

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Trabajo Experimental previo a la obtención del título de:

Ingeniero Ambiental

TEMA:

“EVALUACIÓN DEL CARBONO EN LA BIOMASA DE 3 ESPECIES FORESTALES NATIVAS (*Shiripe - *Myrsine dependens*, Rañas - *Viburnum triphyllum*, Yugyug - *Miconia theaezans*) EN EL BOSQUE AGUARONGO”*

AUTOR:

JOSÉ DAVID ROMO IGLESIAS

DIRECTOR:

ING. JUAN GERARDO LOYOLA ILLESCAS

Cuenca, Febrero del 2016

CERTIFICACIÓN

Certifico, que la presente investigación titulada “Evaluación del carbono en la biomasa de 3 especies forestales nativas (*Myrsine dependens*, *Viburnum triphyllum*, *Miconia theaezans*) en el bosque Aguarongo” fue desarrollado por: Romo Iglesias José David, con cédula de identidad 0301740445 bajo mi supervisión.

Cuenca, Febrero del 2016.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop and several horizontal strokes below it.

Juan Gerardo Loyola Illescas
DIRECTOR DE PROYECTO.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, analizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de José David Romo Iglesias.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional Vigente.

Cuenca, Febrero del 2016.



José David Romo Iglesias.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a:

La Universidad Politécnica Salesiana, especialmente a la carrera de Ingeniería Ambiental y a sus docentes por haber aportado, en gran medida, a mi formación profesional, mediante sus valiosas enseñanzas teóricas, técnicas y éticas.

A mi director de proyecto, el Ingeniero Juan Gerardo Loyola Illescas, por su predisposición, consejos, dedicación y colaboración que permitieron desarrollar a plenitud este proyecto.

A mis compañeros de Proyecto, Inés Chimbo y Marcos Gutiérrez, quienes ayudaron durante todo el tiempo en el que se desarrolló este proyecto

DEDICATORIA

Ante todo a mis padres, Petronio Romo y Alicia Iglesias quienes son lo más importante de mi vida, especialmente por haber depositado siempre la confianza en mí, también por su cariño, amor y palabras de aliento las cuales ayudaron a sobrellevar cada adversidad que se presentaba en mi vida. Todo esto se lo debo y agradezco a ellos.

A mis abuelos Sergio Iglesias y Alicia Abad, quienes fueron un pilar importante para cumplir mi carrera universitaria, por su predisposición a ayudar en todo sentido, especialmente en la etapas más duras.

José David Romo Iglesias.

RESUMEN

En esta investigación, para determinar la cantidad de dióxido de carbono que capturan las especies, se usó el método indirecto no destructivo, el mismo que requiere de mensuración forestal para obtener variables como son: Altura de Fuste, Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y Factor de forma, estas variables se obtuvieron al medir los individuos censados dentro de los 20 transectos trazados completamente al azar la dimensión de cada transecto fue de 2x50 metros.

Posterior a eso se calculó: el área basal, volumen forestal, la biomasa y luego la cantidad de carbono que secuestra cada planta, siendo *Myrsine dependens* quien captura un aproximado de 0,136 ton de CO₂ promedio por individuo y *Miconia theaezans* tiene un valor promedio por individuo de 0,102 ton.

Al realizar la Prueba de T para determinar si existe diferencia significativa en la cantidad de CO₂ que captura cada especie vegetal, se obtuvo un P valor de 0,219 que es mayor al nivel de significancia 5% (0,05), por lo tanto se indica que no existe una diferencia significativa en la cantidad de CO₂ que secuestra cada especie.

Realizando una proyección, considerando la densidad de los individuos en el terreno, se obtiene que en una hectárea de bosque en el Aguarongo las especies *Myrsine dependens* y *Miconia theaezans* capturan 22,48 y 17,59 ton/ha respectivamente.

CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. DELIMITACIÓN:	4
4. HIPÓTESIS	5
5. OBJETIVO	6
5.1. Objetivo General.....	6
5.2. Objetivos Específicos.....	6
6. MARCO TEÓRICO	7
6.1. El cambio climático.....	7
6.2. El Dióxido de Carbono (CO ₂).....	7
6.3. Ciclo del Carbono:.....	8
6.4. Afecciones causadas por el cambio climático.....	9
6.5. Importancia del sector Forestal como medida para mitigar el cambio climático.....	9
6.6. Carbono en Ecosistemas forestales:.....	10
6.7. Biomasa Arbórea.....	11
6.8. Métodos para estimar la biomasa arbórea.....	12
6.8.1. Método Destructivo:.....	12
6.8.2. Método Indirecto:.....	12

6.9.	Bosques Nativos	12
7.	EL BOSQUE AGUARONGO.....	13
7.1.	Hidrografía	14
7.2.	Pisos Altitudinales.....	14
7.3.	Exposición Solar	15
7.4.	Cobertura Vegetal	15
7.5.	Suelo.....	16
8.	ESPECIES VEGETALES DE ESTUDIO DEL BOSQUE PROTECTOR	
	AGUARONGO:.....	17
8.1.	Shiripe - <i>Myrsine dependens</i>	17
8.1.1.	Información taxonómica	17
8.1.2.	Hábito.....	17
8.1.3.	Hábitat	18
8.1.4.	Descripción	18
8.1.5.	Usos:.....	18
8.2.	Rañas - <i>Viburnum triphyllum</i>	19
8.2.1.	Información taxonómica	19
8.2.2.	Habito:.....	19
8.2.3.	Hábitat	20
8.2.4.	Usos:.....	20
8.3.	Yugyug – <i>Miconia theaezans</i>	20
8.3.1.	Información taxonómica	21
8.3.2.	Hábito:.....	21
8.3.3.	Hábitat:.....	21
8.3.4.	Descripción:	21
8.3.5.	Usos:.....	21
9.	MARCO METODOLÓGICO	22
9.1.	Levantamiento de Vegetación.....	22
9.2.	Instalación de los transectos	23
9.3.	Mensuración forestal	25
9.3.1.	Materiales y equipos	25

9.4.	Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP).....	25
9.5.	Medición de la altura total del fuste	27
9.6.	Estimación del área basal	29
9.7.	Estimación del volumen	29
9.8.	Estimación de la biomasa forestal	32
9.9.	Estimación del carbono almacenado en el bosque	32
9.9.1.	Estimación del CO ₂ almacenado en el bosque.....	33
10.	RESULTADOS.....	34
10.1.	Correlación Altura DAP.	34
10.2.	Altura de fuste.....	36
10.3.	Diámetro a la altura de Pecho (DAP)	38
10.4.	Área Basal.....	39
10.5.	Volumen forestal.....	40
10.6.	Biomasa Arbórea.	41
10.7.	Carbono Secuestrado	42
10.8.	Dióxido de Carbono secuestrado (CO ₂).....	43
10.9.	Prueba t de Student	44
10.10.	PROYECCIÓN DE CAPTURA DE CO ₂	46
11.	DISCUSIONES.....	48
12.	CONCLUSIONES.....	49
13.	RECOMENDACIONES.....	50
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	51
15.	ANEXOS	55
	ANEXO 1: Ficha de recolección de datos de campo.	55
	ANEXO 2: Coordenadas de transectos trazados.	56
	ANEXO 3: Datos Obtenidos del levantamiento de información de campo.	57

Ilustración 1: Mapa del BVPA. _____	4
Ilustración 2: Flujo y almacenamiento de Carbono en los Ecosistemas Forestales ____	11
Ilustración 3: Hojas de la especie <i>Myrsine dependens</i> _____	17
Ilustración 4: Hojas de la especie <i>Viburnum triphyllum</i> _____	19
Ilustración 5: Hojas de la especie <i>Miconia theaezans</i> _____	20
Ilustración 6: Modelo de transecto para el levantamiento de información _____	22
Ilustración 7: Identificación de individuo medido dentro del transecto _____	23
Ilustración 8: Instalación del transecto _____	24
Ilustración 9: Ubicación de los transectos en el Bosque _____	24
Ilustración 10: Puntos de medición del DAP _____	26
Ilustración 11: Medición de DAP _____	26
Ilustración 13: Medición de Altura de Fuste _____	27
Ilustración 14: Proceso de medición con clinómetro para obtener altura de fuste ____	28
Ilustración 15: Cubitación de Hohenald en el que se divide en 5 partes al fuste ____	31
Ilustración 16: Cubitación de un Individuo muestreado. _____	31
Gráfico 1: Dispersión de datos _____	35
Gráfico 2: Diagrama de cajas de la altura de fuste de las especies _____	36
Gráfico 3: Histograma de altura de fuste _____	37
Gráfico 4 Diagrama de cajas de la variable DAP _____	38
Gráfico 5: Histograma de DAP _____	39
Gráfico 6: Diagrama de cajas del Área basal. _____	40
Gráfico 7: Diagrama de cajas del Volumen forestal. _____	41
Gráfico 8: Diagrama de cajas de la Biomasa Forestal. _____	42
Gráfico 9: Diagrama de cajas de la cantidad de Carbono secuestrado. _____	43
Gráfico 10: Diagrama de cajas de la cantidad de CO ₂ secuestrado. _____	44
Gráfico 11: Barras de error de la cantidad de CO ₂ secuestrado. _____	46
Gráfico 12: Cantidad de CO ₂ Secuestrada por Hectárea _____	47
Tabla 1: Cuadro de coeficiente de correlación de Pearson _____	34
Tabla 2: Tabla de valores de la prueba T de la cantidad de CO ₂ secuestrado _____	45

1. INTRODUCCIÓN

Han sido publicados varios artículos, por parte de la comunidad científica, que manifiestan que la temperatura global promedio de la tierra está cambiando. En los últimos 135 años la temperatura global aumentó un promedio de 0,6 grados centígrados (Pérez, et al, 1998) en uno de ellos realizado por Ávalos Gómez (2001) concluyó que a la década de los 90's se la consideró la más calurosa de los últimos mil años. Este incremento de la temperatura se ha manifestado tanto en las temperaturas superficiales de la tierra como de los océanos (Delgado y Romero 2007).

