UNIVERSIDAD POLITÉCNICA 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 ARBUSTIVO DEL BOSQUE DE LA ESTACIÓN CIENTÍFICA KUTUKÚ, PARROQUIA SEVILLA DE ORO, CANTÓN MACAS

AUTORA:
ARIEL NICOLE RECALDE BRAVO

TUTOR:
CARLOS ALBERTO JUMBO SALAZAR

Quito, mayo del 2016

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Ariel Nicole Recalde Bravo, con documento de identificación N°1721031712, 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 ARBUSTIVO 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.

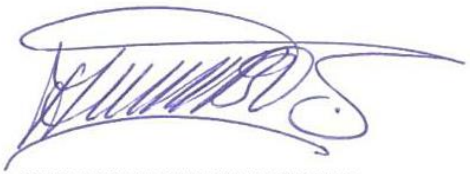
En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad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

Nombre: Ariel Nicole Recalde Bravo
C.I.: 1721031712
Fecha: mayo del 2016

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de investigación CÁLCULO DEL CONTENIDO DE CARBONO DEL ESTRATO ARBUSTIVO DEL BOSQUE DE LA ESTACIÓN CIENTÍFICA KUTUKÚ, PARROQUIA SEVILLA DE ORO, CANTÓN MACAS, realizado por Ariel Nicole Recalde Bravo, 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 2016



.....
Carlos Alberto Jumbo Salazar
C.I.: 1101376448

Índice

Introducción 1
2. Objetivos 3
2.1. Objetivo general 3
2.2. Objetivo específicos 3
3. Marco Teórico 3
3.1. Cambio climático 3
3.1.1. Consecuencias del cambio climático. 4
3.2. Efecto invernadero 6
3.2.1. Gases efecto invernadero. 7
3.3. Dióxido de carbono (CO_2) 8
3.4. El ciclo del carbono 9
3.5. Carbono en los ecosistemas forestales 9
3.6. Biomasa forestal 11
3.6.1. Tipos de biomasa forestal. 11
3.6.2. Métodos para determinar biomasa. 12
3.7. Mercados de carbono 13
3.7.1. En que cosiste un mecanismo de desarrollo limpio (MDL). 14
3.7.2. Reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD+). 15
3.8. Bosques nativos 16
3.8.1. Especies arbustivas 16
3.9. Tipos de regeneración natural 18
4. Hipótesis 19
5. Descripción del área de estudio 19
5.1. Ubicación 19
5.2. Ubicación geográfica 19
5.2.1. Coordenadas UTM. 19
5.2.2. Altitud. 20
5.3. Condiciones climáticas 20
5.4. Suelo 20
6. Marco Metodológico 22
6.1. Materiales y Equipos 22
6.1.1. Materiales 22
6.1.2. Equipos. 22

6.2. Determinación del área de investigación....22
6.2.1. Diseño del área de estudio....23
6.2.2. Delimitación del área de estudio....23
6.2.3. Efecto de borde del cuadrante....23
6.2.4. Tipo de inventario....23
6.2.5. Medición de los árboles....24
6.2.6. Colección de las muestras....24
6.2.7. Identificación de las especies....24
6.3. Levantamiento de información del diámetro a la altura del pecho (DAP)....24
6.4. Medición de altura de especies arbustivas....26
6.5. Base para realizar los cálculos....28
6.5.1. Estimación del área basal....28
6.5.2. Estimación del volumen....28
6.5.3. Estimación de la biomasa forestal....29
6.5.4. Estimación del carbono almacenado en el bosque....30
6.5.5. Estimación del CO_2 almacenado en el bosque....31
7. Resultados y Discusión....31
7.1. Composición florística....31
7.2. Análisis de variables....32
7.2.1. Área basal (m^2)....34
7.2.2. Volumen (m^3)....34
7.2.3. Biomasa forestal (t)....34
7.2.4. Carbono almacenado (t)....34
7.2.5. CO_2 almacenado (t)....35
7.3. Estructura Forestal....35
7.3.1. Clases diamétricas....35
7.4. Análisis estadístico....36
7.4.1. Histograma de la altura total....37
7.4.2. Histograma del Diámetro a la altura del pecho (DAP)....38
7.4.3. Histograma del Área Basal (AB)....39
7.4.4. Histograma del Volumen....40
7.4.5. Histograma de la Biomasa Forestal (Bf)....41
7.4.6. Histograma Carbono (C) almacenado....42
7.4.8. Diagrama de ejes dobles para especies arbustivas....44

7.5. Discusión de Resultados 46
8. Conclusiones 48
9. Recomendaciones 49
Referencias 50

Índice de Tablas

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio 19
Tabla 2. Suelos del bosque protector Kutukú Shaimi 21
Tabla 3. Especies Existentes por familia 32
Tabla 4. Especies existentes y las diferentes variables calculadas 33
Tabla 5. Categorías diamétricas de especies arbustivas 36
Tabla 6. Datos estadísticos descriptivos 37

Índice de Figuras

Figura 1. Medición correcta de diámetro. 25
Figura 2. Instrumentos para la medición del dap: a. Cinta diamétrica; b. Forcípula. 25
Figura 3. Ilustración de toma del dap, en el área de estudio . 25
Figura 4. Medición con forcípula de un árbol de sección no-circular. 26
Figura 5. Medición de altura utilizando el Hipsómetro Nikon Forestry Pro. 27
Figura 6.Hipsómetro Nikon Forestry Pro. 27
Figura 7. Mediciones de altura. 28
Figura 8. Histograma de la altura total . 38
Figura 9. Histograma del diámetro a la altura del pecho. 39
Figura 10. Histograma área basal. 40
Figura 11.Histograma del volumen. 41
Figura 12.Histograma de la biomasa forestal. 42
Figura 13.Histograma del carbono almacenado. 43
Figura 14.Histograma del dióxido de carbono almacenado. 44
Figura 15.Diagrama de ejes dobles para especies arbustivas. 45

Resumen

La presente investigación se realizó en el Bosque perteneciente a la Estación Científica Kutukú, con el objetivo de determinar la cantidad de carbono almacenado en el estrato arbustivo del bosque que tiene una superficie de 10 ha. Se aplicó un muestreo no destructivo, es decir no fue necesaria la tala del arbusto. En el área de 1ha tomada como objeto de estudio, se midió la altura total del fuste de los individuos y el diámetro a la altura del pecho (DAP), incluyendo arbustos con un diámetro desde 2 cm. A partir de la información levantada, se trabajó con fórmulas para la determinación de las variables: área basal, volumen, biomasa forestal, carbono almacenado y dióxido de carbono almacenado.

Para el procesamiento de información se trabajó con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales, a partir del cual se obtuvieron los histogramas que muestran la relación frecuencia - variable. Los resultados arrojan que el volumen que ocupan las especies arbustivas es de 10,613 m^3/ha. La capacidad de almacenamiento del bosque es 3,821 t/ha de C y 14,021 t/ha de CO_2, cabe mencionar que la familia *Melastomataceae* cuenta con mayor capacidad de almacenamiento con 5,732 t/ha (40,88 %) de C y 5,732 t/ha (40,88 %) CO_2. En relación a las especies, la más representativa es *Faramea quinqueflora Poepp.& Endl.* que alberga mayor concentración de CO_2 con un valor de 3,985 t/ha (28,42 %) y 1,086 t/ha (28,42 %) de C. Los resultados obtenidos demuestran el potencial de las especies arbustivas para almacenar C.

Abstract

The present investigation was developed at the forest that belongs to the Kutukú Scientific Center. Its objective was to determine the amount of carbon stored at the bush stratum inside the forest, which covers about ten hectares of surface. A nondestructive sampling was used which means that it wasn't necessary any kind of cutting down of any bush. In the area of 1ha taken as an object of study, the overall height of the shaft of individuals and the diameter at breast height (DBH), including bushes with a diameter of 2 cm was measured. With all the information gathered, work with formulas was developed in order to determine the variables such as: basal area, volume, forest biomass, stored carbon and carbon dioxide stored.

For processing the information, it was worked with the Statistics Package for Social Studies (SPSS), and from it some histograms were obtained. They show the relationship frequency-variable.

The results show that the volume the bush species occupy is of 10,613 m^3/ha. The forest's carbon dioxide storage capacity is of 3,821 t/ha de C y 14,021 t/ha. It is also worth to mention that the *Melastomataceae* family has a greater storage capacity with 5,732 t/ha (40,88 %) de C y 5,732 t/ha (40,88 %) CO_2. About the species, the most representative is the *Faramea quinqueflora Poepp.& Endl.* the one that holds a greater quantity of carbon dioxide with an amount of 3,985 t/ha (28,42 %) and 1,086 t/ha (28,42 %) of C. These quantities show the potential that the bush species have in order to store C.

Introducción

La presente investigación está enmarcada en los postulados del Grupo de Investigación en Ecología y Manejo de Recursos Naturales, coordinado por Carlos Alberto Jumbo Salazar Ph. D., derivada del tema "Generación de conocimiento que aporte a la conservación y mejora de los ecosistemas que sostienen el pago por servicios ambientales".

Los ecosistemas naturales brindan servicios ambientales, como es el control de gases que se emiten a la capa atmosférica, evitando así el calentamiento global.

De acuerdo a la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), el "cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables" (Ugalde & Herrera, 2009).

Para mitigar el Cambio Climático es necesario disminuir emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), una medida a tomar es la conservación de recursos naturales con lo que se puede llegar a obtener bonos de carbono. Con el uso de adecuadas políticas, el incremento de los gases efecto invernadero en la atmósfera puede ir disminuyendo hasta llegar a estabilizarse.

Se denomina bonos de carbono a las Reducciones Certificadas de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (CERs). Los CERs es la unidad que corresponde a una tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente. El bono de carbono consiste en que países desarrollados puedan financiar proyectos de captura de GEI de países en vías de desarrollo, para cumplir sus metas de reducción de los referidos gases, acreditando las disminuciones como si se hubieran realizado in situ abaratando costos de incumpliendo.

Considerando los bonos de carbono, el presente proyecto tiene una orientación enfocada a lo que es servicios ambientales. Se plantea por tanto el propósito de determinar cuántas concentraciones de Dióxido de Carbono (CO_2) alberga el estrato arbustivo a partir de mensuraciones forestales como son el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de los individuos. Tomando como referencia un área de estudio equivalente a 1 ha, del bosque natural Kutukú, que pertenece a la provincia de Morona Santiago, cantón Macas, parroquia Sevilla Don Bosco.

Los bosques ayudan a mantener un equilibrio entre el medioambiente y la biodiversidad, limitan la erosión en las cuencas hidrográficas, influyen en variaciones del tiempo y clima y ayudan en la disminución de concentraciones de CO2 gracias a un proceso denominado fotosíntesis.

Gracias a la fotosíntesis las hojas reciben y absorben concentraciones de CO_2 que posteriormente se alberga en la biomasa del estrato arbustivo del bosque Kutukú. La biomasa es el peso o estimación equivalente de materia orgánica que hay en un ecosistema forestal sobre o debajo del suelo. Generalmente se cuantifica en toneladas por hectárea de peso seco o verde.

Los bonos de carbono generan una oportunidad para que países en vías de desarrollo, como el Ecuador, tengan opción a la venta de certificados por efectos de reducción de emisiones.

> El bosque tropical lluvioso Kutukú, podría contribuir en gran medida a la mitigación de las emisiones de CO_2 que se producen especialmente por la utilización de combustibles fósiles y que, junto con otras emisiones, son las causantes del cambio climático. A su vez, el cambio de uso de la tierra (deforestación), también representa una importante fuente de emisión de CO_2, que podría ser revertida

> mediante un adecuado manejo de los bosques para aumentar su capacidad de captación del CO_2 de la atmósfera (Gasparri & Manghi, 2004, pág. 3).

Es indispensable llevar a cabo esta investigación, debido a que ayuda a generar conocimiento, sobre la importancia que tienen los bosques para la captura de CO_2.

> De esta manera los bosques cumplen un rol principal no solo como factor de desarrollo de un país y de sus modelos de sostenibilidad, sino que adquieren protagonismo mundial por su probable reconocimiento como sumideros en los sistemas contables de los ciclos de carbono (Dauber, Terán, & Guzmán, 2006).

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

- Determinar la cantidad de carbono almacenado en las especies arbustivas del bosque perteneciente a la Estación científica Kutukú.

2.2. Objetivo específicos

- Levantar información de altura y diámetro a la altura del pecho de las especies arbustivas del bosque perteneciente a la Estación científica Kutukú.
- Cuantificar el volumen de madera existente en el estrato arbustivo del bosque perteneciente a la Estación científica Kutukú.
- Determinar las concentraciones de carbono que almacenan las especies arbustivas del bosque Kutukú.

3. Marco Teórico

3.1. Cambio climático

Se conoce como efecto invernadero al aumento de temperatura que presenta la atmósfera, cuando ciertos gases se empiezan a acumular originando retención de

calor como si se tratara de un invernadero. La radiación solar es absorbida por el planeta Tierra y devuelta al espacio en forma de calor. Mientras mayor es la acumulación de gases, más calor se retiene. El incremento de los GEI produce el efecto invernadero, ocasionando el calentamiento global que desencadena en el cambio climático.

> Para el IPCC, el término "cambio climático" denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana (IPCC, 2007, pág. 30).
>
> El significado anterior difiere del utilizado en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), que describe el cambio climático como un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables (Valdivieso, 2013, pág. 11).

3.1.1. Consecuencias del cambio climático.

A partir de la revolución industrial, se empieza a generar un incremento en la temperatura media del planeta. En el siglo XIX se realizan estudios sobre el clima, para a partir de los mismos observar los resultados de las variaciones climáticas.

