

# **Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador**

## **Estimation of accumulated carbon in a permanent plot of Andean forest in the Francisco Vivar Castro university park, Loja, Ecuador**

*Zhofre Aguirre Mendoza\* & Wilson Quizhpe C.*

Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, ECUADOR

\*Autor para correspondencia: [zhofre.aguirre@unl.edu.ec](mailto:zhofre.aguirre@unl.edu.ec)

*Darwin Pinza*

Egresado de la carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja, Loja, ECUADOR



## Resumen

Los ecosistemas naturales proveen varios servicios ambientales, uno de ellos es la captura de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En el parque universitario Francisco Vivar Castro en Loja, existe bosque andino donde se ejecutó esta investigación, con el objetivo de determinar la composición florística y estimación de carbono acumulado en los estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo y necromasa. Se instaló una parcela permanente de una hectárea, que se subdividió en 25 parcelas de 20 x 20 m, aquí se midieron todos los árboles  $\geq$  5 cm de DAP; para los arbustos se instalaron 25 subparcelas de 5 x 5 y 25 parcelas de 1 x 1 m para hierbas. Se identificaron las especies de los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. Para estimar el contenido de carbono en el estrato arbóreo se midió DAP y altura, con lo cual se calculó el volumen, luego con la densidad básica de cada especie se obtuvo la biomasa que multiplicada por 0,5 da el carbono acumulado. Para arbustos, se instalaron nueve subparcelas de 4 m<sup>2</sup>, recolectando toda la vegetación; y nueve de 1 m<sup>2</sup> para hierbas y necromasa (hojarasca, mantillo y detritos de madera); se pesó cada componente en campo (peso húmedo total) y se colectó 1 kg de cada componente, ésta se secó durante 120 horas a 80 °C, se determinó la relación peso seco/peso húmedo y se calculó la biomasa que al multiplicar por 0,5 proporciona el carbono acumulado. Se registraron 92 especies, de éstas 33 son árboles, 35 arbustos y 24 herbáceas. El carbono total fijado en una parcela de una hectárea de bosque andino considerando árboles, arbustos, hierbas y necromasa es de 42,29 MgC/ha; y el carbono total sería de 546,86 MgC/ha en 12,93 ha de bosque existente.

**Palabras clave:** bosque andino, composición florística, carbono almacenado, necromasa.

## Abstract

Natural ecosystems provide several environmental services, one of them is the capture of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). In the Francisco Vivar Castro university park in Loja, there is Andean forest where this research was carried out, with the aim of determining the floristic composition and estimation of accumulated carbon in the arboreal, shrub, herbaceous and necromass strata. A permanent plot of one hectare was installed, which was subdivided into 25 parcels of 20 x 20 m, here all trees were measured  $\geq$  5 cm DBH; for the bushes, 25 subplots of 5 x 5 were installed and 25 plots of 1 x 1 m for herbs. The species of the arboreal, shrub, herbaceous strata were identified. To estimate the carbon content in the tree stratum, DBH and height were measured, wherewith the volume was calculated, then with the basic density of each species the biomass was obtained, which multiplied by 0.5 results the accumulated carbon. For shrubs, nine subplots of 4 m<sup>2</sup> were installed, collecting all the vegetation; and nine of 1 m<sup>2</sup> for herbs and necromass (leaf litter, mulch and wood debris); each component was weighed in the field (total wet weight) and 1 kg of each component was collected, then dried for 120 hours at 80 °C, the dry weight/wet weight ratio was determined and the biomass was calculated which multiplied by 0.5 provides the accumulated carbon. 92 species were recorded, of these 33 are trees, 35 shrubs and 24 herbaceous. The total carbon fixed in a plot of one hectare of Andean forest considering trees, shrubs, herbs and necromass is 42.29 MgC/ha; and the total carbon would be 546.86 MgC/ha in 12.93 ha of existing forest.