También existen evidencias incuestionables de demuestran que, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas en mayor cantidad a partir del crecimiento exponencial de la población y los niveles promedio de consumo individual, son las que han producido un desequilibrio en la composición de la atmósfera, Este aumento en la demanda global de todo tipo de recursos, ha generado grandes emisiones de gases como son: Óxido nitroso (N_2O), Metano (CH_4), Clorofluorocarbonos (CFC) y dióxido de carbono (CO_2), siendo las emisiones de CO_2 las más relevantes. Son generadas principalmente en la combustión de hidrocarburos y a las que debemos sumarles las causadas por la deforestación (Barros, 2005)

Los bosques son una opción importante para el desarrollo de medidas eficaces de mitigación, principalmente ante el aumento de CO_2 en la atmósfera, también cuentan con el potencial de aportar beneficios socioeconómicos y ambientales, entre los que cabe destacar la sostenibilidad del ambiente (FAO, 2014). Se debe tener presente que los bosques, también pueden ser fuentes de carbono cuando sufren perturbaciones, es

por ello que; solo el manejo integral de los recursos forestales ayuda a contrarrestar las emisiones causadas por deforestación.

En las masas boscosas las plantas secuestran el carbono de la atmósfera, el tiempo de almacenaje en el que dicho carbono no vuelve a la atmósfera varía de acuerdo a la especie, edad del rodal e incluso el clima. (Pardos, 2010). Lo que no varía según especies e la forma en que secuestra carbono, esto ocurre durante la fotosíntesis, en la cual se absorbe CO₂, libera el oxígeno y almacena el carbono en forma de biomasa hasta el momento de su descomposición. (Martha Gonzales E. et al. 2003)

En el Ecuador se tiene muy poca o no existe, en la mayoría de los casos, información detallada que ayude a determinar la capacidad de captura de carbono por los bosques, específicamente de la especies nativas de los bosques; Esta realidad oculta el panorama, en el cual las masas forestales pueden servir como alternativa de mitigación a las emisiones de CO₂ y también para incluir a estos bosques y nuevos proyectos forestales dentro de los mercados de carbono.

2. JUSTIFICACIÓN

Considerando que el Ecuador tiene una superficie terrestre de aproximadamente 27'700.000 hectáreas de las cuales, se estima que 14'404.000 hectáreas de tierra son de uso preferentemente forestal, es decir, el 52% del territorio nacional, correspondiendo a los bosques naturales 11'962.000 ha que representan el 43% de la superficie total del Ecuador. (Ecuador forestal. 2007). Entonces se tiene un enorme potencial de secuestro de carbono, del cual se carece información en los inventarios forestales.

Conforme a lo mencionado anteriormente es menester generar información forestal, referente a la capacidad de las plantas para la mitigación del cambio climático, ya que con ayuda de los datos obtenidos se puede dar a conocer la importancia que tiene un bosque, como ecosistema que ayuda a disminuir los impactos causados por las grandes emisiones de gases, especialmente el CO₂ y en base a eso fomentar nuevas estrategias que ayuden a mitigar las afecciones.

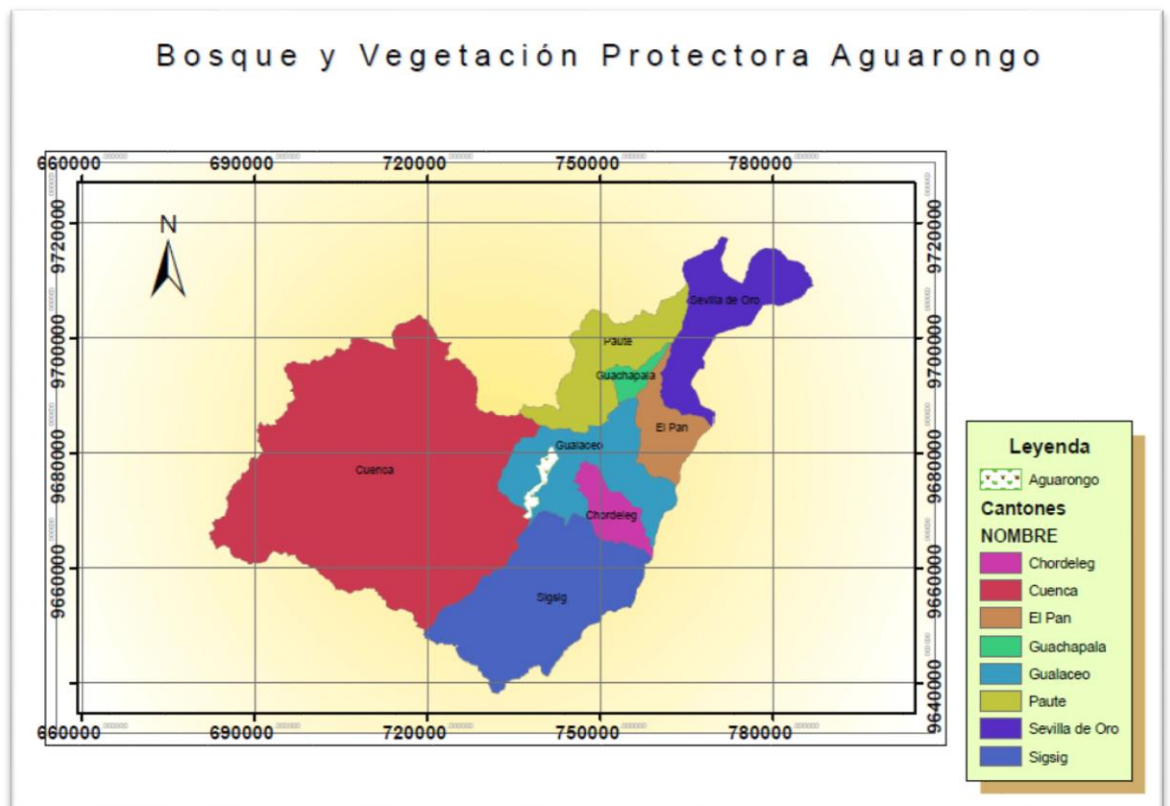
A nivel local teniendo en cuenta únicamente al cantón Cuenca, las emisiones causadas por el parque automotor junto a la de la industria son las más significativas en la ciudad, de acuerdo con los cálculos realizados por la Unidad de Tránsito Municipal (UMT), para el año 2015, Cuenca tendrá un parque automotor sobre los 130 mil carros que circulen por las calles y avenidas con un crecimiento de 10.000 vehículos por año. (Llvisaca, 2013). Si se considera que en promedio, los motores de gasolina emiten 2,3 kg de CO₂ por cada litro de gasolina (Telégrafo, 2015), existiría

una gran cantidad de toneladas de CO₂ que se emitirían cada que se combustione un litro de gasolina.

Es de gran interés para la población y autoridades determinar la importancia que poseen las especies vegetales nativas de los bosques y áreas forestales en la provincia del Azuay. Una de ellas el Bosque Aguarongo, que de esta manera puede convertirse en un mecanismo que ayude a mitigar una porción las afecciones causadas por el cambio climático.

3. DELIMITACIÓN:

Ilustración 1: Mapa del BVPA.



Fuente: Instituto geofísico militar (IGM)

Elaboración: El Autor

El estudio se realizó en el Área De Influencia Del Bosque Y Vegetación Protectora Aguarongo que comprende una superficie de 2059 hectáreas y que se encuentra en los cantones de Gualaceo, Sigsig y Cuenca pertenecientes a la provincia del Azuay. Se realizó en los meses septiembre, octubre, noviembre, diciembre y Enero del año 2015 y 2016.

4. HIPÓTESIS

¿Existe una diferencia significativa en la cantidad de carbono secuestrado entre las especies de estudio?

5. OBJETIVO

5.1.Objetivo General

Evaluación del carbono en la biomasa de 3 especies forestales nativas (Shiripe - *Myrsine dependens*, Rañas - *Viburnum triphyllum*, Yugyug – *Miconia theaezans*) en el bosque Aguarongo

5.2.Objetivos Específicos

- Recolectar información referente a las especies de estudio (taxonomía, usos, descripción, etc.)
- Obtener variables de campo, como son: Diámetro a la altura del pecho (DAP), Altura de fuste; necesarias para determinar la biomasa y la capacidad de captura de carbono de las especies.
- Analizar estadísticamente los resultados de captura de carbono de las especies y la capacidad de captura por hectárea de cada especie.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. El cambio climático.

Entendemos por cambio climático, a las variaciones de las condiciones climáticas y su variabilidad durante un periodo de tiempo. El cambio climático puede ser provocado por procesos naturales internos, externos o por cambios antropogénicos en la composición de la atmosfera o el uso de suelo. (FAO, 2009).

Actualmente, existe una enorme preocupación social acerca del incremento medio de temperatura del planeta que se viene observando en las últimas décadas (Orozco, Pérez, González, Rodríguez, & Alfayate, 2008). Existen pruebas contundentes de este fenómeno, la más conocida indica que la temperatura media mundial se ha elevado medio grado desde el principio de este siglo. (Erickson, Echaniz, y Arce Ruiz, 1992)

Este problema se acentúa por el rápido incremento actual en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y por las dificultades de reducir en forma significativa el incremento de GEI en un futuro próximo. Entre los causantes de los mayores emisores de estos gases se encuentran: el sector energético por la quema de combustibles fósiles y el cambio de uso del suelo en los que se encuentra la deforestación. (Ordoñez & Masera, 2001)

6.2. El Dióxido de Carbono (CO₂)

De forma natural el CO₂ se encuentra en la atmosfera por medio de los volcanes, metamorfismo de rocas o por la acción de la biosfera, luego el gas es removido por la lluvia, disuelto en los océanos y utilizado por los seres vivos (Pérez M, 2005) No obstante el aumento significativo de las emisiones de este gas han hecho que sea uno

de los GEI más importantes y que su emisión a la atmósfera por el cambio de uso de suelo ocupa el segundo lugar a nivel mundial con una fuerte contribución de las zonas tropicales. (Ordoñez & Masera, 2001)

El IPCC (2001) indicó que la concentración de dióxido de Carbono desde 1750 hasta 1999 aumentó un 31%, este aumento principalmente se debe a la quema de combustibles fósiles y a la deforestación. Este gas representa cerca del 60 % de los GEI (Martínez J. y Fernández A., 2004).

