

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**TEMA:  
CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CARBONO DEL ESTRATO ARBÓREO  
DEL BOSQUE DE LA ESTACIÓN CIENTÍFICA KUTUKÚ, PARROQUIA  
SEVILLA DE ORO, CANTÓN MACAS**

**AUTORA:  
JESSICA LISETH TÚQUERES LEÓN**

**TUTOR:  
CARLOS ALBERTO JUMBO SALAZAR**

**Quito, mayo de 2016**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo, Jessica Liseth Túqueres León, con documento de identificación N° 1718325127, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación intitulado: CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CARBONO DEL ESTRATO ARBÓREO DEL BOSQUE DE LA ESTACIÓN CIENTÍFICA KUTUKÚ, PARROQUIA SEVILLA DE ORO, CANTÓN MACAS, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Jessica Liseth Túqueres León

Cédula: 1718325127

Fecha: mayo de 2016

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CARBONO DEL ESTRATO ARBÓREO DEL BOSQUE DE LA ESTACIÓN CIENTÍFICA KUTUKÚ, PARROQUIA SEVILLA DE ORO, CANTÓN MACAS, realizado por Jessica Liseth Túqueres León, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, mayo de 2016



.....  
Carlos Alberto Jumbo Salazar Ph.D.

C.I.: 1101376448

## Resumen

Establecer la importancia de los bosques en cuanto a la mitigación del cambio climático a través del carbono almacenado en la vegetación y el suelo, conlleva a descubrir la dinámica de estos ecosistemas y las funciones de las especies vegetales. Con el fin de generar conocimientos sobre lo mencionado, se ha visto necesario este estudio; el cual contempla la cuantificación del volumen forestal y el carbono almacenado por el bosque de la Estación Científica Kutukú, ubicado en la parroquia Sevilla de Oro, cantón Macas, provincia de Morona Santiago. Por lo tanto, se utilizó el procedimiento del “Manual de Campo de la Evaluación Nacional Forestal del Ecuador”, se usaron modelos de regresión con variables obtenidas en campo, y se consideraron los criterios del IPCC. Como resultado, se estableció que en las 10 ha de bosque, el volumen forestal es 5 915,4 m<sup>3</sup>, representado en su mayoría por la familia *Burseraceae* con 166,31 m<sup>3</sup>/ha y en la que consta la especie *Protium sagotianum* March de igual manera con 166,31 m<sup>3</sup>/ha. La cantidad de carbono almacenado por el bosque es de 2 129,5 t, donde la familia *Burseraceae* y la especie *Protium sagotianum* March contienen mayor cantidad con 59,87 t/ha cada una. El CO<sub>2</sub> capturado fue de 7 815,4 t, representado en su mayoría por la familia *Burseraceae* con 219,73 t/ha y la especie *Protium sagotianum* March. cuyo valor se repite. Según los datos de DAP y altura de los árboles, se desprende que el bosque se encuentra en un estado de regeneración.

## Abstract

Establish the importance of forests about of mitigating climate change through the carbon stored in vegetation and soil, implies to discover the dynamics of these ecosystems and the functions of plant species. In order to generate knowledge's of the above it has been seen necessary this study; which includes the quantification of forest volume and the carbon stored by the forest of Kutuku Scientific Station, located in the parish Sevilla de Oro, canton Macas, province Morona Santiago. So, was used the process of the "Field Manual Forest National Assessment of Ecuador", were used regression models with variables obtained in field and were considered the criteria of the IPCC. As a result, it is established that in 10 ha of forest, forest volume is 5 915,4 m<sup>3</sup>, represented mostly by family *Burseraceae* with 166,31 m<sup>3</sup>/ha and the specie *Protium sagotianum* March also with 166,31 m<sup>3</sup>/ha. The amount of carbon stored by the forest is 2 129,5 t, where the *Burseraceae* family and the specie *Protium sagotianum* March contain more with 59,87 t/ha each one. The CO<sub>2</sub> captured was 7 815, 4 t, represented mainly by the family *Burseraceae* with 219,73 t/ha and the specie *Protium Sagotianum* March whose value is repeated. According to data from diameter at breast height and height of the trees, it appears that the forest is in a state of regeneration.

## Índice

Introducción .....	1
1. Objetivos.....	3
1.1. Objetivo general .....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
2. Marco teórico.....	3
2.1. Cambio Climático.....	3
2.2. Efecto Invernadero .....	4
2.2.1. Gases de Efecto Invernadero (GEI). .....	4
2.3. Dióxido de carbono .....	5
2.4. Carbono .....	6
2.4.1. Carbono en los ecosistemas forestales. ....	6
2.4.2. Carbono fijado.....	7
2.4.3. Carbono almacenado.....	8
2.5. Biomasa Arbórea .....	8
2.5.1. Métodos para determinar la biomasa. ....	8
2.6. Mercado de Carbono .....	9
2.6.1. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). ....	9
2.6.1.1. Certificado de Reducción de Emisiones (CER's).....	10
2.6.2. Comercio de Emisiones (CE).....	10
2.6.3. Implementación Conjunta (IC). ....	10
2.6.4. Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+).	
11	
2.6.4.1. Ecuador y REDD+.....	11
2.7. Mercado de carbono en Ecuador .....	12
2.7.1. Programa Socio Bosque. ....	12
2.7.2. Programa Face de Forestación del Ecuador – PROFAFOR S.A. ....	12

2.7.3.	Proyecto Páramo Andino (PPA).....	13
2.8.	Bosque Nativo y su importancia .....	13
2.9.	Proyectos de investigación vinculados.....	14
3.	Hipótesis .....	15
4.	Ubicación.....	15
4.1.	Ubicación Político Territorial.....	15
4.2.	Ubicación Geográfica.....	15
4.3.	Condiciones climáticas.....	16
4.3.1.	Clima.....	16
4.3.2.	Precipitación.....	16
4.4.	Suelos .....	16
5.	Materiales y Métodos.....	17
5.1.	Materiales .....	17
5.2.	Métodos .....	18
5.2.1.	Estratificación del área de estudio.....	18
5.2.1.1.	Diseño Experimental.....	18
5.2.2.	Recolección y preservación de muestras botánicas. ....	19
5.2.3.	Mensuración Forestal.....	19
5.2.3.1.	Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP).....	20
5.2.3.2.	Medición de la altura total del fuste.....	21
6.	Cálculos .....	22
6.1.	Estimación del área basal .....	22
6.2.	Estimación del volumen forestal .....	23
6.3.	Estimación de la biomasa forestal .....	24
6.4.	Estimación del carbono almacenado .....	25
6.5.	Estimación del CO <sub>2</sub> capturado .....	26
7.	Resultados y Análisis.....	27

7.1.	Composición del estrato arbóreo del bosque natural Kutukú.....	27
7.1.1.	Análisis por variable. ....	30
7.1.2.	Estructura del bosque. ....	33
7.2.	Análisis Descriptivo .....	36
7.2.1.	Histogramas. ....	36
7.2.1.1.	Histograma de altura total del fuste. ....	37
7.2.1.2.	Histograma de DAP. ....	38
7.2.1.3.	Histograma de área basal. ....	38
7.2.1.4.	Histograma de volumen forestal. ....	39
7.2.1.5.	Histograma de biomasa forestal.....	40
7.2.1.6.	Histograma de carbono almacenado. ....	41
7.2.1.7.	Histograma de CO <sub>2</sub> capturado.....	42
7.2.1.8.	Histograma de CO <sub>2</sub> capturado por especie.....	43
7.2.1.9.	Histograma de CO <sub>2</sub> capturado por familia. ....	44
7.3.	Discusión .....	45
8.	Conclusiones .....	47
9.	Recomendaciones .....	48
10.	Referencias .....	49

## Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas de la parcela.....	16
Tabla 2. Cuadro de factor de forma .....	23
Tabla 3. Especies existentes por familia .....	27
Tabla 4. Especies por familia con DAP mayor o igual a 10 cm .....	30
Tabla 5. Clases diamétricas del estudio del estrato arbóreo en un área del bosque Kutukú.....	33
Tabla 6. Estadística descriptiva de las variables .....	36

## Índice de figuras

Figura 1. Cobertura boscosa del Ecuador para el año 2008. ....	14
Figura 2. a) Medición de la altura del pecho en los árboles con la cinta métrica y b) medición del diámetro a la altura del pecho de los árboles con la forcípula. ....	20
Figura 3. Uso del Hipsómetro Nikon para medir la altura total del fuste de cada individuo. ....	22
Figura 4. Media aritmética y valores más comunes de densidad de madera (ton/m <sup>3</sup> ) para las especies arbóreas por regiones. ....	25
Figura 5. Clases diamétricas en cm de las especies registradas en campo con su número de individuos. ....	35
Figura 6. Histograma Altura total del Fuste.....	37
Figura 7. Histograma Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) .....	38
Figura 8. Histograma Área Basal .....	39
Figura 9. Histograma Volumen forestal.....	40
Figura 10. Histograma Biomasa forestal.....	41
Figura 11. Histograma Carbono almacenado.....	42
Figura 12. Histograma CO <sub>2</sub> capturado .....	43
Figura 13. Histograma CO <sub>2</sub> capturado por especie .....	44
Figura 14. Histograma CO <sub>2</sub> capturado por familia.....	45

## Introducción

“El cambio climático mundial es hoy en día una realidad incontestable. Muchas observaciones constatan el aumento de las temperaturas atmosféricas y oceánicas, el derretimiento generalizado de la nieve y el hielo, y el aumento del nivel del mar” (GreenFacts, 2007).

En años recientes, Ecuador ha sufrido cambios severos de temperatura lo que ha ocasionado: inundaciones en varias partes del país, sequías en el sur, incendios forestales en los Andes, reducción de la capa de nieve y glaciares en los volcanes nevados, inviernos cortos, etc. Un pequeño cambio en el promedio de la temperatura, tendría un gran impacto en la biodiversidad del Ecuador y en el comportamiento de los demás parámetros climáticos (Manzano, 2011).

Con respecto a los Gases de Efecto Invernadero (GEI), para reducir las emisiones, mundialmente se realiza la comercialización del carbono por medio de los créditos de carbono, que son parte de los proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), por medio de la certificación de reducción de emisiones (CER). Por otra parte, la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD +), ayuda a los países a mejorar la capacidad de reducir emisiones, este es un mecanismo de mitigación del cambio climático que incentiva a la aplicación de actividades (Arévalo, 2015, pág. 2), para una conservación y manejo adecuado de los ecosistemas forestales.

En el caso del Ecuador, el Gobierno de la Revolución Ciudadana, crea en el año 2008 el Programa Socio Bosque “con la finalidad de proteger los bosques, páramos y otras

formaciones vegetales nativas, sus valores ecológicos, económicos y culturales” (MAE, 2015, pág. 1).

De igual manera, el país ha creado otros programas y proyectos para la conservación de los ecosistemas forestales y páramos Andinos, como es el Programa PROFAFOR FACE y el Proyecto Páramo Andino (PPA), respectivamente.

En tal sentido, “los bosques son los ecosistemas que capturan y conservan más el carbono que cualquier otro, debido a que por el proceso de la fotosíntesis los árboles absorben  $\text{CO}_2$  de la atmósfera” (Arévalo, 2015, pág. 1). A lo largo de su crecimiento almacenan cantidades de carbono, ya sea en sus raíces, hojas, ramas o tallos, mientras regresan  $\text{O}_2$  a la atmósfera. De igual manera, la cantidad de carbono almacenado va a depender de diferentes factores como: la especie, “tasa de crecimiento, longevidad, ubicación, clima y rotación” (Arévalo, 2015, pág. 1).

Bajo esta perspectiva, se ha visto importante calcular la cantidad de carbono almacenado por el estrato arbóreo del bosque natural Kutukú, ubicado en la parroquia Sevilla de Oro, cantón Macas, provincia de Morona Santiago, para crear conocimientos que contribuyan a una conservación y mejora de los ecosistemas y de esta manera generar la posibilidad de vender Certificados por Efectos de Reducción de Emisiones (CER's).

Es así que, en la presente investigación, se empleó el método indirecto que consiste en modelos de regresión con variables obtenidas en el campo, en donde, los datos tomados como el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y la altura total del fuste de cada individuo, fueron necesarias para calcular el área basal, volumen, biomasa forestal y el carbono almacenado. Los resultados obtenidos del estudio son los

valores de: la cantidad de carbono, la cuantificación del volumen y el valor del stock de carbono almacenado en el área de estudio (Arévalo, 2015, págs. 2,3).

## **1. Objetivos**

### **1.1.Objetivo general**

Determinar la cantidad de carbono existente en el estrato arbóreo de un área del bosque natural Kutukú para generar conocimientos que aporten a una conservación y mejora de este ecosistema.

### **1.2.Objetivos específicos**

- Determinar la composición florística del estrato arbóreo del bosque natural Kutukú.
- Cuantificar el volumen forestal del estrato arbóreo del bosque natural Kutukú.
- Determinar el stock de carbono almacenado en el estrato arbóreo del bosque natural Kutukú.

## **2. Marco teórico**

### **2.1.Cambio Climático**

Según la FAO 2009, el cambio climático se le entiende como “a las variaciones de las condiciones climáticas y su variabilidad durante un período de tiempo” (Chimbo, 2016, pág. 5). El cual puede ser causado por procesos tanto naturales como antropogénicos.

Este fenómeno es un desafío a largo plazo, pero requiere una acción urgente debido al ritmo y escala de la acumulación de los gases de invernadero en la atmósfera y a los riesgos de que la temperatura aumente en más de 2 grados Celsius (IPCC, 2013).

## **2.2.Efecto Invernadero**

Casi la mitad de la radiación solar que llega a nuestra atmósfera penetra la superficie de la Tierra, mientras que el resto es reflejada por la atmósfera misma y retornada al espacio o absorbida por gases y partículas de polvo. La energía solar que alcanza la superficie de la Tierra calienta el suelo y los océanos, que, a su vez, liberan calor en la forma de radiación infrarroja (Rodríguez & Mance, 2009, pág. 10).

Los gases de efecto invernadero (GEI) que se encuentran en la atmósfera, como el dióxido de carbono, absorben parte de esta radiación producida por la Tierra y la envían en todas las direcciones. El efecto neto de este fenómeno es el calentamiento de la superficie del planeta a la temperatura actual (Rodríguez & Mance, 2009, pág. 10).

“Sin ningún GEI en la atmósfera nuestro planeta tendría una temperatura 30°C más fría –o de 18°C bajo cero–, lo que lo haría inhóspito para la vida” (Rodríguez & Mance, 2009, pág. 10). El problema radica en el aumento de la concentración de estos gases, causado por la actividad humana, ya que esto provoca un aumento de la temperatura terrestre, a lo cual se lo denomina Efecto Invernadero Antropogénico.