**Keywords:** Andean forest, floristic composition, stored carbon, necromass.

**Citación:** Aguirre, Z.; W. Quizhpe & D. Pinza. 2018. Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa* 25 (3): 939-952. DOI: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25307>

## Introducción

En la región andina existen remanentes de bosques, los cuales abarcan una interesante diversidad de especies de flora del Ecuador. 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 ecosistémicos 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 (Cuesta *et al.*, 2009).

Los bosques constituyen los principales productores de materia orgánica, durante los procesos de fotosíntesis, absorben el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) 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 (O<sub>2</sub>) (Muñoz, 2017).

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 & Guevara, 2002).

Según, Cadena & 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).

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).

Este artículo 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; y presenta información sobre composición florística y estimación del carbono acumulado en una parcela permanente instalada en bosque andino.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

La investigación se realizó en una parcela permanente de una hectárea del bosque andino en el Parque Universitario "Francisco Vivar Castro" (PUEAR), ubicado en la parroquia San Sebastián cantón Loja, provincia de Loja, propiedad

de la Universidad Nacional de Loja, tiene una superficie de 99,13 ha, en un rango altitudinal de 2 130 a 2 520 msnm, en las coordenadas UTM: 700 592 – 9 554 223N, 700 970 – 9 553 139S – 701 309 – 9 553 171E, 699 961 – 9 554 049W (Aguirre *et al.*, 2016). En la figura 1 se observa la ubicación del PUEAR.

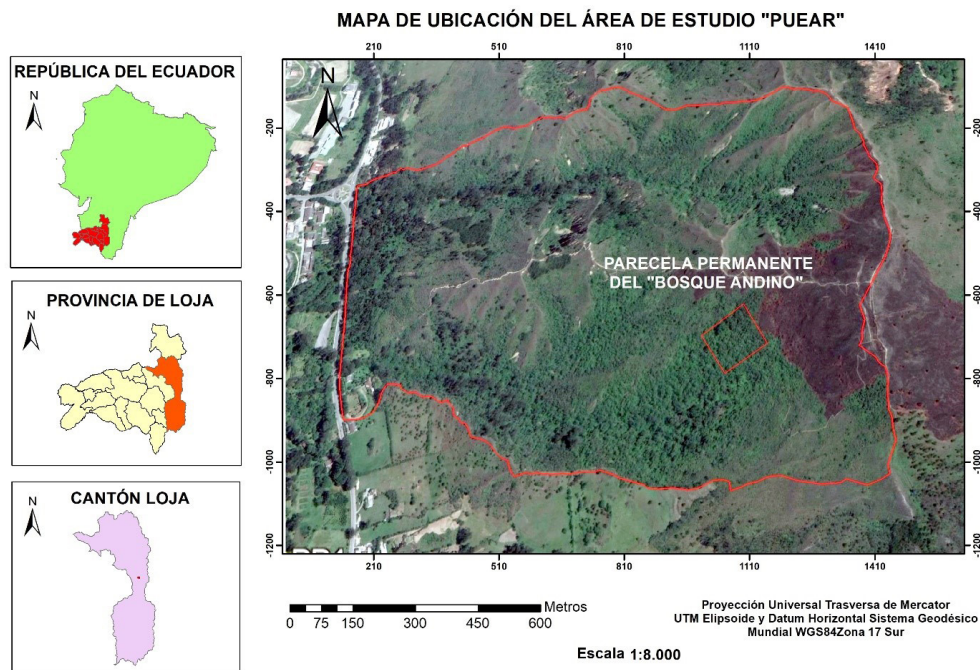


Fig. 1. Mapa de ubicación del área de estudio en el contexto nacional y provincial

### Composición florística de la parcela permanente del parque universitario "Francisco Vivar Castro"

Se instaló una parcela permanente de una hectárea (10 000 m<sup>2</sup>), subdividida en 25 subparcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m), aquí se midió y registró todos los individuos leñosos  $\geq$  a 5 cm de DAP. Dentro de las parcelas de 20 x 20 m se instalaron 25 subparcelas anidadas de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m) y de 1 m<sup>2</sup> (1 x 1 m) que sirvieron para registrar información de arbustos y hierbas.