6.3. Ciclo del Carbono:

El carbono constituye todas las moléculas orgánicas que forman a los seres vivos. Se encuentra en la atmósfera en forma de dióxido de carbono (CO_2), en el suelo y también disuelto en el agua.

Su ciclo ocurre en las siguientes etapas:

- **Fotosíntesis:** las plantas transforman el CO_2 atmosférico, o del agua, en materia orgánica (carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos), de la que se alimentan los seres vivos a través de las cadenas alimentarias, donde pasa a formar parte del cuerpo de estos seres vivos.
- **Respiración:** Durante la respiración, los animales y las plantas consumen materia orgánica y devuelven el CO_2 a la atmósfera o al agua.
- **Combustión:** El carbono es incorporado a la atmósfera mediante los procesos de combustión que se generan en los incendios forestales, la actividad volcánica y el uso de petróleo, gas natural o carbón, en actividades industriales, de transporte y domésticas.

- **Descomposición:** Los restos de los animales y vegetales son descompuestos por las bacterias. En este proceso, se libera el CO₂ a la atmósfera o al agua, donde es utilizado nuevamente por las plantas.

6.4. Afecciones causadas por el cambio climático

El cambio climático comienza a ser visto como un problema de seguridad global debido a que un incremento de la temperatura por encima de dos grados, puede llegar a producir una fuerte desestabilización social, económica, ambiental y política en amplias regiones del mundo, que acabaría incidiendo en los siempre difíciles equilibrios de la paz y seguridad internacionales. (Herrán, 2012)

Como consecuencias del cambio climático encontramos las siguientes:

- Menor disponibilidad de agua
- Aumento de inundaciones y sequías
- Reducción de rendimiento de la agricultura en zonas de baja latitud
- Pérdida de biodiversidad en áreas tropicales y semiáridas

6.5. Importancia del sector Forestal como medida para mitigar el cambio climático

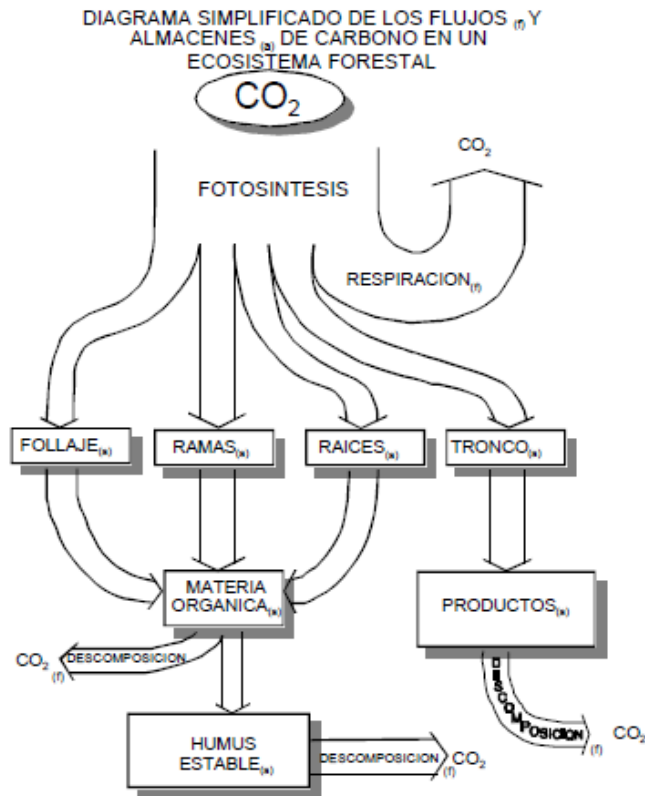
Los bosques son a la vez sumidero y fuente de CO₂ atmosférico. Absorben el carbono por fotosíntesis, pero emiten carbono por descomposición y por la quema de bosques. (IPCC, 1996). Los principales almacenes de Carbono en los ecosistemas forestales son: el suelo, la vegetación y el mantillo. La vegetación es la encargada de incorporar el Carbono atmosférico al ciclo biológico por medio de la fotosíntesis. (Ordoñez & Masera, 2001)

6.6. Carbono en Ecosistemas forestales:

Los bosques juegan 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, 2000)

Las masas boscosas cubren una superficie de $41,70 \times 10^6 \text{ km}^2$ (27 % de la superficie terrestre) con proporciones de 25%, 33% y 42% respectivamente para los bosques templados, boreales y tropicales y contienen el 77% de la biomasa viva. Se estima que el 80% del carbono que vegetación y suelos intercambian con la atmósfera corresponde a los bosques. Estos, al incorporarse el carbono en el crecimiento de los árboles, actúan como sumideros (2,30 Gt C/año) y juegan un papel importante en el balance de carbono, contribuyendo a reducir el contenido en la atmósfera del CO_2 procedente de las emisiones antropogénicas. (Pardos, 2010)

Ilustración 2: Flujo y almacenamiento de Carbono en los Ecosistemas Forestales



Fuente: Ordoñez y Masera

6.7. Biomasa Arbórea.

Una vez que el dióxido de carbono atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, éste participa en la composición de materias primas, como la glucosa, para formar todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). El árbol al crecer va incrementado su follaje, ramas, flores, frutos, yemas de crecimiento; así como altura y grosor del tronco (Ordoñez y Masera, 2001).

La estimación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que ésta determina el monto de carbono existente en cada uno de los componentes y representa la cantidad potencial que puede ser liberada a la

atmosfera o conservado y fijado en una determinada superficie. Es una variable muy importante cuando los bosques son manejados para alcanzar compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero. (Schlegel, 2001)

6.8. Métodos para estimar la biomasa arbórea

6.8.1. Método Destructivo:

Consiste en cortar los árboles y pesar la biomasa de los fustes, ramas y hojas para luego secarla; incluyen mediciones en campo, cosecha y toma de muestras de la totalidad de la vegetación. Es el método más costoso y requiere mayor tiempo.

6.8.2. Método Indirecto:

Usa modelos de regresión con variables obtenidas en el campo, se usan modelos de biomasa para cada espécimen donde los valores de diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura se transforma a biomasa con ayuda de estos modelos.

6.9. Bosques Nativos

Mediante la ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, capítulo III, Art. 6, se consideran bosques y vegetación protectores aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, que cumplan con uno o más de los siguientes requisitos:

- a) Tener como función principal la conservación del suelo y la vida silvestre;
- b) Estar situados en áreas que permitan controlar fenómenos pluviales torrenciales o la preservación de cuencas hidrográficas, especialmente en las zonas de escasa precipitación pluvial;

- c) Ocupar cejas de montaña o áreas contiguas a las fuentes, comentes o depósitos de agua;
- d) Constituir cortinas rompe vientos o de protección del equilibrio del medio ambiente;
- e) Hallarse en áreas de investigación hidrológico-forestal;
- f) Estar localizados en zonas estratégicas para la defensa nacional
- g) Constituir factor de defensa de los recursos naturales y de obras de infraestructura de interés público.

7. EL BOSQUE AGUARONGO

El Bosque Aguarongo (ABVPA) se encuentra ubicado en la provincia del Azuay en las parroquias Jadán, Zhidmad, Gualaceo y San Juan pertenecientes al cantón Gualaceo, San Ana del cantón Cuenca y San Bartolomé del cantón Sigsig. El bosque se encuentra ubicado en la cuenca media del río Paute, cuyas coordenadas geográficas son: 78°48'54" y 78°52'22" de longitud occidental y de 2° 52'37" y 2° 59'43" de latitud sur. Las coordenadas UTM son 744000 – 9682000 y 737000 – 9668000.

Este bosque es uno de los pocos remanentes de bosque andino de la provincia del Azuay. Fue declarado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería como Área de Bosque y Vegetación Protectora en Agosto de 1985, según lo cual se protegerían 1.758 hectáreas de bosque inicialmente y, a futuro, 2.080 hectáreas. (Programa Regional Bosques Nativos Andinos, 2002)

7.1. Hidrografía

La superficie que abarca al bosque Aguarongo forma parte de dos subcuencas, la del río Jadán y la del río Santa Bárbara; las mismas que forman parte de la cuenca media del Paute. Existe un sin número de quebradas que se encuentran en el bosque, tanto secas como intermitentes, pero los cauces hídricos más importantes que alberga el Aguarongo son el río Jadán y río Gualaceo.

Debido a la gran cantidad de fuentes de agua aproximadamente de 300 y 60 humedales se conoce que el servicio ecológico más importante que presta el Bosque Protector Aguarongo es el recurso agua; de este recurso se abastecen todas las comunidades aledañas e incluso el cantón Gualaceo se ve beneficiado con parte de ella.

7.2. Pisos Altitudinales

Dentro del Bosque Aguarongo podemos encontrar tres pisos altitudinales, los que son:

- Piso bajo: de 2200 a 2600 metros de altitud
- Piso medio: de 2600 a 3000 metros de altitud
- Piso alto: de 3000 a 3335 metros de altitud.

En el piso bajo encontramos los suelos que conforman los valles y áreas adyacentes, la topografía de estos permite trabajarlos tanto de forma manual como mecánica; su temperatura promedio esta entre los 12 a 18° C. Estos suelos poseen una buena profundidad y fertilidad por lo que son muy usados para cultivos hortícolas, frutícolas y de secano.

El piso medio se caracteriza por poseer suelos erosionados y poco profundos pero fértiles, por lo que destaca únicamente la agricultura de secano con limitaciones, ya que requiere de obras para ser aprovechado para cultivos, su temperatura promedio oscila entre los 8 a 12° C.

En el piso alto encontramos a vegetación protectora nativa y pastos, la temperatura media está entre los 4 a 8° C con una presencia de heladas.