### **2.2.1. Gases de Efecto Invernadero (GEI).**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no es el único gas de efecto invernadero. Además del CO<sub>2</sub> los siete principales GEI son: 1) el metano (CH<sub>4</sub>); 2) el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); 3) los fluorocarbonados (CCL<sub>2</sub>F<sub>2</sub>); 4) los hidrofluorocarbonados (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub>); 5) el perfloroetano (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>); el 6)

hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>); y 7) el vapor de agua (Rodríguez & Mance, 2009, pág. 11).

Según Kirschbaum (2000), a partir del inicio de la revolución industrial del siglo XIX, la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera se ha incrementado sustancialmente, con mucha mayor intensidad en los últimos decenios, debido a la intensificación de las emisiones, mayoritariamente antropogénicas. La tasa anual de incorporación a la atmósfera del carbono (acumulado durante largos periodos de tiempo en los bosques fosilizados del Carbonífero) se ha calculado en 1-2  $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{año}^{-1}$ . Si dicha tasa se mantiene, se prevé superar con creces el valor actual (380 ppmv) y alcanzar una concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> de 650-700  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  para el año 2075 (Pardos, 2010, pág. 25).

### **2.3. Dióxido de carbono**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el más importante de los gases menores, involucrado en un complejo ciclo global. Se libera desde el interior de la Tierra a través de fenómenos tectónicos, vulcanismo y a través de la respiración, procesos de suelos, combustión de compuestos con carbono y la evaporación oceánica (Gallardo, 2014).

Se crea también como consecuencia de la quema de combustibles de origen fósil y biomasa, así como de cambios en el uso de la tierra y otros procesos industriales. Es el principal gas de efecto invernadero antropógeno que afecta el balance radiactivo de la Tierra. Es el gas que se toma como marco de referencia para medir otros gases de

efecto invernadero, y por lo tanto su potencial de calentamiento de la Tierra es 1 (IPCC, 2001, pág. 81).

Por tal motivo, es importante considerar a los ecosistemas forestales para la reducción de este GEI, debido a que absorben el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y fijan el carbono en la biomasa de los sistemas forestales.

## **2.4. Carbono**

Todos los organismos vivos están constituidos de diferentes compuestos químicos, entre ellos el carbono. Este compuesto llega a la biósfera a través de las plantas, ya que éstas fijan el carbono de la atmósfera y lo hacen parte de su biomasa. “Aproximadamente el 50 % de la biomasa de un organismo es carbono” (Aguirre, 2011, pág. 4).

Su tiempo de permanencia es menor cuanto menor es el depósito de carbono y cuanto mayor es el flujo de intercambio entre los distintos depósitos. Sin embargo, el tiempo de permanencia en flores, frutos, raicillas oscila entre menos de un año; alrededor de cincuenta años en la madera y hasta miles de años en el humus de los suelos. En los árboles se encuentra en grandes cantidades de carbono en las hojas, ramas rallo y raíces, además la biomasa de un árbol vivo contiene aproximadamente 25 % de carbono (Arévalo, 2015, págs. 20-21).

### **2.4.1. Carbono en los ecosistemas forestales.**

“La importancia de los ecosistemas forestales radica en la diversidad de especies que albergan, los bienes que proporcionan y los servicios que prestan” (Pacheco, 2015, pág. 17).

“Los suelos forestales son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres” (Estrucplan, 2006). “Se estima que el 80 % del carbono que vegetación y suelos intercambian con la atmosfera corresponde a los bosques” (Chimbo, 2016, pág. 12).

“No obstante, este proceso puede ser afectado por distintos factores negativos, tales como bajas temperaturas, baja luminosidad o la presencia de O<sub>2</sub> en los suelos anaeróbicos” (Arévalo, 2015, pág. 22).

En latitudes elevadas, con clima frío, la materia orgánica se descompone lentamente; así, en los bosques boreales el carbono acumulado en el suelo llega al 80-90% del total, mientras que en el trópico, las temperaturas más suaves aceleran su descomposición y el carbono se reparte a partes iguales entre suelo y vegetación (Pardos, 2010, pág. 31).

Es decir que, “en los bosques tropicales, el carbono se descompone (hojarasca) rápidamente y se libera a la atmósfera de la misma forma” (Ayala, Villa, Aguirre, & Aguirre, 2014, pág. 46).

#### **2.4.2. Carbono fijado.**

El carbono fijado, es una medida del flujo dinámico del crecimiento anual de la biomasa. Se toma en cuenta la biomasa total existente al momento de las mediciones iniciales de los árboles, la que se complementará en el futuro con datos de la tasa anual de crecimiento (Manson, Hernandez, Gallina, & Mehlreter, pág. 228).

“El carbono fijado se expresa en:  $tn\ C\ ha^{-1}\ año^{-1}$ ” (Arévalo, 2015, pág. 24).

### **2.4.3. Carbono almacenado.**

“El carbono almacenado es la cantidad total de C contenida por la biomasa” (Manson, Hernandez, Gallina, & Mehlreter, pág. 228). “Se genera cuando en un período de tiempo, el CO<sub>2</sub> se encuentra constituyendo la estructura del árbol hasta que es expulsado a la atmósfera o al suelo” (Arévalo, 2015, pág. 23).

El mismo puede estar almacenado en: biomasa viva por encima del suelo, en la madera, en las raíces y en el suelo.

## **2.5. Biomasa Arbórea**

“Biomasa es toda planta o materia que hay sobre la superficie: residuos agrícolas, forestales, restos de las industrias de madera y cultivos energéticos como cardo, girasol, paulonia, etc.” (Castells, 2012, pág. 742).

Mientras que, la biomasa arbórea es un tipo de depósito de carbono muy importante debido a que contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo por medio de la acumulación de la materia orgánica. Además, realizar la medición de la biomasa arbórea permite establecer la cantidad de CO<sub>2</sub> que puede ser removido de la atmósfera por la reforestación (Chimbo, 2016, pág. 13).

### **2.5.1. Métodos para determinar la biomasa.**

**Método directo:** es denominado también método destructivo y consiste en medir los parámetros básicos de un árbol (entre los más importantes el diámetro a la altura del pecho -dap, altura total, diámetro de copa y longitud de copa); derribarlo y calcular la biomasa pesando cada uno de los componentes (fuste, ramas y follaje) (González, 2008, pág. 10).

**Método indirecto:** usa modelos de regresión con variables obtenidas en el campo, se usa modelos de biomasa para cada espécimen donde los valores de DAP y la altura se transforma a biomasa con ayuda de estos modelos (Chimbo, 2016, pág. 15).

## **2.6.Mercado de Carbono**

En el mercado de carbono, simplificando, se alcanza un acuerdo entre un comprador y un vendedor de créditos de carbono. Quienes reducen emisiones o secuestran carbono reciben pagos y quienes tienen que reducir sus emisiones pueden comprar créditos para compensar sus emisiones (FAO, 2010, pág. 4).

Los precios recibidos por una tonelada de CO<sub>2</sub> varían mucho y dependen del tipo de mercado y del tipo de proyecto de compensación de carbono. Durante 2009, los precios abarcaban desde 1,90 a 13 euros (€) por tonelada de CO<sub>2</sub> -eq. (FAO, 2010, pág. 4).

Por otro lado, son dos los mercados de carbono que existen: El mercado de Cumplimiento Regulado, en el cual las empresas y gobiernos deben informar sobre sus emisiones de GEI; y el Mercado Voluntario, en donde el comercio de créditos puede hacerse o no de forma voluntaria.

Dentro del Mercado Regulado se tienen tres mecanismos: Mecanismo de Desarrollo Limpio, en el cual participan los países en desarrollo; Comercio de Emisiones, y la Implementación Conjunta.

### **2.6.1. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).**

En este mecanismo los países en desarrollo no tienen la obligación de reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero, mientras que los países desarrollados sí

deben hacerlo, por ejemplo creando proyectos para reducir estas emisiones en otros países, como proyectos de forestación, de energías renovables, etc.

Es así que, esta reducción de emisiones de GEI generan créditos de carbono, los mismos que son conocidos como Reducción Certificada de las Emisiones (RCE), los cuales son medidos en un equivalente a toneladas métricas de CO<sub>2</sub>.

#### **2.6.1.1. *Certificado de Reducción de Emisiones (CER's).***

Los CER permiten que los países en desarrollo, puedan ganar una cantidad de CER para que sean vendidos en los países industrializados, parte de estos proyectos son instalaciones hidroeléctricas, proyectos de aumento del nivel de eficiencia energética o para reducir los GEI. Luego se adicionaron a los CER proyectos de forestación y reforestación siendo de modelo para el desarrollo del sistema de pago por servicios ambientales (Arévalo, 2015, pág. 31).

#### **2.6.2. Comercio de Emisiones (CE).**

El CE permite que los países transfieran unidades de emisión sobrantes para venderlos a los países industrializados que tengan sus derechos de emisión por debajo de los límites permitidos y que han excedido sus niveles en un período de cumplimiento dado (Arévalo, 2015, pág. 31).

#### **2.6.3. Implementación Conjunta (IC).**

Este mecanismo, permite que un país que se haya comprometido a reducir sus emisiones gane unidades de reducciones de las emisiones generados en un proyecto de reducción o eliminación de las

emisiones, cada una equivale a una tonelada de CO<sub>2</sub>. El IC beneficia a los países un medio flexible y rentable para cumplir sus compromisos de reducción, al mismo tiempo que los países donde se realizan los proyectos se benefician de inversión extranjera y tecnología (Arévalo, 2015, pág. 31).

#### **2.6.4. Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+).**

Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación cuyas siglas son (REDD+), se refiere al mecanismo de mitigación del cambio climático que integra actividades para reducir la deforestación y degradación de un área, región o país con un cálculo de las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera asociada a dichas actividades. El ‘+’ se refiere a actividades de conservación, manejo forestal sostenible e incremento de reservorios de carbono forestal con el mecanismo (MAE, 2012, pág. 15).

“REDD+ incluye, la reducción de emisiones de la deforestación y degradación de bosques en países en desarrollo; y el rol de la conservación, manejo sostenible de bosques y el aumento de las reservas de carbono en países en desarrollo” (MAE, 2012, pág. 15).

##### **2.6.4.1. Ecuador y REDD+.**

En el Ecuador, la implementación sobre el mecanismo de reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD +), se inicia en el año 2009, por parte del Ministerio del Ambiente. En el país, REDD + es una oportunidad para conseguir recursos financieros por reducir las emisiones GEI relacionadas a la deforestación y degradación de

bosques, además para que se considere el valor que tiene el bosque en pie. Por el contrario, el país no solo busca el financiamiento externo, sino también ha hecho esfuerzos por medio del Programa Socio Bosque para la conservación de ecosistemas nativos, logrando conservar alrededor de un millón de hectáreas en el país. (Arévalo, 2015, pág. 33).

## **2.7.Mercado de carbono en Ecuador**

### **2.7.1. Programa Socio Bosque.**

El Proyecto Socio Bosque es un esquema que pretende conservar una cobertura de 3 millones 600 mil hectáreas de bosques. Su localización está en función de que quienes voluntariamente, a nivel nacional (excluyendo a la región Insular), quieran acceder a Socio Bosque suscribiendo convenios de conservación de sus bosques, páramos y otras formaciones vegetales nativas. Pueden participar propietarios individuales o de comunidades indígenas y campesinas del Ecuador que mantengan la posesión de tierras con cobertura boscosa nativa y en áreas prioritarias para la conservación a nivel nacional (MAE, 2013, pág. 4).

### **2.7.2. Programa Face de Forestación del Ecuador – PROFAFOR S.A.**

“Empresa ecuatoriana, privada, creada en 1993 con el apoyo y financiación de la fundación holandesa FACE (Forests Absorbing Carbondioxide Emission) (Bosques para la Absorción de Emisiones de Dióxido de Carbono)” (Cárdenas, 2012, pág. 40).

“Actualmente, el trabajo de PROFAFOR se enfoca en la conservación del medio ambiente, comprometiéndose con el desarrollo forestal sustentable mediante el establecimiento de plantaciones forestales y proyectos forestales de carbono (MDL y REDD)” (Cárdenas, 2012, pág. 40).

### **2.7.3. Proyecto Páramo Andino (PPA).**

“Los páramos pueden ser caracterizados básicamente como aquellos ecosistemas y paisajes que se encuentran a grandes altitudes (aproximadamente sobre los 3.000 metros) en la zona ecuatorial del planeta” (Flores, Groten, Lugo, & Vásquez, 2012, pág. 15). “En nuestro país cubren alrededor del 6 % del territorio ecuatoriano (más o menos un millón y cuarto de hectáreas) y así, hacen que seamos el país que más páramo tiene a nivel mundial en relación con su tamaño” (Flores, Groten, Lugo, & Vásquez, 2012, pág. 15).

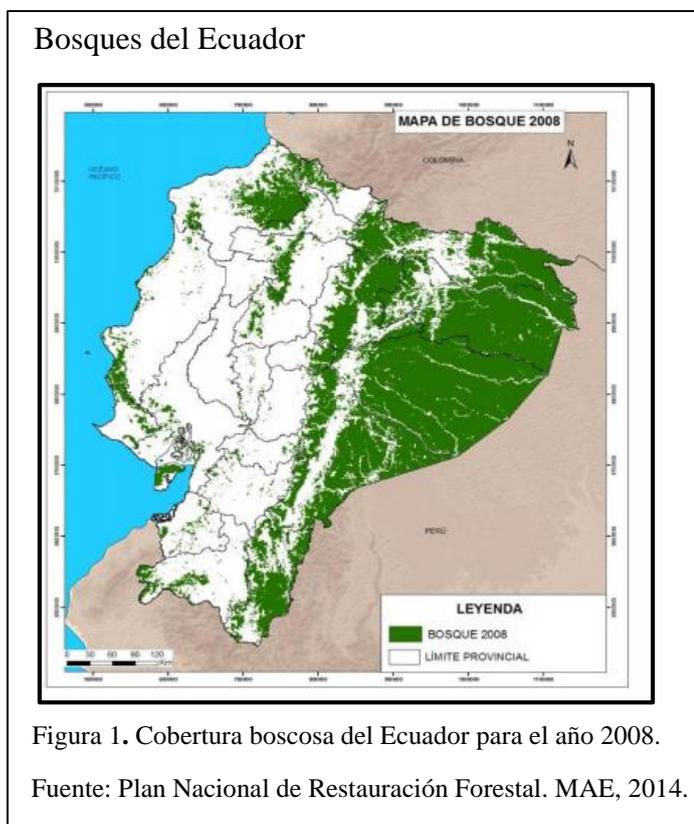
“El PPA pretende contribuir a la conservación y el uso sostenible de los páramos de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú” (Flores, Groten, Lugo, & Vásquez, 2012, pág. 24). Es decir, “busca contribuir creativamente a generar soluciones para la conservación del páramo, por medio de la participación de comunidades locales, autoridades y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, empresarios y empresarias, investigadores e investigadoras” (Flores, Groten, Lugo, & Vásquez, 2012, pág. 25).

