
	<i>Boehmeria</i> sp.	3
	<i>Bumelia</i> sp.	1
	<i>Centropogon erythraeus</i> Drake.	1
	<i>Chromolaena leptcephala</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	11
	<i>Colignonia scandens</i> Benth.	1
	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	1
	<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	8
	<i>Liabum igniarium</i> Less.	3
	<i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn.) Bitter	32
	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	4

	<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	2
	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	145
	<i>Palicourea weberbaueri</i> K. Krause	3
	<i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero	8
	<i>Passiflora manicata</i>	3
	<i>Phenax hirtus</i> (Sw.) Wedd	53
	<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	102
	<i>Piper barbatum</i> Kunth	6
	<i>Piper bogotense</i> C. DC	2
	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1
	<i>Psichotrya</i> sp.	56
	<i>Rubus robustus</i> C.Presl	43
	<i>Senecio iscoensis</i> Hieron	2
	<i>Smilax benthamiana</i> A. DC.	12
	<i>Smilax glauca</i> Walter	19
Total	30	559
Hierbas	<i>Anthurium oxibelium</i> Schott	15
	<i>Anthurium</i> sp.	21
	<i>Asplenium harpeodes</i> Kunze.	3
	<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G.Clark & Londoño	33
	<i>Blechnum occidentale</i> L.	222
	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	2
	<i>Elaphoglossum cuspidatum</i> (Willd.) T. Moore	1
	<i>Elaphoglossum</i> sp.	8
	<i>Epidendrum lacustre</i> Lindl.	1
	<i>Epidendrum</i> sp.	3
	<i>Panicum stigmatosum</i> Trin.	229
	<i>Pennisetum latifolium</i> Spreng.	9
	<i>Peperomia galioides</i> Kunth	44
	<i>peperomia obtusifolia</i> (L.) A. Dietr.	356
	<i>Polypodium laevigatum</i> Cav.	5
<i>Polypodium</i> sp.	7	

	<i>Polypogon laevigatum</i>	1
	<i>Rynchospora tenuis</i> Link	3
	<i>Securidaca</i> sp.	7
	<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching	1
	<i>Uncinia hamata</i> (Sw.) Urb.	5
	<i>Zeugites americanus</i> Will.	79
Total	22	1050

4.1.2. Parámetros estructurales del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR

En la tabla 5, se especifican los parámetros estructurales calculados con los datos de los 559 individuos/ha, se muestran las 10 especies representativas del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR, en el anexo 1, se presentan los resultados totales.

Tabla 5. Parámetros estructurales de las 10 especies principales del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.

Familia	N. Científico	D (Ind/ha)	AbR%	FR %	IVI %
Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	145	25,94	12,68	38,62
Piperaceae	<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	102	18,25	15,49	33,74
Rubiaceae	<i>Psichotrya</i> sp.	56	10,02	3,52	13,54
Urticaceae	<i>Phenax hirtus</i> (Sw.) Wedd	53	9,48	11,97	21,45
Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C. Presl	43	7,69	8,45	16,14
Urticaceae	<i>Bumelia</i> sp.	1	0,18	0,70	0,88
Campanulaceae	<i>Centropogon erythraeus</i> Drake.	1	0,18	0,70	0,88
Rubiaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1	0,18	0,70	0,88
Nyctagynaceae	<i>Colignonia scandens</i> Benth.	1	0,18	0,70	0,88
Cyatheaceae	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	1	0,18	0,70	0,88

Densidad Absoluta (D); Densidad Relativa (AbR); Frecuencia Relativa (FR); Índice de Valor de Importancia (IVI).

En el estrato arbustivo del bosque andino del PUEAR, las especies abundantes son *Palicourea amethystina* (Ruiz & Pav.) DC. con una densidad de 145 ind/ha; seguida de *Piper*

asperiusculum Kunth con 102 ind/ha; *Psichotrya* sp. y *Phenax hirtus* (Sw.) Wedd con 56 y 53 ind/ha respectivamente; mientras que las especies con menor abundancia son: *Bumelia* sp, *Centropogon erythraeus* Drake, *Prunus opaca* (Benth.) Walp, *Colignonia scandens* Benth, *Cyathea caracasana* (Klotzsch) Domin con un solo ind/ha.

Los arbustos que se encuentran con mayor frecuencia son: *Piper asperiusculum* Kunth con 15,49 %, *Palicourea amethystina* (Ruiz & Pav.) DC con el 12,68 %, y *Phenax hirtus* (Sw.) Wedd. con el 11,97 %; mientras que las especies con menor frecuencia son: *Bumelia* sp., *Centropogon erythraeus* Drake, *Prunus opaca* (Benth.) Walp, *Colignonia scandens* Benth, *Cyathea caracasana* (Klotzsch) Domin con el 0,70 % respectivamente.

Referente al Índice de Valor de Importancia, en el estrato arbustivo se destacan especies como *Palicourea amethystina* (Ruiz & Pav.) DC. con 38,62 %, *Piper asperiusculum* Kunth con 33,74 % y *Phenax hirtus* (Sw.) Wedd. con 21,45 %. Especies arbustivas como *Bumelia* sp, *Centropogon erythraeus* Drake, *Prunus opaca* (Benth.) Walp, *Colignonia scandens* Benth, *Cyathea caracasana* (Klotzsch) Domin con 0,70 % presentan IVI bajo.

4.1.3. Parámetros estructurales del componente herbáceo del bosque andino del PUEAR

En el componente herbáceo se registró 1 050 individuos/ ha, en la tabla 6 se muestran las 10 especies representativas presentes en el bosque andino del PUEAR. En el anexo 2, constan los resultados del total de especies.

Tabla 6. Parámetros estructurales de las 10 especies con mayores valores del componente herbáceo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.

Familia	Nombre. Científico	D (Ind/ha)	AbR %	FR %	IVI %
Piperaceae	<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A. Dietr.	346	30,32	15,97	46,29
Poaceae	<i>Panicum stigmatosum</i> Trin.	229	20,07	16,81	36,88
Blechnaceae	<i>Blechnum occidentale</i> L.	222	19,46	15,13	34,58
Poaceae	<i>Zeugites americanus</i> Will.	79	6,92	4,20	11,13
Piperaceae	<i>Peperomia galioides</i> Kunth	44	4,19	7,77	11,96
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	2	0,18	0,84	1,02
Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum cuspidatum</i> (Willd.) T. Moore	1	0,18	0,84	1,02

Orchidaceae	<i>Epidendrum lacustre</i> Lindl.	1	0,09	0,84	0,93
Poaceae	<i>Polypogon laevigatum</i> Cav.	1	0,09	0,84	0,93
Gleichenaceae	<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching	1	0,09	0,84	0,93

Densidad Absoluta (D); Abundancia Relativa (AbR); Frecuencia Relativa (FR); Índice de Valor de Importancia (IVI).

Las especies abundantes del componente herbáceo fueron: *Peperomia obtusifolia* (L.) A. Dietr con una densidad de 364 ind/ha; seguida de *Panicum stigmatum* Trin. con 229 ind/ha; *Blechnum occidentale* L. con 222 ind/ha. Las especies con menor abundancia son: *Elaphoglossum cuspidatum* (Willd.) T. Moore, *Epidendrum lacustre* Lindl, *Polypogon laevigatum* Cav, *Sticherus revolutus* (Kunth) Ching con un solo ind/ha.

Las especies más frecuentes del bosque andino del PUEAR, fueron: *Panicum stigmatum* Trin. con 16,81 %; *peperomia obtusifolia* (L.) A. Dietr con 15,97 %; seguida de *Blechnum occidentale* L. con 15,13 %. Las especies con menor frecuencia son: *Elaphoglossum cuspidatum* (Willd.) T. Moore, *Epidendrum lacustre* Lindl, *Polypogon laevigatum* Cav, *Sticherus revolutus* (Kunth) Ching con 0,84 % respectivamente.