En lo que respecta al clima, en el Bosque Protector Aguarongo se diferencian principalmente dos regiones bioclimáticas; la zona oriental corresponde a la región Sub-húmedo Templado, de tipo bosque seco montano bajo y la zona occidental a la región húmedo templado, de tipo bosque húmedo montano bajo. (Cañadas, 1983).

7.3.Exposición Solar

En la zona oriental, debido a su topografía con pendientes pronunciadas, los suelos exponen durante un menor periodo de tiempo a la luz solar por lo que se limita su productividad. Mientras que en el lado occidental, las pendientes son más suaves y esto favorece a los suelos ya que estos aprovechan mayor cantidad de tiempo la intensidad luminosa.

7.4.Cobertura Vegetal

- Matorral Alto Andino: Existe la combinación de matorral alto y el bosque, su vegetación tiene alturas mayores a 1,5 metro y sus diámetros mayores a 10 cm. Comprende un rango altitudinal de 2800 a 3200 metros de altitud. El tipo de vegetación común que se encuentra está formada por: *Verbesina pentantha*, *Gynoxys laurifolia*, *Cuatrecasanthus sp*, *Lepidaploa cf.*

Canescens, *Miconia theaezans*, *Miconia aspergillaris*, *Oreocallis grandiflora*, *Lomatia hirsuta*, *Weinmannia fagaroides* y *Myrsine dependens*.

- Matorral Bajo: Compuesto por vegetación arbustiva dentro de la cual las especies más frecuentes son: *Miconia aspergillaris*, *Myrsine dependens*, *Mayenus sp*, *Viburnum thriphyllum*, *Vallea stipularis*.
- Matorral Bajo Degradado: Esta vegetación es característica de la zona y está dominada por la vegetación pionera como: cilicas, Lashipas y retamas.
- Herbácea Permanente o pastos: Se encuentran ocupadas por: *Pennisetum clandestinum*, *trifolium repens*, *Taraxacum desleoni*, *Sporobolus purpuracens*.
- Herbacea Temporal o cultivos: Se encuentra ocupada por cultivos perennes como: maíz, fréjol, arveja, alfalfa, frutales.
- Plantaciones Forestales: en ella se encuentras plantaciones exóticas como son el pino, eucalipto e incluso nativas como es el caso del aliso.

7.5.Suelo

Los suelos del Bosque Aguarongo según la FAO.UNESCO (1990) corresponden al tipo Vertisoles (Eutric Vertisoles, Vertic Luvisoles) su textura son suelos sobre cangagua, de menos de un metro de profundidad con buen nivel de meteorización. Y cada localidad o comunidad posee más d un tipo de suelo que se caracteriza por el color, textura, profundidad, etc.

8. ESPECIES VEGETALES DE ESTUDIO DEL BOSQUE PROTECTOR

AGUARONGO:

8.1. Shiripe - *Myrsine dependens*

Ilustración 3: Hojas de la especie *Myrsine dependens*



Fuente: Herbario de la Universidad del Azuay

8.1.1. Información taxonómica

- Orden: primulales
- Familia: myrsinaceae
- Género: myrsine

8.1.2. Hábito

Arbusto.

8.1.3. Hábitat

Bosques húmedos, asociaciones paramosas y páramos. Azuay, Cañar, Carchi, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha, Sucumbíos **Elevación:** 2500-3000, 3000-3500, 3500 -4000, 4000-4500

8.1.4. Descripción

Arbustos de 1 a 2 y hasta 7 m de alto, tallos subterrestres, glabros. Hojas de 0.7 a 2.5 cm de alto por 0.5 a 1.3 cm de ancho, membranáceas, elípticas a oblanceoladas, obtusas o redondeadas, anchamente cuneadas en la base, glabras, pecioladas, enteras o subenteras. Inflorescencias en fascículos axilares, algunas veces las flores solitarias; pétalos rosado-crema a verde-crema. Frutos, negros a morado-negruzcos al madurar, miden cerca de 4 a 6 mm de diámetro.

8.1.5. Usos:

Esta planta se incluye dentro de especies que se usan como leña y carbón, también su madera es usada para la construcción y sus ramas usada en las “limpias”

8.2. Rañas - *Viburnum triphyllum*

Ilustración 4: Hojas de la especie *Viburnum triphyllum*



Fuente: Herbario de la Universidad del Azuay

8.2.1. Información taxonómica

- Orden: dipsacales
- Familia: Adoxaceae
- Género: Viburnum

8.2.2. Habito:

Arbusto

8.2.3. Hábitat

Esta especie se distribuye en áreas de bosque alto andino y subpáramo. Habita entre los 2400 y 3400 m. Esta especie nativa conforma el sotobosque. Se propaga por el bosque mediante semillas, crece rápidamente y se caracteriza por ser muy resistente al frío y fuertes vientos.

8.2.4. Usos:

Es una de las mejores y más finas maderas de la tierra fría (Pérez, 1956), se utiliza para proteger nacimientos de agua y márgenes de quebradas y ríos. Es excelente para decorar y como cercas vivas, las hojas, el fruto y la corteza son utilizadas en la medicina popular como calmante nervioso, su corteza se usó en la industria de curtiembres y sus frutos para realizar trabajos artesanales gracias a los tintes que se obtiene de este.

8.3. Yugyug – *Miconia theaezans*

Ilustración 5: Hojas de la especie *Miconia theaezans*



Fuente: Herbario de la Universidad del Azuay

8.3.1. Información taxonómica

- Orden: myrtales
- Familia: melastomataceae
- Género: miconia

8.3.2. Hábito:

Arbóreo

8.3.3. Hábitat:

Crece entre los 1300-3100 m.s.n.m

8.3.4. Descripción:

Es un árbol que mide aproximadamente entre 5 y 8 m, con hojas simples lanceoladas (Jiménez et al. 2004), opuestas, curvinervias, ápice acuminado, glabras, lanceoladas, pecíolo de 1 a 1.5 cm de largo. Inflorescencias en panícula terminal de 8 a 10 cm de largo (Espinal 1986).

Flores abundantes, blancas, muy pequeñas, en racimos terminales que despiden de noche un aroma suave. El fruto es una baya globosa, blanco-azulosa, de 3 a 4 mm

8.3.5. Usos:

Sus troncos sirven como madera, para la construcción de casas. Sus ramas sirven para hacer leña y carbón.

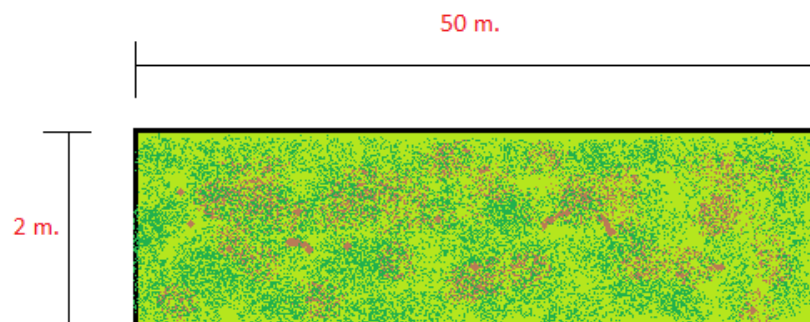
9. MARCO METODOLÓGICO

9.1. Levantamiento de Vegetación.

Para la determinar la cantidad de carbono que secuestran las especies de estudio es prácticamente inalcanzable medir toda la biomasa existente, por cuestiones de tiempo y dinero. Por lo tanto se recurrió a la técnica de muestreo que trabaja en parcelas o transectos tipo permanentes.

El método empleado para este proyecto fue desarrollado por el autor A. Gentry (1995) este se basa en el levantamiento de transectos de 0,1 hectáreas distribuidos espacialmente en las zonas de vegetación, estos transectos van a ser de 50m x 2m, en los mismos se realizara un inventario de las especies vegetales. Este método es usado por la rapidez con que se mide y por la mayor heterogeneidad con la que se muestrea la vegetación. (Mostacedo B y Fredericksen T., 2000)

Ilustración 6: Modelo de transecto para el levantamiento de información



Fuente: El Autor

El método a utilizarse presenta ciertas ventajas, entre las principales se tiene:

1. Es apropiado cuando se requiere datos de sitios grandes.
2. Permite muestrear en sitios inaccesibles (bosques muy espesos)

Al ser transectos tipo permanentes se pueden realizar mediciones posteriores, con el fin de determinar la dinámica respecto a la fijación de carbono.

Ilustración 7: Identificación de individuo medido dentro del transecto



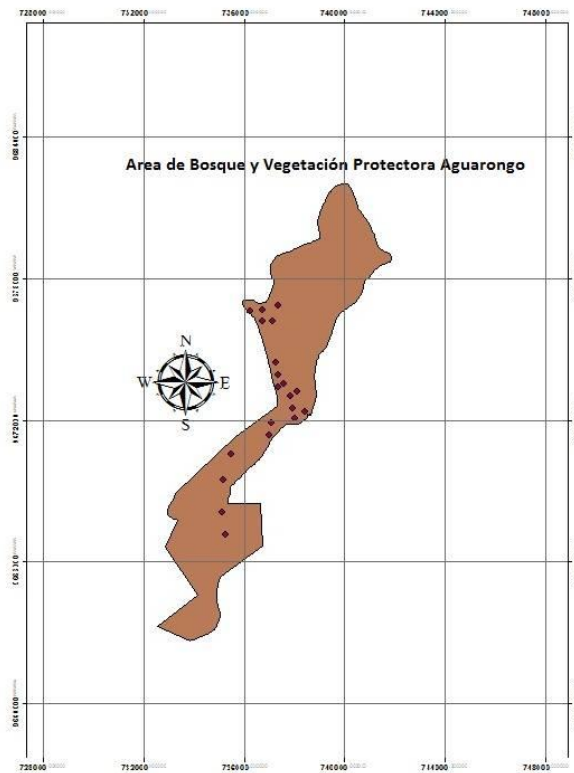
9.2. Instalación de los transectos

Los transectos se proyectaron utilizando el método de faja o carril con el fin de que cada extremo del transecto este mantenga la distancia establecida con el punto adyacente, para lo cual se utilizó una brújula para determinar la dirección. Las distancias fueron medidas con ayuda de una cinta métrica y en donde cada esquina del transecto fue marcada con una estaca.

