

POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO EN EL BOSQUE SECUNDARIO-
GRANJA EXPERIMENTAL BOTANA

LUISA FERNANDA RODRÍGUEZ PINZA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO

2018

POTENCIAL DE CAPTURA DE CARBONO EN EL BOSQUE SECUNDARIO-
GRANJA EXPERIMENTAL BOTANA

LUISA FERNANDA RODRÍGUEZ PINZA

Trabajo de grado para optar al título de INGENIERA AGROFORESTAL

ASESOR

IVÁN ANDRÉS DELGADO VARGAS M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

SAN JUAN DE PASTO

2018

NOTAS DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad de los autores

Artículo 1 del Acuerdo N° 324, octubre 11 de 1966, emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

HUGO FERNEY LEONEL I.F. Ph. D
Jurado

WILLIAM BALLESTEROS PUSUÚ. I.A. Ph. D
Jurado

IVÁN ANDRÉS DELGADO VARGAS.I. A. M.Sc.
Asesor

San Juan de Pasto, 20 de noviembre de 2018.

DEDICATORIA

Mi trabajo de grado lo dedico a Dios, el cual siempre ha estado conmigo, por el amor de mis padres, Lucia y Ricardo, quienes son mi fuente de inspiración para superarme cada día; Es un orgullo y un privilegio ser su hija, son los mejores padres, son mis angelitos, que Dios me envió en la tierra, los cuales siempre han estado a mi lado para apoyarme y lograr que este sueño se haga realidad.

RESUMEN.

Como resultado de la falta de información del bosque alto andino en el departamento de Nariño, con relación al potencial de captura de carbono, surgió la necesidad identificar el potencial de captura en el bosque secundario de la granja experimental Botana (BSGEB), el cual tiene 40 años aproximadamente. Se seleccionaron seis unidades muestrales temporales (UTM), de acuerdo a la metodología del Protocolo para la Estimación Nacional y Sub-nacional de Biomasa–Carbono en Colombia. El área de estudio, se localizó en el BSGEB, (Catambuco, Nariño), 01° 09' 12" N y 77° 18' 31" LO. Se identificó la composición florística, se registraron individuos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) > 10cm y con ellos se determinó el Índice de Valor de Importancia (IVI), y el potencial de captura de carbono. Se encontraron 18 familias, 29 géneros y 37 especies. La especie con mayor IVI fue *Viburnum pichinchense* Benth. El 75% de los individuos se encuentran en el estrato subárboreo, con un promedio de 16 cm de DAP. El stock de carbono es de 146,3 t C ha⁻¹; la familia con el mayor stock fue Adoxaceae con 11,1%; de esta manera, el potencial de carbono el área total es de 42,36 t C ha⁻¹/año, para las 70,5 ha.

Palabras clave: Inventario forestal, biomasa aérea, dióxido de carbono, ecuaciones alométricas.

ABSTRACT.

As a result of the increase in recent years of carbon dioxide (CO₂) concentrations and the direct impact on climate change, the need to identify the carbon sequestration potential in the secondary forest of the Botana experimental farm arose, with an approximate age of 40 years. Where were selected six temporary sampling units (TSU), according to the methodology of the Protocol for the national and subnational estimates of biomass-carbon in Colombia. The study area was located in the second-growth forest of the experimental farm Botana, (Catambuco, Nariño), located at the geographic coordinates 01°09'12"N and 77°18'31"W. The floristic composition was identified, individuals with a diameter at breast height (DBH) greater than 10 cm were registered and with this, the Value of Importance Index (VII), diversity and richness were determined. There were 18 families, 29 genera and 37 species. The species with the highest VII was *Viburnum pichinchense* Benth. 75% of the individuals are in the sub-boarder stratum, with with an average of 16 cm of DBH. The carbon capture stock is 146, 2 t Cha⁻¹; the family that captures more carbon is Adoxaceae with 16,1t Cha⁻¹. Thus, the carbon potential the total area is 42.36 t Cha⁻¹/year, for the 70.5 ha.

Key words: Forest inventory, aerial biomass, Carbon dioxide, allometric equations.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
1. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
1.3. .Estructura Horizontal.....	14
1.4. .Estructura vertical.....	14
1.5. Captura de carbono.....	14
2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
2.1. Estructura horizontal.....	16
2.2. Estructura vertical.....	19
2.3. Captura de Carbono.....	22
CONCLUSIONES.....	24
BIBLIOGRAFÍA.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de las UTM en el Bosque Secundario de la Granja Experimental Botana.	13
Figura 2. Relación de clase diamétrica, estrato y altura en el Bosque Secundario de la Granja Experimental Botana.	20

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición florística del bosque secundario de la Granja Experimental Botana. Universidad de Nariño, Pasto. Nariño.	16
---	----

INTRODUCCIÓN.

El dióxido de carbono (CO₂), es el principal gas efecto invernadero (GEI) antropogénico de la atmósfera (IPCC, 2003 y IPCC, 2006). Durante el período 2006-2015, la fracción de CO₂ emitida por la deforestación y otros cambios de uso de suelo, ha liberado 550 GtC, de las cuales el 44% se acumuló en la atmósfera, el 26% en los océanos y el 30% en la tierra (IPCC, 2018). En este contexto, en el año 2015, se firmó el Acuerdo de París, el cual tiene por objeto, disminuir el aumento de la temperatura media mundial, muy por debajo de los 2°C sobre los niveles preindustriales, así como limitar el aumento a 1,5 °C, lo que reducirá considerablemente los riesgos y el impacto del cambio climático (OMM, 2017).