### **2.8. Bosque Nativo y su importancia**

El Bosque Nativo es uno de los recursos naturales más importantes con que cuenta el Ecuador para su desarrollo; y constituye una unidad ecosistémica formada por árboles, arbustos y demás especies vegetales y animales resultado de un proceso ecológico espontáneo que interrelaciona otros recursos como el agua, la biodiversidad, el suelo, el aire, el paisaje, etc. (MAE, 2014, pág. 4).

El Mapa de Uso y Cobertura de 2008 muestra que el Ecuador dispone de una cobertura natural de 14.12 millones de ha., es decir, 57% de la superficie total

del país (Figura 1). De ese total de cobertura, 11.31 millones de ha corresponde a bosque nativo (MAE, 2014, pág. 4).



La importancia de los bosques para frenar el cambio climático, se debe a que los arboles a través del proceso de la fotosíntesis absorben CO<sub>2</sub> y lo transforman en diferentes compuestos orgánicos que constituyen su biomasa vegetal, por lo tanto disminuye la cantidad real que debería ser emitida a la atmosfera.

## 2.9. Proyectos de investigación vinculados

En el año 2015 la Ing. Carla Arévalo realizó una investigación en un área del bosque natural Tinajillas – Limón Indanza, ubicado en el cantón Limón Indanza provincia de Morona Santiago, bajo la tutoría del Doctor. Carlos Jumbo Salazar Ph. D.

Para la medición de carbono aplicó el método indirecto de medición de biomasa arbórea el cual considera los modelos de biomasa

específicos para cada especie, estimando la cantidad de biomasa y carbono a partir de mediciones obtenidas en el campo, como son el DAP y la Altura Total del Fuste (Arévalo, 2015).

“El promedio de carbono almacenado en el área de bosque natural Tinajillas-Limón Indanza es de 41 t/ha, con un promedio de CO<sub>2</sub> almacenado de 151 t/ha.” (Arévalo, 2015).

### **3. Hipótesis**

“Se supone que el bosque de la Estación Científica Kutukú almacena cantidades considerables de carbono para generar conocimientos que aporten a la conservación y mejora de este ecosistema”.

### **4. Ubicación**

#### **4.1.Ubicación Político Territorial**

El lugar en estudio se ubica en el bosque de la Estación Científica Kutukú, parroquia Sevilla de Oro, cantón Macas, provincia de Morona Santiago, centro de la Región Oriental del Ecuador. En esta localidad se distribuyen comunidades de la nacionalidad Shuar.

#### **4.2.Ubicación Geográfica**

El área donde se realizó el estudio se encuentra a 1200 msnm, lo que según el “Plan de Manejo Actualizado y Priorizado del Bosque Protector Kutukú Shaimi, 2012 – 2017” corresponde a un bosque húmedo subtropical y a una formación natural de bosque siempreverde piemontano.

La parcela del área de estudio presenta las siguientes coordenadas:

Tabla 1. Coordenadas de la parcela

Puntos de la parcela	X	Y
1	826840	9744239
2	826924	9744130
3	826938	9744232
4	826840	9744131

Nota: Las coordenadas datos fueron tomadas en campo.  
Elaborado por: Jessica Túqueres, 2016.

### **4.3. Condiciones climáticas**

#### **4.3.1. Clima.**

Considerando la altitud del área de estudio, la temperatura se encuentra en un rango de 17 a 22 °C, lo que se significa que la temperatura varía muy poco en invierno y verano.

#### **4.3.2. Precipitación.**

Según la Clasificación del Régimen Pluviométrico (Strahler 1986, Maldonado 2002), el sector corresponde a una zona Superhúmeda - Régimen Pluviométrico Tipo V, es decir, existen en el sitio precipitaciones superiores a los 2 000 mm/año, que se caracteriza por ser abundante y bien distribuida durante todo el año pero con mayor presencia durante el primer trimestre (MAE, 2012, pág. 19).

### **4.4. Suelos**

“La textura de los suelos en la zona, son de categoría fina, teniendo mayor representatividad los franco arcillosos (35% arcilla), arcillo arenoso y arcillo limoso, de profundidad variable y fertilidad natural media” (Jumbo, 2015).

Los suelos tienen un pH ácido con altos contenidos de Hierro (Fe) y Aluminio (Al). Al tener el suelo un pH bajo, elementos como el Ca y Mg, no son absorbidos por las plantas de la solución del suelo. A ello se suma el hecho de contar con altas precipitaciones que lavan las bases de estos elementos, lo que torna más pobres a los suelos, situación que impide el buen desarrollo de los cultivos agrícolas (Jumbo, 2015).

Los suelos predominantes en el sector son del Orden Inceptisol, considerados de baja o media evolución, que se encuentran en posiciones de relieve extremo, fuertes pendientes y depresiones, que son las condiciones características para el caso de la Estación Científica Kutukú (Jumbo, 2015).

## **5. Materiales y Métodos**

### **5.1. Materiales**

Equipos utilizados:

- GPS
- Odómetro analógico
- Cámara de fotos
- Hipsómetro Nikon

Materiales utilizados:

- Inventario de especies arbóreas del bosque Kutukú
- Formularios de campo
- Tablero para portar formularios

- Cinta métrica
- Mochilas para instrumentos de medición y formularios
- Machetes
- Lápices, lapiceros
- Pintura de caucho en spray color azul
- Forcípulas
- Botas de caucho
- Poncho de agua

## **5.2.Métodos**

La Estratificación del área de estudio y la Recolección y preservación de muestras botánicas, fueron realizadas previamente por las egresadas Evelyn Alvear y Alejandra Valarezo y a partir de allí se continúa con la siguiente fase. A continuación se describe brevemente los pasos antes mencionados.

### **5.2.1. Estratificación del área de estudio.**

#### **5.2.1.1. *Diseño Experimental.***

- a) **Diseño del área de estudio:** A través de una salida al campo se observó que el bosque tiene una forma de palanqueta. A partir de allí, en el programa ArcGis y con el GPS se realizó un mapa topográfico para ubicar el punto central.
- b) **Delimitación del área de estudio:** Durante 5 días y con ayuda de la brújula y el GPS se recorrió el bosque con el objetivo de instalar la unidad de medida, para lo cual se aplicó un censo forestal o también conocido como inventario al 100 %

- c) **Efecto de borde del cuadrante:** Únicamente se censaron aquellas especies que se encuentran dentro de la unidad de medida y se aplicó un efecto de borde del cuadrante de 15 metros.
- d) **Tipo de Inventario:** Para realizar el censo forestal, se utilizó el sistema de carriles, ya que con este método se obtiene información de las características cualitativas y cuantitativas de las especies vegetales en estudio. Por lo tanto, el presente estudio se lo realizó en 1 ha de terreno y con coordenadas UTM.
- e) **Medición de los árboles:** Para la medición de los árboles se recolectó de cada trocha de orientación las especies vegetales que se encuentren en un estado fértil para posteriormente identificarlas.

### **5.2.2. Recolección y preservación de muestras botánicas.**

- a) **Colección de las muestras vegetales:** Para coleccionar las muestras se usaron dos podadoras: manual y aérea.
- b) **Tratamiento de las muestras vegetales:** Para conservar las muestras vegetales se colocaron las mismas en papel periódico y se preservaron al 70 % de alcohol hasta lograr un secado.
- c) **Identificación de las muestras vegetales:** Al haber secado las muestras durante 15 días, se enviaron las mismas al Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador para su análisis e identificación.

### **5.2.3. Mensuración Forestal.**

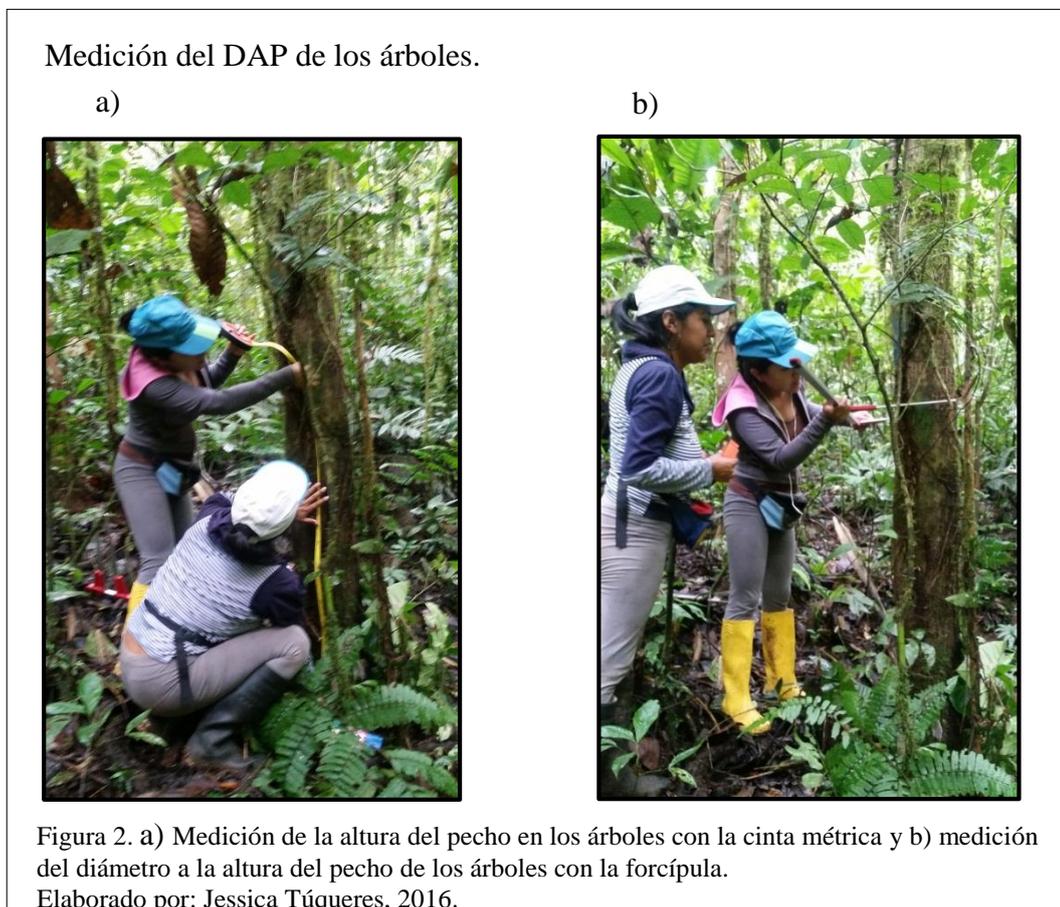
Se utilizó el método no destructivo, que consistió en medir en el campo los diámetros a la altura del pecho y la altura total del fuste de los árboles, para posteriormente con estas dos variables calcular: área basal, volumen forestal, biomasa forestal, carbono almacenado y CO<sub>2</sub> capturado.

### 5.2.3.1. *Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP).*

El diámetro a la altura del pecho por sus siglas (DAP), debe ser medido con corteza y a una altura de 1,30 m. Es una de las medidas más elementales y difíciles en mediciones forestales, ya que puede ser alterada por variaciones ambientales y la densidad del rodal.

“En árboles normales en pie, rectos y en terreno plano, el dap se debe medir a 1,30 m del suelo” (Cancino, 2006, pág. 26). “Pero si los árboles presentan deformaciones a esta altura, entonces se mide el diámetro donde termina la deformación” (Armijos, 2013, pág. 13).

Para la medición a la altura del pecho se utilizó la cinta métrica, mientras que para medir el diámetro del árbol con corteza y a partir de 10 cm, se usó la forcípula como se observa en la Figura 2.



“Para los árboles bifurcados, trifurcados o con más divisiones, fue analizado el punto donde el árbol se divide. Los rebrotes de árboles también fueron considerados como árboles y aplica las mismas condiciones” (Arévalo, 2015, pág. 53).

En árboles bifurcados a una altura menor de 1,30 m, cada pie del árbol se mide y considera como un individuo; cuando la bifurcación se presenta a una altura mayor a 1,30, se realiza sólo una medición y se asume que el árbol tiene un fuste único (Cancino, 2006, págs. 26,27).

En tal sentido, para realizar correctamente todas las mediciones, se tomó como guía el Manual de Campo de la Evaluación Nacional Forestal del Ecuador, 2012.

#### **5.2.3.2. *Medición de la altura total del fuste.***

La altura es la longitud de la línea recta que va desde el suelo (base del fuste) hasta algún punto en el árbol. Según sea la posición de ese punto, se definen cinco alturas diferentes: i) altura total, medida entre el suelo y el extremo de la yema terminal del fuste (ápice); ii) altura fustal, medida entre el suelo y el punto donde comienza la copa (viva o muerta) del árbol; iii) altura comercial, medida entre el suelo y el punto donde el fuste tiene un diámetro comercial definido; iv) altura de tocón, medida entre el suelo y la base del primer trozo; y v) altura de copa viva, medida entre el suelo y el inicio de la copa viva (Cancino, 2006, págs. 27,28).

Para tal fin se utilizó el hipsómetro Nikon como se observa en la Figura 3.

### Medición de la altura del fuste



Figura 3. Uso del Hipsómetro Nikon para medir la altura total del fuste de cada individuo.  
Elaborado por: Jessica Túqueres, 2016.

## 6. Cálculos

Para determinar la cantidad de biomasa, carbono almacenado y toneladas de CO<sub>2</sub> del estrato arbóreo en un área del bosque natural Kutukú, se realizaron las siguientes estimaciones:

### 6.1. Estimación del área basal

El área basal es la suma de la sección transversal del fuste, el cual debe ser medido a la altura del DAP de los árboles que se encuentren en la unidad de superficie.

“El mismo se calculó aplicando la siguiente fórmula” (Russo, 2009, pág. 6):

$$AB = \frac{\pi}{4} * DAP^2 \left[ \frac{m^2}{arb} \right] * N \left[ \frac{arb}{ha} \right]$$

Donde:

$$AB = \text{área basal (m}^2/\text{ha)}$$

$$\frac{\pi}{4} = \text{constante} = \frac{3,1416}{4}$$

DAP<sup>2</sup> = diámetro a la altura del pecho (m)

N = número de árboles (arb./ha)

## 6.2. Estimación del volumen forestal

“El volumen es la medida de la cantidad de madera sólida más ampliamente utilizada” (Cancino, 2006, pág. 42).

El volumen por unidad de muestreo, se obtuvo por medio de la medición del DAP y la altura total del fuste de los árboles, evitando el efecto de borde. Posteriormente, se expandió a la unidad de superficie utilizando el factor de forma definido por el tamaño de la unidad muestral (Arévalo, 2015, pág. 58).