“En base a mediciones directas y teledetección desde satélites y otras plataformas, se puede observar globalmente los cambios en el sistema climático y efectos en los diferentes ecosistema” (IPCC, 2013, pág. 2).

Es importante tener en cuenta las consecuencias del cambio climático debido a qué si se empieza a conservar los bosques que son receptores de CO_2, estás emisiones de gases que generan el calentamiento global empiezan a reducirse evitando así los siguientes efectos:

3.1.1.2. aumento de la temperatura.

El cambio climático está generando variaciones en las temperaturas medias mundiales sobre ecosistemas terrestres y ecosistemas acuáticos.

> En 2014 fueron superiores en 0,57 °C (1,03 °F) a la media a largo plazo de 14,00 °C (57,2 °F) del período de referencia 1961-1990. A modo de comparación cabe señalar que, según los cálculos de la OMM, en 2010 las temperaturas fueron superiores en 0,55 °C (1,00 °F) a la media y en 2005 en 0,54 °C (0,98 °F). El margen de incertidumbre se estimó en
>
> 0,10 °C (0,18 °F) (OMM, La tendendencia del calentamiento global prosigue en el 2014, 2015).

Reportes de la OMM, indican que “alrededor del 93 % del exceso de energía atrapado en la atmósfera por los gases de efecto invernadero procedentes de los combustibles fósiles y de otras actividades humanas acaba en los océanos” (ONU, 2015, pág. 4).

> Así pues, sin el contenido calorífico de los océanos no se entiende el sistema climático. Las temperaturas en la superficie del mar a escala

mundial alcanzaron niveles sin precedentes en 2014(OMM, La tendencia del calentamiento global prosigue en el 2014, 2015).

3.1.1.3. aumento de fenómenos climáticos extremos.

El cambio climático está generando un incremento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climáticos. Debido al aumento de la temperatura media de la Tierra ahora se pueden presenciar lluvias, inundaciones, tsunamis, sequias, entre otros fenómenos, que últimamente son mucho más fuertes que en años pasados. A su vez, las épocas de lluvia se empiezan a durar más de lo normal. El incremento de la evaporación que, gracias al aumento de temperatura, genera más sequias. Cada vez hay más calor y menos días fríos.

3.1.1.4. aumento del nivel del mar.

Según el IPCC, "desde mediados del siglo XIX el ritmo de la elevación del nivel del mar ha sido superior a la media de los dos milenios anteriores. Durante el período 1901-2010, el nivel medio global del mar se elevó 0,19 m" (GREENPEACE, 2014).

3.1.1.5. afecta a la biodiversidad.

Debido a la capacidad del ser humano para alterar su entorno gracias a las diferentes actividades que realiza para satisfacer sus necesidades, se ha convertido en una de las causas que está ocasionando el incremento de la extinción de especies.

3.2. Efecto invernadero

La Tierra emite radiación, pero debido a que su temperatura es menor a la del Sol, emite radiación de tipo infrarroja, con una longitud de onda más larga que la recibida. No toda la radiación regresa al espacio, debido a que los GEI absorben gran cantidad de ella.

La atmósfera transfiere la energía así recibida tanto hacia el espacio (37,5 %) como hacia la superficie de la Tierra (62,5 %). Ello

representa 324 W/m $_2$, casi la misma cantidad de energía que la proveniente del Sol, aún sin el albedo. De este modo, el equilibrio térmico se produce a una temperatura superior a la que se obtendría sin este efecto. La importancia de los efectos de absorción y emisión de radiación en la atmósfera son fundamentales para el desarrollo de la vida tal y como se conoce. De hecho, si no existiera el efecto invernadero, la temperatura media global de la superficie de la Tierra sería de unos 22°C bajo cero y gracias a él ha sido de 14°C para el período 1961-90 (Larios Marón, 2008, págs. 11-12).

3.2.1. Gases efecto invernadero.

Debido a las diferentes actividades antropogénicas y naturales, se han comenzado a incrementar las concentraciones de los GEI.

Los gases con potencial para ocasionar un incremento en la temperatura media del planeta Tierra, anunciado por el protocolo de Kioto son los siguientes: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), perfluorocarbonos (PFCs), hexafluoruro de azufre (SF_6). Estos gases se encuentran normalmente de manera natural en la atmósfera, pero gracias a las diferentes actividades antrópicas el porcentaje de sus concentraciones ha ido aumentado (ONU, 1998).

La concentración de CO_2 en la atmósfera mundial aumentó, pasando de un valor preindustrial de aproximadamente 280 ppm a 379 ppm en 2005. En los diez últimos años, la tasa de crecimiento anual de las concentraciones de CO2 (promedio del período 1995- 2005: 1,9 ppm anuales) ha sido mayor que desde el comienzo de las mediciones

directas continuas de la atmósfera (promedio de 1960- 2005: 1,4 ppm anuales) (IPCC, 2007, pág. 37).

3.3. Dióxido de carbono (CO_2)

El dióxido de carbono es uno de los principales GEI procedente de actividades humanas, de la atmósfera. Contribuye el 65% del forzamiento radiativo, producido por todos los gases de larga duración.

El nivel de aproximadamente 280 ppm de la era preindustrial representaba un equilibrio de flujos entre la atmósfera, los océanos y la biosfera. En 2011 el CO_2 atmosférico alcanzó el 140% del nivel preindustrial a causa principalmente de las emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles (9,1±0,5 PgC de CO_2 en 2010 según http://www.globalcarbonproject. org) y del cambio del uso de la tierra (0,9±0,7 PgC en 2010, debido sobre todo a la deforestación tropical) (OMM,Boletín número 8 sobre los Gases Efecto Invernadero, 2012, pág. 2).

El aumento medio del CO2 atmosférico con respecto a la era preindustrial corresponde aproximadamente al 55% del CO2 emitido por la quema de combustibles fósiles, mientras que el 45% restante ha sido eliminado por los océanos y la biosfera terrestre. La porción de CO2 emitida por la quema de combustibles fósiles que permanece en la atmósfera (fracción atmosférica) varía de un año para otro y no sigue una tendencia global confirmada. En 2011 el promedio mundial de la fracción molar de CO2 fue de 390,9±0,1 ppm (figura 3). El incremento annual de 2,0 ppm es superior al índice de crecimiento medio correspondiente a los años noventa (~1,5 ppm al año) e igual al

del último decenio (~2,0 ppm al año) (OMM,Boletín número 8 sobre los Gases Efecto Invernadero, 2012, pág. 2).

3.4. El ciclo del carbono

El carbono forma parte de los compuestos orgánicos y contribuye en el proceso de la fotosíntesis para la fijación de energía. El carbono y el flujo de energía se encuentran relacionados. Además, la producción de los ecosistemas se encuentra expresada en gramos de carbono fijado por metro cuadrado y por año.

> La fuente de todo el carbono presente en los organismos vivos y en los depósitos fósiles de dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera y el disuelto en las aguas de la tierra. La fotosíntesis toma CO_2 del aire y del agua y lo incorpora a los componentes vivos del ecosistema. De igual manera que la energía fluye a través de la cadena trófica de los herbívoros a los carnívoros, el carbono pasa también a los productos primarios (algas y vegetales), a los herbívoros, y, de éstos, a los carnívoros. Los productores primarios y los consumidores liberan carbono de vuelta a la atmósfera por respiración en forma de CO_2.El carbono presente en tejidos animales y plantas pasa finalmente al reservorio de materia orgánica muerta. Los descomponedores lo deliberan a la atmósfera mediante la respiración (Smith & Smith, 2001, pág. 390).

3.5. Carbono en los ecosistemas forestales

Los diferentes ecosistemas son considerables depósitos de C. Los bosques albergan gran cantidad de C gracias al proceso denominado fotosíntesis.

> Los bosques del mundo contienen un estimado de 340 Pg de C (1 Pg = 1015 g) (1 GtC = gigatonelada = billón de tons) en vegetación, y 620

> Pg de C en suelo (Brown *et al*., 1996). Por eso es que los cambios en estos reservorios de C pueden tener un impacto considerable en el balance global de C (FAO, 2001).

"El CO_2 atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, para formar todas las estructuras necesarias para que puedan desarrollarse" (Rodríguez & Jiménez, 2006, pág. 179).

> El árbol al crecer va a ir incrementando su diámetro y altura, que alcanzan un tamaño tal que puedan ser aprovechados con fines comerciales. De este aprovechamiento, se extraen productos tales como: tablas, tablones y polines, que darán origen a subproductos elaborados como: muebles y casas. Estos productos finales, tienen un tiempo de vida determinado después del cual se degradan aportando carbono al suelo y CO_2 producto de su descomposición a la atmósfera (Ordóñez, 1998 y 1999) (Benjamín Ordoñez & Masera, 2001, págs. 5 - 6).
>
> Finalmente, durante el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol o arbusto, y hasta que es reemitido (ya sea al suelo o a la atmósfera), se considera que se encuentra almacenado. En el momento de liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o la quema de la biomasa) el carbono fluye para regresar a su ciclo (Ordóñez, 1998 y 1999). La estimación precisa de la dinámica de los flujos netos de carbono entre los bosques y la atmósfera (es decir, el balance emisión-captura) es uno de los problemas abiertos más importantes en la discusión sobre

cambio climático (IPCC, 1995; Lashof y Ahuja, 1990; Mintzer, 1992; Dixon et al., 1994) (Benjamín Ordoñez & Masera, 2001, pág. 6).

3.6. Biomasa forestal

La biomasa forestal, es materia orgánica de origen vegetal, que incluye residuos y desechos, que puede ser aprovechada para generación de energía. Gracias al proceso denominado fotosíntesis, la energía emitida por el sol es transformada para beneficio de las plantas, y parte de esta energía permanece almacenada en la biomasa.

3.6.1. Tipos de biomasa forestal.

De acuerdo con la Guía de Buenas Prácticas del Uso de la Tierra, cambio del uso de la tierra y bosques (GBP - UTCUTS) del IPCC, son 4 los depósitos de carbono a considerar: 1. biomasa viva que comprende biomasa sobre el suelo, 2. biomasa subterránea, 3. materia orgánica muerta conformada por madera muerta y hojarasca, 4. suelos que la constituye la materia orgánica del suelo. (IPCC, 2005b) (Arévalo Delgado, 2015, pág. 25).

A continuación, se describe la composición de los diferentes tipos de biomasa forestal, definida por la fuente citada anteriormente:

Biomasa sobre el suelo: está conformada por toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo como los troncos, hojas, ramas y semillas. En la medición luego de calcular la biomasa en toneladas, se multiplica por el contenido de carbono por especie o tipo de bosques, comúnmente se utiliza el factor 0,5 ya que la materia vegetal seca contiene 50 % de carbono (Arévalo Delgado, 2015, pág. 26).

Biomasa subterránea: se refiere a las raíces del árbol, realizar la medición de este tipo de biomasa es un proceso costoso para lo que se

estima con un porcentaje de la biomasa árboles sobre el suelo (biomasa aérea). Se excluyen las raíces finas de menos de 2 mm de diámetro, debido que no se las identifica en la materia orgánica del suelo (Arévalo Delgado, 2015, pág. 26).

Necromasa: es la madera que yace en la superficie, las raíces muertas y los tocones7; no se considera la hojarasca. Para la medición se utiliza funciones de biomasa de árboles vivos, pero se toma en cuenta un factor de descuento alrededor del 70 % de la biomasa viva. Esto sucede porque los árboles muertos pasan por un estado de pudrición y pierden parte de sus hojas, ramas, corteza y raíces (Arévalo Delgado, 2015, pág. 26).

Biomasa en hojarasca: "la hojarasca se refiere a la materia orgánica que se encuentra en diferentes procesos de descomposición. Toma en cuenta, las capas de detritos y humus" (Arévalo Delgado, 2015, pág. 26).

Biomasa en el suelo: "en el suelo la cantidad de carbono se encuentra en sus primeros 30 cm. Para cuantificar carbono en el suelo es necesario definir en el laboratorio su densidad aparente8 y el contenido de carbono" (Arévalo Delgado, 2015).

"La descomposición de los materiales orgánicos aumenta la cantidad de carbono almacenado en el suelo, que es mayor que la cantidad total que hay en la vegetación y la atmósfera" (FAO, 2010, pág. 2).

3.6.2. Métodos para determinar biomasa.

Existen dos métodos para medir y estimar la biomasa arbórea sobre el suelo: el método directo y el indirecto:

Método directo o destructivo: consiste en cortar uno o más de los individuos (árboles, arbustos), y a partir de eso determinar la biomasa por medio del peso directo de cada uno de los componentes (fuste, ramas y hojas) y extrapolar los resultados para el área total (Rügnitz Tit, Chacón León, & Porro, 2009, pág. 28).

Método indirecto: "consiste en utilizar ecuaciones o factores de expansión que permitan relacionar algunas dimensiones básicas obtenidas en campo (de fácil medición) con características de interés, de forma que no sea necesario medir estas últimas" (Rügnitz Tit, Chacón León, & Porro, 2009, pág. 28).

3.7. Mercados de carbono

Los mercados de carbono son una alternativa que favorece a la conservación de recursos naturales.

Existen numerosas vías y esfuerzos en marcha para reducir las emisiones de carbono y promover actividades que ayuden a almacenar y eliminar carbono. Esto ha hecho del carbono un valioso producto básico. Con el fin de encontrar una unidad de medida común para esta mercancía, todos los GEI se convierten en equivalentes del CO_2 (CO_2 -eq). Los CO_2 -equivalentes se comercian en los mercados de carbono, que funcionan de forma parecida a los mercados financieros. La moneda utilizada son los créditos de carbono (FAO, 2010, pág. 4).