Ilustración 8: Instalación del transecto



Ilustración 9: Ubicación de los transectos en el Bosque



Fuente: Instituto Geofísico Militar (IGM)

Elaboración: El autor

9.3. Mensuración forestal

La finalidad de la mensuración forestal es la de obtener la base de datos para la estimación de la cantidad de carbono. Para este proyecto se empleó el método no destructivo donde se realizaron mediciones de campo dentro de las cuales se obtuvo, el diámetro a la altura del pecho de los árboles (DAP) y la altura total del fuste, para luego proceder al cálculo del área basal, volumen, biomasa forestal, carbono almacenado y CO₂ almacenado. (Russo, 2009)

9.3.1. Materiales y equipos

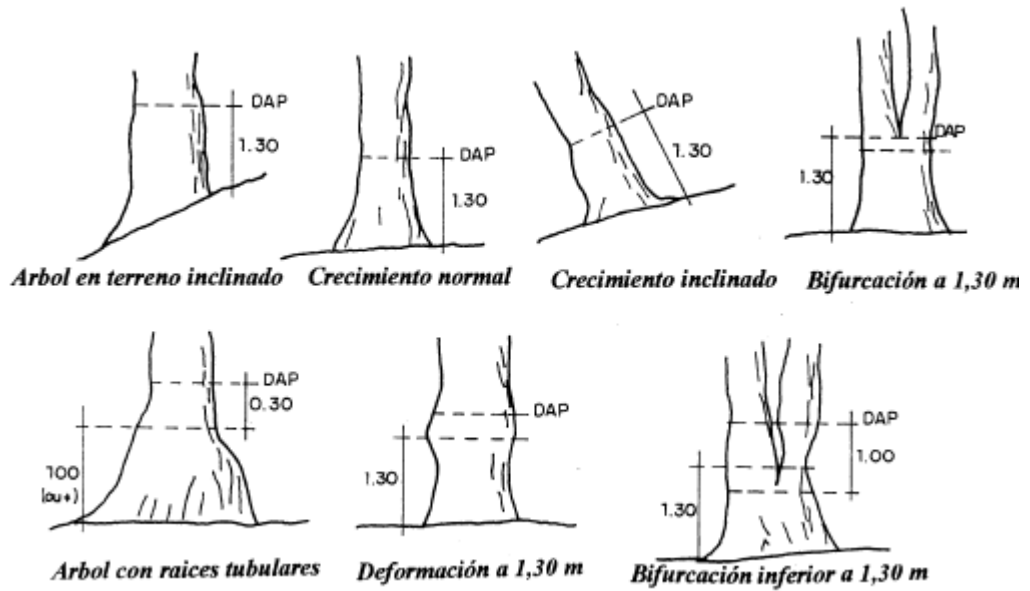
1. GPS
2. Brújula
3. Clinómetro
4. Mapas con la ubicación de los transectos
5. Formularios de campo
6. Cinta diamétrica

9.4. Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP)

En la medición de las especies vegetales que fueron objeto de estudio se utilizó el parámetro definido como DAP (diámetro a la altura del pecho). En cada transecto se contaron a los individuos que tuvieron un DAP igual o superior a 10 cm.

Las mediciones de DAP son utilizadas para calcular el volumen de madera, área basal y biomasa sobre el suelo (carbono) de cada árbol y posteriormente el valor de un bosque o una área de estudio. (Walker et al., 2011). El valor de altura para la medición de 1,30 m. sobre el suelo es la medida estándar reconocida internacionalmente.

Ilustración 10: Puntos de medición del DAP



Fuente: Inmaña (1998)

Ilustración 11: Medición de DAP



9.5. Medición de la altura total del fuste

Para determinar la altura de una especie vegetal, el método que da mayor precisión es la tala del árbol y medir su altura con ayuda de una cinta métrica, pero cuando no se quiere destruir el árbol se usan métodos de medición indirectos, los mismos que requieren de instrumentos y usan principios geométricos para estimar la altura de un árbol. Entre los instrumentos más usados para esta medición están los hipsómetros y el clinómetro; siendo el clinómetro el que da mediciones de manera más rápida y precisa ya no se requiere una vara de altura conocida como en el caso de los hipsómetros. (José Inmaña, 1998).

Ilustración 12: Medición de Altura de Fuste



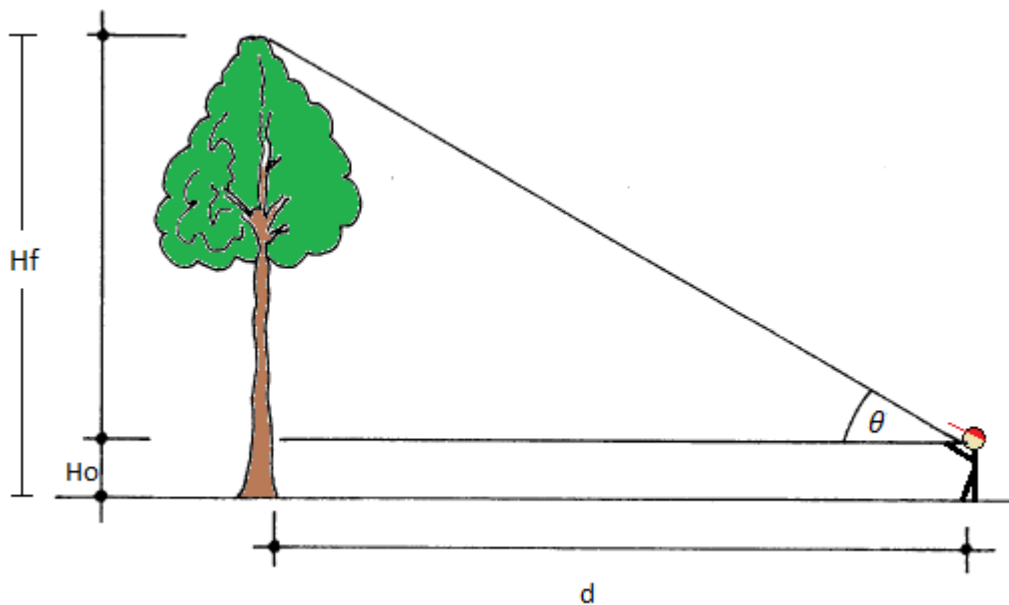
Se midió la altura del fuste con la ayuda de un clinómetro graduador de 180° y el cálculo correspondiente para encontrar la altura del árbol es la siguiente.

$$Hf = d * \tan(\theta) + ho$$

Dónde:

- Distancia del observador a la base del árbol (d) en metros
- El Angulo de inclinación hasta la parte más alta del fuste (θ) en grados
- Altura del observador (ho) en metros
- Altura de Fuste (Hf) en metros.

Ilustración 13: Proceso de medición con clinómetro para obtener altura de fuste



Fuente: Inmaña (1998)

Elaboración: El Autor

9.6. Estimación del área basal

El área basal es la suma de la sección transversal del fuste a la altura del DAP de los arboles por unidad de superficie. (Cancino, 2006)

Se calculara aplicando la siguiente fórmula:

$$AB = \frac{\pi}{4} * (DAP^2)$$

Dónde:

- AB= Área basal, m²
- $\pi/4$ = Constante
- DAP= diámetro a la altura del pecho en metros

9.7. Estimación del volumen

Según Cancino (2006) El volumen por unidad de muestreo se obtendrá en base a la medición del DAP y el área total del fuste, mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$Volumen = AB * Hf * ff$$

Dónde:

AB= Área basal, m²

Hf= altura total del árbol, m

ff= factor de forma

En un bosque existe naturalmente una variación grande en las formas de los troncos, variación que está en función de sus diámetros, desde la base hasta el ápice del árbol. Para calcular el volumen de un árbol con precisión es necesaria la cubicación rigurosa.

En este proyecto para determinar el factor de forma de cada especie se usó el método de cubicación de Hohenald, el mismo, el mismo que consiste en dividir el árbol en 5 secciones iguales y medir el diámetro medio de la sección correspondiente.

$$ff = 0,2 * (N9 + N7 + N5 + N3 + N1)$$

Es lo mismo que:

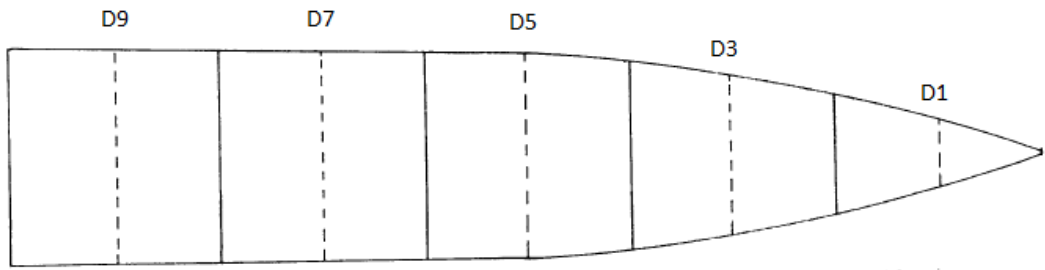
$$ff = 0,2 * (1 + N7 + N5 + N3 + N1)$$

Donde

La variable D corresponde al diámetro medio de cada una de las 5 secciones en las que se estableció el árbol.

- $N9 = D9/D9$
- $N7 = D7/D9$
- $N5 = D5/D9$
- $N3 = D3/D9$
- $N1 = D1/D9$

Ilustración 14: Cubitación de Hohenald en el que se divide en 5 partes al fuste



Fuente: Inmaña (1998)

Ilustración 15: Cubitación de un Individuo muestreado.



9.8. Estimación de la biomasa forestal

Para estimar la biomasa forestal se multiplicó el volumen del bosque, la densidad de la madera, el factor de expansión de biomasa aérea y factor de expansión de biomasa subterránea. (Russo, 2009).