El factor de forma depende de la especie que se esté calculando el volumen. En este caso, en el área de estudio se encontraron casi en su totalidad especies latifoliadas, por lo tanto se aplicó el factor de forma de 0,5 como se aprecia en la Tabla 2:

Tabla 2. Cuadro de factor de forma

<b>Especie</b>	<b>Factor de forma</b>
Latifoliadas	0,5
Coníferas	0,45

Nota: Estos datos fueron tomados del informe de IPCC, 1996  
Elaborado por: Jessica Túqueres, 2016.

“El valor del volumen del área de estudio se determinó mediante la siguiente fórmula” (Russo, 2009, pág. 6):

$$\text{Volumen} = AB * H * ff$$

Donde:

AB = área basal (m<sup>2</sup>)

H = altura total del árbol (m)

ff = factor de forma (0,5)

### **6.3. Estimación de la biomasa forestal**

“La biomasa en general, es considerada como la masa total de organismos vivos en una zona o volumen determinado” (Arévalo, 2015, pág. 60).

Es decir, es el peso de la materia orgánica existente en un ecosistema forestal, ya sea que se encuentre por encima o por debajo del suelo. Al momento de medirla es recomendable separarla en diferentes componentes como son: hojas, hojarasca, corteza, ramas, raíces y madera muerta.

“El valor de la biomasa del área de estudio se obtuvo mediante la siguiente formula” (Arévalo, 2015, págs. 60,61) (Brown & FAO, 1998, pág. 20) (IPCC, 2006, pág. 61):

$$Bf = \text{Volumen} * GE * FEBa * FEBS$$

Donde:

Bf = biomasa forestal (toneladas)

GE = densidad de la madera  $\left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right)$  [0,5]

FEBa = factor de expansión de biomasa aérea (ramas, hojas)[1,20]

FEBS = factor de expansión de biomasa subterránea (raíces)[1,20]

Para el valor de densidad de madera si no se disponen de datos suficientes “se puede emplear un valor ponderado basado en las especies conocidas, utilizando la media aritmética” (Brown & FAO, 1998, pág. 20), como se indica en la Figura 4:

Región tropical	Media	Valores habituales
África	0.56	0.50-0.79
América	0.60	0.50-0.69
Asia	0.57	0.40-0.69

Figura 4. Media aritmética y valores más comunes de densidad de madera (ton/m<sup>3</sup>) para las especies arbóreas por regiones.  
Fuente: Brown & FAO, 1998

El Factor de Expansión de la Biomasa (FEB) es un coeficiente que permite añadir a la biomasa de los fustes, obtenida a partir del volumen inventariado en campo, la biomasa correspondiente a las ramas, hojas y raíces. Es decir, los FEB expanden el peso seco del volumen calculado de existencias para incluir los componentes no maderables del árbol o el bosque (Russo, 2009, pág. 8).

Este valor “varía mucho entre especies y condiciones particulares de los ecosistemas forestales” (Lerma & Orjuela, 2014, pág. 36). En tal sentido, en las Directrices del IPCC, 2006, se muestran diferentes valores para el FEB, sin embargo, para el presente estudio se utilizó un factor de expansión de biomasa subterránea y aérea de 1,20.

#### 6.4. Estimación del carbono almacenado

“La fracción de carbono representa, las toneladas de carbono por tonelada de materia seca de la biomasa” (Arévalo, 2015, pág. 61).

Para la estimación del carbono almacenado se utilizó la fracción de carbono de 0,5. Este valor indica el porcentaje de carbono presente en la biomasa de cada individuo, es decir que el 50 % del peso del individuo es carbono.

“La fórmula para la obtención del valor de carbono almacenado es la siguiente”  
(Arévalo, 2015, pág. 61):

$$C = B * Fc$$

Donde:

C = carbono en toneladas de carbono

B = biomasa

Fc = fracción de carbono [0,5]

### **6.5. Estimación del CO<sub>2</sub> capturado**

Una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO<sub>2</sub>, este valor es adquirido en función de los pesos moleculares del carbono del CO<sub>2</sub>, de 12/44. Para conocer la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito, se multiplicó por el valor de 3,67. No obstante, una tonelada de biomasa forestal tiene aproximadamente 0,5 toneladas de carbono (Arévalo, 2015, págs. 61,62).

Para determinar el CO<sub>2</sub> almacenado en el bosque, se utilizó la siguiente ecuación  
(Arévalo, 2015, pág. 62):

$$CO_2 = C * 3,67$$

Donde:

CO<sub>2</sub> = cantidad de dióxido de carbono capturado en toneladas de CO<sub>2</sub>

3,67 = constante que se utiliza para convertir carbono en toneladas de CO<sub>2</sub>

## 7. Resultados y Análisis

### 7.1. Composición del estrato arbóreo del bosque natural Kutukú

El área de estudio, se identifica por estar constituido de árboles que van desde los 15 hasta los 30 metros de altura.

De igual manera, este bosque tiene un dosel cerrado, debido a que sus árboles son considerados como los más altos del planeta y en varias hectáreas se puede encontrar un solo individuo por especie.

Es así que, el dosel arbóreo del área de estudio presenta un mayor número de individuos que se encuentran en la fase de latizales altos, ya que sus DAP se encuentran entre 15 a 20 cm.

En tal sentido, la composición general del estrato arbóreo del bosque consta de: 272 individuos agrupados en 48 especies, 37 géneros y 21 familias.

Las familias y especies existentes están representadas en la siguiente tabla:

Tabla 3. Especies existentes por familia

<i>N°</i>	<i>Familia</i>	<i>Especie</i>	<i>Nombre Común</i>	<i>N° Individuos</i>
1	<b>Annonaceae</b>	<i>Annona sp.</i> L	Anona	7
		<i>Annona ambotay</i> Aublet.	Yeiz numi	2
2	<b>Araliaceae</b>	<i>Oreopanax sp.</i> Decne. & Planch.	Árbol de leña (94)	25
3	<b>Boraginaceae</b>	<i>Cordia alliodora</i> Cham	Laurel m1	1
4	<b>Burseraceae</b>	<i>Protium sagotianum</i> March.	Copal m1	14
5	<b>Clusiaceae</b>	<i>Chrysochlamys bracteolata</i>	Planta 1	3

---

Cuatrec.				
<b>6</b>	<b>Euphorbiaceae</b>	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	Cauchillo	5
		<i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll.	Cuero de Sapo	25
Arg.				
		<i>Mabea</i> sp. Aublet.	Arbol de leña	12
		<i>Mabea speciosa</i> Müll. Arg.	Remo	1
		<i>Sapium marmierri</i> Huber	Cauchillo	8
<b>7</b>	<b>Fabaceae</b>	<i>Dialium guianense</i> (Aublet)	Chikenia	1
Sandwith.				
		<i>Inga acreana</i> Harms	Fotomo (1)	9
		<i>Inga alata</i> Benoist	Guaba Silvestre	5
		<i>Senna macrophylla</i>	Palo Barbasco/	2
		(Kunth) H.S. Irwin & Barneby	remedio de monte	
<b>8</b>	<b>Hippocrateaceae</b>	<i>Salacia</i> sp.	Guashiqui	3
<b>9</b>	<b>Hypericaceae</b>	<i>Vismia lateriflora</i> Ducke	Achotillo m1	2
		<i>Vismia floribunda</i> Sprague	Achotillo m2	4
		<i>Vismia baccifera</i> (L.) Triana &	Achotillo rojo	5
		Planch.		
<b>10</b>	<b>Lauraceae</b>	<i>Nectandra coeloclada</i> Rohwer	Canelon	3
			/Amarillo	
		<i>Nectandra reticulata</i> (Ruiz &	Canelon Negro	4
		Pav.) Mez		
		<i>Nectandra membranacea</i>	Jicopo	4
		(Sw.) Griseb.		
		<i>Rhodostemonodaphne</i>	Canelon Peludo	3
		<i>kunthiana</i> (Nees) Rohwer		
<b>11</b>	<b>Lecythidaceae</b>	<i>Grias neuberthii</i> J.F.Macbr.	Huevo de Toro	3
<b>12</b>	<b>Malvaceae</b>	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Balsa m2	3
		<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex	Balsa m1	2
		Lam.) Urb.		

---

13	Melastomataceae	<i>Miconia klugii</i> Gleason	Sacha caimo negro	6
14	Meliaceae	<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Cedro macho	8
		<i>Cedrela odorata</i> L.	Nogal	6
		<i>Guarea pterorhachis</i> Harms	Bella maria	4
		<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss	Maquero	1
15	Moraceae	<i>Batocarpus orinocensis</i> Karst.	Pitiuca m1	5
		<i>Brosimum lactescens</i> (Moore) C. Berg	Sandi	3
		<i>Castilla ulei</i> Warb.	Planta 2	3
		<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Pitiuca m2	6
		<i>Ficus insipida</i> Willdenow now.	Higuerón	3
		<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karsten	Capulí	2
		<i>Perebea guianensis</i> Aublet.	Palo de Aceite	8
16	Myristicaceae	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgraf.) A.H. Gentry	Llora sangre rojo	12
		<i>Virola pavonis</i> (A.DC.) A.C.Sm.	Llora sangre blanco.	5
17	Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> (P.Wilson) Reynel	Limoncillo	10
18	Sapindaceae	<i>Allophylus floribundus</i> Radlk	Fotomo	6
19	Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk	Sachacaimito	1
20	Urticaceae	<i>Cecropia ficifolia</i> Warb.	Guarumbo Blanco	9
		<i>Cecropia membranacea</i> Trécul	Muestra 1	2
		<i>Pourouma minor</i> Benoist	Uvilla Blanco	12
		<i>Pourouma tomentosa</i> Mart. ex Miq.	Uvilla Silvestre	2

21	<b>Vochysiaceae</b>	<i>Vochysia brachelyna</i> Standl.	Bella María rojizo	2
----	---------------------	------------------------------------	--------------------	---

Nota: El número de individuos fue registrado en el área de estudio.

Fuente: (Valarezo & Alvear, 2016, págs. 41,42,43)

La familia con mayor número de individuos es *Euphorbiaceae* (51); mientras que las familias que cuentan tan solo con 1 individuo son *Boraginaceae* y *Sapotaceae*.

### 7.1.1. Análisis por variable.

Para el cálculo de las diferentes variables, se consideraron únicamente los individuos cuyo DAP es mayor o igual a 10 cm. Por lo tanto el número de individuos se redujo a 190, agrupados en 38 especies y 18 familias como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Especies por familia con DAP mayor o igual a 10 cm

Nº	Familia	Especie	Nº Individuos
1	Annonaceae	<i>Annona sp.</i> L	7
		<i>Annona ambotay</i> Aublet cf.	2
2	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> Cham	1
3	Burseraceae	<i>Protium sagotianum</i> March.	14
4	Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.	5
		<i>Mabea sp.</i> Aublet.	12
		<i>Mabea speciosa</i> Müll. Arg.	1
		<i>Sapium marmierr</i> Huber	8
5	Fabaceae	<i>Senna macrophylla</i> (Kunth) H.S. Irwin & Barneby	2
6	Hippocrateaceae	<i>Salacia sp.</i>	3
7	Hypericaceae	<i>Vismia lateriflora</i> Ducke	2
		<i>Vismia floribunda</i> Sprague	4
		<i>Vismia baccífera</i> (L.) Triana & Planch.	5
8	Lauraceae	<i>Nectandra coeloclada</i> Rohwer	3
		<i>Nectandra reticulata</i> (Ruíz & Pay) Mez	4
		<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb	4
		<i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> (Nees) Rohwer	3

9	Lecythidaceae	<i>Grias neuberthii</i> J.F. Macbr.	3
10	Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i> L.	3
		<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urb.	2
11	Melastomataceae	<i>Miconia klugii</i> Gleason	6
12	Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	8
		<i>Cedrela odorata</i> L.	6
		<i>Guarea kunthiana</i> A. Juss	1
		<i>Guarea pterorhachis</i> Harms	4
13	Moraceae	<i>Batocarpus orinocensis</i> Karst.	5
		<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	6
		<i>Ficus insipida</i> Willdenow	3
		<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karsten	2
		<i>Perebea guianensis</i> Aublet.	8
14	Myristicaceae	<i>Otoba parvifolia</i> (Markgraf.) A.H. Gentry	12
		<i>Virola pavonis</i> (A.DC.) A.C.Sm.	5
15	Rutaceae	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> (P. Wilson) Reynel	10
16	Sapotaceae	<i>Pouteria caimito</i> (Ruíz & Pay) Radlk	1
17	Urticaceae	<i>Cecropia ficifolia</i> Warb.	9
		<i>Pourouma minor</i> Benoist	12
		<i>Pourouma tomentosa</i> Mart. Ex Miq.	2
18	Vochysiaceae	<i>Vochysia bracediniae</i> Standl.	2

Nota: la selección de las especies según su DAP fue realizado en oficina.

Elaborado por: Jessica Túqueres, 2016

A continuación se describen los resultados obtenidos en cada variable:

### ➤ Área basal [ $m^2$ ]

El área basal del bosque es de 548,9  $m^2$ , lo que resulta 54,89  $m^2/ha$ . A nivel de familia, las especies con mayor área basal pertenecen a *Burseraceae* con un valor de 13,30  $m^2/ha$ , lo cual representa el 24 % del total de los individuos. Por otro lado, la

especie con mayor área basal es *Protium sagotianum* March. con un valor de 13,30 m<sup>2</sup>/ha, que de igual manera representa el 24 % del total de los datos.

➤ **Volumen forestal [m<sup>3</sup>]**

El volumen de madera del bosque natural Kutukú es de 5 915,4 m<sup>3</sup>, representando 591,54 m<sup>3</sup>/ha. La familia con mayor volumen es *Burseraceae* con un valor de 166,31 m<sup>3</sup>/ha, lo cual constituye el 28 % del total de los individuos en estudio. Por otro lado, la especie con mayor volumen es *Protium sagotianum* March., de igual manera con un valor de 166,31 m<sup>3</sup>/ha, que también representa el 28 %, ya que pertenece a la familia mencionada.

➤ **Biomasa forestal [t]**

La biomasa forestal abarca 4 259,1 t, resultando 425,91 t/ha. La familia con mayor biomasa es *Burseraceae* con un valor de 119,74 t/ha, lo cual representa el 28 % de la superficie analizada. Por otro lado, la especie con mayor biomasa forestal es *Protium sagotianum* March., de igual manera con un valor de 119,74 t/ha lo que significa un 28 % de los individuos en estudio.