En el mercado de carbono, simplificando, se alcanza a 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. "La compensación de carbono" conlleva

compensar las emisiones que no pueden evitarse pagando a alguien para que ahorre -secuestre- GEI (FAO, 2010, pág. 4).

Los costos tomados por una tonelada de CO_2 varían y dependen del tipo de mercado y del tipo de proyecto de compensación de C. Durante el 2009, los precios englobaban desde 1,90 a 13 euros (€) por tonelada de CO_2 - eq. En los últimos años han surgido numerosos instrumentos financieros, mecanismos y mercados (FAO, 2010, pág. 4).

Hay dos tipos de mercados de carbono: los de cumplimiento regulado y los voluntarios. El mercado regulado lo utilizan empresas y gobiernos que, por ley, que rinden cuentas sobre la generación de emisiones GEI.Está regulado por regímenes obligatorios de reducción de carbono, ya sean nacionales, regionales o internacionales. En el mercado voluntario, sobre una base facultativa se produce el comercio de créditos

(FAO, 2010, pág. 5).

"Las dimensiones de los dos mercados difieren notablemente. En 2008, se comerciaron en el mercado regulado 119.000 millones de dólares estadounidenses (US$), y en el voluntario, 704 millones US$ (Hamilton et al., 2009)" (FAO, 2010, pág. 5).

3.7.1. En que cosiste un mecanismo de desarrollo limpio (MDL).

El Artículo 12 del Protocolo de Kioto, establece el MDL en donde propone a los gobiernos o entidades privadas de países industrializados a implementar proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo. (ONU, 1998). Su objetivo es ayudar a

> los países en desarrollo a alcanzar un desarrollo sostenible mediante la generación de inversiones ambientalmente amigables por parte de los gobiernos o empresas de los países industrializados para que produzcan "reducciones certificadas de emisiones" (CER) para el uso del inversionista (PNUMA, 2004) (Arévalo Delgado, 2015, pág. 29).
>
> Como se indica el MDL es un mecanismo basado en desarrollo de proyectos en donde los países en desarrollo deben presentar reducciones reales, medibles y de largo plazo; los proyectos están basados en la implementación de energías renovables, racionalización del uso de la energía, actividades de forestación y reforestación, servicios urbanos eficientes (Frondizi & Vergarra, 2009) (Arévalo Delgado, 2015, pág. 29).

Un crédito de carbono dentro de proyectos de MDL es conocido como CER, que tienen su equivalencia en toneladas métricas de CO_2.

3.7.2. Reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD+).

"REDD+ hace referencia a la disminución de emisiones por deforestación y degradación de los bosques en países en desarrollo; y el rol de la conservación, manejo sostenible de bosques y el incremento de reservas de carbono en países en desarrollo" (ONU-REDD, 2011, pág. 1).

> Las actividades de REDD+ se dividen en las siguientes tres fases: Fase 1: Desarrollo de estrategias o planes de acción, políticas y medidas a nivel nacional, así como desarrollo de capacidades. Fase 2: agregar políticas y tomar medidas nacionales, estrategias o realizar planes de acción que podrían implicar una continuación en el

desarrollo de capacidades, el intercambio y desarrollo de tecnología, así como actividades de demostración basadas en resultados. Fase 3: acciones que tienen como base resultados que deben ser medidos, notificados y verificados de forma exhaustiva (ONU-REDD, 2011, pág. 3).

3.8. Bosques nativos

Bosque nativo es toda formación vegetal compuesta por especies propias de un lugar, y como resultado de un proceso de sucesión ecológica. Esa formación vegetal debe brindar servicios ambientales, a saber: refugio de biodiversidad, regulación hidrológica y almacenamiento de carbono (Faolex, 2008, pág. 2).

"Se excluye de la definición de bosque nativo: plantaciones forestales destinadas a la comercialización de madera, plantaciones con especies exóticas, bosques secundarios que han iniciado su proceso de regeneración natural después de 1990 o, que evidencien extracción de madera" (Faolex, 2008, pág. 2).

3.8.1. Especies arbustivas.

Dentro del listado de plantas identificadas en el área de estudio que pertenecen a especies arbustivas, se encontraron las siguientes familias *Gesneriaceae, Rubiaceae, Melastomataceae, Solanaceae, Euphorbiaceae, Piperaceae y Salicaceae*. A continuación, se describen las características pertenecientes a ciertas familias de las especies arbustivas del área de estudio.

- **Familia *Euphorbiaceae***

  Son hierbas, arbustos y árboles con látex, a veces carnosos y cactiformes. Hojas Generalmente son simples, compuestas, palmadas, alternas u opuestas, con estípulas que pueden estar transformadas en

espinas o glándulas. La inflorescencia de *Euphorbia* es muy especializada, llamada "ciatio"; es una estructura diminuta en forma de copa estas inflorescencias son generalmente polinizadas por moscas u otros dípteros, que acuden atraídos por la abundante segregación de las glándulas (Heywood 1985). Fruto Generalmente esquizocarpo, algunas veces drupa (Lozano, 2011, pág. 79).

- **Familia *Gesneriaceae***

Son hierbas o semi-arbustos, rara vez arbustos, algunas veces lianas o epifitas; las hierbas a menudo tienen estructuras vegetativas anómalas. Hojas **s**imples, opuestas o en rosetas basales, o verticiladas, sin estípulas, pecioladas o sésiles. Flores perfectas, generalmente zigomorfas, en inflorescencias cimosas o racemosas, terminales o axilares, a veces flores solitarias, axilares**.** Fruto baya o cápsula (Lozano, 2011, pág. 83).

- **Familia *Melastomataceae***

Árboles, arbustos o hierbas generalmente terrestres, a veces trepadoras. Hojas Opuestas, rara vez verticiladas, simples y generalmente enteras o dentadas, usualmente con tres nervios primarios paralelos que recorren las hojas desde la base anastomosándose en el ápice; sésiles o pecioladas. Flores dispuestas en cimas terminales o laterales; actinomorfas, perfectas, períginas o epíginas. Fruto en forma de cápsulas loculicidas rodeadas por el hipanto persistente (ovario súpero) o baya (ovario ínfero) (Lozano, 2011, pág. 86).

- **Familia *Rubiaceae***

Las especies tropicales son árboles y arbustos, mientras que en las regiones templadas son casi todas herbáceas. Hojas opuestas o verticiladas, simples, generalmente enteras, con estípulas que pueden estar soldadas en los nudos. Flores dispuestas en panículas, cimas, o en densos capítulos; generalmente perfectas. Fruto en forma de Cápsula, baya o drupa (Lozano, 2011, pág. 98).

- **Familia *Solanaceae***

Arbusto muy ramificado y espinoso con follaje ralo; de 1,5 a 3 m de altura; presenta tallos inclinados de corteza externa ligeramente fisurada, de coloración blanquecina y corteza interna cremosa.; flores campanuladas vistosas y frutos esféricos morados o negros. Hojas simples, alternas, herbáceas, dispuestas en pequeñas ramitas verticiladas alrededor de los tallos, algunas veces terminan en una espina muy aguzada. Lámina ovada (1,2-1,6 x 2-2,6 cm) sostenidas por un peciolo acanalado de 4 a 5 mm de longitud, margen entero, ápice redondeado y base obtusa, haz glabro verde lustroso, envés verde claro glandular (Minga Ochoa, 2000, pág. 185).

3.9. Tipos de regeneración natural

La regeneración natural es un proceso por el que pasan los bosques para originar nuevos individuos y perpetuar la especie, gracias a esto se pude determinar la estructura de ese bosque, el grado de desarrollo en el que se encuentran los individuos, la diversidad de especies, entre otros. Tipos de regeneración natural que existen:

A) Fustales: son todos los árboles y palmas con grosor del tronco mayor (>) a 10 cm; B) Latizales: son plantas con grosor del tronco entre 5 y 9,99 cm; y C) Brinzales: son plantas menores (<) 5 cm de grosor de tronco (ELDIQUIS, 2008).

4. Hipótesis

Las especies arbustivas del bosque perteneciente a la Estación Científica Kutukú atrapan y almacenan C, con lo cual contribuyen considerablemente a mitigar el cambio climático.

5. Descripción del área de estudio

5.1. Ubicación

La investigación, se realizó en la Estación Biológica Kutukú. El Bosque Kutukú se encuentra ubicado en el centro de la región oriental del Ecuador, al este de la ciudad de Macas, en la provincia de Morona Santiago, parroquia Sevilla Don Bosco; el estudio se realizó en una parcela de 1 ha tomada de las 10 ha que pertenecen a la Estación Biológica Kutukú perteneciente a la Universidad Politécnica Salesiana. El área pertenece a la Cordillera del Kutukú, que se encuentra separada de los Andes por el valle de los ríos Zamora y Upano.

5.2. Ubicación geográfica

5.2.1. Coordenadas UTM.

En la Tabla 1, se muestra las coordenadas que delimitan al área de estudio, del bosque Kutukú:

Tabla 1.
Coordenadas del área de estudio

Cuadrante Coordenadas Referenciales	
Longitud (X)	**Latitud (Y)**
826840	9744239
826924	9744130
826938	9744232
826840	9744131

Nota: Datos tomados en campo, elaborado por Nicole Recalde

5.2.2. Altitud.

La altitud referencial en la que se encuentra el área de estudio del bosque perteneciente a la Estación Científica Kutukú, corresponde a 1200 msnm.

5.3. Condiciones climáticas

El área de estudio forma parte del bosque protector Kutukú, por lo que se considera que las condiciones climáticas generales que rigen todo el bosque son las mismas que afectarán al área en la que fue realizada la investigación.

> El Kutukú contiene en su mayoría una formación montañosa. El Bosque presenta una gran variedad de climas con precipitaciones que varían entre 2000 a3000 mm. Tomando en cuenta su altitud, su temperatura fluctúa entre 17 a 22°C, siendo casi nulas las variaciones de temperatura en época de invierno o de verano (MAE, 2012, pág. 19).
>
> En base a clasificaciones del Régimen Pluviométrico (Strahler 1986, Maldonado 2002), el sitio se encuentra en una zona superhúmeda–régimen pluviométrico tipo V, es decir, tiene precipitaciones mayores a 2 000 mm/año, que poseen como característica una buena distribución anual y son abundantes, pero existe mayor presencia durante los tres primeros meses del año (MAE, 2012, pág. 19).

“ Según la Clasificación del Régimen de Evapotranspiración Potencial (ETP), el bosque Kutukú forma parte de una zona hiperhúmeda, de régimen pluviométrico tipo V, se debe a que no presenta meses estrictamente secos a lo largo del año” (MAE, 2012, pág. 19).

5.4. Suelo

Es un tipo de bosque húmedo subtropical, cuya fertilidad va cambiando de acuerdo a la topografía, en tierras de pendiente alta se encuentran suelos arcillosos con poca concentración de materia orgánica y en las partes onduladas se hallan suelos arcillosos limosos (Estación Biologíca Kutukú, 2004).

"Basándose en la clasificación de suelos establecida por la USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), en la Tabla 2 se encuentran las características de los suelos, correspondientes al bosque Kutukú" (MAE, 2012, pág. 21).

Tabla 2.
Suelos del Bosque Protector Kutukú Shaimi

Clasificación del Suelo - Soil Taxonimy (USDA						
Orden	**Suborden**	**Gran Grupo**	**Material de Origen**	**Fisiografía y Relieve**	**Características de los Suelos**	
INCEPTISOLES: suelos minerales con un incipiente desarrollo de horizontes pedogenéticos (uno o más horizontes de alteración o concentración); de superficies geomórficas jóvenes. Representan una etapa subsiguiente de evolución en relación con los entisoles.	TROPEPTS: de áreas con temperatura superior a 8° C (tropicales); no tienen una cantidad significativa de arcillas amorfas o material piroclástico; baja cantidad de vidrio volcánico; alta densidad aparente >0,85 g/cc.	DISTROPEPTS	Sedimentario	Antiguo: arcillas terciarias, pudigas.	Relieves colinados de la cuenca amazónica	Caolinticos, arcillosos, compactos, poco permeables, mal drenados, muy desaturados en bases y lixiviados, baja fertilidad, pH ácido.	Rojos, poco profundos, arcillosos, lixiviados, alto contenido de aluminio tóxico
				Reciente de origen volcánico; areniscas, arenas, conglomerados	Relieves ondulados y disectados del piedemonte oriental (mesas)		Pardos, muy profundos, muy arcillosos, muy lixiviados, muy alto contenido de aluminio tóxico

Nota: Recuperado del MAE documento, Área de Bosque y Vegetación protectora Kutukú-Shaimi Plan de Manejo 2012-2017.

6. Marco Metodológico

6.1. Materiales y Equipos

Los equipos y materiales utilizados para la toma de datos de especies arbustivas en el bosque protector Kutukú son las siguientes:

6.1.1. Materiales.

- Formularios de campo
- Tablero porta hojas
- Mochilas para llevar los instrumentos
- Machetes
- Lápices, esferos
- Forcípula
- Pintura en spray
- Cinta métrica
- Piola
- Poncho de Agua
- Botas

6.1.2. Equipos.

- GPS
- Cámara de fotos
- Hipsómetro Nikon

6.2. Determinación del área de investigación

La presente investigación es la segunda etapa del tema "Generación de conocimientos que aporte a la conservación y mejora de los ecosistemas que sostienen el pago por servicios ambientales" y constituye la continuación de la

primera etapa de la investigación denominada “Inventario de especies arbóreas y arbustivas”, elaborado por (Alvear Espinosa & Valarezo Ramírez, 2016).

Debido a ello, parte de la metodología de la determinación del área de estudio se ha tomado del tema “Inventario de especies arbóreas y arbustivas”.