Las especies con mayores valores de IVI del estrato herbáceo son: *Peperomia obtusifolia* (L.) A. Dietr con 46,29 %; seguida de *Panicum stigmatum* Trin. con 36,88 %; *Blechnum occidentale* L. con 34,58 %. Las especies con menor IVI son: *Elaphoglossum cuspidatum* (Willd.) T. Moore, *Epidendrum lacustre* Lindl, *Polypogon laevigatum* Cav, *Sticherus revolutus* (Kunth) Ching con 0,93 % cada una.

4.1.4. Índice de diversidad de Shannon del componente arbustivo

El índice de Shannon del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR, presenta una diversidad de 2,45 que significa una diversidad media, en la tabla 7, se presentan dichos valores.

Tabla 7. Cálculo del Índice de Shannon de las especies del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.

Nombre científico	No. ind	Pi	Log (Pi)	Log2Pi* Pi
<i>Acalypha stenoloba</i> Müll. Arg.	7	0,0125	-4,3802	-0,0549
<i>Ageratina debdroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	2	0,0036	-5,6330	-0,0202
<i>Atheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.	18	0,0322	-3,4358	-0,1106
<i>Alloplectus</i> sp.	4	0,0072	-4,9399	-0,0353
<i>Bidens squarrosa</i> Kunth	6	0,0107	-4,5344	-0,0487
<i>Boehmeria</i> sp.	3	0,0054	-5,2275	-0,0281
<i>Bumelia</i> sp.	1	0,0018	-6,3261	-0,0113
<i>Centropogon erythraeus</i> Drake.	1	0,0018	-6,3261	-0,0113
<i>Chromolaena leptcephala</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	11	0,0197	-3,9283	-0,0773
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	1	0,0018	-6,3261	-0,0113
<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	1	0,0018	-6,3261	-0,0113
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	8	0,0143	-4,2467	-0,0608
<i>Liabum igniarium</i> Less.	3	0,0054	-5,2275	-0,0281
<i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn.) Bitter	32	0,0572	-2,8604	-0,1637
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	4	0,0072	-4,9399	-0,0353
<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	2	0,0036	-5,6330	-0,0202
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	145	0,2594	-1,3494	-0,3500
<i>Palicourea weberbaueri</i> K. Krause	3	0,0054	-5,2275	-0,0281
<i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero	8	0,0143	-4,2467	-0,0608

<i>Passiflora manicata</i>	3	0,0054	-5,2275	-0,0281
<i>Phenax hirtus</i> (Sw.) Wedd	53	0,0948	-2,3559	-0,2234
<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	102	0,1825	-1,7012	-0,3104
<i>Piper barbatum</i> Kunth	6	0,0107	-4,5344	-0,0487
<i>Piper bogotense</i> C. DC	2	0,0036	-5,6330	-0,0202
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1	0,0018	-6,3261	-0,0113
<i>Psichotrya</i> sp.	56	0,1002	-2,3008	-0,2305
<i>Rubus robustus</i> C.Presl	43	0,0769	-2,5649	-0,1973
<i>Senecio iscoensis</i> Hieron	2	0,0036	-5,6330	-0,0202
<i>Smilax benthamiana</i> A. DC.	12	0,0215	-3,8412	-0,0825
<i>Smilax glauca</i> Walter	19	0,0340	-3,3817	-0,1149
Total	559			-2,455

4.1.5. Índice de Equititividad de Pielou del componente arbustivo

El índice de equitatividad de Pielou del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR, presenta una diversidad de 0,72 que corresponde a una diversidad media que significa “homogéneo en abundancia”.

$$E = \frac{H'}{H_{\max}}$$

$$E = \frac{-2,455}{-3,401}$$

$E = 0,72$ diversidad alta “Homogéneo en abundancia”

4.1.6. Índice de diversidad de Shannon de hierbas

El componente herbáceo presenta una diversidad considerada como baja (1,89), en la tabla 8 se presentan los cálculos.

Tabla 8. Cálculo del Índice de Shannon de las especies del componente herbáceo del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.

Nombre científico	# ind	Pi	Log2Pi	Log2Pi* Pi
<i>Anthurium oxibelium</i> Schott	15	0,0143	-4,2485	-0,0607
<i>Anthurium</i> sp.	21	0,0200	-3,9120	-0,0782
<i>Asplenium harpeodes</i> Kunze.	3	0,0029	-5,8579	-0,0167
<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G. Clark & Londoño	38	0,0362	-3,3190	-0,1201
<i>Blechnum occidentale</i> L.	222	0,2114	-1,5539	-0,3285
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	2	0,0019	-6,2634	-0,0119
<i>Elaphoglossum cuspidatum</i> (Willd.) T. Moore	1	0,0010	-6,9565	-0,0066
<i>Elaphoglossum</i> sp.	8	0,0076	-4,8771	-0,0372
<i>Epidendrum lacustre</i> Lindl.	1	0,0010	-6,9565	-0,0066
<i>Epidendrum</i> sp.	3	0,0029	-5,8579	-0,0167
<i>Panicum stigmatosum</i> Trin.	229	0,2181	-1,5228	-0,3321
<i>Pennisetum latifolium</i> Spreng.	9	0,0086	-4,7593	-0,0408
<i>Peperomia galioides</i> Kunth	44	0,0419	-3,1724	-0,1329
<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A. Dietr.	346	0,3295	-1,1101	-0,3658
<i>Polypodium laevigatum</i> Cav.	5	0,0048	-5,3471	-0,0255
<i>Polypodium</i> sp.	7	0,0067	-5,0106	-0,0334
<i>Polypogon laevigatum</i>	1	0,0010	-6,9565	-0,0066
<i>Rynchospora tenuis</i> Link	3	0,0029	-5,8579	-0,0167
<i>Securidaca</i> sp.	7	0,0067	-5,0106	-0,0334
<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching	1	0,0010	-6,9565	-0,0066

<i>Uncinia hamata</i> (Sw.) Urb.	5	0,0048	-5,3471	-0,0255
<i>Zeugites americanus</i> Will.	79	0,0752	-2,5871	-0,1946
Total	1050			-1,8974

4.1.7. Índice de Equitatividad de Pielou del componente herbáceo.

El índice de equitatividad de Pielou del componente herbáceo del bosque andino del PUEAR, presenta una diversidad de 0,61 que corresponde a una diversidad baja que significa “ligeramente heterogéneo en abundancia”.

$$E = \frac{H'}{H_{max}}$$

$$E = \frac{-1,897}{-3,091}$$

$E = 0,61$ diversidad mediana “Ligeramente heterogéneo en abundancia”

4.2. ENDEMISMO DE LAS ESPECIES REGISTRADAS EN EL BOSQUE ANDINO DEL PUEAR.

Se registraron 4 especies endémicas en el componente arbustivo: *Aetheolaena heterophylla* (Turcz.) B. *Centropogon erythraeus* Drake., *Ageratina dendroides* (Spreng.) R.M. King & H. Rob. y *Senecio iscoensis* Hieron, cada una en una categoría de amenaza de acuerdo a la UICN, mismas que se presentan en la tabla 9. Presentan un endemismo nacional de acuerdo a Aguirre (2015), ya que se pueden encontrar en varias provincias del país. Para el componente herbáceo no hubo especies endémicas.

Tabla 9. Especies endémicas y categorizadas de acuerdo a la UICN, del componente arbustivo registradas en el bosque andino del PUEAR y, Loja, Ecuador, marzo de 2018.

Nombre científico	Categoría UICN
<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	VU, vulnerable
<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.	NT, casi amenazada (NT)
<i>Centropogon erythraeus</i> Drake.	EN, en peligro
<i>Senecio iscoensis</i> Hieron	VU, vulnerable

4.3. CARBONO ACUMULADO EN LOS ESTRATOS ARBUSTIVO, HERBÁCEO Y NECROMASA EN UNA PARCELA PERMANENTE DE BOSQUE ANDINO DEL PARQUE UNIVERSITARIO "FRANCISCO VIVAR CASTRO".