➤ **Carbono contenido [t]**

El carbono contenido por el bosque es de 2 129,5 t, es decir 212,95 t/ha. La familia con mayor carbono almacenado es *Burseraceae* con un valor de 59,87 t/ha, lo que corresponde al 28 % de los individuos. La especie con mayor cantidad de carbono capturado es *Protium sagotianum* March, con un valor de 59,87 t/ha lo que constituye el mismo porcentaje.

➤ **CO<sub>2</sub> capturado [t CO<sub>2</sub>]**

El CO<sub>2</sub> capturado por el bosque Kutukú es de 7 815,4 t, lo que resulta 781,54 t CO<sub>2</sub>/ha. La familia con mayor CO<sub>2</sub> capturado es *Burseraceae* con un valor de 219,73 t/ha lo que representa el 28 % de los individuos en estudio. Estas mismas cifras se repiten para la especie con mayor CO<sub>2</sub> capturado, que es *Protium sagotianum* March.

### 7.1.2. Estructura del bosque.

Para realizar la clasificación diamétrica, se consideraron los 190 individuos. Los diámetros fueron distribuidos en intervalos de amplitud de 5 cm generando 21 categorías y calculando el volumen forestal para cada rango. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Clases diamétricas del estudio del estrato arbóreo en un área del bosque Kutukú

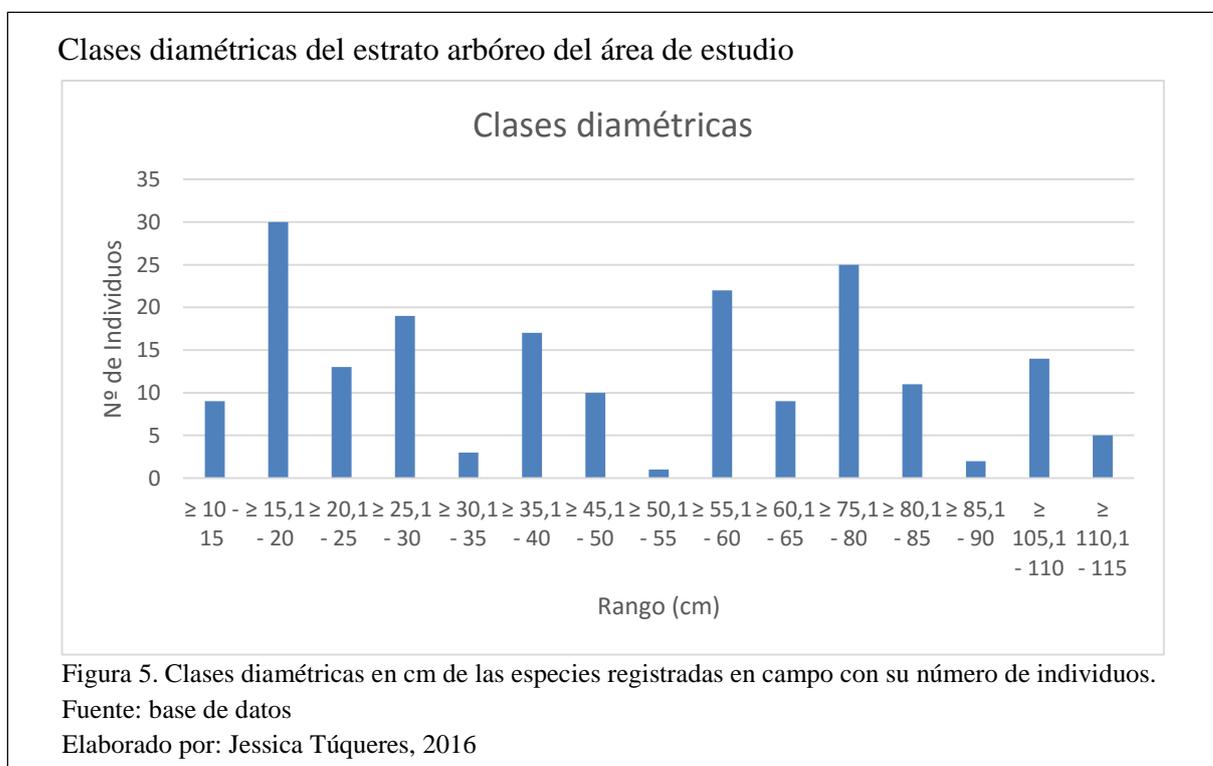
<i>Clase</i>	<i>Rango (cm)</i>	<i>Nº de Individuos</i>	<i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Especies</i>
I	≥ 10 - 15	9	1,05	<i>Annona sp.</i> L.; <i>Pourouma tomentosa</i> Mart. Ex Miq.
II	≥ 15,1 - 20	30	6,58	<i>Cordia alliodora</i> Cham; <i>Mabea sp.</i> Aublet.; <i>Cedrela odorata</i> L.; <i>Batocarpus orinocensis</i> Karst.; <i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.
III	≥ 20,1 - 25	13	2,83	<i>Vismia lateriflora</i> Ducke; <i>Vismia baccífera</i> (L.) Triana & Planch.; <i>Viola pavonis</i> (A.DC.) A.C.Sm.; <i>Pouteria caimito</i> (Ruíz & Pay) Radlk
IV	≥ 25,1 - 30	19	7,91	<i>Vismia floribunda</i> Sprague; <i>Heliocarpus americanus</i> L.; <i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urb.; <i>Zanthoxylum riedelianum</i> (P. Wilson) Reynel

V	≥ 30,1 - 35	3	1,44	<i>Grias neuberthii</i> J.F. Macbr.
VI	≥ 35,1 - 40	17	21,55	<i>Annona ambotay</i> Aublet cf.; <i>Ficus insipida</i> Willdenow; <i>Otoba parvifolia</i> (Markgraf.) A.H. Gentry
VII	≥ 40,1 - 45	0		
VIII	≥ 45,1 - 50	10	15,40	<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karsten; <i>Perebea guianensis</i> Aublet.
IX	≥ 50,1 - 55	1	1,43	<i>Mabea speciosa</i> Müll. Arg.
X	≥ 55,1 - 60	22	63,77	<i>Sapium marmierri</i> Huber; <i>Nectandra reticulata</i> (Ruíz & Pay) Mez; <i>Rhodostemonodaphne kunthiana</i> (Nees) Rohwer; <i>Miconia klugii</i> Gleason; <i>Guarea kunthiana</i> A. Juss
XI	≥ 60,1 - 65	9	29,86	<i>Cecropia ficifolia</i> Warb.
XII	≥ 65,1 - 70	0		
XIII	≥ 70,1 - 75	0		
XIV	≥ 75,1 - 80	25	118,88	<i>Senna macrophylla</i> (Kunth) H.S. Irwin & Barneby; <i>Nectandra coeloclada</i> Rohwer; <i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb; <i>Guarea pterorhachis</i> Harms; <i>Pourouma minor</i> Benoist
XV	≥ 80,1 - 85	11	70,36	<i>Salacia</i> sp.; <i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.
XVI	≥ 85,1 - 90	2	11,45	<i>Vochysia bracediniae</i> Standl.
XVII	≥ 90,1 - 95	0		
XVIII	≥ 95,1 - 100	0		
XIX	≥ 100,1 - 105	0		
XX	≥ 105,1 - 110	14	166,31	<i>Protium sagotianum</i> March.
XXI	≥ 110,1 - 115	5	72,71	<i>Alchornea latifolia</i> Sw.

Nota: Existen espacios en blanco en la columna *Especies*, ya que no se encontraron individuos  
Elaborado por: Jessica Túqueres, 2016

Como se observa en la Tabla 5, de los 190 individuos en estudio la mayor cantidad se encuentra en la clase II con 30 individuos, lo que representa el 16 % de los árboles del área de estudio y con un DAP entre el rango de  $\geq 15,1 - 20$  cm. Mientras que en la clase VIII se encuentra el menor número de individuos (1), lo que representa el 0,5 % y con un DAP entre el rango de  $\geq 50,1 - 55$  cm, esto quiere decir que en el área de estudio existe mayor presencia latizales altos, lo que significa que el bosque se encuentra en un estado de regeneración. Esta fase puede ser por las alteraciones humanas que ha sufrido el bosque en tiempos pasados como la deforestación para actividades agrícolas.

En cuanto al volumen, la especie que mayor cantidad de volumen forestal presenta es *Protium sagotianum* March con  $166,31 \text{ m}^3/\text{ha}$  y se encuentra en la clase XX con un rango de DAP de  $\geq 105,1 - 110$  cm y con una altura promedio de 25 m; En la siguiente figura se aprecian las clases diamétricas con su número de individuos:



## 7.2. Análisis Descriptivo

Los resultados de cada variable se analizaron mediante histogramas.

### 7.2.1. Histogramas.

Se aplicaron histogramas de barras simples en el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores indicando la distribución de la población respecto a las variables: altura total del fuste, diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal, volumen, biomasa forestal, carbono almacenado, dióxido de carbono almacenado (CO<sub>2</sub>) (Arévalo, 2015, pág. 89).

La siguiente tabla muestra la estadística descriptiva de cada variable y posteriormente se detallarán cada uno de estos valores mediante histogramas.

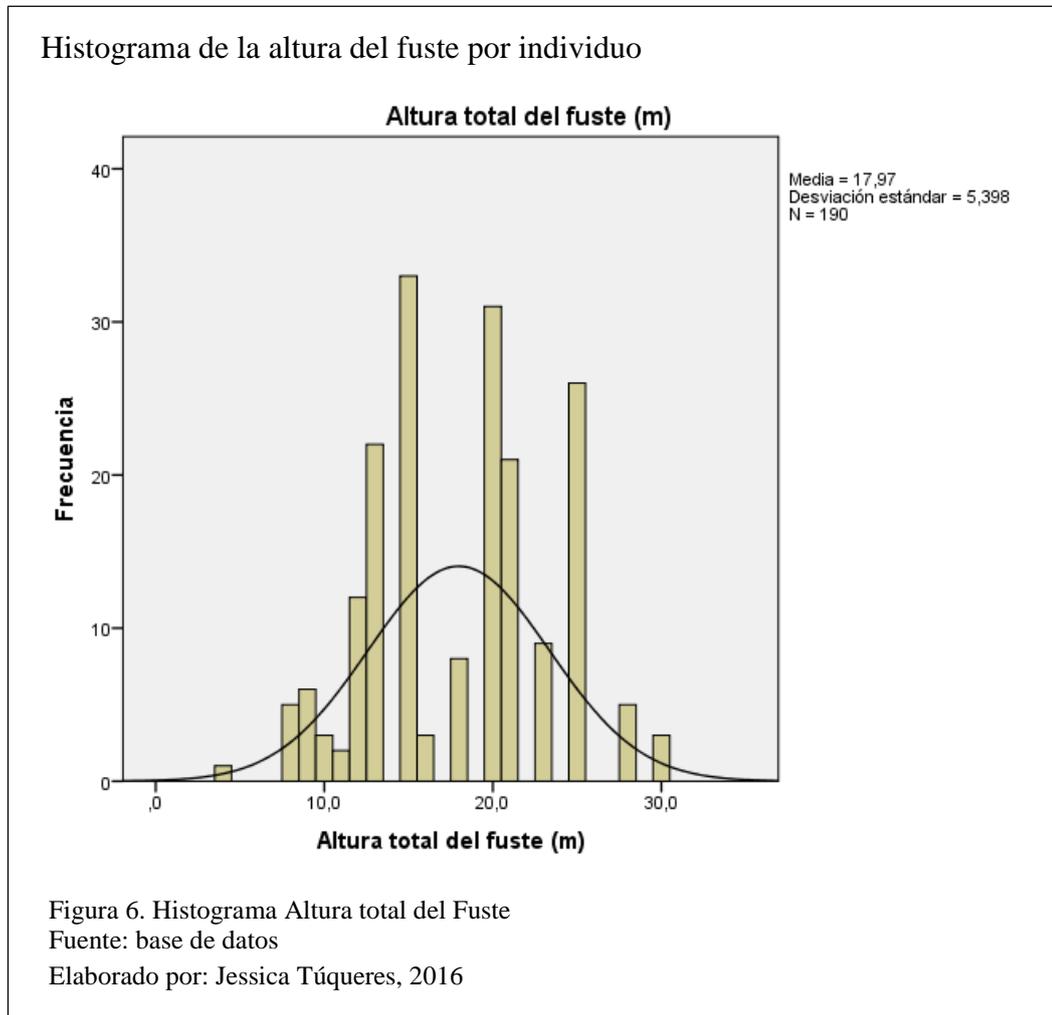
Tabla 6. Estadística descriptiva de las variables

<b>Variab</b> les	<b>Nº</b> <b>Individuos</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b> <b>Estándar</b>
Altura (m)	190	4,0	30,0	17,97	5,39
DAP (cm)	190	14,0	115,0	52,54	30,37
Área basal (m <sup>2</sup> )	190	0,02	1,04	0,29	0,29
Volumen (m <sup>3</sup> )	190	0,07	14,54	3,11	3,75
Biomasa forestal (ton)	190	0,05	10,5	2,24	2,7
C. contenido (ton)	190	0,02	5,24	1,12	1,36
CO <sub>2</sub> capturado (ton)	190	0,09	19,21	4,11	4,95

Nota: Los resultados de cada variable se obtuvieron con el programa estadístico SPSS.  
Elaborado por: Jessica Túqueres, 2016.