6.2.1. Diseño del área de estudio.

“Se identificó que la forma del bosque es parecida a una palanqueta, debido a es de extremos angostos y presentan pendientes abruptas” (Alvear Espinosa & Valarezo Ramírez, 2016, pág. 32).

6.2.2. Delimitación del área de estudio.

Al tratarse de un terreno con pendientes muy pronunciadas y de extremos angostos, se estableció el área más representativa dentro de la parte central del bosque en forma aleatoria. Para evitar el efecto de borde, se tomó 15 m desde el borde hacia dentro del bosque. Se trazó un cuadrante correspondiente a1 ha de acuerdo al plano horizontal y para la identificación de los vértices se utilizó estacas (Alvear Espinosa & Valarezo Ramírez, 2016, pág. 32).

6.2.3. Efecto de borde del cuadrante.

“Se procedió a realizar un conteo de las especies que se encentraban dentro del objeto de estudio, considerando 15 m desde el contorno del bosque hasta el cuadrante evitando así efecto de borde” (Alvear Espinosa & Valarezo Ramírez, 2016, pág. 33).

6.2.4. Tipo de inventario.

“Se realizó un censo forestal, para lo que fue necesario aplicar un sistema de carriles que permiten conseguir información en base a características cuantitativas y cualitativas de la vegetación del objeto de estudio, sin necesidad de ser estudiado o recorrido a totalidad” (Alvear Espinosa & Valarezo Ramírez, 2016, pág. 34).

6.2.5. Medición de los árboles.

"La medición de las especies en la 1ha del objeto de estudio, se realizó colectando todas las especies vegetales fértiles existentes, para posteriormente llevar a identificar" (Alvear Espinosa & Valarezo Ramírez, 2016, pág. 35).

6.2.6. Colección de las muestras.

Se realizó la colección con técnicas habituales mediante el uso de una podadora aérea y una podadora manual. Las muestras fueron recogidas en campo de forma individual y se colocó etiquetas en las muestras con los siguientes datos: código o e nombre común de las especies y las principales especificaciones dadas por parte del guía de la zona (Alvear Espinosa & Valarezo Ramírez, 2016, pág. 36).

6.2.7. Identificación de las especies.

La identificación de especies, se realizó en base a las características tanto dendrológicas como florales. Las muestras vegetales fueron secadas por un período de 15 días, después se llevaron a analizar e identificar las muestras en el Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, ubicado en el norte de la ciudad de Quito, para posteriormente establecer la cantidad y grupos taxonómicos de las especies dentro del objeto de estudio (Alvear Espinosa & Valarezo Ramírez, 2016, pág. 39).

6.3. Levantamiento de información del diámetro a la altura del pecho (DAP)

La medición del diámetro de los arbustos, se realizó a la altura del pecho (1,3 m), está medición es conocida como DAP. Existen excepciones al momento de realizar está medición, tal como se representa en la Figura 1. Para la medición de 1,3 m, se utilizó una cinta diamétrica Figura 2a y para la medición del diámetro se hizo uso de

una forcípula Figura 2b. En la Figura 3, se muestra como fue realizada la medición en el área de estudio.

Medición correcta del DAP

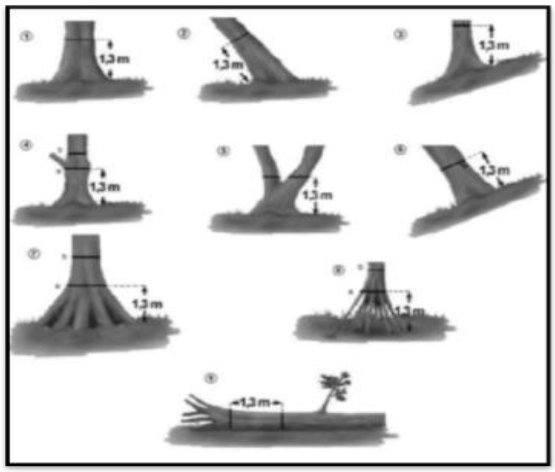


Figura 1. Medición correcta de diámetro. Fuente: (Rügnitz Tit, Chacón León, & Porro, 2009).

Instrumentos para la medición del DAP

Figura 2. Instrumentos para la medición del DAP: a. Cinta diamétrica; b. Forcípula. Fuente: Fotografías tomadas en campo, 2015.

Toma del DAP

Figura 3. Ilustración de toma del DAP, en el área de estudio .Fuente: Fotografía tomada en campo, 2015

Cuando hay arbustos cuyos troncos con perímetros no circulares y si se utiliza la forcípula, deben ser medidos los dos diámetros perpendiculares, sumarlos y después dividir para dos, como se indica en la Figura 4.

Medición con forcípula de un árbol de sección no-circular

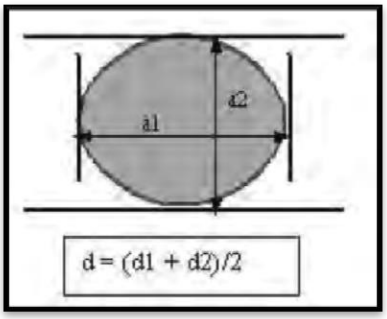


Figura 4. Medición con forcípula de un árbol de sección no-circular. FAO 2004. Fuente: (Rügnitz Tit, Chacón León, & Porro, 2009).

6.4. Medición de altura de especies arbustivas

Para la medición de la altura de arbustos, se utilizó él Hipsómetro Nikon Forestry Pro como se puede observar en la Figura 5. Este equipo da a conocer la altura total del arbusto, incluso cuando la base o la copa de éste quede tapada por las ramas. Es de fácil manejo, permite conocer la distancia real, la distancia horizontal y la altura. Los resultados obtenidos de las mediciones, se muestran tanto en la pantalla interna como en la externa. El hipsómetro mide la distancia entre objetivos, pulsando el botón de encendido en un tiempo de 20 segundos. El hipsómetro cuenta con un rango de medición de 10 - 500 m. En la Figura 6, se muestra la ilustración utilizando el equipo (Nikon, 2015).

Medición de altura utilizando Hipsómetro

Figura 6.Medición de altura utilizando el Hipsómetro Nikon Forestry Pro. Fuente: Experiencia en campo, 2015.

Hipsómetro Nikon Forestry Pro

Figura 5.Hipsómetro Nikon Forestry Pro. Fuente: Fotografía tomada en campo,2015.

6.4.1. Pasos para determinar la altura de las especies arbustivas.

Paso 1. Revisar que el equipo este calibrado.

Paso 2. Tomar una distancia suficiente de la especie a ser medida.

Paso 3. Encender el hipsómetro y mantener presionado el botón de encendido, se procede a apuntar con el equipo, hacia un punto central del arbusto; el equipo registrará la distancia entre la especie y observador. Se procede a bajar el equipo desde el punto central en dirección a la base del arbusto, se procede a bajar el equipo desde el punto central en dirección a la base del arbusto. Se obtendrá dos medidas y después se registrará un valor de altura total Figura 7. La información obtenida, se guarda en la memoria del equipo.

Mediciones de altura

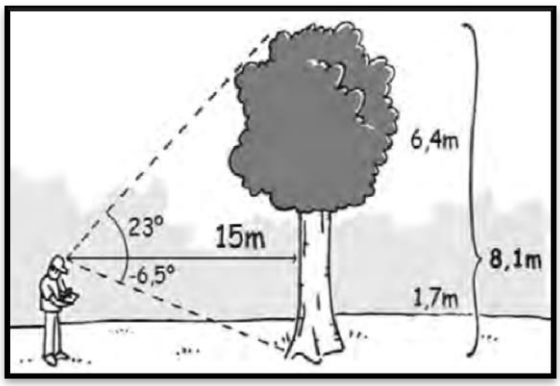


Figura 7. Mediciones de altura. Fuente: (Rügnitz Tit, Chacón León, & Porro, 2009).

Paso 4. Revisar la información almacenada en la memoria del equipo.

6.5. Base para realizar los cálculos

Para determinar el área basal, volumen, biomasa forestal, C almacenado y CO_2 almacenado del estrato arbustivo en área de estudio, se utilizó el método no destructivo, que consiste en no talar el arbusto. Se estimaron las siguientes variables:

6.5.1. Estimación del área basal.

El área basal es la suma de la sección transversal del fuste a la altura del DAP de los arbustos por unidad de superficie. (Cancino, 2006). El área basal se calculó aplicando la siguiente fórmula: (Imaña, 1998) (Bentes & Andrade, 2004)(Picos & Cogolludo, 2007) (Arévalo Delgado, 2015, pág. 58).

$$AB= (\pi/4) * DAP^2 \ (1)$$

Dónde: AB=área basal (m^2) ,4=constante, π=3,14164=0,7854, DAP=diámetro a la altura del pecho.

6.5.2. Estimación del volumen.

El volumen, se obtuvo midiendo el DAP y la altura total del fuste de los arbustos, evitando el efecto de borde. Consecutivamente, se

expandió a la unidad de superficie manejando un factor de forma que ha sido definido por el tamaño de la unidad muestral (Alvarez, 2005). (Cancino, 2006) (Arévalo Delgado, 2015, págs. 58-59).

"El volumen del objeto de estudio se obtuvo aplicando la siguiente fórmula: (Imaña, 1998) (Bentes & Andrade, 2004)(Picos & Cogolludo, 2007)" (Arévalo Delgado, 2015, pág. 59).

$$Volumen = AB * H * ff \quad (2)$$

Dónde: AB=área basal (m^2), H= altura total del árbol (m), ff=factor de forma (Latifoliadas: 0,5)

Debido a que, en el área de estudio, casi en su totalidad las especies son latifoliadas, se aplicó el factor de forma de 0,5. En el área la única conífera es Podocarpus oleifolius. (IPCC, 1996a) (Brown, 1989) (Orozco Vílchez, Brumér, & CATIE, 2002) Para temas dendrométricos los árboles por su forma se clasificaron en coníferas, latifoliadas y palmeras. (Imaña, 1998) (Arévalo Delgado, 2015, pág. 59).

6.5.3. Estimación de la biomasa forestal.

La biomasa forestal se obtuvo de la multiplicación del volumen del bosque, la densidad de la madera, el factor de expansión de biomasa área y factor de expansión de biomasa subterránea. El factor de expansión de la biomasa es un coeficiente que permite agregar a la biomasa de los fustes, a partir, del volumen calculado y la biomasa de las ramas, hojas y raíces. (Russo, 2009) (Arévalo Delgado, 2015, pág. 60).

En las Directrices del IPCC, 2006, se indican distintos valores para el factor de expansión de biomasa en este caso se aplicó el valor de 1,20 para la biomasa aérea y subterránea. (IPCC, 1996a). El valor recomendado de densidad de madera por el IPCC para estudios de biomasa es de 0,5. (Brown & FAO, 1997) (IPCC, 1996a) (Arévalo Delgado, 2015, pág. 60).

"La biomasa del objeto de estudio se obtuvo utilizando siguiente formula: (IPCC, 1996a) (Brown & FAO, 1997) (Andrade & Muhammed, 2003) (Russo, 2009)" (Arévalo Delgado, 2015).

$$Bf=Volumen*GE*FEBa*FEBs \quad (3)$$

Donde: Bf=biomasa forestal (toneladas MS), GE=densidad de la madera (t/m^3) [0,5], FEBa=factor de expansión de biomasa aérea (ramas, hojas) [1,20], FEBs= factor de expansión de biomasa subterránea [1,20]

6.5.4. Estimación del carbono almacenado en el bosque.

La fracción de C está representando, la cantidad de toneladas de C por tonelada de material seco de la biomasa. En este estudió se aplicó el valor indicado por el IPCC de 0,5, que significa que el 50 % del peso de los individuos es carbono. (IPCC, 1996a) (MacDicken, 1997) (Cancino, 2006). Para la obtención de carbono almacenado se utiliza la siguiente fórmula:(IPCC, 1996a) (Russo, 2009) (Arévalo Delgado, 2015, pág. 61).

$$C=B*Fc \quad (4)$$

Dónde: C=carbono en toneladas de carbono, B=biomasa, Fc=fracción de carbono [0,5]

6.5.5. Estimación del CO_2 almacenado en el bosque.

En base al peso molecular del C y del CO_2 (12/44), se obtiene que una tonelada de carbono es igual a 3,67 toneladas de CO_2. Para conocer el total de CO_2 que se emite o almacena, a partir de la cantidad de C de un depósito en específico, se multiplica por el valor de 3,67. Sin embargo, una tonelada de biomasa forestal tiene aproximadamente 0,5 toneladas de C (Rügnitz Tito et al., 2012) (Russo, 2009); es decir, una tonelada de carbono almacenado en la biomasa forestal es equivalente al secuestro de 3,67 toneladas de CO_2 atmosférico (Arévalo Delgado, 2015, págs. 61-62).

$$CO_2 = C * 3{,}67 \quad (5)$$

Donde: CO_2=cantidad de dióxido de carbono capturado en toneladas de CO_2, 3,67=fracción que se utiliza para convertir carbono en toneladas de CO_2 3,67 es un valor constante.