### Determinación del carbono acumulado del estrato arbóreo parque universitario "Francisco Vivar Castro"

En la parcela permanente de una hectárea (10 000 m<sup>2</sup>), subdividida en 25 subparcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 x 20 m); se midieron todos los elementos leñosos con DAP  $\geq$  a 5 cm, también su altura, con estos datos se calculó el volumen de madera, este a su vez se multiplicó con la densidad básica de cada especie y se obtuvo la biomasa.

Además para el cálculo del carbono acumulado en los árboles se considera la biomasa radicular y foliar, para el caso de la raíz se estima que el 30 % de la biomasa total del árbol corresponde a la raíz y, para la copa el 20 % (MacDicken, 1994), finalmente la biomasa total del árbol = biomasa del árbol + biomasa de raíz + biomasa de copa; y, para conocer el contenido de carbono almacenado en el estrato arbóreo se multiplicó la biomasa por el valor constante de conversión 0,5 (IPCC *et al.*, 2003; Aguirre & Aguirre, 2004).

#### **Determinación del carbono acumulado de los estratos arbustivo, herbáceo y necromasa parque universitario “Francisco Vivar Castro”**

Para el cálculo de carbono, en arbustos, hierbas y necromasa, en cada parcela de muestreo de 20 m x 20 m, se instalaron nueve subparcelas anidadas de 4 m<sup>2</sup> para arbustos, nueve de 1 m<sup>2</sup> para hierbas y necromasa, en las cuáles 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 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, para luego calcular la biomasa usando la fórmula:

$$BT = \frac{psm}{phm} * pht$$

Donde:

Bt: Biomasa total

psm: Peso seco de la muestra

phm: peso húmedo de la muestra

pht: peso húmedo total

Para estimar el contenido de carbono almacenado en estos estratos se multiplicó la biomasa por el valor constante de conversión 0,5 (IPCC *et al.*, 2003; Aguirre y Aguirre, 2004).

## **Resultados**

### **Diversidad florística de la parcela permanente en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”**

La diversidad florística de la parcela permanente en el bosque andino del PUEAR es de 92 especies, de éstas 33 son árboles de 28 géneros y 21 familias; 35 especies arbustivas de 27 géneros y 19 familias; y, 24 especies herbáceas, dentro 19 géneros y 14 familias (Anexo todas las especies). De estas especies 4 son endémicas del Ecuador: *Ahetheolaena heterophylla* (Asteraceae), *Centropogon erythraeus* (Campanulaceae), *Ageratina dendroides* (Asteraceae) y *Senecio iscoensis* (Asteraceae).

### **Biomasa y carbono acumulado en el estrato arbóreo existente en la parcela permanente del parque universitario “Francisco Vivar Castro”**

Considerando los elementos leñosos mayores o iguales a 5 cm de DAP, los resultados que demuestran que en el componente arbóreo de la parcela permanente en el bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro”, existen almacenados 26,56 Mg de carbono (Tabla 1)

**Tabla 1.** Contenido de carbono de estrato arbóreo en una parcela permanente en el parque universitario “Francisco Vivar Castro”.

Biomasa de fustes en una hectárea (Mg)	34,27
Contenido carbono en Fustes (Mg)	17,14
Contenido carbono en Raíces (Mg)	5,142
Contenido carbono en copas (Mg)	4,285
<b>Total contenido de carbono MgC/ha</b>	<b>26,57</b>

**Biomasa y carbono acumulado del estrato arbustivo, herbáceo y necromasa en el bosque andino parque universitario “Francisco Vivar Castro”**

La biomasa total de compartimento arbustivo en una hectárea del PUEAR, es de 5,41 MgC/ha; mientras que el carbono acumulado es de 2,7 MgC/ha. El compartimento herbáceo presenta

5,92 Mg/ha de biomasa, la cantidad de carbono presente es de 2,96 MgC/ha; y, la necromasa representa 20,15 Mg/ha de biomasa y la cantidad de carbono acumulado es de 10,075 MgC/ha. La cantidad de carbono del compartimento arbustivo, herbáceo y necromasa por área muestreada y por hectárea se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Contenido de biomasa y carbono (MgC/ha) fijado en la biomasa del compartimento arbustivo, herbáceo y necromasa del PUEAR.