Colombia, emite el 0,46% de las emisiones GEI globales, de las cuales, el 58% provienen principalmente del cambio de uso de suelos, el sector forestal y agropecuario (IDEAM *et al.*, 2016). En este sentido, para el año 2017, la cobertura de área boscosa representó el 52% de la cobertura total, de las cuales, se deforestaron principalmente en la región andina 10.571.676, por minería y extensión de la frontera agropecuaria, dado que esta zona representa el 70% del PIB nacional (García *et al.*, 2016; González *et al.*, 2018)

De acuerdo a lo anterior, se plantean medidas de mitigación, frente al cambio climático, las cuales giran en torno a reducir las concentraciones de CO₂, entre las que se encuentran, trabajo sostenible con plantaciones forestales comerciales, sin detrimento de las áreas boscosas naturales, implementación de sistemas agroforestales con alto potencial de captura de carbono, mejora de prácticas de fertilización, ganadería sostenible, restauración ecológica y reducción de la deforestación (García *et al.*, 2016)

En este orden de ideas, El instituto de Hidrología y Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2010; IDEAM, 2017), en el marco de sus funciones, ha venido estudiado los bosques de Colombia desde el año 1998, con un enfoque de oferta, demanda, dinámica y monitoreo, con el fin de establecer el “Programa Nacional para el Monitoreo y Seguimiento

a los Bosques y áreas de aptitud forestal –PMSB”, el cual contempla como una de sus líneas de acción estratégicas para el monitoreo del stock de carbono almacenado y aquel que ha sido liberado a la atmósfera por efectos de la deforestación.

De acuerdo con lo anterior, para estimar las reservas de carbono almacenadas en biomasa aérea, en diferentes zonas de vida, utilizando la leyenda de Holdridge se utilizaron los modelos alométricos, los cuales fueron desarrollados por Yépez *et al.*, (2011). Esta metodología no implica la destrucción de las coberturas boscosas, si no que se basa en la medición de variables dasométricas, para identificar el reservorio de carbono almacenado en los diferentes zonas de vida (Yépez *et al*, 2011; IDEAM, 2017).

En este sentido, en el departamento de Nariño, se han adelantado investigaciones del potencial de captura de carbono en sistemas agroforestales, sin embargo, son pocas las investigaciones realizadas en los bosque alto andino, por tal motivo; la presente investigación tuvo como objetivo, evaluar el potencial de captura de carbono, a través de la estimación de la biomasa aérea, en el Bosque Secundario de la Granja Experimental Botana, mediante la aplicación de modelos alométricos.

1. MATERIALES Y MÉTODOS.

1.1. Localización.

El área de estudio se localizó en el Boque Secundario de la Granja Experimental Botana (BSGEB), con 40 años aproximadamente. Localizada en la vereda Botana, corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto, departamento de Nariño, coordenadas 01° 09' 12" N y 77° 18' 31" W, a una altitud de 2820 m.s.n.m., temperatura promedio 12°C, precipitación anual 900 mm, humedad relativa 80 % y 900 horas sol/año (IDEAM, 2000). De acuerdo a las características de temperatura, precipitación y altitud, la formación ecológica corresponde a bosque húmedo montano (Bh-M) (SAA, 1982)

Para corroborar el área total del BSGEB al año 2018, se realizó la digitalización en el software cartográfico ArcMpa de ArcGis versión 10,4 en donde se determinó que el área de bosque corresponde a 70,5 ha (figura 1).

1.2. Muestreo

El muestreo del BSGEB se desarrolló teniendo en cuenta un estudio en el año 2015, en la misma área, (Inventario Forestal del Bosque de la Granja Experimental Botana localizada en el Altiplano de Pasto (Nariño), 2015, sin publicar), donde se tomó la varianza y el stock del carbono, con el fin de determinación el número de réplicas de las unidades temporales de muestreo (UTM), la fórmula que se utilizó fue la planteada por el Protocolo para la Estimación Nacional y Sub-nacional de Biomasa-Carbono en Colombia (Yépez *et al.*, 2011), así:

$$n = \frac{(N \times s)^2}{\frac{N^2 \times E^2}{t^2} + N \times s^2}$$

Dónde: **n**: es el número de parcelas; **E**: error permitido (10%); **t**: muestra estadística de la distribución t para un nivel de 95% de confianza (generalmente se utiliza 2 como número de muestra); **N**: número de parcelas en el área de estudio (705), con un área de 0,1 ha; **s**: desviación estándar (13,6 t Cha⁻¹). Promedio del stock de carbono 117,2 t Cha⁻¹ (2,9 t Cha⁻¹/año)

Rügnitz *et al.*, (2009) recomienda que para áreas menores a 100 ha, se debe efectuar el siguiente cálculo: error permitido X promedio del stock de carbono, de esta manera, el error se lo toma con el valor de 11,7.

De esta manera, se determinaron seis (UTM) réplicas en campo; con respecto a la localización, se realizó un sorteo de las 705 subparcelas en el BSGEB y se seleccionaron las siguientes parcelas: 125; 255; 293; 480; 519 y 581, como se indica en la Figura 1.