Según las Directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2006) el valor recomendado para los factores de expansión de biomasa aérea y subterránea es de 1,20. Y para la densidad de madera se propone un valor de 0,5.)

La siguiente formula es empleada para obtener el valor de la biomasa del área de estudio:

$$Bf = Volumen * GE * FEBa * FEBS$$

Dónde:

- Bf= biomasa forestal, t
- GE= densidad de la madera, t/m³ (0,5).
- FEBa= factor de expansión de la biomasa aérea (ramas, hojas) (1,20)
- FEBS= factor de expansión de la biomasa subterránea (raíces) (1,20)

9.9. Estimación del carbono almacenado en el bosque

Se calculó a partir de los datos obtenidos de biomasa forestal del área de estudio. La fracción de carbono que se va utilizar representa las toneladas de carbono por tonelada de materia seca de la biomasa Arévalo (2015). Siguiendo con las Directrices del IPCC se aplicó un valor de 0,5 es decir el 50% del peso de los individuos corresponde a carbono. (Cancino, 2006)

$$C = B * Fc$$

Dónde:

- C= carbono en toneladas de carbono
- B= biomasa
- Fc= fracción de carbono (0,5)

9.9.1. Estimación del CO₂ almacenado en el bosque

Una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO₂, este valor es adquirido en función de los pesos moleculares del Carbono del CO₂ de 12/44 (Forest Trend y The Katoomba Group, 2010)

$$CO_2 = C * 3,67$$

Dónde:

- CO₂= cantidad de dióxido de carbono capturado en toneladas de CO₂
- 3,67= fracción que se utiliza para la conversión del carbono en toneladas de CO₂, es un valor constante.

10. RESULTADOS

Para realizar el análisis estadístico se utilizó el programa “SPSS” Statistics Versión 22

10.1. Correlación Altura DAP.

Se realizó un análisis entre las variables de altura de fuste y DAP para verificar si existe una correlación, para lo cual se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson

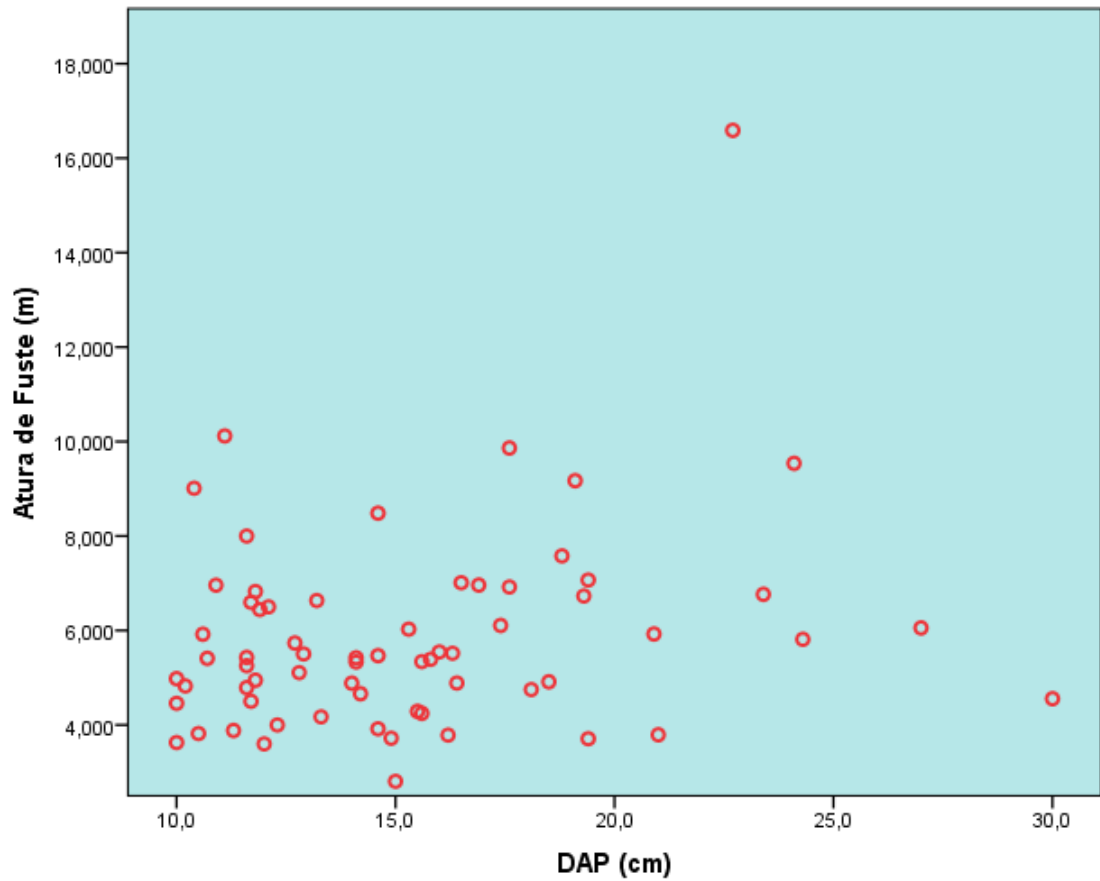
Tabla 1: Cuadro de coeficiente de correlación de Pearson

		Correlaciones	
		DAP (cm)	Atura de Fuste (m)
DAP (cm)	Correlación de Pearson	1	,242 [*]
	Sig. (unilateral)		,025
	N	66	66
Atura de Fuste (m)	Correlación de Pearson	,242 [*]	1
	Sig. (unilateral)	,025	
	N	66	66

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (1 cola).

El Valor de $P = 0,025$ es menor al nivel de significancia (0,05) por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa la cual manifiesta que: existe una correlación entre la altura de los árboles y su diámetro a la altura del pecho.

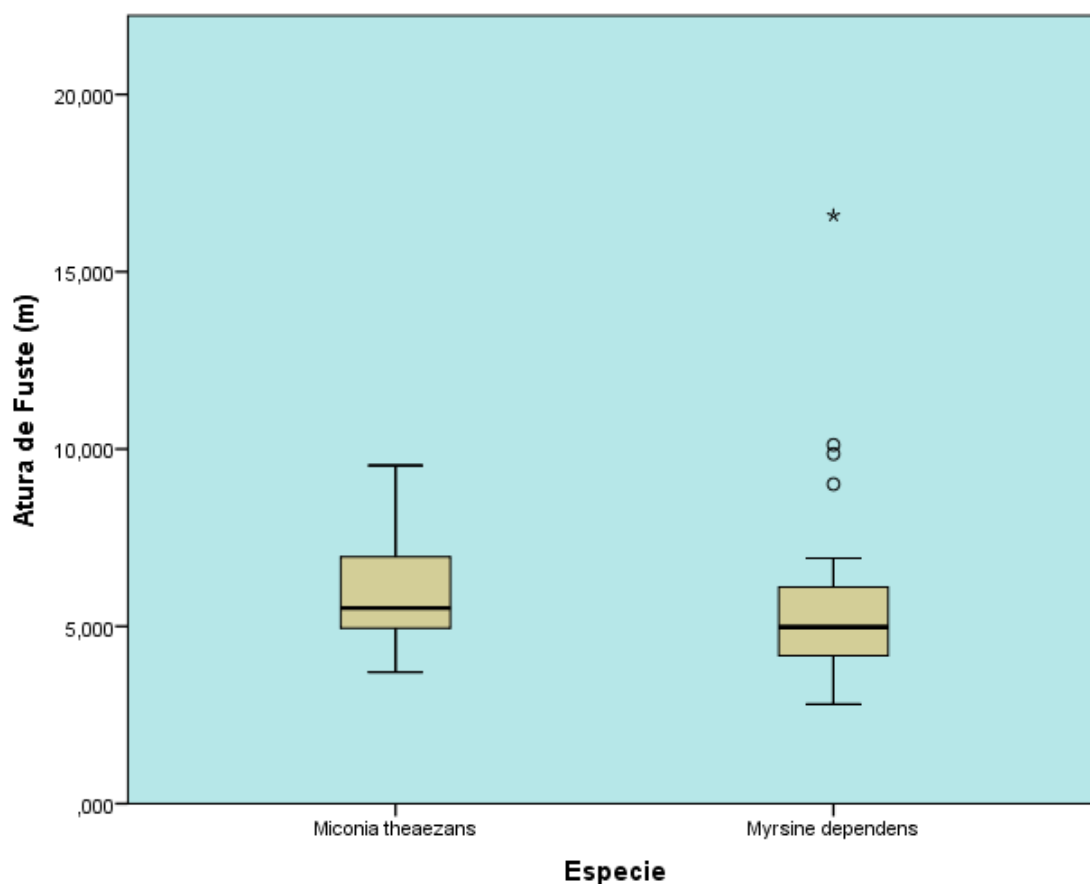
Gráfico 1: Dispersión de datos



El valor r obtenido es de 0,242 lo que indica que existe una escasa correlación, lo que se puede observar en el **Gráfico 1**, a medida que la altura de fuste aumenta también lo hace, en algunos casos, el diámetro a la altura del pecho.