Compartimento arbustivo					
Área	Biomasa/ m <sup>2</sup>	Carbono/ m <sup>2</sup>	Área	Biomasa/ ha	Carbono/ha
36 m <sup>2</sup>	19,48 kg	9,74 kgC/ m <sup>2</sup>	10 000 m <sup>2</sup>	5,41 Mg/ ha	2,7 MgC/ha
Compartimento herbáceo					
9 m <sup>2</sup>	5,33 kg	2,66 kgC/ m <sup>2</sup>	10 000 m <sup>2</sup>	5,92 Mg/ ha	2,96 MgC/ha
Necromasa					
9 m <sup>2</sup>	18,140 kg	9,070 kgC/ m <sup>2</sup>	10 000 m <sup>2</sup>	20,15 Mg/ ha	10,07 MgC/ha

**Cantidad total de carbono fijado en los cuatro compartimentos del bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro”.**

El carbono total fijado en una (1 ha) del bosque andino del PUEAR, considerando los cuatro compartimentos: árboles, arbustos, hierbas y necromasa es

de 42,29 MgC/ha. El bosque andino del PUEAR, tiene una superficie de 12,93 ha, el cual almacena una cantidad de carbono de 546,86 MgC/ha (Tabla 3).

**Tabla 3.** Valores de carbono MgC/ha correspondiente a los compartimentos arbóreo, arbustivo, herbáceo y necromasa del bosque andino del PUEAR.

Superficie del bosque Andino (PUEAR)	Arbóreo MgC/ha	Arbustivo MgC/ha	Herbáceo MgC/ha	Necromasa MgC/ha	Total MgC/ha
1 ha	26,56	2,7	2,96	10,07	42,29
12,93 ha	343,42	34,91	38,27	130,26	546,86

### Discusión

#### Composición florística de una hectárea de bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro”

La composición florística de una parcela permanente del bosque andino del Parque Universitario “Francisco Vivar Castro” es de 92 especies, de éstas 33 son árboles; 35 especies de arbustos y 24 especies herbáceas; resultados similares a los reportados por Sánchez y Rosales en Cajanuma dentro del Parque Nacional Podocarpus; y, menores a los de Cango (2018) en una parcela permanente en el bosque Huashapamba de Saraguro, donde indica que se han registrado 54 especies arbóreas dentro de 39 géneros en 27 familias.

Referente a los resultados del estrato arbustivo 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 distribuidas en 16 géneros y 8 familias.

En los sitios Uritusinga y San imón

(Zamora Huayco) la vegetación se localiza entre 2646 msnm a 2818 msnm, cuyos bosques son 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. Los resultados de composición florística del bosque andino del Parque Universitario demuestran que este bosque es un remanente boscoso en proceso de recuperación.

La composición florística del estrato herbáceo registrada en la parcela del bosque andino del PUEAR es de 24 especies; 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.

#### Cuantificación del carbono fijado en los componente arbóreo del bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro”

En la parcela de bosque andino del PUEAR el contenido de carbono por hectárea es 26,56 MgC/ha, es bajo en comparación con otros estudios,

como los de Aguirre *et al.* (1999) que 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 MgC/ha a una altitud de 3 200 msnm; 158 tC/ha en un bosque mono-específico de *Polylepis incana* en Pifo (provincia del Pichincha), a una altitud de 3 600 msnm; 127,5 MgC/ha en un bosque mixto cerca de la reserva Maquipucuna, provincia de Pichincha, a una altitud de 2 300 msnm; y, 74 MgC ha<sup>-1</sup> 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 67 MgC/ha, de los cuales 48 MgC corresponden a la biomasa aérea y 19 MgC a biomasa subterránea; y 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.