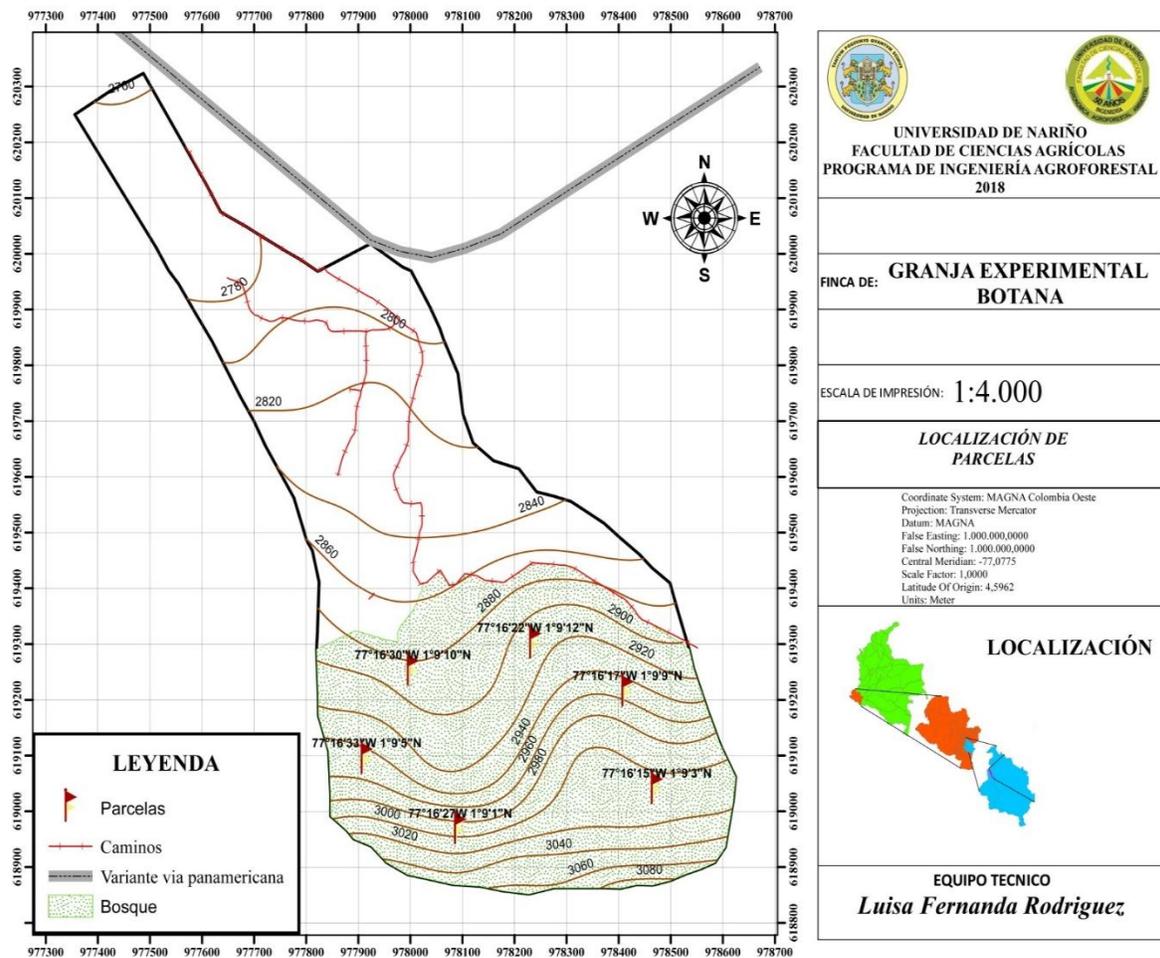


Figura 1. Localización de las UTM en el Bosque Secundario de la Granja Experimental Botana.

En cada UTM se censaron todos los individuos leñosos perennes (árboles y arbustos), con un diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm; para cada individuo se registró: **a)** nombre común; **b)** nombre científico; **c)** familia **d)** altura total (h), siguiendo la metodología empleada por Yépez *et al.* (2011).

1.3..Estructura Horizontal

Para el análisis de composición florística, se determinó la abundancia (abs), la dominancia (Dmn) y la frecuencia (Frec), con el fin de determinar el Índice de Valor de Importancia (IVI), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 300, de esta manera, se determina la especie con mayor peso ecológico en el ecosistema (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

1.4..Estructura vertical

Con relación a la estructura vertical, se consideraron los estratos propuestos por Rangel y Lozano, (1986); los cuales son: Arbolitos, (Subarbóreo: Ab: ≤ 5 m); Arbóreo inferior (Ar_Inf: 9-12m) y Arbóreo superior (Arb_Sup: >12 m). Para la distribución de clases diamétricas (CD) y los intervalos, se utilizó la metodología propuesta por Lema (1994), con la siguiente fórmula:

$$n_1 = \sqrt[3]{N}$$

Dónde: **N** es el número de datos; **n₁**: es número de intervalos.

1.5.Captura de carbono

Para estimar la biomasa aérea, y el stock de carbono en el BSGEB, (43 años, aproximadamente), se siguió la metodología del Protocolo para la Estimación Nacional y Sub-nacional de Biomasa–Carbono en Colombia (Yépez *et al.*, 2011). En donde se tomó el

modelo alométrico para la zona de vida bosque húmedo montano (Bh-M) se utilizó la siguiente fórmula:

$$\ln(AB) = a + b1\ln(D)$$

Dónde **AB**: biomasa aérea (kg) **D**: diámetro (cm) y **Ln**: logaritmo en base 10. **a** y **b1**: son Constantes del modelo; **a**: -1,663 y **b1**: 2,37;

Para la conversión de la biomasa aérea total de kilogramos (kg) a toneladas por hectárea (t ha⁻¹), y convertir a carbono, por clase diamétrica, se utilizó la siguiente fórmula:

$$AB \left(\frac{Kg}{UTM} \right) \times \left(\frac{1t}{1000Kg} \right) \times FC = t \text{ Cha}^{-1}$$

Dónde: **AB**: biomasa aérea; **FC** es el factor de conversión 0,5 y UTM: Unidades temporales de muestreo (01 ha) (Yépez *et al.*, 2011). Finalmente, se identificó el potencial total para el bosque (70,5 has).

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

2.1.Estructura horizontal.

Se identificaron 1159 individuos, clasificados así: 18 familias, 29 géneros y 37 especies como se indica en la Tabla 1. Tabla 1. Composición florística del bosque secundario de la Granja Experimental Botana. Universidad de Nariño, Pasto. Nariño.

Familia	Nombre científico	Abs%	Frec%	Dmn%	I.V.I
Adoxaceae	<i>Viburnum pichinchense</i> Benth.	11,3	3,9	9,04	24,28
Rubiaceae	<i>Palicourea angustifolia</i> Kunth	5,1	3,9	9,25	18,27
Clusaceae	<i>Clusia multiflora</i> Kunth	4,7	3,9	9,50	18,08
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum goudotianum</i> Solms.	5,0	3,9	6,68	15,61
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	5,6	3,9	4,69	14,22
Pentaphylacaceae	<i>Freziera canescens</i> Bonpl.	4,7	3,9	5,29	13,88
Aquifoliaceae	<i>Ilex uniflora</i> Benth.	4,3	3,9	4,74	12,98
Rosaceae	<i>Hesperomeles Afflatifolia</i> (Kunth) Rothm	4,4	3,9	4,52	12,84
Arialeaceae	<i>Schefflera marginata</i> Cuatrec.	3,8	3,9	4,55	12,27
	<i>Schefflera sphaerocoma</i> (Benth.) Harms	4,9	3,9	3,20	12,04
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rollottii</i> Killip	3,5	3,9	3,29	10,67
	<i>Weinmannia Tomentosa</i> L. f.	3,4	3,3	3,32	9,95
Ericaceae	<i>Cavendishia bracteata</i> (Ruiz & Pav. ex J. St.-Hil.) Hoerold	3,5	2,6	3,83	9,90
Rosaceae	<i>Hesperomeles glabrata</i> Kunth	3,2	3,3	3,26	9,72
Myristicaceae	<i>Morella pubescens</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Wilbur	3,7	3,3	1,69	8,67

Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	2,3	3,9	2,24	8,49
Chloranthaceae	<i>Hedyosmum translucidum</i> Cuatrec	1,8	3,3	2,07	7,15
Myricaceae	<i>Myrica parvifolia</i> Benth.	1,7	3,3	1,79	6,79
Cunoniaceae	<i>Weinmannia pubescens</i> Kunth	2,8	2,0	1,93	6,74
Melastomataceae	<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	1,6	3,9	0,80	6,27
	<i>Miconia versicolor</i> Naudin	2,1	2,6	1,12	5,81
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i> L. f.	1,5	2,6	1,62	5,70
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	1,5	3,3	0,50	5,24
Melastomataceae	<i>Miconia loreyoides</i> Triana	1,9	2,0	1,28	5,14
	<i>Tibouchina grossa</i> (L. f.) Cogn.	1,5	2,6	0,63	4,71
Primulaceae	<i>Geissanthus andinus</i> Mez	1,4	1,3	1,71	4,40
Melastomataceae	<i>Miconia</i> sp	1,7	2,0	0,70	4,39
Asteraceae	<i>Verbesina</i> sp	1,4	1,3	1,70	4,39
Ericaceae	<i>Macleania rupestris</i> (Kunth) A.C. Sm.	1,0	2,0	0,91	3,91
Melastomataceae	<i>Meriania</i> sp	1,1	2,0	0,52	3,61
Cunoniaceae	<i>Weinmannia multijua</i> Molina & Jojoa	0,8	2,0	0,73	3,47
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	0,9	0,7	1,22	2,74
Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i> sp	0,7	1,3	0,47	2,47
Actinidiaceae	<i>Saurauia pruinosa</i> R.E. Schult.	0,9	0,7	0,76	2,36
Ericaceae	<i>Bejaria</i> sp	0,2	0,7	0,27	1,09
Rubiaceae	<i>Palicourea amethystena</i> L.	0,2	0,7	0,14	0,96
Primulaceae	<i>Geissanthus serrulatus</i> (Willd) Mez	0,1	0,7	0,03	0,77
Total		100	100	100	300

Las familias con mayor IVI fueron: Cunoniaceae (5sp), Melastomataceae (5sp), Araliaceae (2sp) y Adoxaceae (1sp), con 33,3%, 29,9%, 24,3% y 24,2% respectivamente. Las familias con menor IVI, fueron: Actinidiaceae (1sp), Elaeocarpaceae (1sp), Loranthaceae (1sp) y Myristicaceae (1sp), con una representación de 2,4%, 5,7%, 8,4% y 8,6% respectivamente.

La presencia de estas familias en el área de estudio, posiblemente se puede deber a que la vegetación de los andes y su composición florística son producto de las particularidades evolutivas, que han interactuado a través del tiempo, lo que ha llevado a presentar altos niveles de diversidad biológica (Van der Hammer 1992; Webster, 1995; Van der Hammen y Hooghiemstra 2001 y Galindo *et al.*, 2010).

La anterior información concuerda con los datos suministrados por Londoño *et al.*, (2009), Sánchez y Ramírez (2017); Garzón y Sanclemente (2001); Molina *et al.*, (2009) quienes encontraron que, las familias con mayor IVI fueron Melastomataceae, Primulaceae, Cunoniaceae, Clusaceae, Lauraceae, Rubiaceae y Fagaceae, en las mismas cotas del bosque alto andino.

Por otra parte, los géneros más abundantes para el BSGEB fueron: *Viburnum* sp (11,3%), *Weinmannia* spp (11.1%), *Schefflera* spp (8,7%), *Hesperomeles* spp y *Miconia* spp (7%); de esta manera, Melo y Vargas (2002), afirman que esta vegetación, es típica de bosques alto andinos, en donde se encuentran mayor cantidad de endemismo y biodiversidad, siendo estas familias y géneros típicas de bosques en sucesión progresiva, los cuales son considerados como los lugares más biodiversos del planeta (Brehm *et al.*, 2008; Hernández y Sánchez; 1992; Gentry, 1995; Cuervo, 2002).

Por otra parte, las especies con mayor peso ecológico fueron: *V. pichinchense* (24,3%), *P.angustifolia* (18,2%), *C.multiflora* (18%), *H. goudotianum* (14,6%), *M. coriacea* (14%), *F. canescens* (13,8%), *I. Uniflora*, *S. marginata* (12,9%); *S. sphaerocoma* (12%) y *W. rollottii* (10,6%); las cuales ya fueron reportados en el departamento de Nariño por Palacios

(2012); Leonel *et al* (2000); Forero *et al* (2000); Molina *et al* (2009), Argotty y Collazos (2001); Garzón y San Clemente, (2001) donde se rescata el valor ecosistémico, puesto que sirven como refugio de anidación de aves, soporte de bromelias, musgos, anturios, orquídeas y protegen el suelo, evitando su erosión, además proveen alimento para la fauna silvestre (Bacca *et al.*, 2008).

De igual manera, estudios desarrollados en Colombia por Sánchez y Ramírez, (2017); Sanabria y Puentes (2017); Abud-H y Torres, (2016); Cortez, (2003); Londoño *et al.*, (2009) afirman que las especies con mayor IVI, se encuentran: *W. tomentosa*, *C.bracteata*, *Miconia* spp, *M.guianensis*, *V. stipularis*, *Piper* spp, *C. multiflora*, *Oreopanax floribundu* y *W rollottii*. En este contexto, esta composición fue similar con los datos reportados por este estudio, donde estas especies son típicas de la composición del bosque alto andino (Alvear *et al.*, 2010)

Por otra parte, *W. tomentosa* es un indicador del estado de conservación del bosque alto andino puesto que sirve como hábitat de epífitas, lianas y bejucos, que presentan un papel significativo en la captura de la precipitación y el establecimiento de microhábitats para la fauna de insectos, reptiles y anfibios (Bach, 2000); sin embargo la presencia de *W. tomentosa* en el BSGEB está dentro de las 10 primeras especies con mayor IVI, este comportamiento se puede deber a que el bosque se encuentra en estado de restauración (Cuestas *et al.*, 2009; Muñoz *et al.*, 2017).

2.2.Estructura vertical.