7. Resultados y Discusión

7.1. Composición florística.

Se levantó la información a partir de las especies arbustivas mencionadas en la Tabla 3:

Tabla 3.
Especies existentes por familia

Familia	Nombre Científico	Nombre Shuar	Nombre Común	Nª Individuos
Euphorbiaceae	*Acalypha salicifolia Müll.Arg.*	Wishinakaspi	Palo de aro	15
	Acalypha cuneata Poepp.&Endel.	Kwichi	Palo de yuca, cajón yura	13
Gesneriaceae	*Besleria aggregata (Mart.)Hanst.*	Allpawallis	Hoja de punzada	24
Melastomataceae	*Miconia pilgeriana Ule*	Chinchàk	Chinchaqui	11
	Miconia nervosa (Sm.)Triana	Chinchàk	Mora guayacán	12
	Miconia grandifolia Ule	Chinchàk	Chinchaqui	12
Piperaceae	*Piper stileferum Yunck.*	Puhueco	Pai coca	12
	Piper obliquum Ruiz &Pav.	Santi	Anís de monte	13
	Piper hispidum Sw.	MukuTullu	Sacha limón	8
	Piper augustum Rudge	Kalukyura	Hoja de baño	13
Rubiaceae	*Coussare abrevicaulis K.Krause*	Supinumi	Guayaba	9
	Faramea quinqueflora Poepp. & Endl.	Tuksipanka	silvestre, hoja del corazón	20
	Faramea torquata Müll.Arg.	Goman		16
	Notopleura obtusa C.M.Taylor	Jiinumi	Bella maría	25
	Notopleura polyphlebia (Donn.Sm.)C.M.Taylor	Punta Panka	Caturo	17
	Psychotria poeppigiana Müll.Arg.	Untuntup	Árbol de leña	9
		Chainshimpip	Árbol de leña Galo galo, Adorno de montaña	
	Psychotria stenostachya Standl.		Árbol de leña	10
Salicaceae	*Casearia prunifolia Kunth*	Iwiapik	Guambilla, Pepa de fruto	7
Solanaceae	*Solanum sessile Ruiz&Pav.*	Yùnkua	Gulac	
	Solanum sessiliflorum Dunal	Yumìn Kukuch	Huevo de perro, Naranjilla silvestre	29 9

Nota: Especies descritas por nombre; científicos, shuar, común (Alvear Espinosa & Valarezo Ramírez, 2016).

7.2. Análisis de variables

La Tabla 4, muestra los datos que fueron tomados para el análisis de las diferentes variables.

Tabla 4.
Especies existentes y sus diferentes variables calculadas

Familia	Género	Especie	N° Individuos	Altura (m)	DAP (m)	AB (m^2)	V (m^3)	Bf (t)	C (t)	CO_2 (t)
Euphorbiaceae	Acalypha	Acalypha salicifolia Müll.Arg.	15	5	0,06	0,042	0,106	0,076	0,038	0,140
	Acalypha	*Acalypha cuneata Poepp.&Endel.*	13	5	0,06	0,037	0,092	0,066	0,033	0,121
Gesneriaceae	Besleria	*Besleria aggregata(Mart.)Hanst.*	24	1	0,05	0,047	0,024	0,017	0,008	0,031
Melastomataceae	Miconia	*Miconia pilgeriana Ule*	11	7	0,18	0,280	0,980	0,705	0,353	1,294
	Miconia	*Miconia nervosa (Sm.)Triana*	12	7	0,18	0,305	1,069	0,770	0,385	1,412
	Miconia	*Miconia grandifolia Ule*	12	15	0,18	0,305	2,290	1,649	0,824	3,026
Piperaceae	Piper	*Piper stileferum Yunck.*	12	2	0,03	0,008	0,008	0,006	0,003	0,011
	Piper	*Piper obliquum Ruiz &Pav.*	13	2	0,02	0,004	0,004	0,003	0,001	0,005
	Piper	*Piper hispidum Sw.*	8	4	0,05	0,016	0,031	0,023	0,011	0,042
	Piper	*Piper augustum Rudge*	13	2	0,03	0,009	0,009	0,007	0,003	0,012
Rubiaceae	Coussare	*Coussare abrevicaulis K.Krause*	9	15	0,2	0,283	2,121	1,527	0,763	2,802
	Faramea	*Faramea quinqueflora Poepp.& Endl.*	20	15	0,16	0,402	3,016	2,171	1,086	3,985
	Faramea	*Faramea torquata Müll.Arg.*	16	10	0,05	0,031	0,157	0,113	0,057	0,208
	Psychotria	*Psychotria poeppigiana Müll.Arg.*	9	8	0,12	0,102	0,407	0,293	0,147	0,538
	Psychotria	*Psychotria stenostachya Standl.*	10	3	0,05	0,020	0,029	0,021	0,011	0,039
Salicaceae	Casearia	*Casearia prunifolia Kunth*	7	12	0,07	0,027	0,162	0,116	0,058	0,214
Solanaceae	Solanum	*Solanum sessile Ruiz&Pav.*	29	2	0,06	0,082	0,082	0,059	0,030	0,108
	Solanum	*Solanum sessiliflorum Dunal*	9	2	0,06	0,025	0,025	0,018	0,009	0,034
		total				2,026	10,613	7,641	3,821	14,021

Nota: DAP= Diámetro a la altura del pecho, AB=Área basal, V=Volumen, Bf=Biomasa forestal, C=Carbono, CO_2 =Dióxido de carbono. Elaborado por: Nicole Recalde, 2016.Fuente: Información levantada en campo.

7.2.1. Área basal (m^2).

Los individuos del objeto de estudio cuentan con un área basal de 2,026 m^2 /ha y un valor de 20,26 m^2 para 10 ha que son la superficie del bosque. A nivel de familia, la que mayor área basal presenta es la *Melastomataceae* con un valor de 0,891 m^2 (43,95 %). Las especies con mayor área basal son la *Miconia nervosa (Sm.)Triana* con 0,305 m^2 y la *Miconia grandifolia Ule* con 0,305 m^2, lo que representa el 30,14 % de las unidades de estudio.

7.2.2. Volumen (m^3).

Dentro del área de estudio, las especies arbustivas tienen un volumen de 10,613 m^3/ha y un valor de 106,13 m^3 para las 10 ha que son la superficie del bosque. La familia que presenta mayor cantidad de volumen, es la *Melastomataceae* con un valor de 4,339 m^3 (40,88 %) y la especie con mayor volumen es la *Miconia grandifolia Ule* con un valor de 2,290 m^3 (21,58 %) de las unidades de estudio.

7.2.3. Biomasa forestal (t).

El área de estudio cuenta con una biomasa forestal de 7,641 t/ha y un valor de 76,41 t para las 10 ha que corresponde a la superficie del bosque. La familia *Melastomataceae* cuenta con mayor cantidad de biomasa, con un valor de 3,124 t (40,88 %) de la superficie y la especie con mayor cantidad de biomasa es la Miconia *grandifolia Ule* con 1,649 t (21,58 %) de las unidades de estudio.

7.2.4. Carbono almacenado (t).

Las especies arbustivas del bosque, cuentan con 3,821 t/ha de Carbono almacenado y un valor de 38,21 t para las 10 ha. La familia que presenta mayor cantidad de Carbono es la *Melastomataceae* con 1,562 t (40,88 %). La *Miconia grandifolia Ule* es la especie con mayor Carbono almacenado con un valor de 0,824 t (21,58 %) de las unidades de estudio.

7.2.5. CO_2 almacenado (t).

El objeto de estudio cuenta con 14,021 t/ha de CO_2 almacenado y un valor de 140,21 t para las 10 ha. La familia que contiene mayor cantidad de CO_2 es la *Melastomataceae* con 5,732 t (40,88 %). La *Miconia grandifolia Ule* es la especie con mayor concentración de CO_2 almacenado con un valor de 3,026 t (21,58 %) de las unidades de estudio.

7.3. Estructura Forestal

7.3.1. Clases diamétricas.

Las clases diamétricas de las especies arbustivas, fueron realizadas considerando los 242 individuos registrados en las unidades de medición, que cuentan con un DAP en un rango de ≥ 2 – 22 cm. Los DAP se distribuyeron en intervalos de 5 cm, obteniendo así 4 categorías .Los resultados se muestran en la Tabla 5.

La Tabla 5, indica que en la categoría I existe mayor cantidad de especies arbustivas con 169 (69,83 %) individuos, que tienen un DAP en un rango de ≥ 2 – 7 cm y un volumen de 0,730 m^3. A pesar de que la categoría I tiene mayor número de individuos, existe un mayor volumen de 6,459 m^3 en la categoría IV, que representa el equivalente a 44 (18,18 %) individuos, que tienen un DAP en un rango de ≥ 17,1 – 22 cm.

La mayoría de individuos se encuentra en un rango entre ≥ 2 – 7 cm de DAP, por lo que la regeneración natural se encuentra en un estado de brinzales y latizales, considerando que son especies arbustivas.

Tabla 5.
Categorías diamétricas de especies arbustivas

Categoría	Rango	Especie	N° Individuos	Volumen m^3
I	≥ 2 – 7 cm	*Acalypha salicifolia Müll.Arg.* *Acalypha cuneata Poepp.&Endel.* *Besleria aggregata(Mart.)Hanst.* *Piper stileferum Yunck.* *Piper obliquum Ruiz &Pav.* *Piper hispidum Sw.* *Piper augustum Rudge* *Faramea torquata Müll.Arg.* *Psychotria stenostachya Standl.* *Casearia prunifolia Kunth.* *Solanum sessile Ruiz&Pav.* *Solanum sessiliflorum Dunal*	169	0,730
II	≥ 7,1 – 12 cm	*Psychotria poeppigiana Müll.Arg.*	9	0,407
III	≥ 12,1– 17 cm	*Faramea quinqueflora Poepp.& Endl.*	29	3,016
IV	≥ 17,1 – 22 cm	*Miconia pilgeriana Ule* *Miconia nervosa (Sm.)Triana* *Miconia grandifolia Ule* *Coussare abrevicaulis K.Krause*	44	6,459

Nota: Elaborado por Nicole Recalde, 2016. Fuente base de datos.

7.4. Análisis estadístico

La información levantada en el área de estudio, fue analizada con la aplicación del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS por sus siglas en inglés), con el cual se obtuvo la estadística descriptiva representada en histogramas.

Se realizaron histogramas utilizando el programa estadístico SPSS, donde el área que representa cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores mostrando la distribución de la población en relación 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_2).

En la Tabla 6, se indica la estadística descriptiva de cada variable:

Tabla 6.
Datos estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Altura (m)	242	1,0	15,0	6,074	4,9280
Diámetro a la altura del pecho (m)	242	,02	,20	,0857	,05771
Área Basal (m2)	242	,0003	,0314	,008374	,0101201
Volumen (m3)	242	,0003	,2356	,043854	,0686026
Biomasa Forestal(t)	242	,0002	,1696	,031575	,0493939
Carbono Almacenado(t)	242	,0001	,0848	,015787	,0246970
Dióxido de Carbono Almacenado(t)	242	,0004	,3113	,057940	,0906378

Nota: Elaborado por Nicole Recalde, 2016. Fuente base de datos.

La forma de vida arbustiva en 1 ha, tomada como objeto de estudio del bosque perteneciente a la Estación Biológica Kutukú, contiene 242 individuos, pertenecientes a 7 familias, 9 géneros y 18 especies; habiendo mayor presencia de individuos en la familia *Rubiaceae*. El género predominante es *Faramea*, mientras que a nivel de especies, la más representativa es *Faramea quinqueflora Poepp.& Endl.*

A partir de esta información se derivaron los histogramas, como se indica a continuación:

7.4.1. Histograma de la altura total.

La Figura 8, muestra la relación altura-frecuencia de la forma de vida arbustiva.

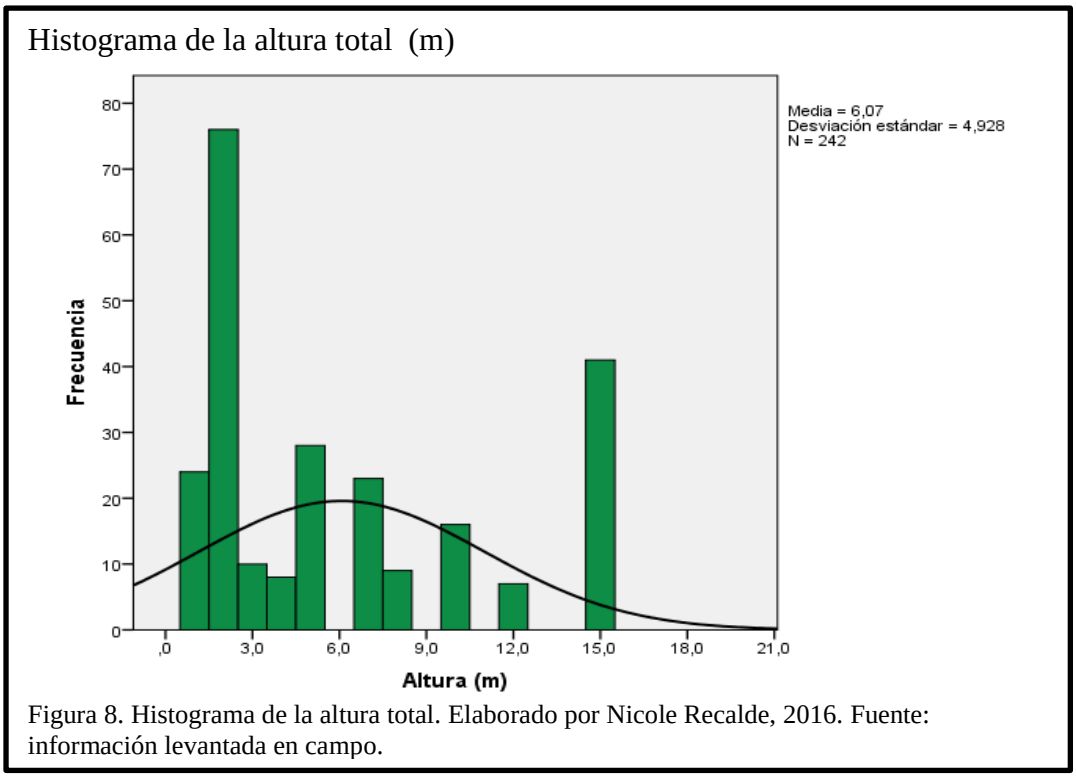


Figura 8. Histograma de la altura total. Elaborado por Nicole Recalde, 2016. Fuente: información levantada en campo.