#### **Cuantificación del carbono fijado en los componentes arbustivo, herbáceo y necromasa del bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro”**

El contenido de carbono de los compartimentos: arbustivo, herbáceo y necromasa del bosque andino del PUEAR es de 15,73 MgC/ha, 2,7 Mg ha<sup>-1</sup> en 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), 5,19 MgC/ha en la necromasa del páramo arbustivo, y 0,87 MgC/ha en el páramo herbáceo del PNY; y 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

kgC/m<sup>2</sup>, y en el páramo herbáceo el menor valor fue 0,29 kgC/m<sup>2</sup>.

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 MgC/ha en el componente sotobosque.

Posiblemente la gran diferencia del contenido de carbono especialmente en el compartimento leñoso (biomasa viva) está influenciada por el uso de las densidades básicas de las especies que en su mayoría son maderas suaves y árboles delgados, debido a la alteración sufrida por estos bosques y por encontrarse en procesos de recuperación.

#### **Conclusiones**

La diversidad florística del bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro” es de 92 especies, de éstas 33 son árboles de 28 géneros y 21 familias; 35 especies arbustivas de 27 géneros y 19 familias; y, 24 especies herbáceas, dentro 19 géneros y 14 familias.

El carbono total fijado en el bosque andino del PUEAR, considerando los cuatro compartimentos: árboles, arbustos, hierbas y necromasa es de 42,29 MgC/ha y si se considera el total del área de bosque existente (12,93 ha) es de 546,86 MgC/ha.

#### **Contribución de los autores**

Z. A. M.: director del proyecto, organización de los trabajos para levantamiento de la información de campo, correcciones del manuscrito hasta la versión final. D. P.: trabajos de levantamiento de la información en campo, identificación de muestras botánicas, organización de la base de datos



y tabulación. W. P.: elaboración y revisión del manuscrito original.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

### Literatura citada

- 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.** 2013. Guía para la medición de la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Aguirre, Z.; C. Yaguana & T. Gaona.** 2016. Parque Universitario de Educación Ambiental y Recreación Ing. Francisco Vivar Castro. Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Avenidaño Hernández, D. M.; M. Acosta Mireles; F. Carrillo Anzures & J. D. Etchevers Barra.** 2009. Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. Revista fitotecnica mexicana, 32(3): 233-238.
- Cango, L.** 2018. Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso del bosque Huashapamba, cantón Saraguro, provincia de Loja. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Loja.
- Cadena, M. O. I. & P. G. Ángeles.** 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).
- Cuesta, F., M. Peralvo & N. Valarezo.** 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
- Eyzaguirre, I. L.** 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 ECI Perú Volumen, 11 (2).
- FAO.** 2012. Los bosques y el cambio climático 2012. <http://www.fao.org/forestry/climatechange/53459/es>.
- Gibbon, A.; M. R. Silman; Y. Malhi; J. B. Fisher; P. Meir; M. Zimmermann; ... & K. C. Garcia.** 2010. Ecosystem carbon storage across the grassland–forest transition in the high Andes of Manu National Park, Perú. *Ecosystems*, 13 (7): 1097-1111.
- MacDicken, K. G.** 1994. Selection and management of nitrogen fixing trees. Winrock International. Morrilton, Arkansas. USA. ISBN 0-933595-86-7
- Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).** 2000. Land use, landuse change, and forestry special report. Cambridge University Press. Cambridge.
- León, S., R. Valencia; N. Pitman; L. Endara; C. Ulloa & H. Navarrete.** 2011. Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador. 2a edición. Publicaciones Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Lozano, P.; T. Delgado & Z. Aguirre.** 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.
- Moser, G., C. Leuschner; D. Hertel; S. Graefe; N. Soethe & S. Iost.** 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. A.** 2017. Texto básico para profesional en Ingeniería Forestal. En el área de fisiología vegetal.
- Ordóñez, B.; H. J. De Jong & O. Masera.** 2001. Almacenamiento de carbono en un bosque de *Pinus pseudostrobus*, Michoacán. *Madera y Bosques* 7(2): 27-47
- Sánchez, O. & C. Rosales.** 2002. Dinámica poblacional en el bosque nublado del Parque Nacional Podocarpus, sector Cajanuma. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Loja. Área

Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables.  
Loja, Ecuador

- Santín Aguirre, A. M. & E. J. Vidal González.** 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. Tesis Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Loja.
- Torres, R., J. M. & A. Guevara.** 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta ecológica*, (63): 40-59
- Young, K. R.** 2006. Bosques húmedos. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. 121-129.
- Yucta, Q. F. M.** 2016. Estructura y composición florística asociada al hábitat de crecimiento de *Cinchona officinalis* L. en la provincia de Loja. Tesis Ingeniería Forestal. Loja. Universidad Nacional de Loja.

## Anexo

### Especies vegetales inventariadas en la parcela permanente de una hectárea en el bosque andino del parque universitario “Francisco Vivar Castro”

Nombre científico	Familia
<b>Árboles</b>	
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Betulaceae
<i>Axinaea macrophylla</i> (Naudin) Triana	Melastomataceae
<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	Meliaceae
<i>Cinchona officinalis</i> L.	Rubiaceae
<i>Cinchona pubescens</i> Vahl	Rubiaceae
<i>Clethra revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Clethraceae
<i>Clusia alata</i> Planch. & Triana	Clusiaceae
<i>Clusia elliptica</i> Kunth	Clusiaceae
<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	Bignoniaceae
<i>Eugenia orthostemon</i> O. Berg	Myrtaceae
<i>Guettarda hirsuta</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Rubiaceae
<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	Chloranthaceae
<i>Meriania tomentosa</i> (Cogn.) Wurdack	Melastomataceae
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae
<i>Morella interrupta</i> (Benth.) Lægaard	Myricaceae
<i>Morus insignis</i> Bureau	Moraceae
<i>Myrsine andina</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae
<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Primulaceae
<i>Myrsine sodiroana</i> (Mez) Pipoly	Primulaceae
<i>Nectandra laurel</i> Klotzsch ex Nees	Lauraceae
<i>Oreopanax andreanus</i> Marchal	Araliaceae
<i>Oreopanax rosei</i> Harms	Araliaceae
<i>Persea brevipes</i> Meisn.	Lauraceae
<i>Prunus opaca</i> (Benth.) Walp.	Rosaceae
<i>Rhamnus granulosa</i> (Ruiz & Pav.) Weberb. ex M.C. Johnst.	Rhanaceae
<i>Roupala loxensis</i> I.M. Johnst.	Proteaceae
<i>Saurauia bullosa</i> Wawra	Actinidaceae
<i>Schefflera acuminata</i> (Ruiz & Pav.) Harms	Araliaceae
<i>Siparuna muricata</i> (Ruiz & Pav.) A. DC.	Siparunaceae
<i>Vallea stipularis</i> L. f.	Alaocarpaceae
<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana & Planch.	Hypericaceae