### 7.2.1.1. *Histograma de altura total del fuste.*

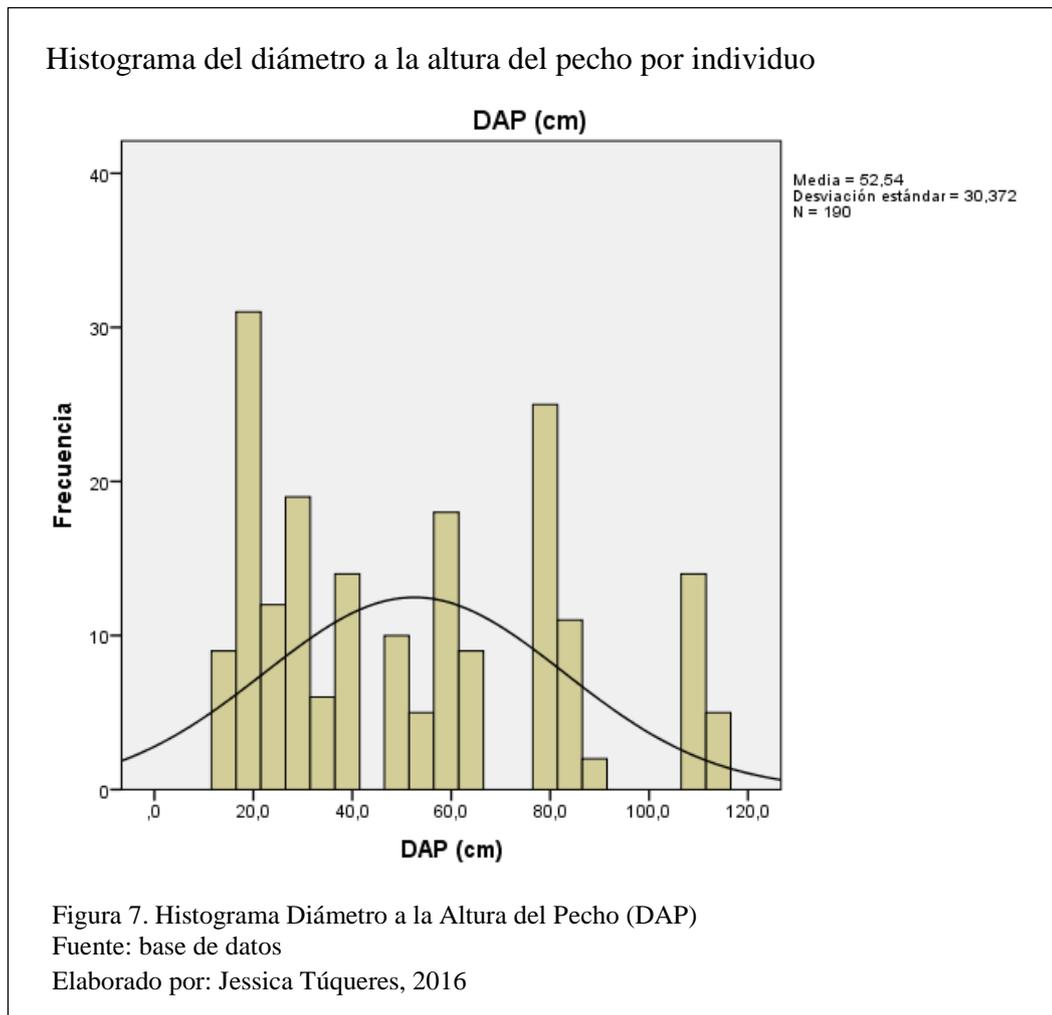
El histograma de la altura total del fuste se muestra en la figura 6.



En el resultado del análisis estadístico de los 190 individuos en estudio, se determinó una altura media de 18 m con una desviación estándar de 5,4. La mayor cantidad de individuos (181) se encuentra entre 8 – 25 m de altura, lo cual representa el 95 % de los individuos. La mayor frecuencia (33) tiene altura de 15 m y constituye el 17 % de los datos; esto quiere decir que es un bosque que ha tenido perturbaciones tanto humanas como naturales.

### 7.2.1.2. *Histograma de DAP.*

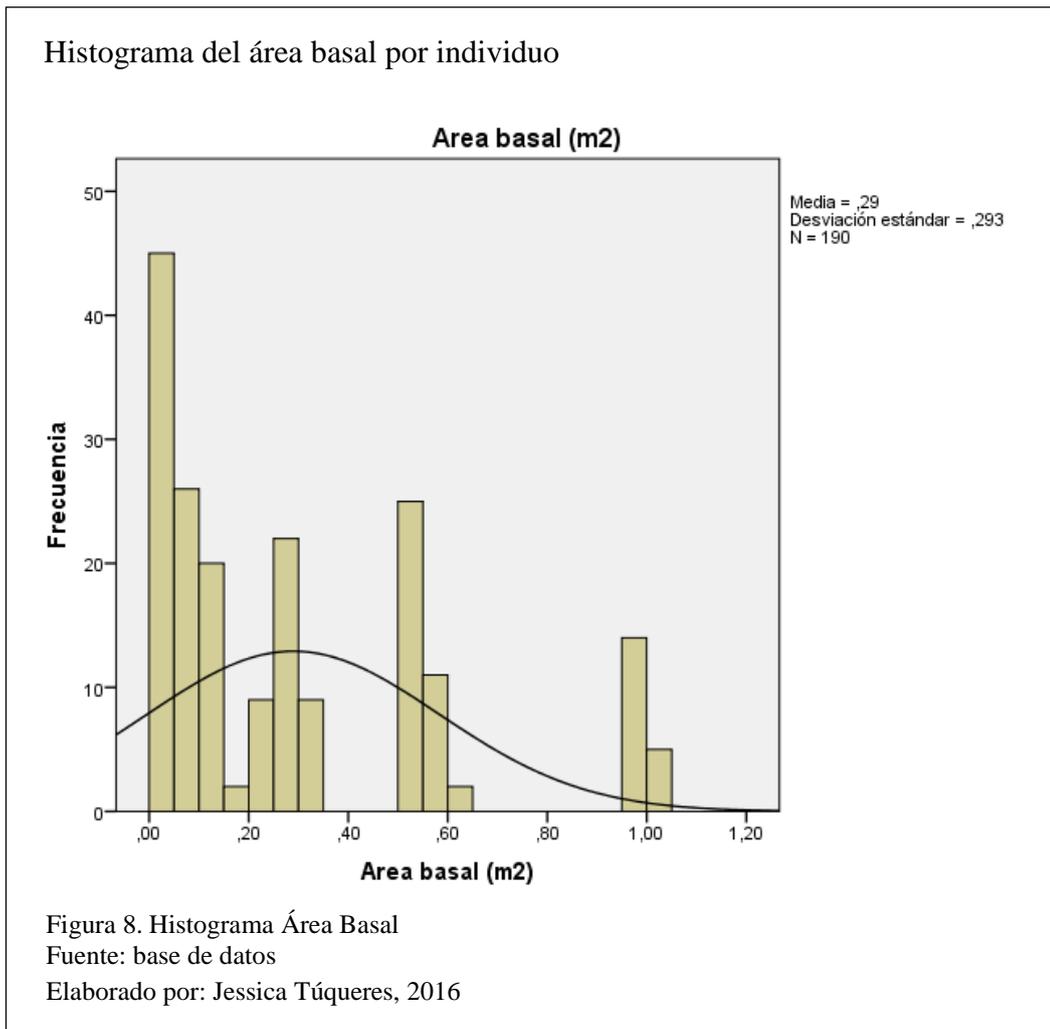
El histograma del diámetro a la altura del pecho se muestra en la figura 7.



En el análisis estadístico del DAP de los 190 individuos, se obtuvo un DAP medio de 53 cm y una desviación estándar de 30,4. El DAP de la superficie analizada en su mayoría se encuentra entre un rango de 15 a 85 cm con un total de 169 individuos dentro del mismo, lo que representa el 89 % del total de los datos. Existe una mayor frecuencia de individuos (31) en el rango de 18 a 21 cm, lo que representa el 16 % del área de estudio.

### 7.2.1.3. *Histograma de área basal.*

El histograma del área basal se muestra en la figura 8.

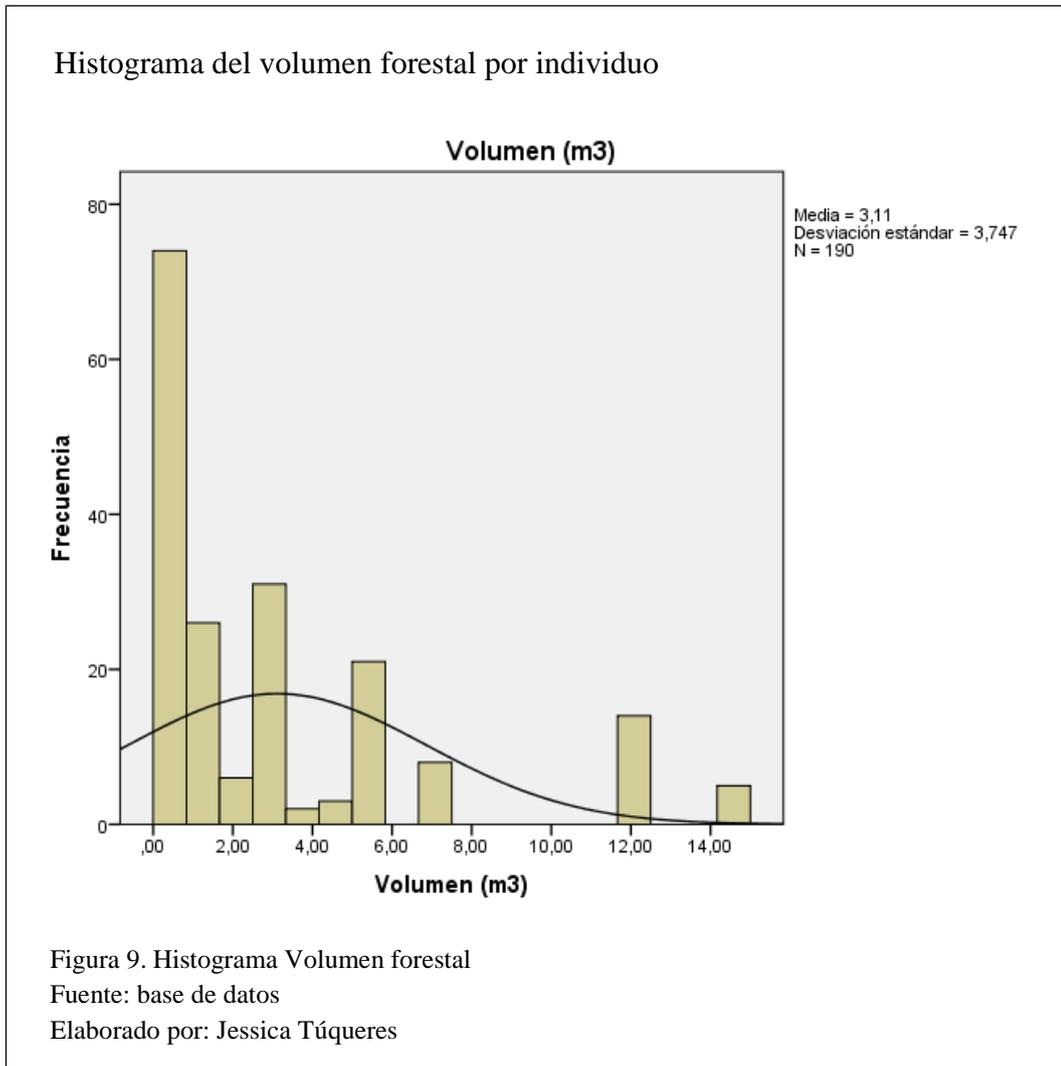


El área basal de los 190 individuos en el área de estudio tiene una media de  $0,29 \text{ m}^2$  con una desviación estándar de  $0,3$ . La mayoría de los individuos (169) se encuentran en un rango de área basal de  $0,02$  a  $0,57 \text{ m}^2$ , este valor representa el  $89 \%$  de los datos; lo que quiere decir que tiene una relación directa con el DAP debido a que en esta variable la mayor concentración de individuos (169) se encuentra entre  $15$  a  $85$  cm, de igual manera representando el  $89 \%$  de los datos registrados.

La mayor frecuencia se da entre  $0,02$  a  $0,04 \text{ m}^2$  con un total de  $45$  individuos, lo que constituye el  $24 \%$  del área de estudio.

#### 7.2.1.4. *Histograma de volumen forestal.*

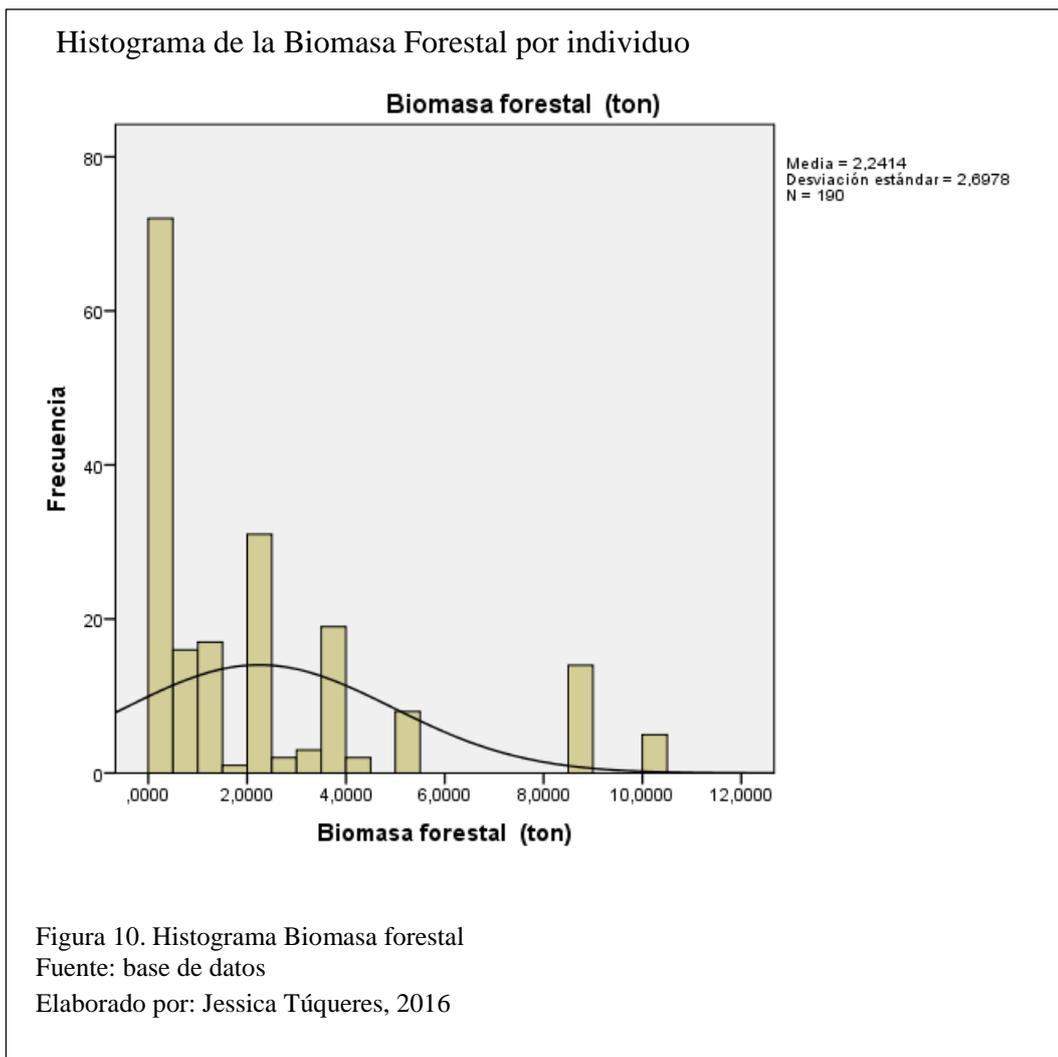
El histograma del volumen forestal se muestra en la figura 9.