Como se puede observar en la Figura 2, el 75,4% de los individuos se distribuye en las clases diamétricas: I ($10 \leq 14$), II ($14,1 \leq 18$) y III ($18,1 \leq 22$), con una altura promedio de 6,4m. El estrato Arbóreo Inferior, está presente con 22,2% y se encuentra las clases diamétricas: IV ($22,1 \leq 26$), V ($26,2 \leq 31$) y VI ($31,1 \leq 35$), con una altura promedio de 11,3m. Finalmente, el estrato Arbóreo Superior, está representada por el 15,8% y se

encuentran las clases diamétricas: VII ($35,9 \leq 39$), VIII ($39,9 \leq 43$), Y IX ($44 \leq 47$), con una altura promedio de 17,5 m

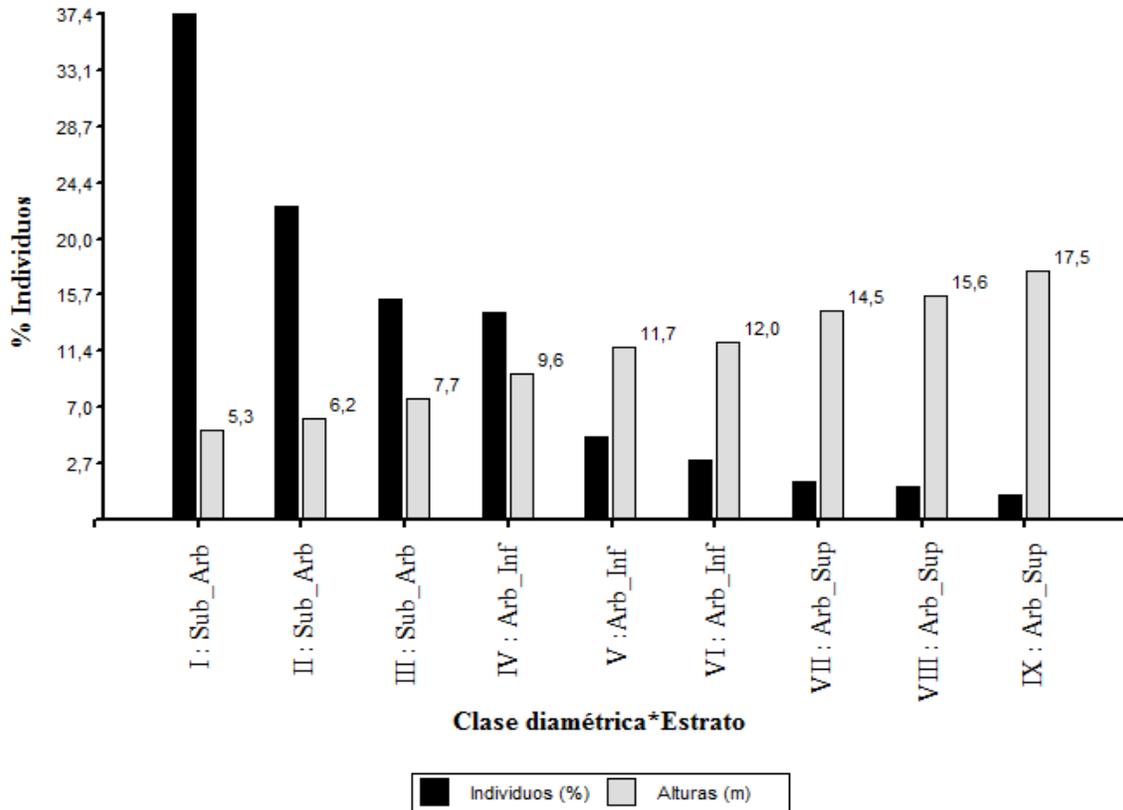


Figura 2. Relación de clase diamétrica, estrato y altura en el Bosque Secundario de la Granja Experimental Botana.

El comportamiento de la Figura 2, en el habito de crecimiento y la altura, indicó una relación directamente proporcional, entre estas dos variables, es decir, que a mayor clase diamétrica, mayor altura y viceversa; sin embargo, con el número de individuos, se presentan una tendencia de la “J” invertida, indicando que hay una tendencia a la disminución progresiva en el número de individuos a medida que la clase diamétrica aumenta.

De esta manera, el comportamiento de “J” invertida se explica porque el bosque se encuentra en un proceso de sucesión progresiva, presentando un comportamiento disetáneo (Ocaña, 2005). En este sentido, Arruda *et al.* (2011); Hernández *et al.* (2011) afirman que la

comunidad se encuentra en un proceso de coherente desarrollo, puesto que se confirma la existencia de la fenofase juvenil en el bosque, los cuales serán los que van a suceder a los individuos que se encuentran en la fenofase senil (CD: VII, VIII y IX). Cabe descartar, que las CD: I, II y III, se encuentran el 100% de las especies reportadas en esta investigación.

En este sentido, el comportamiento de altura y diámetro en el bosque, presenta un proceso de regeneración, donde existe una variabilidad continua en la naturaleza del dosel, por tanto, está en continuo cambio y crecimiento; se podría decir, que en el bosque se presentan parches todo el tiempo, los cuales tiene diferentes dimensiones en las diversas fases fenológicas del crecimiento del bosque (Palacios, 2012; Whitmore, 1975).

Dicho de otra manera, el bosque se encuentra en un proceso de regeneración, puesto que la mayoría de las especies, se encuentran en las clases diamétricas menores y representan un estado de regeneración (García, 2010; Arruda *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2011). Así mismo, Zhofre *et al.*, (2017); Rasal *et al.*, (2012) afirman que la dominancia, se encuentra bien diferenciada en los primeros estratos, por tanto, se puede afirmar que el bosque se encuentra en proceso de regeneración y está en el proceso de recuperación, por acciones antrópicas.

Al respecto Leonel *et al.* (2000) afirma que si 60% de los individuos se encuentran en las primeras clases diamétricas (<20cm), es un indicativo de una fuerte intervención antrópica, lo cual coincide con los resultados de Garzón y San Clemente, (2001) donde, se afirma que el BSGEB se encuentra en procesos de restauración.

De esta manera y conforme a lo planteado por Bustamante *et al.* (2005), se establece que si las especies más abundantes en el dosel, fueran también las más abundantes y frecuentes en el bosque (*V. pichinchense*, *P. angustifolia*, *C. multiflora*, *H. goudotianum*, *M. coriacea*, *F. canescens*, *I. uniflora*, *H. afflatifolia*, *S. marginata*, *S. sphaerocoma*, *W. rollottii*), estas

tendrían el potencial de mantener la estructura del bosque, puesto que se encuentran distribuidas en todas las UTM y en las primeras clases diamétricas.