Se analizaron 242 individuos, con lo que se determinó una altura promedio de 6,07 m con una desviación estándar de 4,928 m .Como se presenta en el histograma hay mayor frecuencia con 76 (31,4 %) individuos con una altura de 2 m.

7.4.2. Histograma del Diámetro a la altura del pecho (DAP).

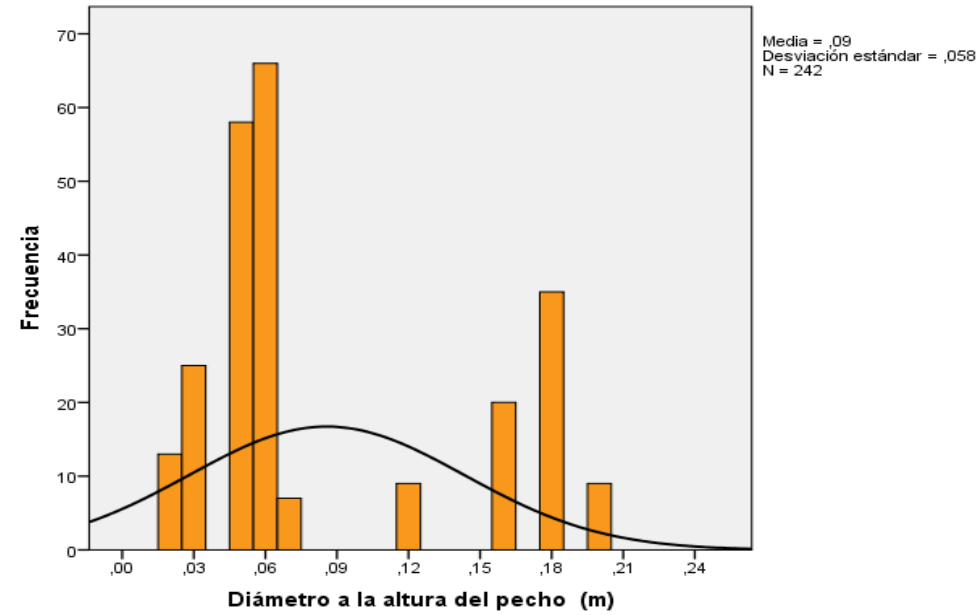


Figura 9. Histograma del diámetro a la altura del pecho. Elaborado por Nicole Recalde, 2016. Fuente: información levantada en campo.

La Figura 9, muestra la relación DAP-frecuencia de la forma de vida arbustiva.

El análisis estadístico de los 242 datos, dio como resultado una media de 0,09 m con una desviación estándar de 0,058 m .Como se presenta en el histograma, hay mayor frecuencia con 66 (27,3 %) individuos con un DAP de 0,06 m.

7.4.3. Histograma del Área Basal (AB).

La Figura 10, muestra la relación AB-frecuencia de la forma de vida arbustiva.

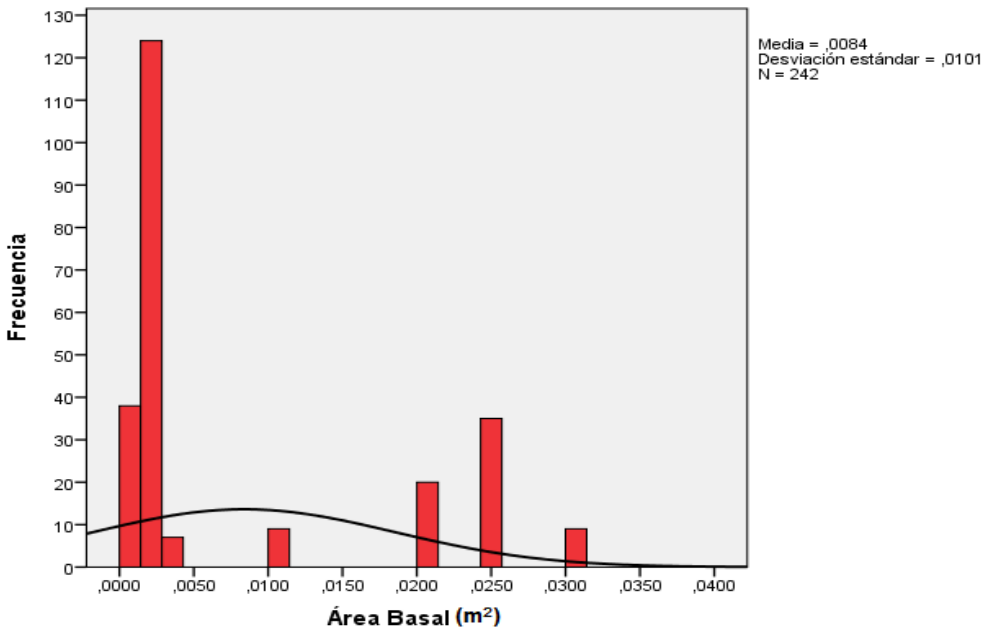


Figura 10. Histograma área basal. Elaborado por: Nicole Recalde, 2016. Fuente: base de datos.

La media de los 242 datos de área basal es de 0,084 m² con una desviación estándar de 0,0101 m². Hay mayor concentración del AB con 124 (57,23 %) arbustos, que se encuentran en un rango entre 0,0020 -0,0028 m^2. El 57,23 % del área basal total, está representada por los individuos con un DAP entre 5 – 6 cm.

7.4.4. Histograma del Volumen

La Figura 11, muestra la relación volumen-frecuencia de la forma de vida arbustiva.

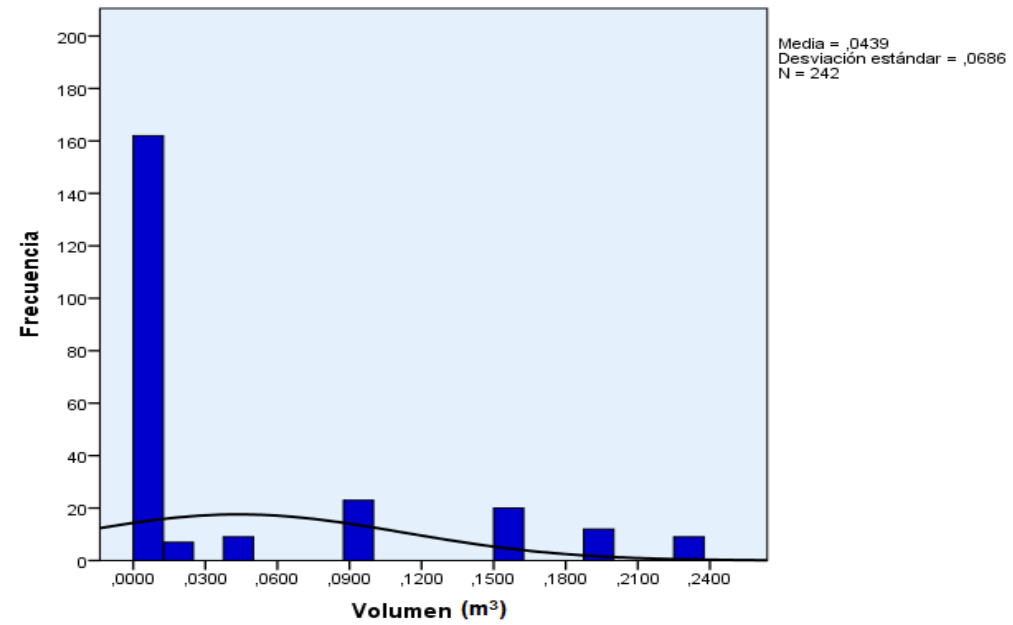


Figura 11.Histograma del volumen. Elaborado por: Nicole Recalde,2016. Fuente: base de datos.

La media del volumen de los 242 individuos es de 0,0439 m³ con una desviación estándar de 0,0686 m³. Hay mayor concentración de volumen en un rango de 0,0003 -0,0098 m^3, con 162 (66,9 %) individuos del total de la población de arbustos.

El 66,9 % de la población tiene un DAP en un rango de 2 – 7 cm y un AB entre 0,0003-0,0028 m^2, lo que justifica la incorporación del rango de DAP con las anteriores variables para el estudio.

7.4.5. Histograma de la Biomasa Forestal (Bf).

La Figura 12, muestra la relación Bf-frecuencia de la forma de vida arbustiva.

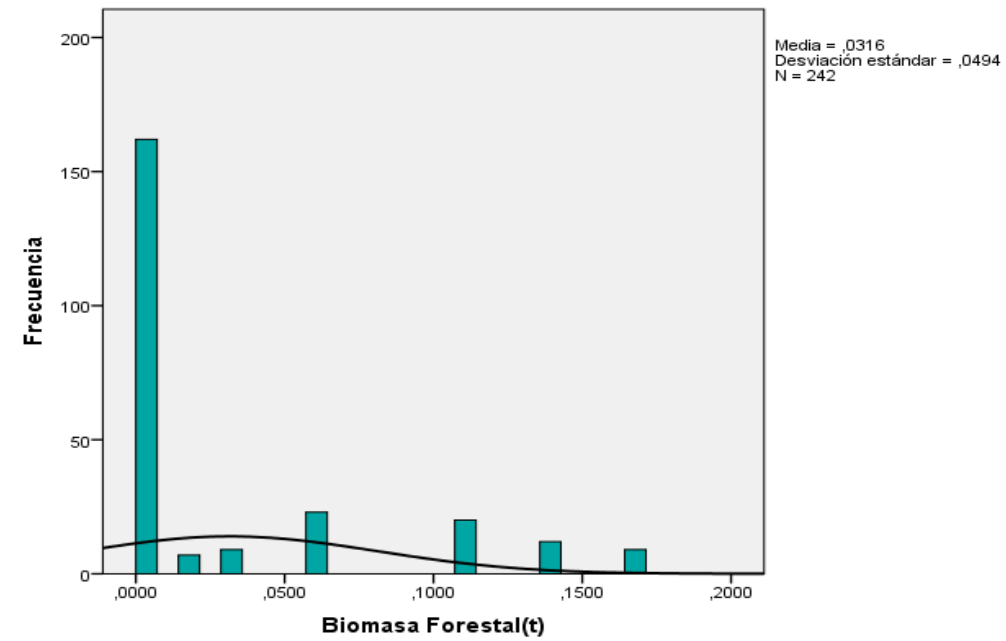


Figura 12.Histograma de la biomasa forestal. Elaborado por: Nicole Recalde, 2016.Fuente: base de datos.

La Bf promedio es de 0,0316 t, con una desviación estándar de 0,0494 t para los 242 individuos de estudio. El histograma presenta mayor frecuencia con 162 (66,9 %) individuos en un rango de 0,0002 – 0,0071 t .En el rango de 2- 7 cm DAP se obtiene 0,526 t, entre 7,1 -12 cm 0,293 t , entre 12,1- 17 cm 2,171 t y 4,651 t en arbustos con DAP entre 17,1- 22 cm .

7.4.6. Histograma Carbono (C) almacenado.

La Figura 13, muestra la relación C-frecuencia de la forma de vida arbustiva.

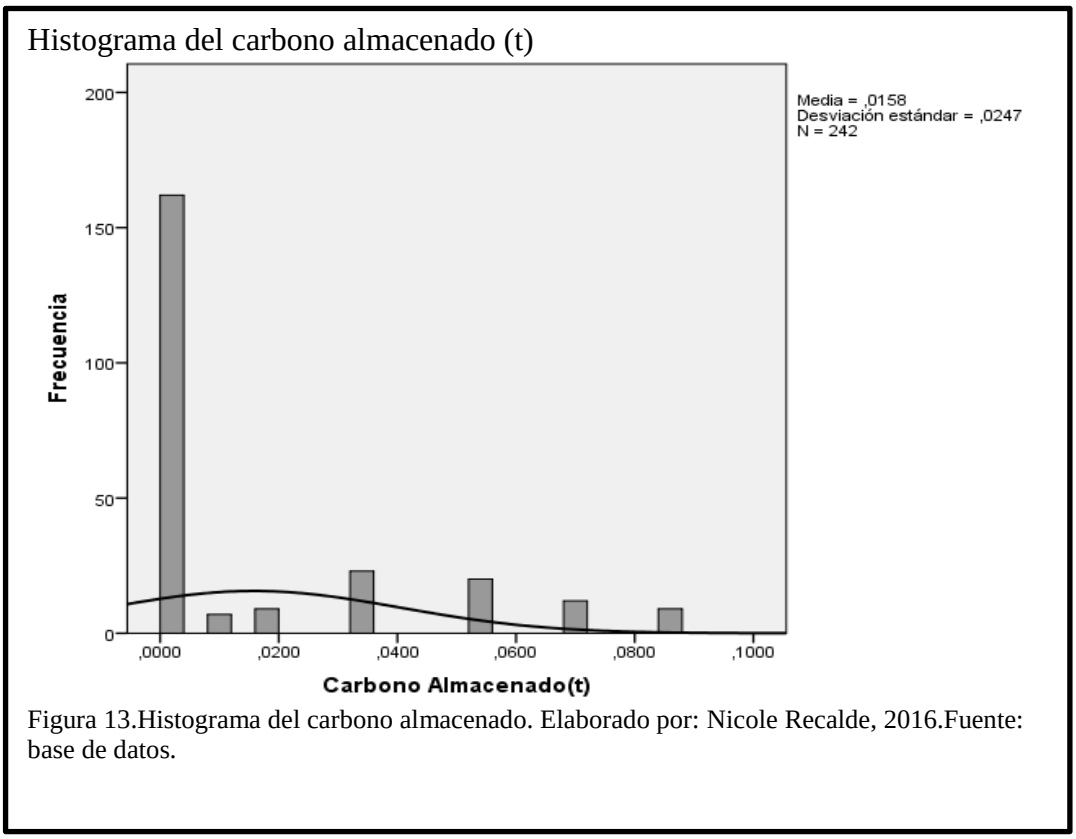


Figura 13.Histograma del carbono almacenado. Elaborado por: Nicole Recalde, 2016.Fuente: base de datos.