Se realizaron mediciones de peso verde (en campo) y peso seco (en laboratorio) en los compartimentos arbustivo, herbáceo y necromasa (hojarasca y detritos), para obtener los valores de biomasa y carbono en una hectárea del bosque andino del PUEAR.

4.3.1. Cantidad de biomasa y carbono acumulado del estrato arbustivo, herbáceo y necromasa en el bosque andino del PUEAR.

La biomasa total de compartimento arbustivo en una hectárea del PUEAR, es de 5,41 Mg/ha. Mientras que la cantidad de carbono acumulado es de 2,7 MgC/ha. En el compartimento herbáceo presenta 5,92 Mg/ha de biomasa, la cantidad de carbono presente corresponde a 2,96 MgC/ha y, la necromasa representa 20,15 Mg/ha de biomasa, y 10,075 MgC/ha corresponde a la cantidad de carbono acumulado. En la tabla 10, se presentan la cantidad de carbono del compartimento arbustivo, herbáceo y necromasa por área muestreada (36 m²) y por hectárea. Los datos totales de estos compartimentos se presentan en el anexo 3.

Tabla 10. Contenido de biomasa y carbono (MgC/ha /ha) fijado en la biomasa del compartimento arbustivo, herbáceo y necromasa del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.

Compartimento arbustivo					
Área	Biomasa/m²	Carbono/m²	Área	Biomasa/ha	Carbono/ha
36 m ²	19,48 kg	9,74 kg/C/m ²	10 000 m ²	5,41 Mg/ha	2,7 MgC/ha
Compartimento herbáceo					
9 m ²	5,33 kg	2,66 kg/C/m ²	10 000 m ²	5,92 Mg/ha	2,96 MgC/ha
Necromasa					
9 m ²	18,140 kg	9,070 kg/C/m ²	10 000 m ²	20,15 Mg/ha	10,075 MgC/ha

4.2. CANTIDAD TOTAL DE CARBONO FIJADO EN TRES COMPARTIMENTOS DEL BOSQUE ANDINO DEL PUEAR.

El carbono total fijado en el área de estudio (1 ha) del bosque andino del PUEAR, considerando los tres compartimentos: arbustos, hierbas, necromasa es de 15,73 MgC/ha.

El bosque andino del PUEAR, tiene una extensión de 12,93 ha, el cual almacena una cantidad de carbono considerando los tres compartimentos: arbustos, hierbas, necromasa; de 203,45 MgC/ha; en la tabla 11 se presentan los valores totales.

Tabla 11. Valores de carbono fijado MgC/ha, correspondiente a los compartimentos de biomasa, arbustiva, herbáceo y necromasa del bosque andino del PUEAR, Loja, Ecuador, marzo de 2018.

Superficie del bosque Andino (PUEAR)	Arbustivo	Herbáceo	Necromasa	Total
1 ha	2,7 MgC/ha	2,96 MgC/ha	10,075 MgC/ha	15,73 MgC/ha
12,93 ha	34,91 MgC/ha	38,27 MgC/ha	130,26 MgC/ha	203,45 MgC/ha

De los tres compartimentos el que más aporta en el almacenamiento de carbono es la necromasa con 130,26 MgC/ha, el arbustivo 34,91 MgC/ha y el herbáceo 38,27 MgC/ha.

4.3. DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Se elaboró un tríptico (Anexo 6), entregando en el día de la socialización de los resultados de la investigación a estudiantes de la Carrera de Ingeniería Forestal y a personas involucradas al Parque Universitario “Francisco Vivar Castro”, en donde se dio a conocer la composición florística, endemismo, de los componentes arbustivo, herbáceo, además sobre la captura de carbón en los compartimentos arbustivo, herbáceo y necromasa del bosque andino del PUEAR (Figura 6).



Figura 6. Difusión de los resultados obtenidos en los componentes arbustivo, herbáceo, además sobre la captura de carbón en los compartimentos arbustivo, herbáceo y necromasa del bosque andino del PUEAR.

5. DISCUSIÓN

5.1. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DEL ESTRATO ARBUSTIVO DEL BOSQUE ANDINO DEL PUEAR.

La composición florística del compartimento arbustivo de la parcela permanente del bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” dado por 30 especies incluidos en 24 géneros y 16 familias; son similares a lo reportado por Yucta (2016) que registra la diversidad florística en bosques remanentes naturales en tres sitios distintos El Naque (Parroquia Malacátos) del cantón Loja, se encontraron 30 especies comprendidas en 26 géneros y 20 familias, manteniendo un grado de similitud en lo que respecta al número de especies; En Uritusinga se registró 21 especies, 16 géneros y 11 familias. En San Simón (Zamora Huayco) se contabilizaron 23 especies arbustivas distribuidos en 16 géneros y 8 familias.

En estos dos últimos sitios Uritusinga y San Simón (Zamora Huayco) la vegetación se localiza entre 2646 msnm a 2818 msnm, cuyos bosques son muy similares entre sí florísticamente y muy diversos (Lozano *et al*, 2003). Sin embargo, en estos bosques existen un menor número de especies, pero con mayor número de individuos en comparación al área de estudio en el PUEAR. Considerando estos estudios, la composición florística del bosque andino del Parque Universitario posee más especies que los estudios ya antes mencionados, por tal razón, éste bosque es un remanente boscoso en proceso de recuperación.

5.2. COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DEL ESTRATO HERBÁCEO DEL BOSQUE ANDINO DEL PUEAR.

La composición florística del compartimento herbáceo registrada en las parcelas ubicadas en el bosque andino del PUEAR es de 22 especies; estos resultados son similares a lo reportado por Yucta (2016) en tres remanentes boscosos montanos en El Naque (parroquia Malacátos) la diversidad florística herbácea es de 29 especies comprendidas en 28 géneros y 21 familias; En Uritusinga se registró 28 especies representadas en 27 géneros y 14 familias; En San Simón (Zamora Huayco) 38 especies distribuidos en 32 géneros y 21 familia.

5.3. PARÁMETROS ESTRUCTURALES DEL COMPONENTE ARBUSTIVO DEL BOSQUE ANDINO DEL PUEAR.

Las especies del componente arbustivo ecológicamente más importantes de acuerdo al IVI del estudio fueron: *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Phenax hirtus*, *Rubus robustus*;

Estas especies son diferentes a las reportadas por Yucta (2016), en tres remantes boscosos, porque han sufrido intervención o perturbaciones antrópicas; si comparamos estas especies con el área de estudio en el PUEAR, son especies típicas de áreas que han sido intervenidas; en El Naque (Parroquia Malacátos) destacando las especies *Miconia lutescens* (Bonpl.) DC., *Rubus robustus* C. Presl y *Chusquea scandens* Kunth; en San Simón (Zamora Huayco) sobresalieron las especies *Rubus robustus* C. Presl, *Tibouchina laxa* (Desr.) Cogn. y *Lepechinia mutica* (Benth.) Epling; en Uritusinga resaltaron las especies *Rubus robustus* C. Presl, *Tibouchina laxa* (Desr.) Cogn. y *Baccharis obtusifolia* Kunth, éstas especies tienen el IVI más alto de estos ecosistemas.

Estas especies son diferentes, porque en estos tres remanentes boscosos han sufrido intervención o perturbaciones antrópicas; si comparamos estas especies con el área de estudio en el PUEAR, son especies típicas de áreas que han sido intervenidas.