En el análisis del volumen forestal de los 190 individuos, se obtuvo una media de 3,11 m<sup>3</sup> con una desviación estándar de 3,6. El volumen en su mayoría se encuentra en un rango de 0,07 a 7,09 m<sup>3</sup>, es decir 117 individuos, lo que resulta un 90 % del total de los datos. En el histograma se observa que existe una mayor frecuencia (76) entre 0,07 a 0,94 m<sup>3</sup>, lo que constituye el 40 % de los individuos en estudio.

#### **7.2.1.5. *Histograma de biomasa forestal.***

El histograma de la biomasa forestal se muestra en la figura 10.

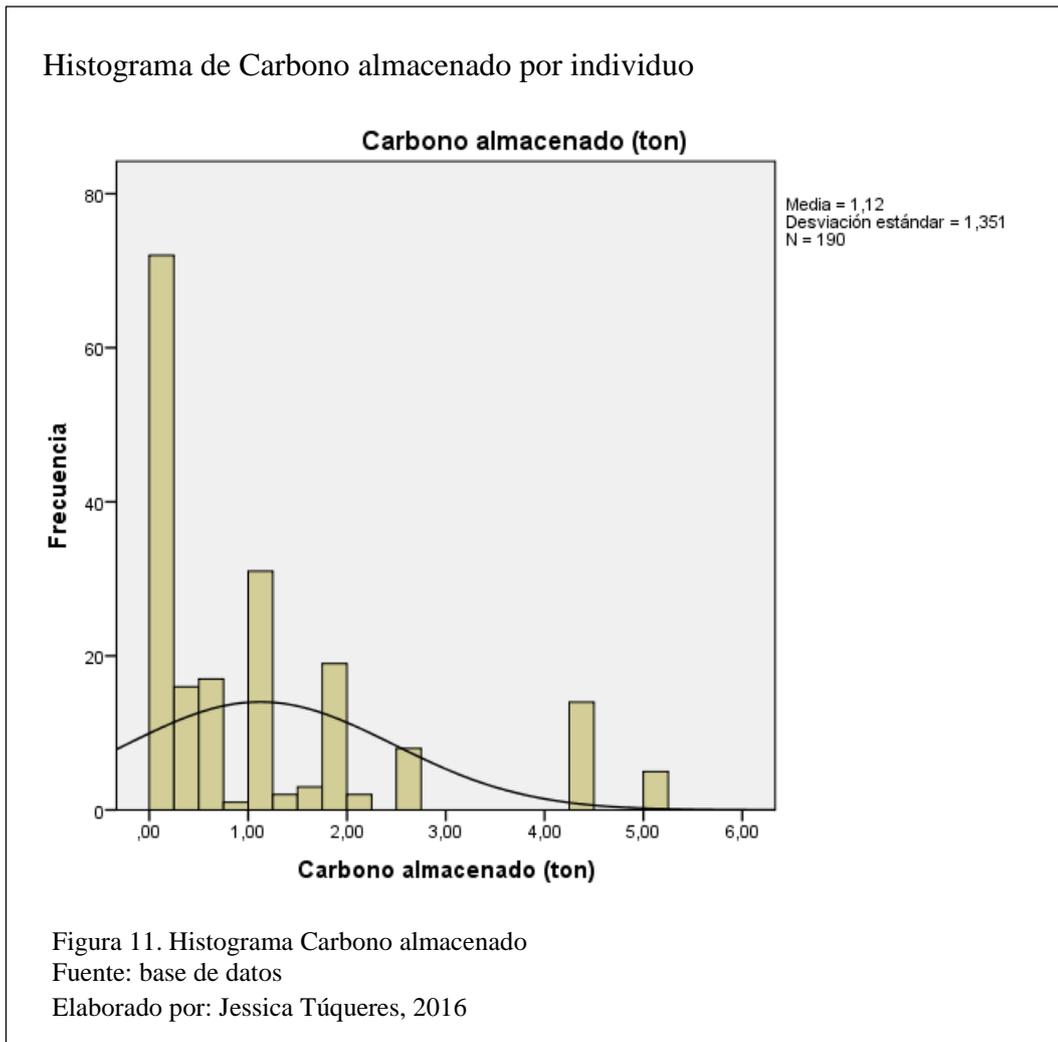


En el resultado estadístico de la biomasa forestal de los 190 individuos, se obtuvo un promedio de 2,24 t con una desviación estándar de 2,7. La mayor cantidad de toneladas se encuentra en el rango de 0,05 a 4,12 t, este valor representa un 86 % del área de estudio, es decir 163 individuos de los 190 registrados.

En la figura 9, se aprecia una mayor frecuencia (76) entre 0,05 a 0,68 t, lo que representa el 40 % de los individuos en estudio, es decir que la biomasa forestal tiene una estrecha relación con el volumen, ya que las dos variables tienen el mismo porcentaje de significancia.

#### **7.2.1.6. *Histograma de carbono almacenado.***

El histograma del carbono almacenado se muestra en la figura 11.

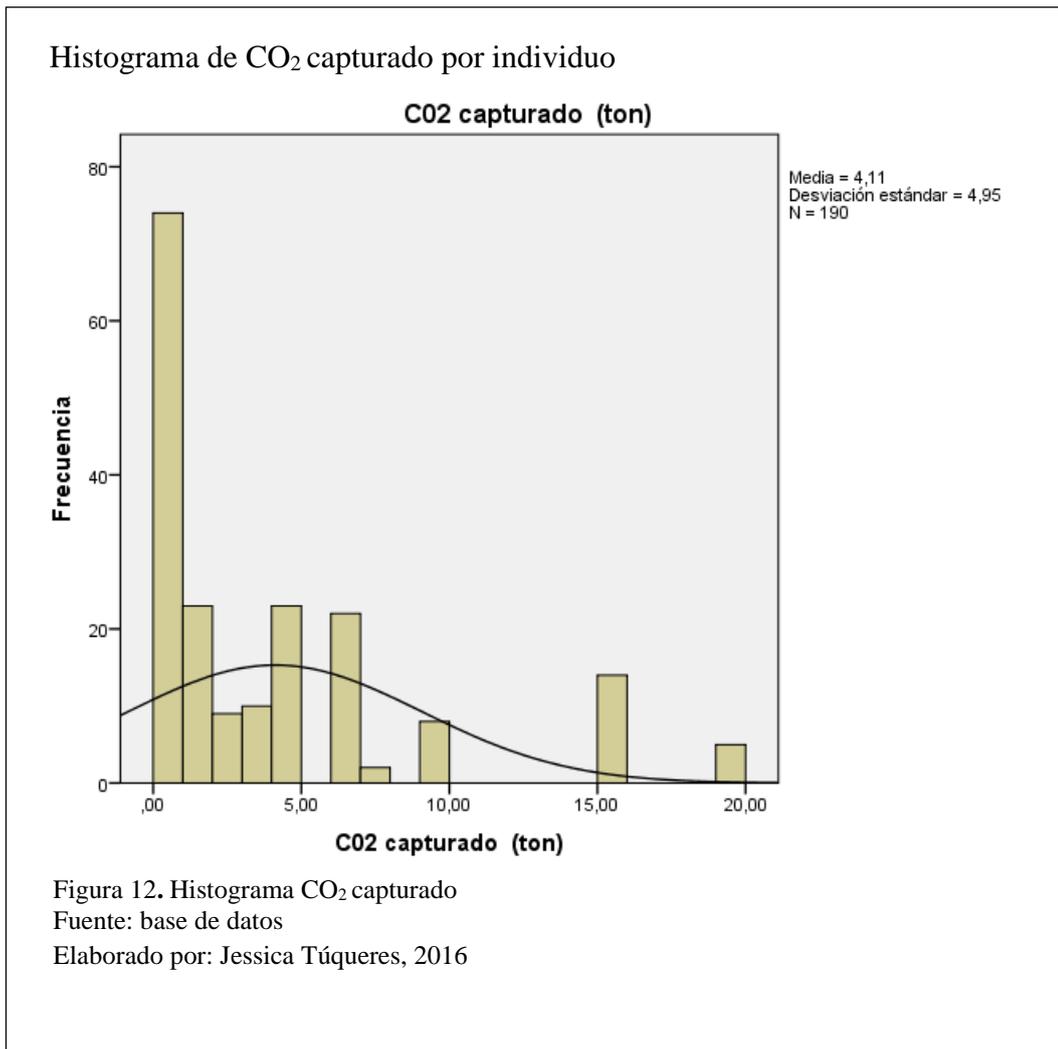


Se alcanzó un promedio de carbono almacenado de los 190 individuos en estudio de 1,12 t con una desviación estándar de 1,4. Se obtuvo una mayor cantidad de carbono almacenado entre 0,02 a 2,06 t; este rango representa el 86 % del área de estudio, es decir 163 individuos.

La mayor frecuencia (76) se observa entre 0,02 a 0,34 t, lo que constituye el 40 % de la superficie analizada.

#### 7.2.1.7. *Histograma de CO<sub>2</sub> capturado.*

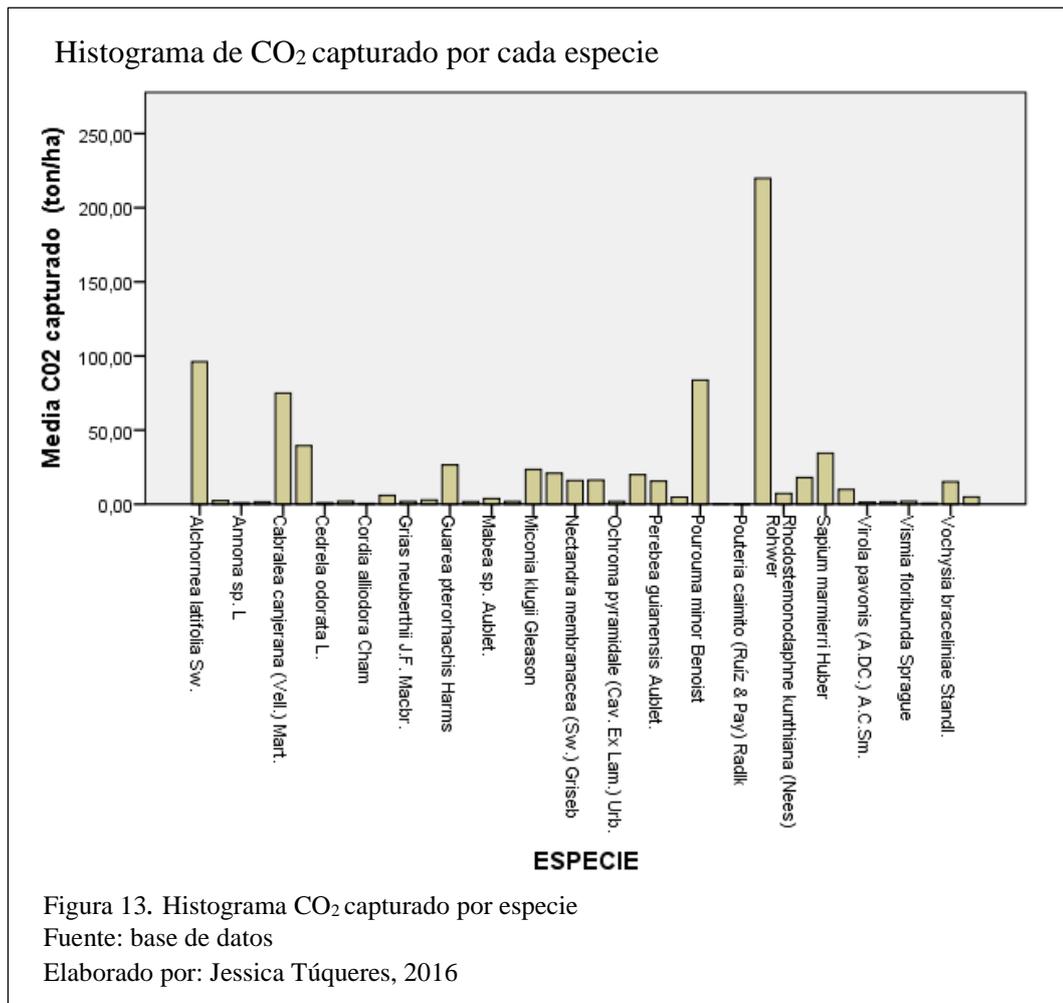
El histograma de CO<sub>2</sub> capturado se muestra en la figura 12.



La media de los 190 datos de CO<sub>2</sub> capturado es de 4,11 t con una desviación de 4,9. El CO<sub>2</sub> capturado es más abundante en el rango de 0,09 a 7,56 t, representando el 86 % del total de los datos, es decir 163 individuos. Sin embargo, se observa que la mayor frecuencia de individuos (76) se da entre 0,09 a 1,25 t de CO<sub>2</sub> capturado.

#### 7.2.1.8. *Histograma de CO<sub>2</sub> capturado por especie.*

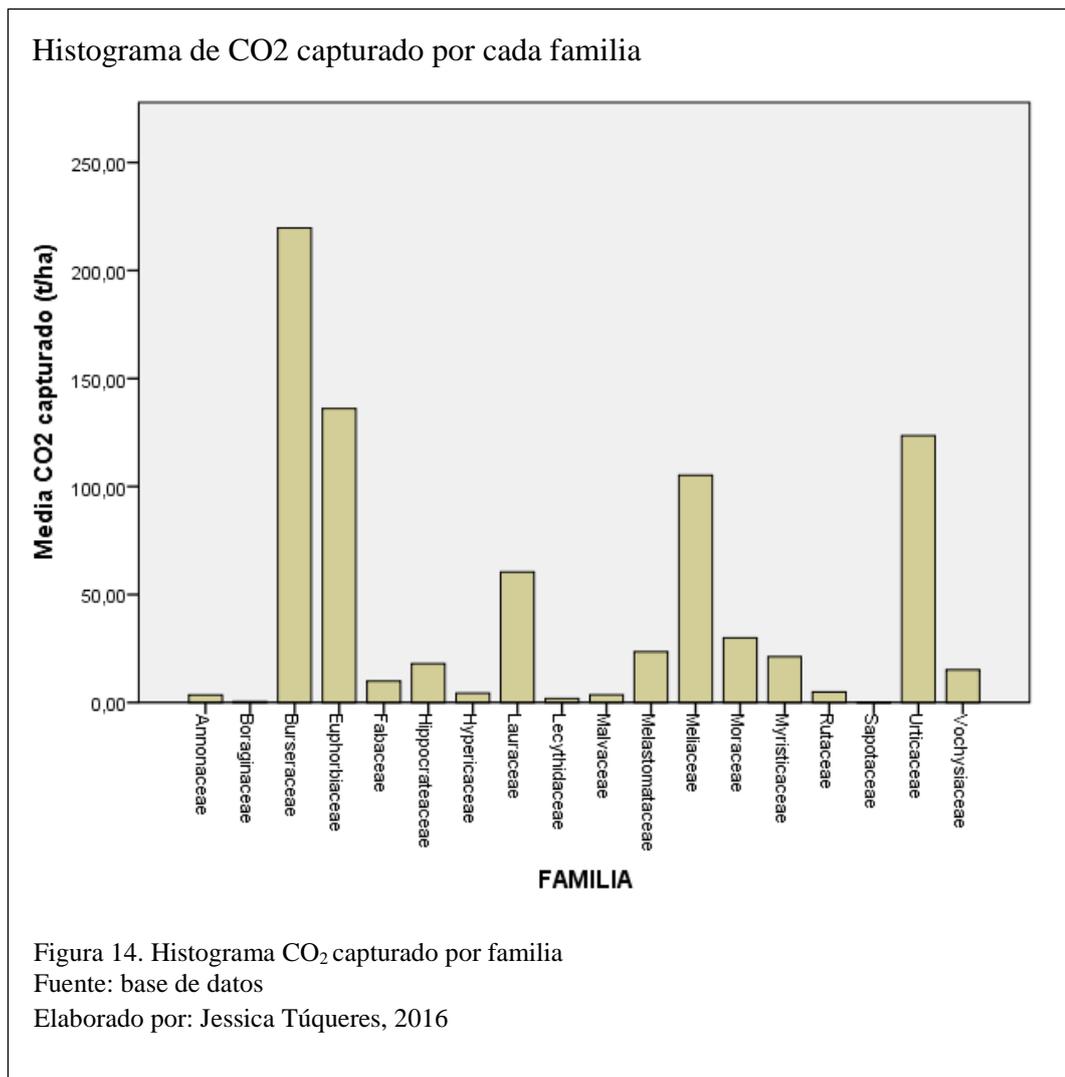
El histograma de CO<sub>2</sub> capturado por especie se muestra en la figura 13.