2.3.Captura de Carbono

El stock de carbono en el BSGEB en 75,5 has fue de 18.396,8 t Cha⁻¹, distribuido así: En la clase diamétrica I, II y III y III la captura de carbono fue mayor, con un porcentaje de 31,4%, 21,9% y 16,7% respectivamente. Por otra parte, los porcentajes más bajos más bajos, se presentaron en las clases diamétricas: IX, VII y VIII, con, 03%, 1,3% y 1,8% respectivamente.

Al respecto, Mojica, (2013) afirma que la captura de carbono en especies forestales está influenciada por variables dasométricas (DAP y H) y la abundancia de especies, de esta manera, en el BSGEB, se presenta un alto grado de correlación mayormente positivo entre el área basal y la abundancia (0,8**), en donde el diámetro tiene una correlación directa con el incremento de la biomasa (Rügnitz *et al.*, 2009).

En este sentido, las familias con mayor stock de carbono fueron: Adoxaceae (*V.pichinchense*), Cunociaceae (*W. multijua*, *Weimannnia* sp, *W. Tomentosa*, *W. pubescens*, *W. rollottii*) y Melastomataceae (*Meriania* sp, *Miconia* sp, *M. versicolor*, *M. loreyoides*, *M. theaezans*), con una representación de 11%, 10,7% y 8,3% respectivamente. Estos resultados, posiblemente pueden obedecer a que estas familias, se encuentran con un mayor porcentaje de frecuencia en los DAP > 20cm, además, Vallejo; (2009); Castillo, (2016) afirman que las variables dasométricas, guardan una estrecha relación con la biomasa, razón por la cual la variable DAP, se tiene en cuenta para la construcción de modelos alométricos para identificar el potencial de captura de carbono.

Sanabria y Puentes, (2017), reportaron que para un bosque; de aproximadamente 38 años, en las localidades de Guasca y Toca, en el departamento de Cundinamarca, presentaron una acumulación de carbono, de 4,1 t C ha⁻¹/ año y 4,04 t C ha⁻¹/ año, respectivamente. Estos

reportes son similares con los encontrados en éste estudio, lo cual se puede deber a que estas áreas presentaron una fuerte intervención antrópica, lo que ha generado un bosque altamente fragmentado por expansión de la frontera agropecuaria, extracción de carbón y tala indiscriminada (Garzón y San Clemente *et al.*, 2001).

En contraste con los estudios anteriores, Benavides *et al.*, (2008), reporta una acumulación de Carbono de $6,42 \text{ t C ha}^{-1}/\text{año}$, para un bosque de aproximadamente 15 años, esto se puede explicar puesto que la composición florística se encuentra en el fenofase juvenil, lo cual hace que estos tengan mayor crecimiento del diámetro y área basal (Vargas y Pedraza, 2004), que en contraste con el BSGEB, se encontró que el potencial de captura de carbono fue de $3,6 \text{ t C ha}^{-1}/\text{año}$, lo que se pudo deber a la fuerte intervención antrópica (Garzón y San Clemente, 2001; Argotty y Collazos, 2001).

De acuerdo a lo anterior, los resultados de los estudios, a pesar de las diferencias que sugieren los estudios realizados en los bosques andinos, tienen una participación importante en el potencial de almacenamiento de carbono a nivel nacional, los cuales se deberían considerar al momento de priorizar zonas para la implementación de acciones tempranas, en el marco de la Estrategia Nacional para la Reducción de la Deforestación y Degradación (ENREDD+) en Colombia, esto de una manera similar a los que se ha trabajado en los bosques de la Amazonía colombiana, para los cuales ya se encuentran en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) un primer nivel de referencia de emisiones forestales en el marco de REDD+ (Yépez *et al.*, 2016; UNFCCC, 2014).

CONCLUSIONES.

- ✓ El bosque secundario de la Granja experimental “Botana” posee una gran acumulación de carbono, por 43 años, esto debido principalmente a la composición florística, la cual se encuentra en un cambio y crecimiento continuo.
- ✓ El Bosque Secundario de la Granja Experimental “Botana” posee un alto potencial de captura de carbono de 42,36 t C ha⁻¹/año, lo cual le permitiría percibir ingresos al adherirse al sistema de pago por servicios ambientales (PSA).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abud-H. M.; Torres-G A. M., (2016). Caracterización florística de un bosque alto andino en el Parque Nacional Natural Puracé, Cauca, Colombia. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Universidad de Caldas*, 20 (1): 27-39. doi: 10.17151/bccm.2016.20.1.3

Alvear, M.; Betancur Y Franco-Rosselli. (2010).- Diversidad florística y estructura de remanentes bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Los Nevados, Cordillera Central colombiana. *Caldasia* 32(1): 39-63

Araujo-Murakami, A. (2002). Dinámica, incorporación y almacenamiento de biomasa y carbono en el Parque Nacional Noel Kempff Mercado. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Forestal, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia.

Argotty, F.; Collazos, A. (2001). Composición florística y estructura del bosque secundario, Granja Botana, Universidad de Nariño, Pasto. Opción de grado, como requisito para optar por el título de Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería agroforestal. San Juan de Pasto. Nariño. 197p.

Arruda, D.; Brandao, F.; Costa, G.; Tolentino, R.; Brasil, S.; D'Ângeloneto, Y.; Ferreira. N. (2011). Structural aspects and floristic similarity among tropical dry forest fragments with different management histories in Northern Minas Gerais, Brazil. *Revista Árvore* 35: 131-142.

Bacca, G.; Lara C.; Moncayo, N. (2008). Composición florística de plantas vasculares en los páramos del complejo volcánico doña Juana, departamento de Nariño. Rev. Revista de asociación, Colombia de Ciencias Biológicas. XLIII Congreso Nacional de ciencias Biológicas.

Bach Plana-E. (2000). Introducción a la Ecología y dinámica del bosque tropical. Gestión y conservación de bosques tropicales. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya España.