5.4. PARÁMETROS ESTRUCTURALES DEL COMPONENTE HERBÁCEO DEL BOSQUE ANDINO DEL PUEAR.

De acuerdo al IVI las especies más importantes ecológicamente del componente herbáceo fueron: *Peperomia obtusifolia*, *Panicum stigmatum* y *Blechnum occidentale*; lo que difiere a lo reportado por Yucta (2016), en tres remantes boscosos en El Naque (parroquia Malacátos) aquí destacan las especies: *Blechnum occidentale* L., *Melinis minutiflora* P. Beauv y *Hydrocotyle humboldtii* A. Rich; en San Simón (Zamora Huayco) destacando las especies: *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon, *Axonopus compressus* (Sw) P. Beauv(Sw) P. Beauv. y *Melinis minutiflora* P. Beauv; en Uritusinga sobresalen *Axonopus compressus* (Sw) P. Beauv(Sw) P. Beauv, *Commelina diffusa* Burm. F. y *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, estas especies tienen el IVI más alto de estos ecosistemas, esta diferencia se debe al grado de perturbación y madurez de los distintos escenarios de investigación.

5.5. ENDEMISMO DEL COMPONENTE ARBUSTIVO DEL BOSQUE ANDINO DEL PUEAR

En bosque andino del PUEAR, se registran cuatro especies endémicas según el libro rojo de las especies endémicas del Ecuador (Leon-Yañez *et al.*, 2011), demostrando que este bosque andino es hábitat de protección de 4 especies endémicas, esto es muy significativo porque permite justificar la toma de medidas para la conservación de la diversidad biológica del PUEAR.

5.6. CUANTIFICACIÓN DEL CARBONO FIJADO EN EL COMPONENTE ARBUSTIVO, HERBÁCEO Y NECROMASA DEL BOSQUE ANDINO DEL PUEAR

La diferencia del contenido de carbono en los compartimentos de biomasa viva y necromasa está influenciada por el área de muestreo y por sus pesos, puesto que para la recolección de arbustos se realizó en un área de 2 m², en la biomasa herbazal se recolectó en un área de 1 m² al igual que la necromasa.

En esta investigación se obtuvo el contenido de carbono de los compartimentos: arbustivo, herbáceo y necromasa del bosque andino del PUEAR, existiendo 15,73 MgC/ha; siendo 2,7 MgC/ha para arbustos, 2,96 MgC/ha para hierbas y 10,075 MgC/ha en la necromasa; datos diferentes a lo reportado por Ayala y Villa (2013) que reportó 5,19 MgC/ha en la necromasa del páramo arbustivo, y 0,87 MgC/ha en el páramo herbáceo del PNY; Esto no 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.

Comparando con el estudio realizado por Eyzaguirre (2015) donde los resultados demuestran similitud a los obtenidos en esta investigación, reporta que, en los bosques andinos de Huancayo, Perú, almacena, 15 t C/ha en el componente sotobosque.

Por otro lado Aguirre et al., (1999) determinaron la productividad de cuatro bosques secundarios en la serranía del Ecuador, obteniendo resultados de biomasa, así: bosque mono-específico de *Alnus acuminata* (Oyacachi, provincia de Napo) de 133,5 t/C/ha a una altitud de 3 200 msnm; 158 t/C/ha en un bosque mono-específico de *Polylepis incana* en Pifo (provincia del Pichincha), a una altitud de 3 600 msnm; 127,5 t/C/ha en un bosque mixto cerca de la reserva Maquipucuna, provincia del Pichincha, a una altitud de 2 300 msnm; y, 74 t/C/ha en un bosque montano mixto en Santiago, provincia de Loja, en altitudes entre 2 600 a 2 900 msnm; Moser et al. (2011) en los bosques nublados del sur del Ecuador (2 380 m msnm) de altitud, reporta de 67 MgC/ha, de los cuales 48 Mg corresponden a la biomasa aérea y 19 a biomasa subterránea; Gibbon et al. (2010) en los bosques nublados del Perú (Parque Nacional del Manu), reporta un contenido de 63,4 ± 5,2 MgC/ha en la biomasa aérea, datos diferentes a los de la presente investigación, debido a que en estos estudios el compartimento evaluado es el arbóreo.

6. CONCLUSIONES

- La diversidad florística del bosque andino del “PUEAR”, es mediana según el índice de Shannon para el estrato arbustivo que significa que este estrato es Homogéneo en abundancia de especies y, baja para el estrato herbáceo que demuestra ser ligeramente heterogéneo en abundancia de especies.
- Las especies ecológicamente más importantes del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR son: *Palicourea amethystina* (Ruiz & Pav.), *Piper asperiusculum* Kunth, *Phenax hirtus* (Sw.) Wedd y *Rubus robustus* C. Pres. En el componente herbáceo las especies ecológicamente más importantes son: *Peperomia obtusifolia* (L.) A. Dietr., *Panicum stigmatosum* Trin. y *Blechnum occidentale* L., estas especies son típicas de encontrar en los bosques andinos del Sur del Ecuador.
- Se registraron 4 especies endémicas para el componente arbustivo, *Aetheolaena heterophylla*, *Centropogon erythraeus*, *Ageratina dendroides* y *Senecio iscoensis*, las 4 especies son de endemismo nacional.
- De los tres compartimentos estudiados: arbustivo herbáceo y necromasa del bosque andino del “PUEAR” la necromasa es quien más almaceno carbono de este bosque andino.

7. RECOMENDACIONES

- Tener en cuenta la metodología y resultados de esta investigación como base para nuevos estudios en cuantificación de carbono y realizar análisis comparativo de los contenidos de carbono existente en cada compartimento en los diferentes bosques andinos del Ecuador.
- Debido al contenido de carbono almacenado en el bosque andino del PUEAR, se recomienda procurar conservarlo en su estado natural manteniendo este beneficio para la humanidad y, a la vez incentivar el desarrollo de estudios que permitan identificar el potencial de fijación de carbono que representa una buena oportunidad para poder ingresar a mercados de pago por servicios ambientales por el secuestro y retención de carbono.
- Conservar y proteger el bosque andino del PUEAR, por las especies endémicas que presenta y porque su diversidad de especies florísticas sirve de refugio para la fauna silvestre, especialmente para aves migratorias.
- Monitorear en época de floración las especies del compartimento arbustivo con el fin de coleccionar muestras fértiles para completar la identificación taxonómica y descripción de sus características botánicas.
- Realizar campañas de educación ambiental, enfocadas a la diversidad de especies arbustivas en el bosque andino del PUEAR, para su mantenimiento y conservación en la Región Sur del Ecuador.

8. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, M. M., J. Vargas H., A. Velázquez M. y J. D. Etchevers B. (2002). *Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México*. *Agrociencia*. 36:752-736.
- Agudelo, M. (2009). *Biomasa aérea y contenido de carbono en bosques de Quercus humboldtii y Colombobalanus excelsa: corredor de conservación de robles Guantiva – la Rusia – Iguaque (Santander – Boyacá)*. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali.
- Aguirre, Z. & N. Aguirre. (1999). Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales. *Herbario 24 (2): Julio - diciembre, 2017 Loja No. 5*. Departamento de Botánica y Ecología de la Universidad Nacional de Loja. Loja – Ecuador.
- Aguirre, Z. (2001). *Diversidad y composición florística de un área de vegetación disturbada por un incendio forestal* (Doctoral dissertation, Tesis de Magíster en Manejo Sustentable de los recursos Naturales. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ec). p 36).
- Aguirre, Z. (2013). Guía para la medición de la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Aguirre, Z. (2015). Biodiversidad Ecuatoriana, *estrategias e instrumentos para su manejo y conservación*. Universidad Nacional de Loja, p 133.
- Aguirre, Z., Gonzales, A., y López, N. (2006). *Evaluación del estado de conservación de áreas protegidas y bosques protectores de las provincias de Loja y Zamora Chinchipe y perspectivas de intervención*, Loja Ecuador. 585 p.
- Aguirre, Z., Madsen, J. E., Cotton, E. y Balslev, H. (2000). Botánica austroecuatorial: estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chichipe. *Ediciones Abya Yala, Quito -Ecuador* 484 p.
- Aguirre, Z., y Yaguana, C (2014). Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. *Francisco Vivar Castro*. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.