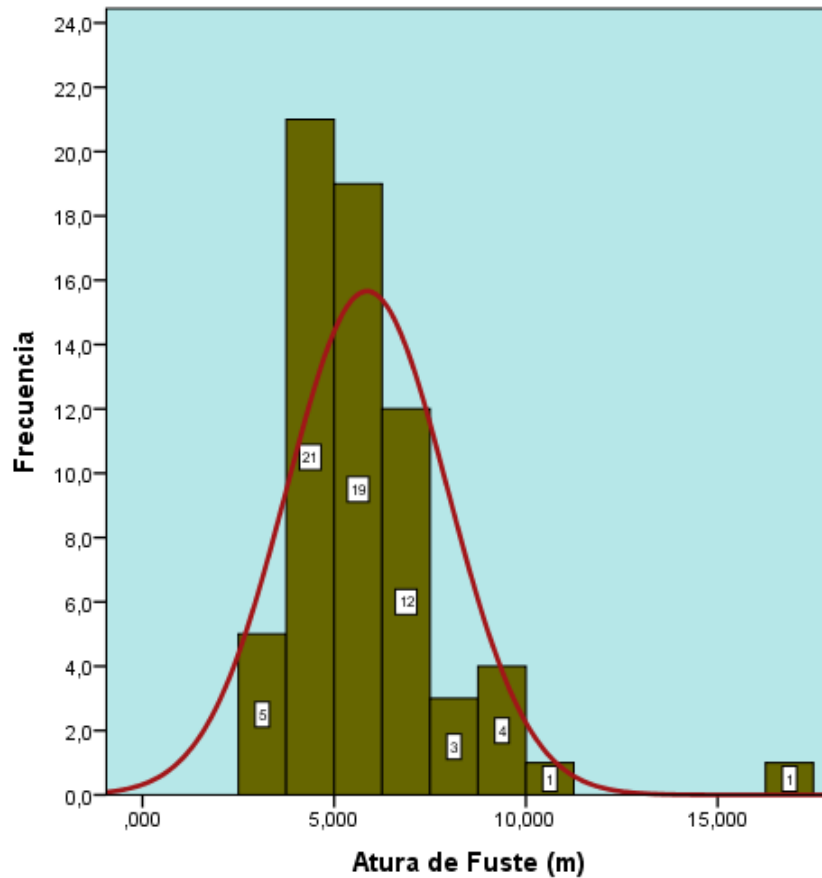
10.2. Altura de fuste

Gráfico 2: Diagrama de cajas de la altura de fuste de las especies



En lo que respecta a la altura de fuste la especie *Miconia theaezans* tiene una altura promedio de 5,97 metros, los valores mínimo y máximo de altura son de 3,7 m. y 9,54 m. respectivamente, tiene una desviación estándar de 2,185. Mientras que la especie *Myrsine dependens* tiene una altura promedio de 5,74 metros; su valor mínimo es de 2,08 metros mientras que el máximo es de 16,59 metros, tiene una desviación estándar de 2,6.

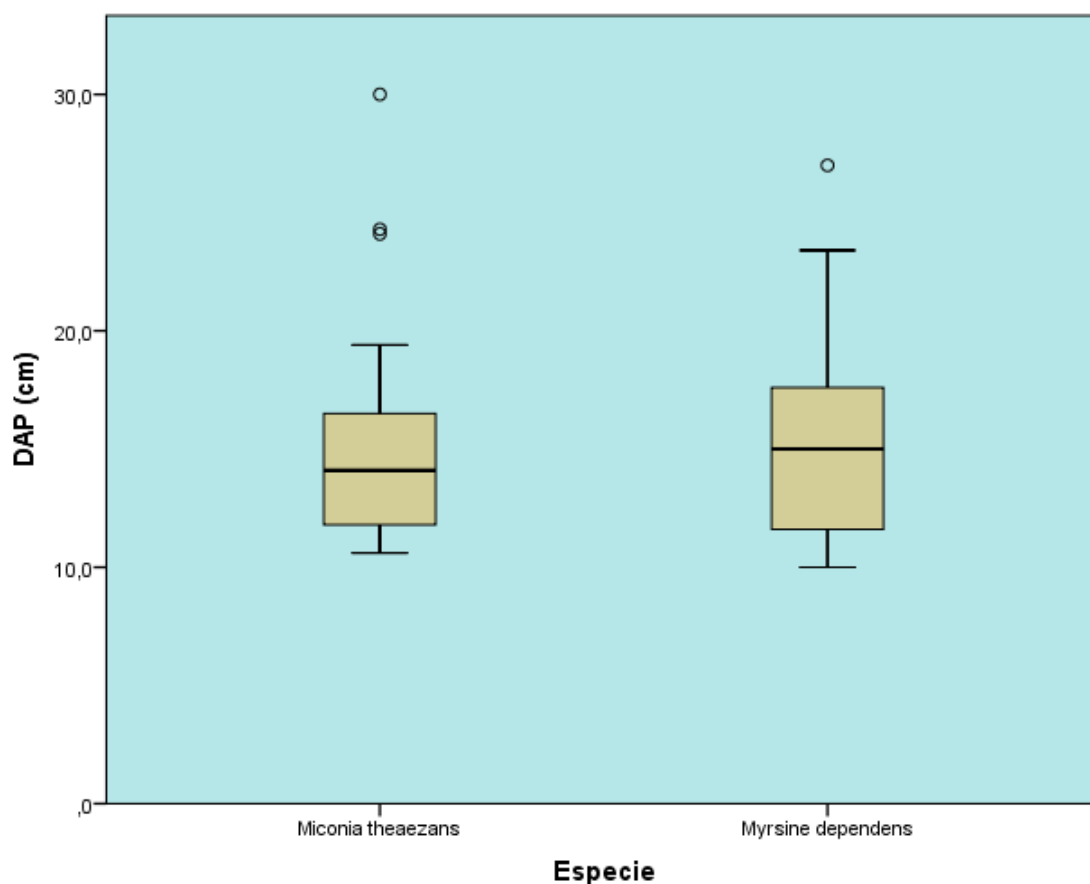
Gráfico 3: Histograma de altura de fuste



La distribución de los datos **Gráfico 3**, indica que un 39,4% de los datos se encuentra entre un rango de 3 a hasta los 5 metros de altura mientras que más de la mitad el 51,52% de los datos corresponde a un rango de altura entre los 5 y 10 metros. El 9,08 % restante corresponde al rango de 10 en adelante.

10.3. Diámetro a la altura de Pecho (DAP)

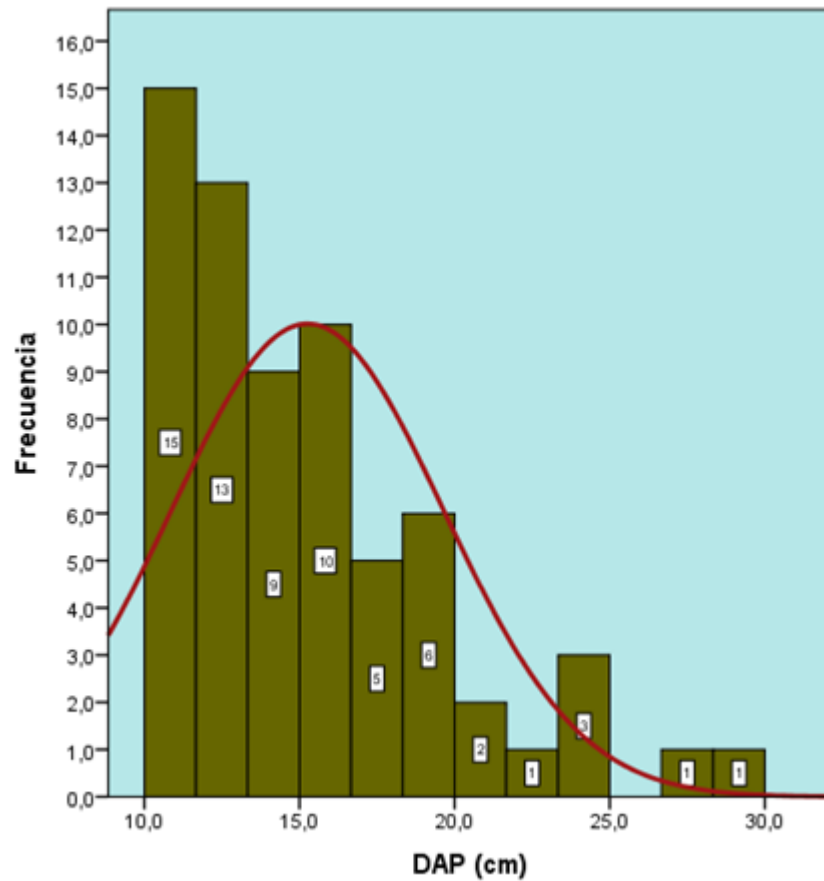
Gráfico 4 Diagrama de cajas de la variable DAP



Los valores correspondientes a la variable DAP indican que la especie *Miconia theaezans* tiene un promedio de 15,16 cm, con un valor mínimo de 10,6 cm y un valor máximo de 30 cm. Su desviación estándar es de 4,47; mientras que la especie *Myrsine dependens* posee una media de 15,35, dentro de la cual encontramos como valor mínimo y máximo 10 y 27 cm respectivamente, con una desviación estándar de 4,36.

La distribución de los valores obtenidos en la medición de DAP **Gráfico 5**, indica que más de la mitad 56% de los valores se encuentra en un rango entre los 10 y 15 cm. El 32% corresponde al rango de 15 a 20 cm. y el 12% restante comprende al rango de valores que supera los 20 cm de DAP.