Benavides, D.; Tobar, F.; Y Forero, L. (2008). Estimación de Captura de Carbono en la Biomasa Aérea en un Bosque Secundario de la Cuenca Alta del Río Pasto, Municipio De Pasto. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agroforestal. Universidad De Nariño. Facultad De Ciencias Agrícolas. Ingeniero Agroforestal. Pasto – Colombia. 18p.

Brehm., G.; Brehm, J.; Homeier, K.; Fiedler, I.; Kottke, J.; Illig, N.; Nöske, F.; Werner, S.; Breckle. (2008). Mountain Rain forests in Southern Ecuador a Hotspot of biodiversity – limited Knowledge and diverging patterns. Gradients in tropical Mountain Ecosystem of Ecuador. Analisis and Synthesis. *Ecological Studeies*, Vol. 198. Recuperado de https://page-one.springer.com/pdf/preview/10.1007/978-3-540-73526-7_2. 25p.

Bustamante, O.; Simonetti, A.; Grez A.; San Martin. (2005). Fragmentación y dinámica de regeneración del bosque Maulino: diagnostico cultural y perspectivas futuras. Editorial Universidad, Santiago Chile. 529-539p.

Castillo D. (2016). Cuantificación De La Biomasa Aérea del Arboretum “El Huayo” del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal Puerto Almendra, QUITOS, 2015. Opción de grado para optar por el título Magister en Ciencias en Gestión Ambiental. Universidad Nacional De La Amazonia Peruana. Facultad De Ciencias Agronómicas Maestría En Ciencias en Gestión Ambiental. Iquitos. Perú. 63p.

Cortez, S. (2003). Estructura De La Vegetación Arbórea Y Arbustiva En El Costado Oriental De La Serranía De Chía (Cundinamarca, Colombia). *Revista. CALDASIA*, 25(1): 119-137.

Cuervo, A. (2002). Efecto de la fragmentación de hábitat sobre aves de bosques subandinos en los municipios de Amalfí y Anorí. Informe final. Medellín, Colombia: CORANTIOQUIA.

Cuestas F., Peralvo M. Y 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. N° 5 Programa, Regional.

Forero P.; Leonel, H.; Ordoñez, H.; (2000). Resultados del Inventario Forestal Realizado en la Microcuenca las Tiendas, Municipio De Pasto. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 17(2): 146-157.

Galindo, G; Betancur. J Y Cadena. J. (2010). Estructura y Composición Florística de cuatro Bosques Andinos del Santuario de Flora y Fauna Guanentá -Alto Río Fonce, Cordillera Oriental Colombiana. *Revista .Caldasia*. 25(2): 313-335.

García, C.; Suarez C; Daza, M (2010). Estructura y diversidad florística de los bosques naturales (Buenos Aires, Dto Cauca, Colombia). *Revista de Dialnet*. 8 (1) 74-82.

García A.; Vallejo, M.; Higgings, E.; Escobar. (2016). El Acuerdo de París. Así actuará Colombia frente al cambio climático. 1 Ed. WWF-Colombia. Cali, Colombia. 52p.

Garzón, C.; San Clemente, C. (2001). Establecimiento e Inventario Inicial de Parcelas para la Regeneración Natural Temprana de Bosques Alto Andinos en el Municipio de Pasto. Opción de grado para optar por el título de Ingeniero agroforestal. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería de Agroforestal. Pasto- Nariño. 164p.

Gentry, A. H. (1995). Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forest. En: S. P. Churchill H. Baslev, E. Forero & J. L. Lutyn (eds.). Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. The New York Botanical Garden. 126p.

González, J. Cubillos, A., Chadid, M., Cubillos, A., Arias, M., Zúñiga, E., Joubert, F. Pérez, I, Berrío, V. (2018) Caracterización de las principales causas y agentes de la deforestación a nivel nacional período 2005-2015. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM-. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Programa ONU-REDD Colombia. Bogotá, 2018.

Hernández, J.; Sánchez, H. (1992). Biomásas terrestres de Colombia. En: G. Halffter (comp.). La diversidad biológica de Iberoamérica. *Acta Zoológica Mexicana*. Vol. 1 México 13p.

Hernández-Stefanoni, J.; Dupuy, F.; Tun-Dzul.; F. May-Pat. (2011). Influence of landscape structure and stand age on species density and biomass of a tropical dry forest across spatial scales. *Landscape Ecology* 26: 355-370.

Instituto De Hidrológica y Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Ministerio de medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2016). Inventario nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero-Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. 73p.

IDEAM- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA Y METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (2000), Reporte Técnico Estación Meteorológica Botana, Pasto. Nariño., p.11.

IDEAM - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (2010). Principal Monitoreo de Bosques y Recurso Forestal Monitoreo de Suelos y Coberturas de la Tierra Monitoreo de Ecosistemas Gestión de Información Ambiental. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>.

IDEAM - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (2017). Resultados monitoreo de la deforestación, 2017. Disponible en [http://www. ideam.gov.co/](http://www.ideam.gov.co/) 46 p.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2018. Global Warming of 1.5 ° C. Recuperado de <http://ipcc.ch/report/sr15/>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies (IGES). 610 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). (2006)Harald., A.; Patrick G.; Michael G.; Thelma K.; K. C.; Stephe.S.; Raison J.; Dieter S.; Ravindranath, N.; Matsumoto (Japan), María José Sanz Sánchez (Spain), and Zoltan Somogyi (European Commission/Hungary). 2006. Forest Land. IPCC- Intergovernmental Panel On Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4, *Agriculture, Forestry and Other Land Use*. 83p. Ginebra, Suiza: IPCC.

Lema, A. 1994. Dasométria algunas aproximaciones estadísticas a la medición forestal. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Forestales. Sede Medellín. Colombia 412p.

Leonel, H.; Forero, L.; Ordoñez, H. (2000). Caracterización Florística Y Estructural De Los Bosques Alto Andinos De La Subcuenca Del Río Angasmayo, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 17 (2). 116-127.

Londoño, L.; Días, O., Eriberto, A.; Cardona., F. (2009). Composición Florística Y Estructural De Dos Fragmentos De Bosques Secundario en el municipio de Maceo, Antioquia. Congreso Colombiano de Botánica. San Juan de Pasto. 130p.

Melo, O.; Vargas, R. (2002). Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos/ Universidad del Tolima, CRQ, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA, 2002/235. Ibagué. Colombia 177p.