- Aguirre, Z., Yaguana, C., y Gaona, T. (2016). Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Aleaga, L. (2014). *Patrones de diversidad y distribución de plantas leñosas en una gradiente altitudinal entre la provincia de Loja y Zamora Chinchipe*. Tesis de Grado previa a la Obtención del Título de Ingeniera en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja, p 153
- Alvarez, G. (2008). *Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia* *Allometric models for estimating biomass of two native species in forest plantations in the tropics of Cochabamba, Bolivia* (No. Thesis A473mo). CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Alvear, M.; J. Betancur Y P. Franco-Rosselli. 2010. Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, cordillera central colombiana. *Revista Botánica-Florística, Caldasia* Vol. 32(1):39-63.
- Auner, R. (2013). Identificación y caracterización de las especies forestales del bosque montano Las Palmas-Chota.
- Avendaño Hernandez, D. M., Acosta Mireles, M., Carrillo Anzures, F., & Etchevers Barra, J. D. (2009). Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. *Revista fitotecnica mexicana*, 32(3), 233-238.
- Ayala, L., Y Villa, M. (2013). *Cuantificación del carbono existente en el ecosistema páramo del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe* (Bachelor's thesis, Loja: Universidad Nacional de Loja).
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., y Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del Parque Nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. *Revista Cedamaz*, 4(1), 45–52.
- Baker, T., Coronado, E., Phillips, O., Martin, J., van der Heijden, G., Garcia, M., Y Espejo, J. (2007). Low stocks of coarse woody debris in a southwest Amazonian forest. *Oecologia*, 152(3), 495-504.

- Baquero, F., Sierra, R., Ordoñez, L., Tipan, M., espinosa, L., Rivera, M.B., Soria, P. (2004). *La vegetación de los Andes del Ecuador, memoria explicativa de los mapas de vegetación potencial y remanente de los Andes del Ecuador, a escala 250 000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras*. Quito Ec. Instituto Geográfico Militar, 56 p.
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer* (Vol. 134). Food & Agriculture Org.
- Cadena, M., y Ángeles, P. (2005). Almacenes de carbono en hojarasca en bosques manejados de *Pinus patula* en Zacualtipán, Hidalgo. In *Memoria de Resúmenes del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. CONAFOR. Fundación Produce Chihuahua. Fideicomiso Chihuahua Forestal. FIRA. CONAZA. INIFAP. SEMARNAT. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Chihuahua. Chihuahua. Chih. México (pp. 422-423).
- Castro, M. (2011). Una valoración económica del almacenamiento de agua y carbono en los bofedales de los Paramos ecuatorianos.
- Cerón, M. (1993). Manual de botánica ecuatoriana, sistemática y métodos de estudio en el Ecuador. Ediciones Abya – Ayala. Quito, Ecuador. p 315.
- Chao, K., Phillips, O., y Baker, T. (2008). Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape. *Canadian Journal of Forest Research*, 38(4), 795-805.
- Cielsa, W. (1996). Cambio climático, bosques y ordenación forestal una visión de conjunto. *Estudio FAO Montes (FAO)*, (126).
- Conza, P. (1998). Estudio de la Estructura, el potencial forestal y posibilidades de Manejo del Bosque Natural, cuenca del Río Jamboe. *Zamora Chinchipe. Tesis Ing. For. Universidad Nacional de Loja. AARNR. Loja-Ec*, 14-18.
- Cuesta, F., Peralvo, M., y Valarezo, N. (2009). Los bosques montanos de los Andes Tropicales. Una evaluación regional de su estado de conservación y de su vulnerabilidad a efectos del cambio climático. *Serie investigación y sistematización*, 5. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERACION. Quito

- Dauber, E. (2006). Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. *Revista Forestal Iberoamericana*. IUFRO – RIFALC. Venezuela. Disponible en: <http://www.revforiberoamericana.ula.ve>
- Desarrollo Forestal Campesino. (1997). Manejo de bosque nativos andinos “*Metodología para la planificación participativa*” Documento de Trabajo # 6 Quito – Ecuador – Pág. 72.
- Emanuel, W., Killough, G., Post W., y Shugart, H. (1984). *Modeling terrestrial ecosystems in the global carbon cycle with shifts in carbon storage capacity by land-use change*. *Ecology* 65(3):970-983.
- Eyzaguirre, I. (2015). Stock de carbono almacenado en la biomasa aérea, sotobosque y suelo en bosques andinos, Huancayo, Perú, 2013 Stock of Carbon stored in the biomass, sotobosque and soil in andean forests, Huancayo, Perú, 2013. *Revista ECIPerú Volumen, 11* (2).
- FAO. (2009). *Situación de los bosques del mundo 2009*. FAO, Roma, Italia.
- FAO. (2012). *Los bosques y el cambio climático 2012*. <http://www.fao.org/forestry/climatechange/53459/es>.
- FAO. (2015). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015*. Roma (disponible en: www.fao.org/forest-resources-assessment/es).
- Fehse, J., Aguirre, N., Paladines, C., Hofstede, R., & Sevink, J. (1999). La productividad de cuatro bosques secundarios en la sierra del Ecuador. *Proyecto ECOPAR, Quito, Ecuador*.
- Fonseca, W., Alice, F., y Rey, J. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque (Valdivia)*, 30(1), 36-47.
- Gastiazoro, J. (2001). Cátedra de Ecología. Ecología – Centro de Estudiantes. Facultad de Agronomía. UBA., pp 4 – 5.
- Gayoso, J., Guerra, J., & Alarcón, D. (2002). Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. *Valdivia (Chile): Universidad Austral de Chile, Proyecto*

medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Informe Final, Documento, 53.

- Gibbon, A., Silman, M., Malhi, Y., Fisher, J., Meir, P., Zimmermann, M., ... y Garcia, K. (2010). Ecosystem carbon storage across the grassland–forest transition in the high Andes of Manu National Park, Perú. *Ecosystems*, 13 (7), 1097-1111.
- Grijalva, J., Checa, X., Ramos, R., Barrera, P., y Limongi, R. (2012). *Situación de los Recursos Genéticos Forestales–Informe País Ecuador. Preparado por el Programa Nacional de Forestería del INIAP con aval del INIAP* (p. 95). FAO/MAE/MAGAP/MMRREE. Documento sometido a la Comisión Forestal de la FAO-Roma, para preparación del Primer Informe sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en el Mundo.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2014). Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Técnico, Ginebra, 2014, 157.
- Guarnizo, C., y Villa, M. (1995). Inventario de los recursos suelo y vegetación del Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación “La Argelia” (PUEAR),
- Guiselle, B. (1989). Parcelas de muestreo permanente, una herramienta de Investigación de nuestros Bosques.
- Hidalgo-Nistri, F. (1998). *Los Antiguos Paisajes Forestales del Ecuador, una reconstrucción de sus primitivos ecosistemas*. ABYA YALA. Quito-Ecuador.
- Honorio Coronado, E., y Baker, T. (2010). Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos.
- IPCC Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. (2000). Land use, landuse change, and forestry special report. Cambridge University Press. Cambridge. 377 p.
- Leigh, E. (1999). *Tropical forest ecology: a view from Barro Colorado Island*. Oxford University Press on Demand.