De las 38 especies del área de estudio cuyos DAP son mayores o iguales a 10 cm, se observa que *Protium sagotianum* March. es la que mayor cantidad de CO<sub>2</sub> captura con un valor de 219,73 t/ha, lo que representa el 28 % del total de CO<sub>2</sub> capturado por la superficie analizada, esto se debe a que la especie tiene una altura promedio de 25 m con un DAP medio de 110 cm, por lo tanto su potencial de captura de CO<sub>2</sub> es alto.

#### **7.2.1.9. Histograma de CO<sub>2</sub> capturado por familia.**

El histograma de CO<sub>2</sub> capturado por familia se presenta en la figura 14.



Dentro del análisis de las 18 familias, se observa que *Burseraceae* es la que mayor cantidad de CO<sub>2</sub> captura con un valor de 219,73 t/ha, lo que constituye el 28 % del CO<sub>2</sub> capturado por las familias del área de estudio. Dentro de esta familia únicamente se encuentra la especie *Protium sagotianum* March., es por tal motivo que tienen los mismos valores de toneladas de CO<sub>2</sub> capturado.

### 7.3.Discusión

En la investigación en el bosque Tinajillas-Limón Indanza realizada en el año 2015 en el cantón Macas, provincia de Morona Santiago, expresa que el carbono almacenado por este bosque es de 41 t/ha, mientras que en el área de estudio del

bosque Kutukú se obtuvo un valor de 212,95 t/ha. Esta alta diferencia de valores se debe a que el bosque en estudio tiene una mayor cantidad de volumen forestal por los DAP que llegan a 115 cm, las alturas de los árboles que en su mayoría son de 25 m y al mayor número de individuos por hectárea.

Con respecto a la captura de toneladas de CO<sub>2</sub>, en la investigación en el bosque Tinajillas-Limón Indanza se obtuvo un valor de 151 t/ha. La familia y especie con mayor cantidad son *Melastomataceae* y *Miconia* sp. con 46 t/ha y 31 t/ha respectivamente. Mientras que en la presente investigación la mayor cantidad de CO<sub>2</sub> capturado fue de 219,73 t/ha por la familia *Burseraceae*, tal cifra se repite para la especie que mayor cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> captura que es *Protium sagotianum* March, ya que esta especie pertenece a la familia mencionada. En el área de estudio del bosque Kutukú la familia *Melastomataceae* únicamente captura 23,53 t/ha, mientras que la especie *Miconia* sp. no existe dentro de los individuos registrados.

Estos resultados demuestran que, el bosque en estudio tiene una mayor cantidad de carbono almacenado y un alto potencial para captura de CO<sub>2</sub>, debido a que Tinajillas-Limón Indanza tiene áreas de pastoreo por encontrarse cerca de la vía principal, por lo tanto presenta un grado de explotación; de igual manera, está sujeto a frecuentes deslizamientos por estar ubicado en las estribaciones de los andes. Mientras que el Kutukú es un bosque protector.

Por tal motivo, el dosel arbóreo de Tinajillas-Limón Indanza “se caracteriza por contar con individuos que están superando la fase de latizales (árboles pequeños), hacia arbolitos” (Arévalo, 2015, pág. 71). Mientras que el bosque Kutukú cuenta con un mayor número de individuos que se encuentran en la fase de latizales altos, por lo

tanto al ser arboles con mayor DAP y altura, poseen mayor capacidad de acumulación de CO<sub>2</sub> de la atmósfera.

Por otro lado, se debería realizar un monitoreo de carbono en gradientes altitudinales, como en los Andes, para verificar la dinámica del carbono a diferentes altitudes y deducir cuales factores ambientales pueden alterar el contenido de carbono en un bosque como: “la temperatura del aire y del suelo, la radiación solar (disecación), la humedad del suelo” (Calderón, Cuesta, Yepes, & Quispe, 2014, pág. 143), y de esta manera determinar los tipos de bosque más favorables.

En tal sentido, esta investigación constituye un aporte a otras investigaciones, a fin de obtener valores relacionados con la estructura de los bosques de la amazonia ecuatoriana, lo cual es importante para realizar una evaluación de los bosques nativos del país.

## 8. Conclusiones

- La flora del área de estudio del bosque natural Kutukú, está compuesta por 21 familias, 37 géneros, 48 especies y 272 individuos. Las familias con mayor influencia son: *Burseraceae*, *Euphorbiaceae*, *Urticaceae* y *Meliaceae*. En cuanto al género, los más abundantes son: *Vismia* y *Nectandra*. Con respecto a las especies, las predominantes son: *Protium sagotianum* March., *Alchornea latifolia* Sw., y *Pourouma minor* Benoist.
- Con respecto al DAP, se consideraron aquellas especies cuyos diámetros son mayor o igual a 10 cm, por lo tanto se generaron 21 clases diamétricas con 190 individuos, dando como resultado que la clase II que va de  $\geq 15,1 - 20$  cm es la que mayor número de individuos posee (30). Sin embargo, la clase

XX que comprende entre  $\geq 105,1 - 110$  cm es la que mayor cantidad de volumen produce con  $116,31 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

- El volumen de madera existente en el estrato arbóreo del bosque Kutukú es de  $5\,915,4 \text{ m}^3$ , resultando  $591,54 \text{ m}^3/\text{ha}$ , generado en su mayoría por la familia *Burseraceae* con  $166,31 \text{ m}^3/\text{ha}$  y por la especie *Protium sagotianum* March de igual manera con  $166,31 \text{ m}^3/\text{ha}$ .
- La cantidad de carbono almacenado por el bosque natural Kutukú es de  $2\,129,5 \text{ t}$ , representando  $212,95 \text{ t/ha}$ . La familia con mayor cantidad de carbono contenido es *Burseraceae* con  $59,87 \text{ t/ha}$ ; mientras que la especie con mayor cantidad es *Protium sagotianum* March de igual manera con la misma cantidad.
- El  $\text{CO}_2$  capturado por el bosque es  $7\,815,4 \text{ t}$ , es decir  $781,54 \text{ t/ha}$ . La familia con mayor cantidad de  $\text{CO}_2$  capturado es *Burseraceae* con  $219,73 \text{ t/ha}$ , dicho valor se repite para la especie con mayor  $\text{CO}_2$  capturado que es *Protium sagotianum* March.

## 9. Recomendaciones

- Realizar un estudio de regeneración natural, ya que en la presente investigación no se han considerado las especies arbóreas con DAP menor a  $10 \text{ cm}$ .
- Se recomienda ampliar el número de investigaciones en los mismos tipos de bosques para tener información más sustentada.
- Considerar la posibilidad de vender Certificados de Reducción de Emisiones, tomando en cuenta las características y el potencial de absorción de  $\text{CO}_2$  de otros bosques a comparación del bosque natural Kutukú.

## 10. Referencias

- Aguirre, N. (2011). *La Captura y Almacenamiento de CO<sub>2</sub>: el rol de los bosques en la mitigación del cambio climático*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- Arévalo, C. (Febrero de 2015). Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Armijos, D. (2013). *Construcción de Tablas Volumétricas y Cálculo de Factor de Forma (FF.) para dos especies, Teca (Tectona Grandis) y Melina (Gmelina arborea) en tres plantaciones de la Empresa Reybanpac C.A. en la provincia de Los Ríos*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Ayala, L., Villa, M., Aguirre, Z., & Aguirre, N. (2014). Cuantificación del carbono en los páramos del parque nacional Yacuri, provincias de Loja y Zamora Chinchipe, Ecuador. CEDAMAZ.
- Brown, S., & FAO, &. (1998). *Directrices para la evaluación en los países tropicales y subtropicales*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Calderón, M., Cuesta, F., Yepes, A., & Quispe, B. (2014). *Monitoreo de diversidad vegetal y carbono en bosques Andinos-Protocolo extendido. Protocolo 2 - Versión 1*. Quito: CONDESAN.
- Cancino, J. (2006). *Dendrometría Básica*. Concepción, Chile: Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento manejo de Bosques y Medio Ambiente.
- Cárdenas, C. (2012). *Las Iniciativas tempranas de REDD+ en el Ecuador*. Quito: Sociedad Ecuatoriana de Derecho Forestal y Fundación Pachamama.
- Castells, X. (2012). *Biomasa y Bioenergía*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Chimbo, I. (2016). *Evaluación Del Carbono En La Biomasa De Dos Especies Forestales Introducidas (Eucalyptus Y Pinus) Y Una Especie Nativa (Hesperomeles Ferruginea) En El Bosque Aguarongo*. Cuenca: Abya - Yala.

- Estrucplan. (5 de Octubre de 2006). *Secuestro de carbono en bosques - El papel del suelo*. Obtenido de Estrucplan on line: <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?IDArticulo=1127>
- FAO. (2010). *Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Flores, S., Groten, U., Lugo, S., & Vásquez, P. (Junio de 2012). *Gente, Vida y Agua en los Cerros. Una sistematización del Proyecto Páramo Andino en el Ecuador*. Quito: EcoCiencia. Obtenido de EcoCiencia: <http://www.ecociencia.org/archivos/SISTEMATIZACIONParamoGente,vidaetceco-ciencia-120821.pdf>
- Gallardo, M. (22 de Septiembre de 2014). *Dióxido de Carbono*. Obtenido de Cambio Climático Global: Informando sobre el calentamiento global desde 1997 Web Site: <http://cambioclimaticoglobal.com/dioxido>
- Gallegos, M. (2012). Análisis mercado de carbono en el Ecuador. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1. Obtenido de Observatorio de la Economía Latinoamericana: <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/ec/2012/magg.html>
- González, M. (2008). *Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de Pinus maximinoi H. E. Moore, Pinus oocarpa var. ochoterrenai Mtz. y Quercus sp. en el norte del Estado de Chiapas, México*. Turrialba: Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza.
- GreenFacts. (2007). *Cambio Climático. Resumen del Informe de Evaluación 2007 del IPCC*. Bruselas.
- IPCC. (2001). *Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Tercer Informe de Evaluación*. Suiza: Panel Intergubernamental del Cambio Climático.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 4: Tierras forestales. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*. Japón: IGES.

- IPCC. (2013). *Cambio climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Jumbo, C. (2015). *Plan de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana matriz Quito Sur para generar conocimiento científico en la Estación Kutukú*. Quito: En edición.
- Lerma, M., & Orjuela, E. (2014). *Modelos Alométricos para la Estimación de la biomasa aérea total en el páramo de Anaime, Departamento del Tolima, Colombia*. Ibagué: Universidad del Tolima.
- MAE. (Noviembre de 2012). *La preparación para REDD+ en Ecuador*. Obtenido de Ministerio del Ambiente Ecuador: [http://redisas.org/pdfs/preparacion\\_redd\\_ecuador.pdf](http://redisas.org/pdfs/preparacion_redd_ecuador.pdf)
- MAE. (2012). *Plan de Manejo Actualizado y Priorizado del Bosque Protector Kutukú Shaimi, 2012 - 2017*. Quito-Ecuador. Obtenido de Ministerio del Ambiente: <http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/pubinv/JMF/PlanManejoIntegralCutucu.pdf>
- MAE. (Junio de 2013). *Proyecto Socio Bosque*. Obtenido de Socio Bosque. Programa de protección de bosques : <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/SOCIO-BOSQUE.pdf>
- MAE. (Marzo de 2014). *Plan Nacional de Restauración Forestal 2014 - 2017*. Obtenido de Programa Socio Bosque: <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/images/articulos/archivos/amrPlanRF.pdf>
- MAE. (Septiembre de 2015). *Reporte de Monitoreo de la Cobertura Vegetal en Áreas de Socio Bosque*. Obtenido de Programa Socio Bosque: [http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Informe\\_Monitoreo\\_Cobertura\\_Vegetal\\_2015.pdf](http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/Informe_Monitoreo_Cobertura_Vegetal_2015.pdf)

- Manson, R., Hernandez, V., Gallina, S., & Mehlreter, K. (2008). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. México: Instituto Nacional de Ecología.
- Manzano, I. (13 de Abril de 2011). *Cambio Climático para Ecuador*. Obtenido de Estudio Jurídico Manzano & Asociados: <http://www.lexmanzano.com/cambio-climatico-para-ecuador>
- Pacheco, C. (2015). *Estructura de los rodales de *Polylepis reticulata* del Parque Nacional El Cajas. Estado actual para proyección futura en el marco del Cambio Climático*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Pardos, C. (2010). *Los Ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Ciencias e Innovación.
- Rodríguez, M., & Mance, H. (2009). *Cambio Climático: Lo que está en juego*. Bogotá: Foro Nacional Ambiental.
- Russo, R. (2009). *Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal*. Guácimo: Limón.
- Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2000). *Manual de Procedimientos. Muestreos de Biomasa Forestal*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Valarezo, A., & Alvear, E. (2016). *“Inventario de especies arbóreas y arbustivas”, en el marco del proyecto: Generación de conocimientos que aporte a la conservación y mejora de los ecosistemas que sostienen el pago por servicios ambientales*. Quito: En edición.