La media de C de los 242 individuos es de 0,0158 t con una desviación estándar de 0,0247.Existe mayor cantidad de C almacenado con 162 (66,9 %) individuos en un rango de 0,0001 – 0,0071 t. Entre los rangos de 2- 7 cm de DAP hay 0,263 t de C, entre 7,1 -12 cm 0,147 t, entre 12,1 -17 cm 1,086 t, mientras que en el rango de 17,1 – 22 cm almacenan 2,325 t.

Como se puede observar en la Figura13 las especies arbustivas presentan potencial de almacenamiento de C en el bosque.

7.4.7. Histograma Dióxido de carbono (CO_2) almacenado.

La Figura 14, muestra la relación CO_2-frecuencia de la forma de vida arbustiva.

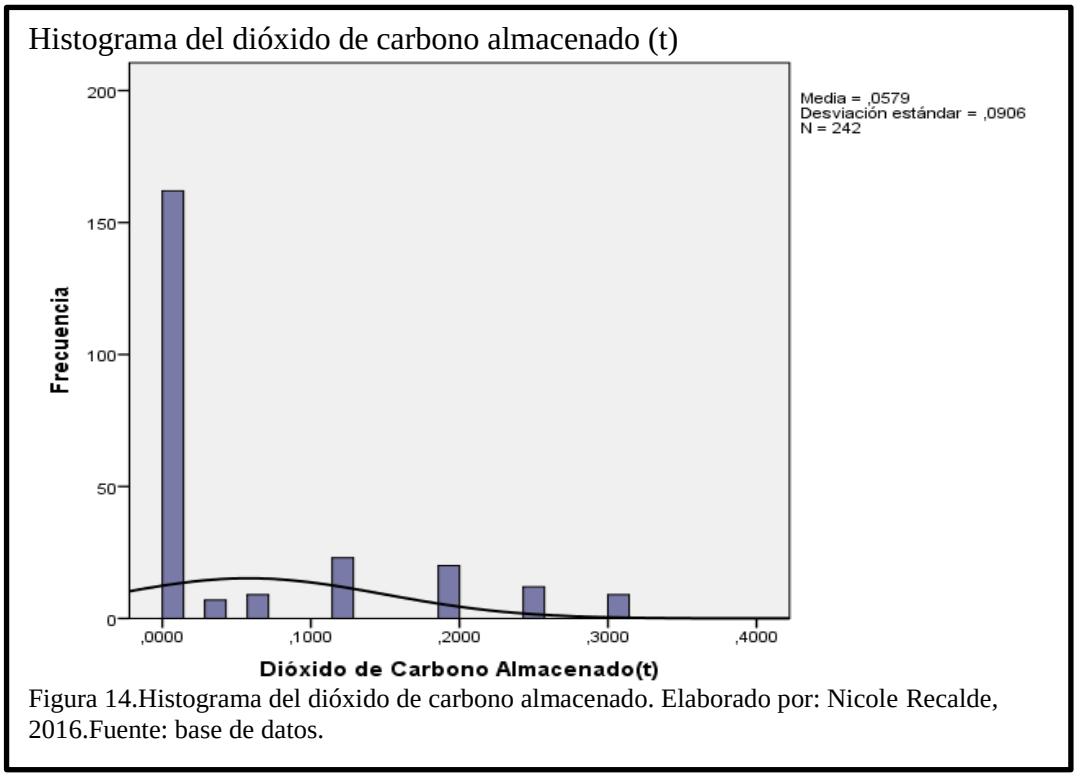


Figura 14.Histograma del dióxido de carbono almacenado. Elaborado por: Nicole Recalde, 2016.Fuente: base de datos.

El valor promedio de los 242 datos de CO_2 de los individuos de estudio es de 0,0579 t con una desviación estándar de 0,0906 t. Hay más acumulación de CO_2 almacenado en el rango de 0,0004 – 0,0305 t de CO_2 con 162 (66,9 %) individuos. La cantidad de CO_2 almacenado es de 14,021 t, de las que 0,965 t (6,88 %) corresponde a arbustos con DAP en un rango de 2 - 7 cm, arbustos con un DAP entre 7,1 -12 cm almacenan 0,538 t (3,84 %), en el rango de 12,1 – 17cm se almacenan 3,985 t (28,42 %), mientras que en el rango de 17,1 - 22 cm se encuentra 8,53 t (60 %).

Como se puede observar en la Figura 14 las especies arbustivas presentan potencial de almacenamiento de CO_2 en el bosque.

7.4.8. Diagrama de ejes dobles para especies arbustivas.

La Figura 15, muestra las diferentes especies del área de estudio y su relación con la capacidad de almacenamiento de C y CO_2.

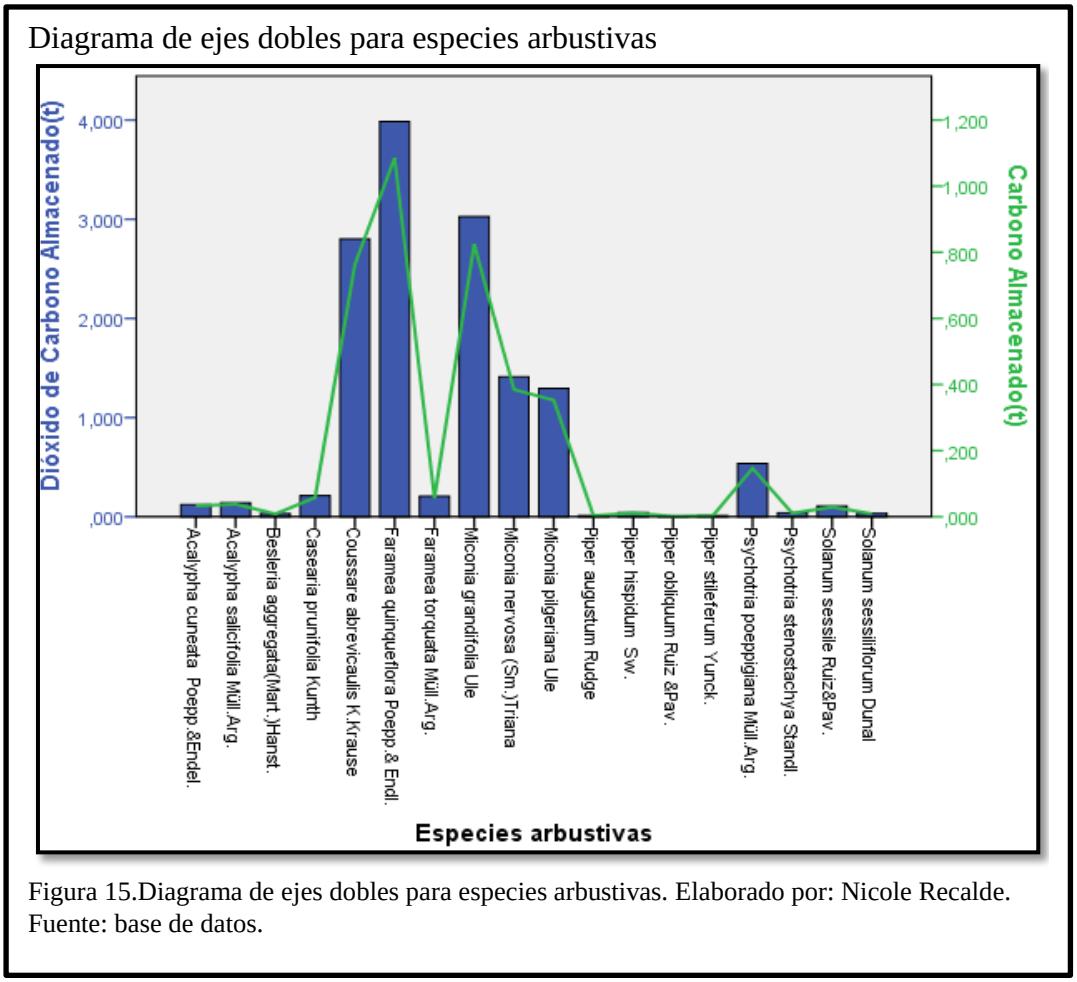


Figura 15.Diagrama de ejes dobles para especies arbustivas. Elaborado por: Nicole Recalde. Fuente: base de datos.

En la Figura 15, se puede apreciar que haciendo un análisis por especies la *Faramea quinqueflora Poepp.& Endl* alberga mayor concentración de CO_2 con un valor de 3,985 t y 1,086 t de C. Al realizar un análisis a nivel de familias en cambio se tiene que la *Melastomataceae* tiene mayor cantidad de almacenamiento y dentro de esta familia la especie que tiene mayor capacidad de almacenamiento es la *Miconia grandifolia Ule* que se encuentra en segundo lugar en referencia a la capacidad de almacenamiento de C y CO_2 con 0,824 t y 3,026t respectivamente, haciendo relación entre especies. Las dos especies arbustivas mencionadas, tienen una altura similar que alcanza los 15 m y sus DAP están en un rango entre 16-18 cm.

7.5. Discusión de Resultados

Las investigaciones orientadas a la medición de carbono en la forma de vida arbustiva, es un tema relativamente nuevo, generado por la necesidad de determinar los sumideros de Carbono a efectos de establecer sus volúmenes con miras a ingresar a los mercados de carbono. Uno de los aportes de estas investigaciones es también para dar lineamientos a los interesados como los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) para que a partir del conocimiento sobre volúmenes de Carbono capturados se pueda acceder a los CERs.

Las investigaciones desarrolladas sobre medición de Carbono en ecosistemas de bosques amazónicos, tienen mayor orientación hacia las especies arbóreas; es la razón por la que no existe mayor información sobre captura de carbono en especies arbustivas de manera específica.

Entre los trabajos de investigación que arrojan resultados relacionados al presente tema, consta el de Carla Arévalo, en el que se midió DAP mayores a los ocupados en este trabajo experimental (>10 cm.), debido a que se trata de especies arbóreas, lo que genera mayores concentraciones de C y CO_2 obtenidos por hectárea. A pesar de las diferencias de DAP con las que trabajó dicha autora, el presente proyecto tiene una similitud en cuanto a resultados se refiere, debido a que entre las familias la que mayor capacidad de almacenamiento de C y CO_2, se tiene la *Melastomatacea.*

Las especies arbustivas pertenecientes al bosque de la Estación científica Kutukú, tienen una capacidad de almacenamiento de 3,821 t/ha de C y 14,021 t/ha de CO2. Mientras que en el caso del trabajo experimental de Carla, se obtuvo 41 t/ha de C y 151 t/ha de CO2 situación que probablemente se deba a la diferencia de temperatura, ubicación geográfica, clima estado de madurez del bosque entre otros factores que ameritan a ser estudiados.

A nivel de familias, la *Melastomataceae* tiene mayor capacidad de almacenamiento con 1,562 t/ha de C y 5,732 t/ha de CO_2, mientras que a nivel de especies la que mayor capacidad de almacenamiento tiene es la *Faramea quinqueflora Poepp.& Endl.* con 1,086 t/ha de C y 3,896 t/ha de CO_2 que pertenece a la familia *Rubiaceae*. Lo que indica que a pesar de que una familia genere más cantidad de C y CO_2 que otras el valor de toneladas dependerá del número de individuos por familia, el rango de Altura y el rango de DAP que posean; por eso se ha considerado a la *Melastomataceae* la familia que posee mayor capacidad de almacenamiento de C y CO_2 ; dentro de esta familia la que tiene mayor capacidad de almacenamiento es la *Miconia grandifolia Ule* con 0,824 t/ha C y 3,026t/ha CO_2 , mientras que si se compara esta especie a nivel de especies, ésta ocupa un segundo lugar con referencia a su capacidad de almacenamiento.

En el levantamiento de información en campo, se consideró individuos con un DAP desde 2 cm debido a que se trabajó con especies arbustivas. Existe mayor concentración de individuos con un DAP en un rango de 2-7 cm, pero los que tienen mayor capacidad de almacenamiento se encuentran en un DAP mayor a 16 cm.

Se tomaron datos de DAP menores a 20cm, como indica El Manual de Campo de evaluación forestal del Ecuador 2012 elaborado por el MAE, para especies arbustivas. Al medir diámetros menores a10 cm se aprovecha el potencial de regeneración natural de latizales y brinzales, que es donde hay mayor concentración de individuos; tomando en cuenta la dinámica del bosque que es un valor agregado que se pretende lograr a partir de esta investigación.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se demuestra la capacidad de almacenamiento de Carbono con el que cuentan las especies arbustivas,

pertenecientes a la Estación Científica Kutukú, con lo que el bosque puede entrar en procesos de obtención de los CERs para formar parte de los Mercados de carbono.