- León, S., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., Ulloa, C. y Navarrete, H. (2011). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. 2a edición. Publicaciones Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Lozano, D., y Yaguana, C. (2009). *Composición florística, estructura y endemismo del bosque nublado de las reservas naturales: Tapichalaca y Numbala, cantón Palanda, Zamora-Chinchipe* (Doctoral dissertation, Tesis de grado de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador).
- Lozano, P., Delgado, T., y Aguirre, Z. (2003). *Estado actual de la flora endémica exclusiva y su distribución en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus* Publicaciones de la fundación ecuatoriana para la investigación y desarrollo de la botánica. Loja, Ecuador.
- MacDicken, K. (1994). *Selection and management of nitrogen-fixing trees*. Winrock International Institute for Agricultural Development.
- MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador) Y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). (2015). *Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. Quito.
- MARENA. (2000). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Nicaragua. Proyecto Primera Comunicación Nacional*, PNUD-NIC/98/G31- MARENA. Managua, junio del 2000.
- Margalef, R. (1972). *Homage to Evelyn Hutchinson, or why there is an upper limit to diversity*. Connecticut Academy of Arts and Sciences.
- Martino, Daniel L. (2001.) *Los sumideros de carbono en el mecanismo de desarrollo limpio del protocolo de Kioto. Secuestro de carbono atmosférico*. Instituto Nacional de investigación Agropecuaria de Uruguay.
- Matteucci, S., y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*.
- Ministerio del Ambiente. (2013). *Proyecto Mapa de Vegetación del Ecuador Continental*. Ministerio del Ambiente. Quito.
- Mooney, H., y Dunn, E. (1970). Photosynthetic systems of Mediterranean-climate shrubs and trees of California and Chile. *The American Naturalist*, 104(939), 447-453.

- Morocho, D., Arcoiris, F., y Romero, J. (2003). Bosques del sur: el estado de 12 remanentes de bosques andinos de la provincia de Loja. Fundación Ecológica Arcoiris/PROBONA/DICA. Loja, Ecuador.
- Moser, G., Leuschner, C., Hertel, D., Graefe, S., Soethe, N., y Iost, S. (2011). Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (S Ecuador): the role of the belowground compartment. *Global Change Biology*, 17(6), 2211-2226.
- Muñoz, W.(2017). “TEXTO BÁSICO PARA PROFESIONAL EN INGENIERÍA FORESTAL. EN EL ÁREA DE FISIOLOGÍA VEGETAL.
- Peet, R. (1975). Relative diversity indices. *Ecology*, 56(2), 496-498.
- Brown, S. (1997). Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono. In *Actas del XI Congreso Mundial Forestal: Recursos Forestales y Arboles* (Vol. 1, pp. 13-22).
- Forestal, D. (2005). Sociedad Española de Ciencias Forestales. *Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España, 1314.*
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853.
- Navarrete, D., Duque, A., Yepes, A., Phillips, J., Cabrera, K., López, E., Rivera, C., García, M., y Ordoñez, M. (2011). Madera muerta: un reservorio de carbono en bosques naturales de Colombia. *Validación metodológica para su medición en el marco de proyectos REDD+*. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales IDEAM-Bogotá: Editorial Scripto.
- Neill, D., y Ulloa, C. (2011). *Adiciones a la flora del Ecuador: segundo suplemento; 2005-2010*. Fundación Jatun Sacha, Quito, Ecuador.
- Moreno, C. E. (2001). ORCYT-UNESCO Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA).
- Ordóñez, B., De Jong H., y Maser, O. (2001). Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus*, Michoacán. *Madera y Bosques* 7(2):27-47

- Padilla, N., Y Lara, A. (2017). Valoración económica ambiental del compartimiento leñoso como una alternativa para conservar la biodiversidad del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(1).
- Pardo, D., y Mogrovejo, R. (2004). Composición florística, endemismo, etnobotánica y perspectivas de conservación del bosque nativo Huashapamba, cantón Saraguro. *Universidad Nacional de Loja/Facultad de Ciencias Agrícolas*, 169.
- Parresol, B. (1999). Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest science*, 45(4), 573-593.
- Patzelt, E., Y Echeverría, M. (1996). *Flora del Ecuador* (No. 582 (866) PAT). Quito: Banco Central del Ecuador.
- Paucar, M. (2011). *Composición y estructura de un bosque montano, sector Licto, cantón Papate, provincia de Tungurahua*. Tesis previa a la obtención de ingeniera forestal Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de recursos naturales. Riobamba – Ecuador, p 57
- Pielou, E. (1975). Ecology diversity. *New York: John*.
- Quinteros, Y. (2016). *Estructura y composición florística asociada al hábitat de crecimiento de Cinchona officinalis L. en la provincia de Loja* (Bachelor's thesis, Loja: Universidad Nacional de Loja).
- Rasal, M., Troncos, J., Lizano, C., Parihuamán, O., y Quevedo D. (2012). La vegetación terrestre del bosque montano de Lanchurán (Piura, Perú). *Caldasia*, 34(1): Pp 1-24.
- Romero, M., Velasteguí, D., y Robles, M. (2011). Descripción de las Cadenas Productivas de Madera en el Ecuador. *Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente*.
- RPS-Qualitas, (2006). Consultoría de Calidad y Laboratorio, consultado el 13 de julio del 2016, recuperado de http://www.rpsqualitas.es/documentacion/downloads/ensayos/metodos_de_muestreo.pdf
- Salas, J. y Infante, A. (2006). Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Revista Forestal Latinoamericana*.

Venezuela.

Disponible

en:

<http://eslared.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/forestallatinoamericana/vol21num2/articulo3.pdf>

Sánchez, O., y Rosales, C. (2002). *Dinámica poblacional en el bosque nublado del Parque Nacional Podocarpus, sector Cajanuma* (Doctoral dissertation, Tesis Ing. For. Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja).

Santín, A., y Vidal González, E. J. (2012). *Generación de una línea base de los reservorios de carbono de los páramos del PNP y evaluación de su aplicación como mecanismo de mitigación al cambio climático* (Bachelor's thesis).

Segura, M., y Andrade Castañeda, H. J. (2008). ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes?

Sierra R., Cerón C., Palacios W., y Valencia R. (1999) Mapa de vegetación del Ecuador Continental 1:1'000.000. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF, Wildlife Conservation Society y Ecociencia, Quito.

Tipper, R. (1998). Update on carbon offsets. *Tropical Forest Update*, 8(1), 2-5.

Tobón, C. (2009). Los bosques andinos y el agua, serie investigación y sistematización# 4. *Quito: Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERACIÓN, CONDESAN.*

Torres, R., J.M. y A. Guevara S. (2002). El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta ecológica*, (63), 40-59

Valencia, R., Pitman, N., Leon Yanez, S., y Jorgensen, P. M. (2000). Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. *Quito: Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador iv, 489p.-. ISBN, 1388836317.*

Vélez, P., y Oswaldo, K. (2013). *Composición florística, estructura y endemismo de un bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonía, en el cantón Taisha, Morona Santiago* (Bachelor's thesis).

Vespa, M. (2002). Climate Change 2001: Kyoto at Bonn and Marrakech. *Ecology LQ*, 29, 395.

- Watson, M. (1984). Developmental constraints: effect on population growth and patterns of resource allocation in a clonal plant. *The American Naturalist*, 123(3), 411-426.
- Wilcke, W., Hess, T., Bengel, C., Homeier, J., Valarezo, C., y Zech, W. (2005). Coarse woody debris in a montane forest in Ecuador: mass, C and nutrient stock, and turnover. *Forest Ecology and Management*, 205(1-3), 139-147.
- Woodwell, G., Whittaker, R. (1998). *The biota and the world carbon budget*. Science 199 (4325).
- Young, K. (2006). Bosques húmedos. *Botánica Económica de los Andes Centrales.*, 121-129.

9. ANEXOS

Anexo 1. Parámetros estructurales del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR, Loja, 2018.