<i>Weinmannia glabra</i> L. f.	Cunnoniaceae
<i>Zinowiewia madsenii</i> C. Ulloa & P. Jørg.	Celastraceae
<b>Arbustos</b>	
<i>Acalypha stenoloba</i> Müll. Arg	Euphorbiaceae
<i>Ageratina dendroides</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae
<i>Aetheolaena heterophylla</i> (Turcz.) B. Nord.	Asteraceae
<i>Alloplectus</i> sp.	Gesneriaceae
<i>Bidens squarrosa</i> Kunth	Asteraceae
<i>Boehmeria</i> sp.	Urticaceae
<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	Ericaceae
<i>Centropogon erythraeus</i> Drake.	Campanulaceae
<i>Chromolaena leptcephala</i> (DC.) R.M. King & H. Rob.	Asteraceae
<i>Critoniopsis pycnantha</i> (Benth.) H. Rob.	Asteraceae
<i>Colignonia scandens</i> Benth.	Nyctagynaceae
<i>Cyathea caracasana</i> (Klotzsch) Domin	Cyatheaceae
<i>Hedyosmum racemosum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	Chloranthaceae
<i>Hesperomeles obtusifolia</i> (Pers.) Lindl.	Rosaceae
<i>Liabum igniarium</i> Less.	Asteraceae
<i>Lycianthes radiata</i> (Sendtn.) Bitter	Solanaceae
<i>Miconia obscura</i> (Bonpl.) Naudin	Melastomataceae
<i>Monnina hirta</i> (Bonpl.) B. Eriksen	Poligalaceae
<i>Munnozia senecionidis</i> Benth.	Asteraceae
<i>Oreocallis grandiflora</i> (Lam.) R. Br.	Proteaceae
<i>Palicourea amethystina</i> (Ruiz & Pav.) DC.	Rubiaceae
<i>Palicourea heterochroma</i> K. Schum. & K. Krause	Rubiaceae
<i>Palicourea weberbaueri</i> K. Krause	Rubiaceae
<i>Pappobolus acuminatus</i> (S.F. Blake) Panero	Asteraceae
<i>Passiflora manicata</i>	Passifloraceae
<i>Phenax hirtus</i> (Sw.) Wedd	Urticaceae
<i>Phenax laevigatus</i> Wedd.	Urticaceae
<i>Piper asperiusculum</i> Kunth	Piperaceae
<i>Piper barbatum</i> Kunth	Piperaceae
<i>Piper bogotense</i> C. DC	Piperaceae
<i>Psichotrya</i> sp.	Rubiaceae

<i>Rubus robustus</i> C.Presl	Rosaceae
<i>Senecio iscoensis</i> Hieron	Asteraceae
<i>Smilax benthamiana</i> A. DC.	Smilacaceae
<i>Smilax glauca</i> Walter	Smilacaceae
<b>Hierbas</b>	
<i>Anthurium oxibelium</i> Schott	Araceae
<i>Anthurium</i> sp.	Araceae
<i>Asplenium harpeodes</i> Kunze.	Aspleniaceae
<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G.Clark & Londoño	Poaceae
<i>Blechnum occidentale</i> L.	Blechnaceae
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	Commelinaceae
<i>Elaphoglossum cuspidatum</i> (Willd.) T. Moore	Dryopteridaceae
<i>Elaphoglossum</i> sp	Dryopteridaceae
<i>Epidendrum lacustre</i> Lindl.	Orchidaceae
<i>Epidendrum</i> sp.	Orchidaceae
<i>Panicum stigmatosum</i> Trin.	Poaceae
<i>Pennisetum latifolium</i> Spreng.	Poaceae
<i>Peperomia galioides</i> Kunth	Piperaceae
<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A. Dietr.	Piperaceae
<i>Polypodium laevigatum</i> Cav.	Polypodiaceae
<i>Polypodium</i> sp.	Polypodiaceae
<i>Polypogon laevigatum</i>	Poaceae
<i>Rynchospora tenuis</i> Link	Cyperaceae
<i>Securidaca</i> sp.	Fabaceae
<i>Sticherus revolutus</i> (Kunth) Ching	Gleicheniaceae
<i>Uncinia hamata</i> (Sw.) Urb.	Cyperaceae
<i>Verbesina lloensis</i> Hieron.	Asteraceae
<i>Viburnum triphyllum</i> Benth.	Adoxaceae
<i>Zeugites americanus</i> Will.	Poaceae