8. Conclusiones

- Las especies arbustivas del bosque perteneciente a la Estación Científica Kutukú, cuentan con un volumen de madera de 10,613 m³/ha, siendo *Melastomataceae* la familia predominante con 4,339 m³/ha (40,88 %) y dentro de esta la especie *Miconia grandifolia Ule* con un valor de 2,290 m³/ha (21,58 %).
- Los diámetros de las especies arbustivas con mayor concentración de individuos, se ubican en el rango de ≥ 2 – 7 cm, no obstante, el mayor volumen de madera se concentra en el rango de ≥ 17,1 – 22 cm, con un volumen de 6,459 m³/ha.
- La forma de vida arbustiva del bosque, contiene un total de 38,21 t de Carbono almacenado y 3,821 t/ha. La familia que tiene mayores concentraciones es la *Melastomataceae* con 1,562 t/ha t (40,88 %); mientras que la especie con mayor Carbono almacenado es la *Miconia grandifolia Ule con* 0,824 t/ha (21,58 %).
- El bosque objeto de estudio almacena 14,021 t/ha de CO_2 dando un total de 140,21 t para las 10 ha que comprende la superficie del bosque. Al igual que en el contenido de C, en lo que corresponde a CO_2, la familia *Melastomataceae* mantiene su predominancia con 5,732 t/ha (40,88 %). La *Miconia grandifolia Ule* es la especie con mayor concentración de CO_2 almacenado con un valor de 3,026 t/ha (21,58 %).
- A nivel de especies arbustivas, la que mayor capacidad de almacenamiento tanto de C y CO_2 tiene es la *Faramea quinqueflora Poepp.& Endl.*, con un valor de 3,985 t/ha (28,42 %) CO_2 y 1,086 t/ha (28,42 %) de C.

9. Recomendaciones

- Realizar investigaciones sobre la dinámica de regeneración natural en ecosistemas de bosques en el tipo de condiciones del proyecto en razón que por el tratamiento dado, constituye una especie de prototipo de las fincas a nivel de la Amazonia ecuatoriana.
- Categorizar ecosistemas de bosques amazónicos para en función de aquello hacer investigaciones y conocer la influencia de los diferentes factores ambientales sobre la capacidad de almacenamiento de Carbono.
- Transferir los procesos de investigación a los involucrados como los GAD, para analizar la posibilidad de incluir a los bosques del Ecuador en los que se haya realizado estudios de capacidad de almacenamiento de Carbono dentro de los Mercados de carbono, para que se conviertan en una fuente de ingreso para el país.
- Son muy escazas las investigaciones en relación a la cantidad de carbono almacenado en formas de vida arbustiva específicamente, por lo que se sugiere realizar investigaciones sobre este tema.

Referencias

- Rügnitz Tit, M., Chacón León, M., & Porro, R. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales.* Obtenido de SINAC: http://www.sinac.go.cr/corredoresbiologicos/boletines/boletin4_2010/docs/guiapropiedadesrurales.pdf

- Alvear Espinosa, E. C., & Valarezo Ramírez, A. G. (Marzo de 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 ambietnales".Universidad Politécnica Salesiana. Quito: En edición.

- Arévalo Delgado, C. D. (2015). *"MEDICIÓN DE CARBONO DEL ESTRATO ARBÓREO EN UN ÁREA DEL BOSQUE NATURAL TINAJILLAS-LIMÓN INDANZA"(Ingeniera Ambiental).Universidad Politécnica Salesiana.*

- Ayuntamiento de Alhaurín el Grande. (s.f.). *Todo lo que desea aber sobre el Dióxido de Carbono (CO2) y nadia ha sabido explicarte.* Obtenido de Ayuntamiento de Alhaurín el Grande: http://www.alhaurinelgrande.net/alhauPortal/alhaurin/medioambiente/sostenibilidad/co2.pdf

- Benjamín Ordoñez, J. A., & Masera, O. (2001). *Captura de carbono ante el cambio climático.* Recuperado el 7 de Diciembre de 2015, de INECOL: http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/7.1/pdf/Ordonez%20y%20Masera%202001.pdf

- Biodiversidad Mexicana. (26 de Enero de 2016). *Servicios Ambientales*. Obtenido de http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/serviciosam.html

- *Blogspot*. (2 de Diciembre de 2013). Recuperado el 9 de Diciembre de 2015, de Dioxido de carbono: http://dioxidodecarbonoitzayana.blogspot.com/2013/12/que-es-el-dioxido-de-carbono.html

- CATIE. (1994). *CURSO: INVENTARIOS FORESTALES EN BOSQUES SECOS* . Turrialba : Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza .

- CIIFEN. (s.f.). *Cambio Climático*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2015, de CIIFEN: http://www.ciifen.org/index.php%3Foption%3Dcom_content%26view%3Dcategory%26layout%3Dblog%26id%3D100%26Itemid%3D133%26l

- Dauber, E., Terán, J., & Guzmán, R. (2006). *Forestal-Ula.* Recuperado el 2016, de http://www.forest.ula.ve/rforibam/archivos/DOC2.pdf

- Dávila, H. (Noviembre de 2011). *Estimación de cantidades de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao.* Recuperado el 7 de Diciembre de 2015, de http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A11560e/A11560e.pdf

- ELDIQUIS. (2008). *Boletín mensual #8.* Recuperado el 28 de Marzo de 2016, de http://pheldiquis.cr/Portals/0/Impresos/BoletinesMensuales/Biotica/BoletinBiol_05-2008.pdf

- Estación Biologíca Kutukú. (2004). Escrituras. *Escrituras*. Ecuador. Obtenido de Escrituras.

- FAO. (Marzo de 2001). *Agroforestería para la producción animal en América Latina - II.* Recuperado el 7 de Diciembre de 2015, de FAO: http://www.fao.org/docrep/006/y4435s/y4435s09.htm

- FAO. (2010). *MERCADOS DE CARBONO:QUÉ TIPOS EXISTEN Y CÓMO FUNCIONAN*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2015, de http://www.fao.org/3/contents/691e25ad-7849-549a-8a77-2f920b8aff3b/i1632s.pdf

- FAO. (s.f.). *Mercado de carbono: qué tipos existen y cómo funcionan.* Recuperado el 8 de Diciembre de 2015, de FAO: http://www.fao.org/docrep/012/i1632s/i1632s02.pdf

- FAO. (s.f.). *Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2015, de FAO: http://www.fao.org/docrep/006/y4435s/y4435s09.htm

- Faolex. (2008). *Faolex.* Recuperado el 2016, de http://faolex.fao.org/docs/texts/ecu87679.doc

- Finanzas Carbono. (2015). *Mercado de carbono*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2015, de Finanzas de Carbono: http://finanzascarbono.org/mercados/acerca/

- Finanzas Carbono. (s.f.). *Protocolo de Kioto*. (Finanzas de Carbono) Recuperado el 7 de Diciembre de 2015, de http://finanzascarbono.org/financiamiento-climatico/canales-multilaterales-de-financiamiento/protocolo-kioto/

- Finanzas Carbono. (s.f.). *Qué es la REDD+*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2015, de Finanzas Carbono: http://finanzascarbono.org/nuevos-mecanismos-de-mitigacion/redd/que-es-redd/

- FOREST CARBON. (2015). Obtenido de https://www.forestcarbonpartnership.org/sites/fcp/files/2015/November/Module%201.2%20Lecture-SP-07_05_15-final_rev%20CI.pptx

- Gasparri, I., & Manghi, E. (2004). *Ministerio de Ambiente y desarrollo sustentable.* Recuperado el Octubre de 2015, de http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/volumen_biomasa_carbono.pdf

- GREENPEACE. (25 de Abril de 2014). *¿Cuánto va a subir el nivel del mar por el cambio climático?* Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de GREENPEACE: http://www.greenpeace.org/espana/es/Blog/cunto-va-a-subir-el-nivel-del-mar-por-el-camb/blog/49044/

- Hipertextos del área de la biología. (s.f.). *Piperaceae.* Recuperado el 26 de Enero de 2016, de http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/7.%20Piperaceae.pdf: http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/7.%20Piperaceae.pdf

- Hipertextos del área de la biología. (s.f.). *Salicaceae.* Recuperado el 26 de Enero de 2016, de http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/24%20Salicaceae.pdf: http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/24%20Salicaceae.pdf

- IPCC. (2007). *Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis.* Recuperado el 13 de Noviembre de 2015, de IPCC: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf

- IPCC. (2007). *Efecto invernadero*. Recuperado el 07 de Diciembre de 2015, de IPCC: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/faq-1-3.html

- IPCC. (2013). *Cambio climático 2013*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de IPCC: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_brochure_es.pdf

- Jumbo Salazar, C. A. (2015). *Plan de la carrera Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana matriz Quito Surpara generar conocimiento científico en la estación Kutukú.* Quito.

- Jumbo, C. (2015). *Aporte proyecto.* Quito.

- Kutkú, E. B. (s.f.). Obtenido de Escrituras.

- Larios Marón, J. (2008). *INET.* (INET, Ed.) Recuperado el 13 de Diciembre de 2015, de Calentamiento Global al borde de límite: https://calentamientoglobal.files.wordpress.com/2015/03/calentamiento-global-al-borde-del-limit-jose-larios3.pdf

- Lozano, P. (2011). *Flora de las estribaciones andinas de la provincia de Napo*. Quito, Ecuador: ECOBONA,Serie investigación y Sistematización No.20.Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION.Quito.

- MAE. (2012). *Manual de Campo: Evaluación Nacional Forestal*. Quito, Ecuador : Ministerio del Ambiente del Ecuador .

- MAE. (2012). *Área de bosque y vegetación protectora Kutukú-Shaimi plan de manejo 2012-2017*. Recuperado el 4 de Enero de 2016, de Ministerio del Medio Ambiente: http://www.care.org.ec/wp-content/uploads/biblioteca_virtual/derechos_pueblos_indigenas/Plan_Manejo_BP_Kutuku.pdf

- MAE. (2012). *Ministerio del Ambiente.* Recuperado el 9 de Mayo de 2016, de http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/MANUAL%20OPERATIVO%20SB%20UNIFICADO%202012.pdf

- MAE. (2012). *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de Ministerio del Ambiente del Ecuador: http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Manual-2012-Bosques-liviano-9.pdf

- Manos Unidas. (Diciembre de 2011). *Material didáctico base cambio climático,pobreza y desarrollo.* Recuperado el 06 de Diciembre de 2015, de Manos Unidas: http://www.manosunidas-online.org/biblioteca/descargas/Cursos_Online/Curso_Cambio_Climatico.pdf

- Minga Ochoa, D. (2000). *Árboles y arbustos del bosque Mazán* (Vol. TOMO II). (E.T.A.P.A, Ed.) Cuenca, Ecuador.

- Naciones Unidas. (1992). *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de UNFCCC: http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf

- National Geographic. (s.f.). *¿Qué es el calentamiento global?* Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de National Geographic: http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/calentamiento-global-definicion

- Nikon. (2015). *Nikon.* Obtenido de http://www.nikon.es/es_ES/product/sport-optics/laser-range-finders/forestry-pro

- OMM. (9 de Noviembre de 2015). *Boletín N° 11 de la OMM sobre los Gases de Efecto Invernadero.* Recuperado el 23 de Febrero de 2016, de OMM: http://library.wmo.int/pmb_ged/ghg-bulletin_11_es.pdf

- OMM. (2 de Febrero de 2015). *La tendencia del calentamiento global prosigue en el 2014*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2015, de OMM: https://www.wmo.int/media/es/content/la-tendencia-al-calentamiento-prosigue-en-2014

- OMM,Boletín número 8 sobre los Gases Efecto Invernadero. (2012). Recuperado el Diciembre de 2015, de https://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/documents/GHG_Bulletin_No.8_es.pdf

- ONU. (1998). *PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MACRO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.* Recuperado el 13 de Diciembre de 2015, de http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf

- ONU. (2015). *Centro de noticias ONU.* Recuperado el Noviembre de 2015, de http://static.un.org/content/news/dh/es/2015/20150202-es.pdf

- ONU-REDD. (2011). *Estrategia del programa ONU-REDD 2011-2015.* Recuperado el 14 de Diciembre de 2015, de https://www.iisd.org/pdf/2011/redd_programme_strategy_2011_2015_es.pdf

- Pardos, J. A. (2010). *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global.* Recuperado el 9 de Diciembre de 2015, de INIA: http://www.inia.es/gcontrec/pub/60587OT_LIBRO_WEB_1277883079734.pdf

- PCE. (2014). *Hipsómetro láser Nikon Forestry Pro*. Recuperado el 22 de Enero de 2016, de PCE: http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instumento-de-distancia/hipsometro-Forestry-Pro.htm

- PDOT Sevilla Don Bosco. (s.f.). Recuperado el 18 de Enero de 2016, de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/%23recycle/PDyOTs%202014/1460016370001/PDyOT/07022013_090722_PDOT%20sevilla%20final.pdf

- PNUMA. (26 de Abril de 2010). *Panamá especies en peligro*. Recuperado el 06 de Diciembre de 2015, de PNUMA: http://www.pnuma.org/informacion/noticias/2010-04/26/

- Rodríguez, R., & Jiménez, J. (2006). *UANL*. Recuperado el 2015, de http://eprints.uanl.mx/1750/1/art_del_carbono.pdf

- SINIA. (s.f.). *Bonos de Carbono*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2015, de SINIA: http://www.sinia.cl/1292/w3-article-48291.html

- Smith, R. L., & Smith, T. M. (2001). *Ecoligía* (4 ed ed.). Madrid, España: PEARSON.
- Ugalde, J., & Herrera, A. (2009). Recuperado el diciembre de 2015, de http://www.cambioclimaticocr.com/multimedio/recursos/mod-1/Documentos/biodiversidad_y_cambio_climatico_cr.pdf
- Universia España. (Octubre de 2009). *Cuatro consecuencias graves del cambio climático*. Recuperado el 8 de Diciembre de 2015, de Universia España: http://noticias.universia.es/actualidad/noticia/2014/10/01/1112445/4-consecuencias-graves-cambio-climatico.html
- Valdivieso, J. (2013). Recuperado el 2015, de https://secure.urkund.com/view/document/13459665-304213-743876/download