Familia	N. Científico	D (Ind/ha)	AbR %	FR %	IVI %
Rubiaceae	<i>Acalypha stenoloba</i> Müll. Arg.	7	1,25	4,23	5,48
Asteraceae	<i>Ageratina debdroides</i> (Spreng.) R.M.King & H. Rob.	2	0,36	0,70	1,06
Asteraceae	<i>Ahetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.	18	3,22	1,41	4,63
Gesneriaceae	<i>Alloplectus</i> sp.	4	0,72	0,70	1,42
Asteraceae	<i>Bidens squarrosa</i> Kunth	6	1,07	1,41	2,48
Urticaceae	<i>boehmeria</i> sp.	3	0,54	0,70	1,24
urticacea	<i>bumelia</i> sp.	1	0,18	0,70	0,88
Campanulaceae	<i>Centropogon erythraeus</i> Drake.	1	0,18	0,70	0,88
Asteraceae	<i>Chromolaena leptcephala</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	11	1,97	6,34	8,31
Nyctagynaceae	<i>Colignonia scandens</i> Benth.	1	0,18	0,70	0,88
Cyatheaceae	<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	1	0,18	0,70	0,88
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	8	1,43	4,23	5,66
Asteraceae	<i>Liabum igniarium</i> Less.	3	0,54	0,70	1,24
Solanaceae	<i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn.) Bitter	32	5,72	4,23	9,95
Melastomataceae	<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	4	0,72	1,41	2,12
Asteraceae	<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	2	0,36	1,41	1,77
Rubiaceae	<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	145	25,94	12,68	38,62
Rubiaceae	<i>Palicourea weberbaueri</i> K. Krause	3	0,54	1,41	1,95
Asteraceae	<i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero	8	1,43	3,52	4,95
Passifloraceae	<i>Passiflora manicata</i>	3	0,54	0,70	1,24
Urticaceae	<i>Phenax hirtus</i> (Sw.) Wedd	53	9,48	11,97	21,45
Piperaceae	<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	102	18,25	15,49	33,74
Piperaceae	<i>Piper barbatum</i> Kunth	6	1,07	2,11	3,19
Piperaceae	<i>Piper bogotense</i> C. DC	2	0,36	0,70	1,06
Rubiaceae	<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	1	0,18	0,70	0,88
Rubiaceae	<i>Psichotrya</i> sp.	56	10,02	3,52	13,54
Rosaceae	<i>Rubus robustus</i> C.Presl	43	7,69	8,45	16,14
Asteraceae	<i>Senecio iscoensis</i> Hieron	2	0,36	1,41	1,77
Smilacaceae	<i>Smilax benthamiana</i> A. DC.	12	2,15	4,23	6,37
Smilacaceae	<i>Smilax glauca</i> Walter	19	3,40	2,82	6,22

Total	559	100	100	200
--------------	------------	------------	------------	------------

Anexo 2. Parámetros estructurales del componente herbáceo del bosque andino del PUEAR, Loja, 2018.

Familia	N. Científico	D (Ind/ha)	AbR %	FR %	IVI %
Araceae	<i>Anthurium oxibelium</i> Schott	15	1,43	1,43	2,86
Araceae	<i>Anthurium</i> sp.	21	2,00	2,00	4,00
Aspleniaceae	<i>Asplenium harpeodes</i> Kunze.	3	0,29	0,29	0,57
Poaceae	<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G.Clark & Londoño	38	3,62	3,62	7,24
Blechnaceae	<i>Blechnum occidentale</i> L.	222	21,14	21,14	42,29
Commelinaceae	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	2	0,19	0,19	0,38
Dryoteridaceae	<i>Elaphoglossum cuspidatum</i> (Willd.) T. Moore	1	0,10	0,10	0,19
Dryoteridaceae	<i>Elaphoglossum</i> sp.	8	0,76	0,76	1,52
Orchidaceae	<i>Epidendrum lacustre</i> Lindl.	1	0,10	0,10	0,19
Orchidaceae	<i>Epidendrum</i> sp.	3	0,29	0,29	0,57
Poaceae	<i>Panicum stigmatosum</i> Trin.	229	21,81	21,81	43,62
Poaceae	<i>Pennisetum latifolium</i> Spreng.	9	0,86	0,86	1,71
piperaceae	<i>Peperomia galioides</i> Kunth	44	4,19	4,19	8,38
piperaceae	<i>peperomia obtusifolia</i> (L.) A. Dietr.	346	32,95	32,95	65,90
Polypodiaceae	<i>Polypodium laevigatum</i> Cav.	5	0,48	0,48	0,95
Polypodiaceae	<i>Polypodium</i> sp.	7	0,67	0,67	1,33
Poaceae	<i>Polypogon laevigatum</i>	1	0,10	0,10	0,19
Cyperaceae	<i>Rynchospora tenuis</i> Link	3	0,29	0,29	0,57
Fabaceae	<i>Securidaca</i> sp	7	0,67	0,67	1,33
Gleichenaceae	<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching	1	0,10	0,10	0,19
Cyperaceae	<i>Uncinia hamata</i> (Sw.) Urb.	5	0,48	0,48	0,95
Poaceae	<i>Zeugites americanus</i> Will.	79	7,52	7,52	15,05
Total		1050	100	100	200

Anexo 3 Valores de biomasa y carbono (t/C/ha) fijado en el compartimento arbustivo en el bosque andino del PUEAR, Loja, 2018.

BASE DE DATOS DE ESTIMACIÓN DE CARBONO EN ARBUSTOS										
					BIOMASA			CARBONO		
Subparcela	P verde total (kg)	P verde (kg)	P seco (kg)	días	Kg/m²	Kg/ha	Tno/HA	kg/C/m²	Kg/C/ha	Tno/C/ha
Y	3,2	1	0,3774	6	1,21	335,47	0,34	0,60	167,73	0,17
S	3	1	0,339	6	1,02	282,50	0,28	0,51	141,25	0,14
U	10	1	0,5323	6	5,32	1478,61	1,48	2,66	739,31	0,74
Q	8,4	1	0,3001	6	2,52	700,23	0,70	1,26	350,12	0,35
M	2,4	1	0,4263	6	1,02	284,20	0,28	0,51	142,1	0,14
I	9,6	1	0,4519	6	4,34	1205,07	1,21	2,17	602,53	0,60
G	4,8	1	0,4873	6	2,34	649,73	0,65	1,17	324,87	0,32
A	2	1	0,3824	6	0,76	212,44	0,21	0,38	106,22	0,11
E	4	1	0,2368	6	0,95	263,11	0,26	0,47	131,56	0,13
TOTAL					19,48	5411,37	5,41	9,74	2705,7	2,7

Anexo 4. Valores de biomasa y carbono (t/C/ha) fijado en el compartimento herbáceo en el bosque andino del PUEAR, Loja, 2018.

BASE DE DATOS DE ESTIMACIÓN DE CARBONO EN HIERBAS										
					BIOMASA			CARBONO		
Subparcela	P verde total (kg)	P verde (kg)	P seco (kg)	Día	Kg/m²	Kg/ha	Tno/HA	kg/C/m²	Kg/C/ha	Tno/C/ha
Y	1	0,7091	0,1129	6	0,16	176,91	0,18	0,08	88,45	0,09
S	0,5	0,3343	0,0837	6	0,13	139,10	0,14	0,06	69,54	0,07
U	1,81	1	0,4667	6	0,84	938,59	0,94	0,42	469,29	0,47
Q	2,4	1	0,4723	6	1,13	1259,47	1,26	0,57	629,73	0,63
M	2,4	1	0,5863	6	1,41	1563,47	1,56	0,70	781,73	0,78
I	1,5	1	0,4766	6	0,71	794,33	0,79	0,36	397,17	0,40
G	1,5	1	0,2963	6	0,44	493,83	0,49	0,22	246,92	0,25
A	1	1	0,236	6	0,24	262,22	0,26	0,12	131,11	0,13
E	1	1	0,2627	6	0,26	291,89	0,29	0,13	145,94	0,15
TOTAL					5,33	5919,80	5,92	2,66	2959,9	2,96

Anexo 5. Valores de biomasa y carbono (t/C/ha) fijado en la necromasa del bosque andino del PUEAR, Loja, 2018.