Mojica, C. (2013). Caracterización de carbono y emisiones evitadas en bosques nativos en áreas de influencia del Páramo de ANAIME Tolima, Colombia. Opción de grado para optar por el título de Ingeniero Forestal. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Programa de Ingeniería Forestal. Ibagué. Colombia. 66p

Molina D.; Piedrahita A.; Callejas R. (2009). Estructura y Composición Florístico de tres bosques de niebla aledaños a la laguna de la cocha, Nariño, Colombia. En libro de resúmenes V Congreso Colombiana de Botánica. San Juan de Pasto. 132p.

Mostacedo, B. Y Fredericksen, T. S. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz, Bolivia: Bolfor. Recuperado de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/41288408/Mostacedo2000EcologiaVegetal.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1542735259&Signature=fIRVDDy0HmUu4OAFYoTIZ21k%2F%2FM%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMANUAL_DE_METODOS_BASICOS_DE_MUESTREO_Y.pdf

Muñoz, J, Hurtado A.; Norden, N. (2017). Composición Florística De Tres Fragmentos de Bosque Alto andino en los Alrededores de la Sabana de Bogotá. Parcelas Permanentes del Proyecto Rastrojos. Informe técnico. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Recuperado de <http://repository.humboldt.org/>

Nogueira, E.; Fearnside, P.; Nelson, B., Barbosa, R. I.; Keizer, E. (2008). Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from woodvolume inventories. *Forest Ecology and Management*, 256, 1853-1867. Recuperado de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442016000100399&lang=pt#B39

Ocaña, Y. (2005), Caracterización florística y estructural de unidades de bosque Alto Andino en las veredas Minas y Patios Altos, Encino-Santander. *Revista Colombia Forestal*. 9:18-16p.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM), (2017). BOLETÍN DE LA OMM SOBRE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO. Recuperado de <http://ane4bf-datap1.s3-eu-west-1.amazonaws.com/wmocms/s3fs->. 8p.

Palacios, L. (2012). Estructura Y Composición De La Vegetación Arbórea Y Arbustiva Del Cerro Chimayoy, Región Norandina De Nariño, Colombia. Trabajo De Grado Para Obtener

El Título De Bióloga Con Énfasis En Ecología Universidad De Nariño. Facultad De Ciencias Exactas Y Naturales, Programa de Biología. Pasto –Colombia 129p.

Rangel, O. & Lozano, G. (1986). Un perfil de vegetación entre la Plata (Huila y el Volcán Puracé). *Caldasia*. Colombia. 14: 503-547.

Rasal, M.; J. Troncos; C. Lizano; O. Parihuamán.; D. Quevedo. (2012). La vegetación terrestre del bosque montano de Lanchurán (Piura, Perú). *Caldasia*, 34(1):1-24.

Rügnitz, M.; Chacón, M.; Porro R., (2009). Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. 1. Ed. Lima, Perú.: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). 79 p.

Saa, J., 1982. Anatomía del sistema de clasificación de Holdridge. Proyecto CATIE-BID.ATN/SF-1965-RE. Turrialba, Costa Rica. 32p.

Sanabria, Y.; Puentes, D. (2017). Evaluación De La Biomasa y Captura De Carbono En Bosques Alto andinos Mediante Patrones Florísticos, Estructurales y Funcionales En La Cordillera Oriental - Cundinamarca. Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Forestal en Modalidad Investigación-Innovación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad del Medio Ambiente Y Recursos Naturales. Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal. Bogotá, Colombia. D.C. 74 P

Sánchez, O.; Ramírez, L. (2017). Potencial de captura de Carbono el Bosque Tropical y Alto Andino en 4 Municipios de la Jurisdicción de CORPOCHIVOR. Opción de grado para optar por el título de Ingeniero Forestal en Modalidad Investigación Innovación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal. Bogotá D.C. Colombia. 53p.

UNFCCC. (2014). Submissions from Parties on proposed forest reference emission levels and/or forest reference levels for the implementation of the activities referred to in decision 1/CP.16, paragraph 70. Recuperado de [http://unfccc.int/land_use_and_climate_change/redd/ items/8414.php](http://unfccc.int/land_use_and_climate_change/redd/items/8414.php)

Vallejo, A. (2009). Cambio climático, bosques y uso de la tierra. Curso Fórmulación de Proyectos MDL Forestal y Bioenergía. 2009. Buenos Aires, Argentina, 29 p.

Van Der Hammen, T. (1992). Historia, ecología y vegetación. Corporación Colombiana para la Amazonia, “Araracuara”, Santa Fe de Bogotá. Colombia.

Vander Hammen, T. Y H. Hooghiemstra. (2001). Historia y paleoecología de los bosques montanos andinos neotropicales. En: M. Kappelle & A. D. Brown (eds), Bosques Nublados del Neotrópico. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio), Santo Domingo de Heredia. Revista Scielo. Volumen XXXVI (138). 63-84p.

Vargas O., Pedraza, P., (2004).- Parque Nacional Natural Chingaza. Gente Nueva Editorial. Bogotá. 197 p.

Webster, G. L. (1995). The panorama of Neotropical cloud forests.. En: S. P. Churchill, H. Balslev, E. Forero & J. L. Luteyn (eds.), Biodiversity and Conservation of Neotropical Montane Forest. The New York Botanical Garden, New York Whitmore, T. 1975. *Tropical Rain Forest of the East*. Clarendon. New York. Pages 53-77 18p.

Whitmore, T. (1975). Tropical Rain Forest of the East. Clarendon. New York. EEUU. 18p

Yépez, A.; Navarrete, A.; Duque, A.; Phillips, J.; Cabrera, K.; Álvarez, E.; García, C.; Ordoñez, F.; (2011). Protocolo para la Estimación Nacional y Subnacional de Biomasa - Carbono en Colombia. Bogotá D.C., Colombia: INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA, y Estudios Ambientales-IDEAM. 162 p.

Yépez, A., Sierra, A., Niño, L., López M, Garay, C., Vargas, C., Cabrera E Y Barbosa, B. (2016). Biomasa y carbono total almacenado en robledales del sur de los Andes Colombianos: aportes para el enfoque REDD+ a escala de proyectos. *Revista de Biología Tropical*, 64(1).

Zhofre, A.; Reyes, W.; Quizhpe W.; Cabrer, A.; (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 24(2), 543-556.