BASE DE DATOS DE ESTIMACIÓN DE CARBONO EN NECROMASA										
					BIOMASA			CARBONO		
Subparcela	P verde total (kg)	P verde (kg)	P seco (kg)	Día	Kg/m ²	Kg/ha	Tno/HA	kg/C/m ²	Kg/C/ha	Tno/C/ha
Y	9,77	1	0,3033	6	2,96	3292,49	3,29	1,48	1646,25	1,65
S	6,833	1	0,2894	6	1,98	2197,19	2,20	0,99	1098,59	1,10
U	5,33	1	0,2878	6	1,53	1704,42	1,70	0,77	852,21	0,85
Q	7,833	1	0,2894	6	2,27	2518,74	2,52	1,13	1259,37	1,26
M	6,933	1	0,2894	6	2,01	2229,34	2,23	1,00	1114,67	1,11
I	5,833	1	0,3053	6	1,78	1978,68	1,98	0,89	989,34	0,99
G	5,833	1	0,3053	6	1,78	1978,68	1,98	0,89	989,34	0,99
A	5,166	1	0,2963	6	1,53	1700,76	1,70	0,77	850,38	0,85
E	7,533	1	0,3053	6	2,30	2555,36	2,56	1,15	1277,68	1,28
TOTAL					18,14	20155,67	20,16	9,07	10077,84	10,078

Anexo 6. Tríptico informativo de resultados obtenidos en el componente arbustivo, herbáceo y cantidad de carbono de los compartimentos arbustivo, herbáceo y necromasa del bosque montano del PUEAR.

INTRODUCCIÓN

En la región andina existe remanentes de bosques, los cuales abarcan una interesante diversidad de especies florísticas del Ecuador, se reportan 9 865 especies (64 % del total). De acuerdo a Young (2006), los bosques almacenan carbono en los fustes de los árboles y en la materia orgánica del suelo, ayudando de esta forma con el ciclo de dióxido de carbono. Los bosques andinos son importantes en el mantenimiento del clima a escala regional y continental y, ofertan una gama de servicios ecosistémico como: provisión de agua, control de la erosión y regulación de clima, belleza escénica, protección de la biodiversidad; cumplen una función transcendental en el almacenamiento y balance del carbono atmosférico ya que pueden llegar a acumular entre 20 y 40 toneladas de carbono por hectárea, lo que convierte en sumideros muy importantes.

En este contexto, para documentar la dinámica del carbono en los bosques andinos, se impulsó esta investigación en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", con la finalidad de generar información en cuanto a la estimación y acumulación de carbono en una parcela permanente instalada en bosque andino y su relación con su composición florística. Esta investigación forma parte del proyecto denominado: "Procesos ecológicos de la vegetación del bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", ejecutada por la Universidad Nacional de Loja. Se plantean los objetivos:

General:

- ❖ Contribuir a la generación de información sobre diversidad florística y captura del carbono acumulado del estrato arbustivo, herbáceo y necromasa en una parcela permanente del bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro". en el cantón Loja, Ecuador.

Específicos:

- ❖ Conocer la diversidad florística de los estratos arbustivo y herbáceo en una parcela permanente de bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro".
- ❖ Determinar el carbono acumulado de los estratos arbustivo, herbáceo y necromasa en una parcela permanente de bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro".
- ❖ Difundir los resultados obtenidos en esta investigación a interesados y actores involucrados.

METODOLOGÍA

La investigación se realizó en el Parque Universitario "Francisco Vivar C.", propiedad de la Universidad Nacional de Loja.

Se instaló una parcela permanente de una hectárea (10 000 m²), subdividida en 25 subparcelas de 400 m² (20 x 20 m). Dentro de estas parcelas se instalaron 25 subparcelas de 5 x 5 para arbustos y 25 de 1 x 1 m para hierbas. Se determinó el endemismo mediante análisis comparativo de las especies registradas en el área de estudio con el Libro Rojo de Plantas Endémicas del Ecuador.

Para el cálculo de carbono, en cada parcela de muestreo de 20 m x 20 m, se instalaron nueve subparcelas anidadas de 4 m² para arbustos, de 1 m² para hierbas y necromasa, en las cuales se recolectó toda la vegetación de sotobosque (arbustos): tronco, ramas, ramillas y hojas; vegetación herbácea y, necromasa (hojarasca, mantillo y detritos de madera). Se pesó *in situ* cada componente obteniendo el peso húmedo total de cada uno, luego se colectó una muestra de 1 kg de cada componente y se transportaron en bolsas plásticas bien identificadas al laboratorio para ser secado durante 120

horas a 80°C, hasta alcanzar un contenido de humedad constante (12 %). Posteriormente con el peso húmedo (en campo) y su peso seco (en laboratorio), se determinó la relación peso seco/peso húmedo.

Luego se procede a calcular la biomasa usando siguiente formula.

$$BT = \frac{psm}{phm} * pht \quad (Ec. 1)$$

Dónde:

Bt: Biomasa total
psm: Peso seco de la muestra
phm: peso húmedo de la muestra
pht: peso húmedo total

Y para conocer el contenido de carbono almacenado se multiplica la biomasa por el valor constante de conversión (0,5).



Figura1. Mapa de ubicación del área de estudio

RESULTADOS

Diversidad florística

La diversidad florística del bosque andino del PUEAR, del componente arbustivo registró 30 especies incluidos en 24 géneros y 16 familias de plantas vasculares; y, 22 especies herbáceas, dentro 17 géneros y 10 familias.

Parámetros estructurales

Las especies con IVI más alto del componente arbustivo son: *Palicourea amethystina*, *Piper asperiusculum*, *Phenax hirtus*, *Rubus robustus*; y, para el competente herbáceo son: *Peperomia obtusifolia*, *Panicum stigmatum* y *Blechnum occidentale*.

Endemismo

Se registraron 4 especies endémicas para el componente arbustivo, *Atheolaena heterophylla*, *Centropogon erythraeus*, *Ageratina dendroides*, y *Senecio iscoensis*, las especies están dentro de las categorías de la UICN.

Cantidad total de carbono fijado en tres compartimentos del bosque andino del PUEAR.

El carbono almacenado en el bosque andino del PUEAR, es de 203,45 t/C/ha, en una superficie de 12,93 ha; donde el compartimento arbustivo es de 34,91 t/C/ha, compartimento herbáceo 38,27 t/C/ha y para la necromasa es de 130,26t/C/ha.

Tabla 1. Valores de carbono fijado t/C/ha, correspondiente a los compartimentos de biomasa, arbustiva, herbáceo y necromasa del bosque andino del PUEAR.

Superficie del bosque (PUEAR)	Arbustivo t/C/ha	Herbáceo t/C/ha	Necromasa t/C/ha	Total t/C/ha
1 ha	2,7	2,9	10,07	15,7
12,93 ha	34,9	38,2	130,2	203,4

CONCLUSIONES

- ❖ La diversidad florística del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR, es de 30 especies de plantas vasculares incluidos en 24 géneros y 16 familias y, en el componente herbáceo se registraron 22 especies distribuidos en 17 géneros y 10 familias.
- ❖ Las especies con mayor IVI del componente arbustivo del bosque andino del PUEAR son: *Palicourea amethystina* con el valor más alto en la densidad relativa; seguido de *Piper asperiusculum*, *Phenax* y *Rubus robustus*. En el componente herbáceo las especies con mayor valor del IVI son: *Peperomia obtusifolia*, *Panicum stigmatum* y *Blechnum occidentale*.
- ❖ Se registraron 4 especies endémicas para el componente arbustivo, *Atheolaena heterophylla*, *Centropogon erythraeus*, *Ageratina dendroides* y *Senecio iscoensis*, las 4 especies son de endemismo nacional.
- ❖ El carbono total fijado en el bosque andino del PUEAR, considerando los tres compartimentos: arbustos, hierbas, necromasa es de 15,73 t/C/ha y de 203,45 t/C/ha en una superficie de 12,93 ha.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LOJA**

**FACULTAD AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES
RENOVABLES**

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL



Estimación del carbono acumulado en el estrato arbustivo, herbáceo y necromasa en una parcela permanente del bosque andino del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador.

AUTOR:
Darwin Jasmany Pinza Ochoa

DIRECTOR:
Ing. Zhofre Aguirre Mendoza Ph.D.

Loja – Ecuador
2018