Gráfico 5: Histograma de DAP

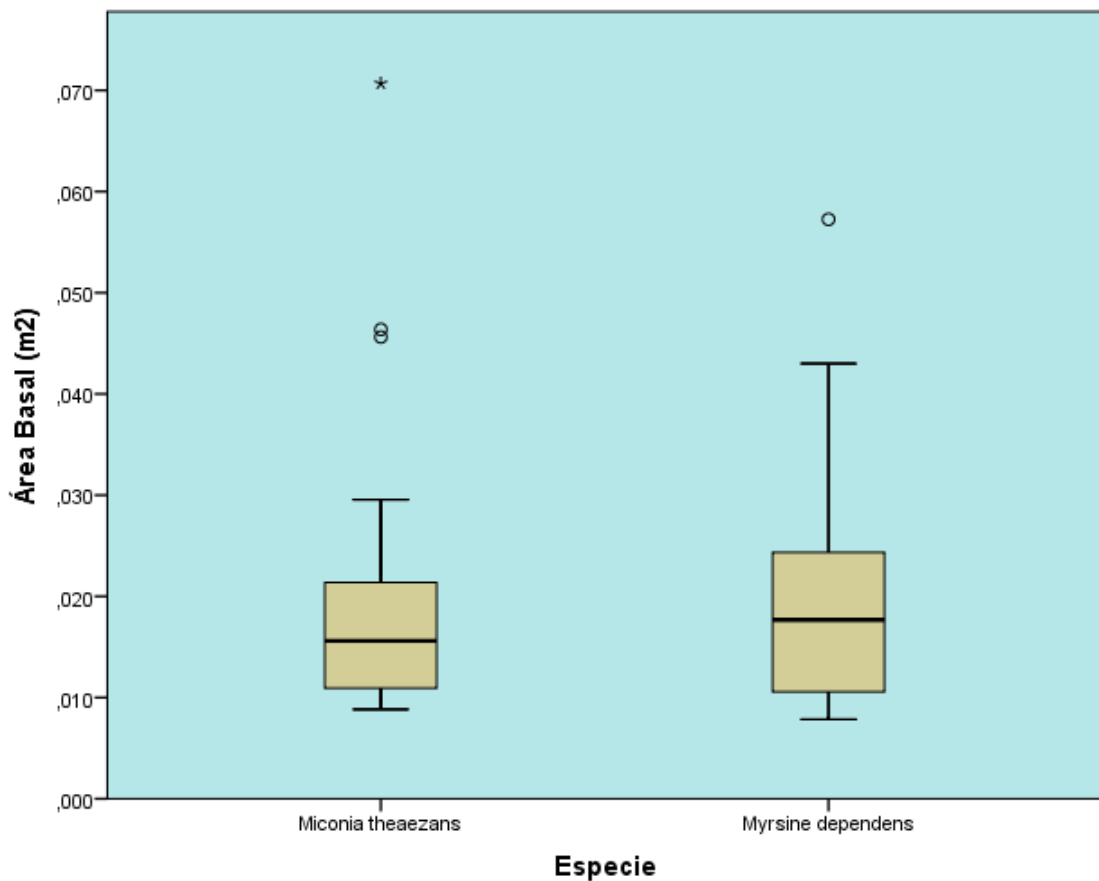


Los cálculos obtenidos a partir de los datos levantados de la mensuración forestal nos proporcionan los siguientes resultados.

10.4. Área Basal

La especie *Miconia theaezans* tiene una media de $0,0196 \text{ m}^2$ con valores de $0,009$ y $0,071 \text{ m}^2$ como mínimo y máximo respectivamente, los mismos que poseen una desviación estándar de $0,013$, Mientras que la especie *Myrsine dependens* posee un valor promedio de $0,02 \text{ m}^2$ teniendo como valor mínimo de $0,008 \text{ m}^2$ y como máximo un valor de $0,057 \text{ m}^2$. Esta especie tiene una desviación estándar de $0,012$.

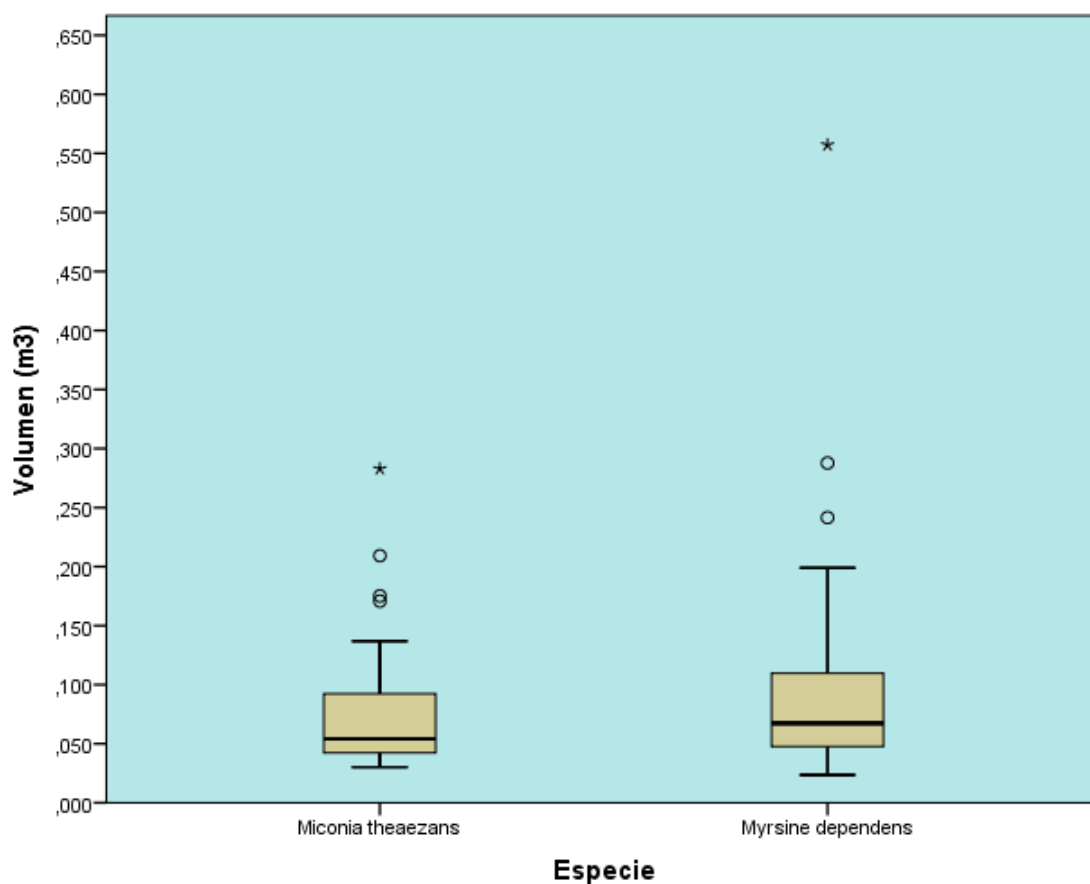
Gráfico 6: Diagrama de cajas del Área basal.



10.5. Volumen forestal

El volumen forestal obtenido del resultado: entre el Área basal, la altura de fuste y un factor de forma otorgó los siguientes datos: Para la especie de *Miconia theaezans* se obtiene como valor mínimo 0,03 m³ y como valor máximo 0,283 m³ teniendo un promedio de 0,077 m³ y una desviación estándar de 0,059; mientras que la especie *Myrsine dependens* tiene 0,024 y 0,557 m³ como valores mínimo y máximo respectivamente. Y con una media de 0,103 m³ y una desviación estándar de 0,103.

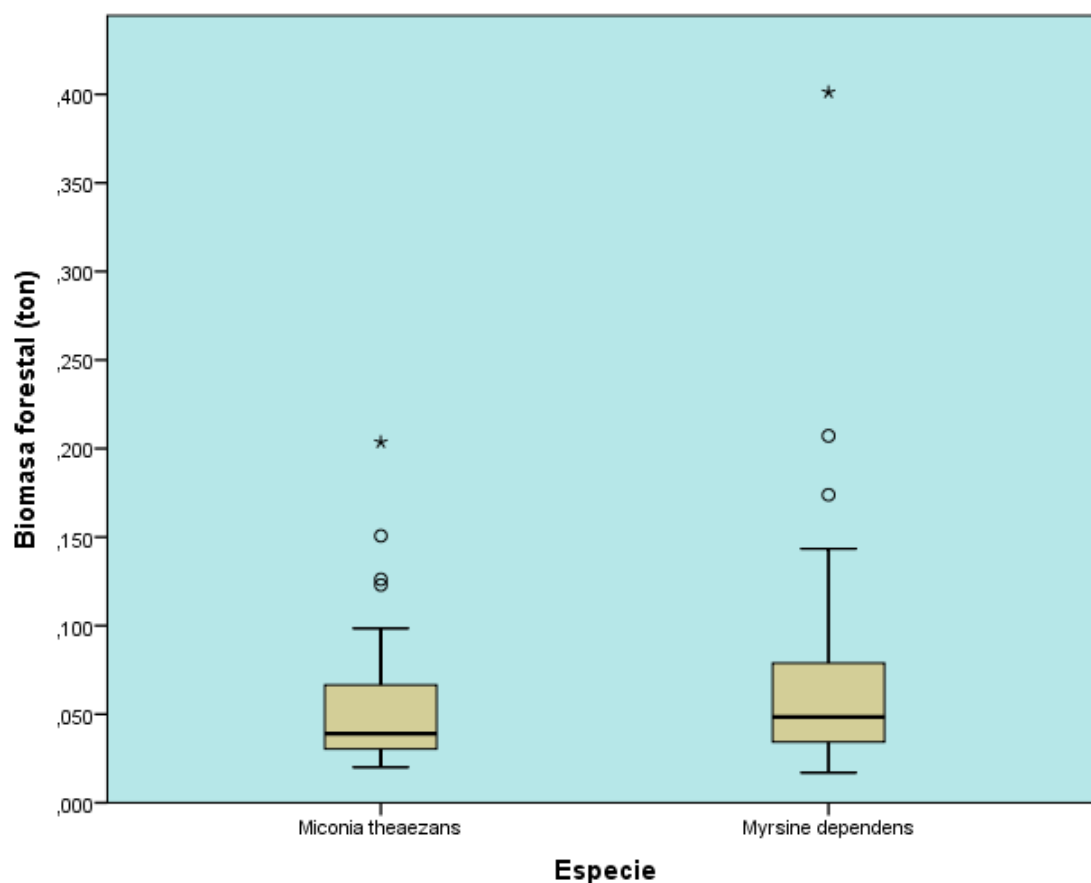
Gráfico 7: Diagrama de cajas del Volumen forestal.



10.6. Biomasa Arbórea.

Los valores de biomasa para cada especie son los siguientes; *Miconia theaezans* tiene un promedio de biomasa vegetal de 0,05 toneladas y su valor máximo llega a ser de 0,204 tonelada, su valor mínimo es de 0,02 toneladas y su desviación estándar es de 0,042. La especie *Myrsine dependens* tiene un valor máximo de 0,401 toneladas y un valor mínimo de 0,017 toneladas; siendo su media de 0,07 toneladas y su desviación estándar de 0,074

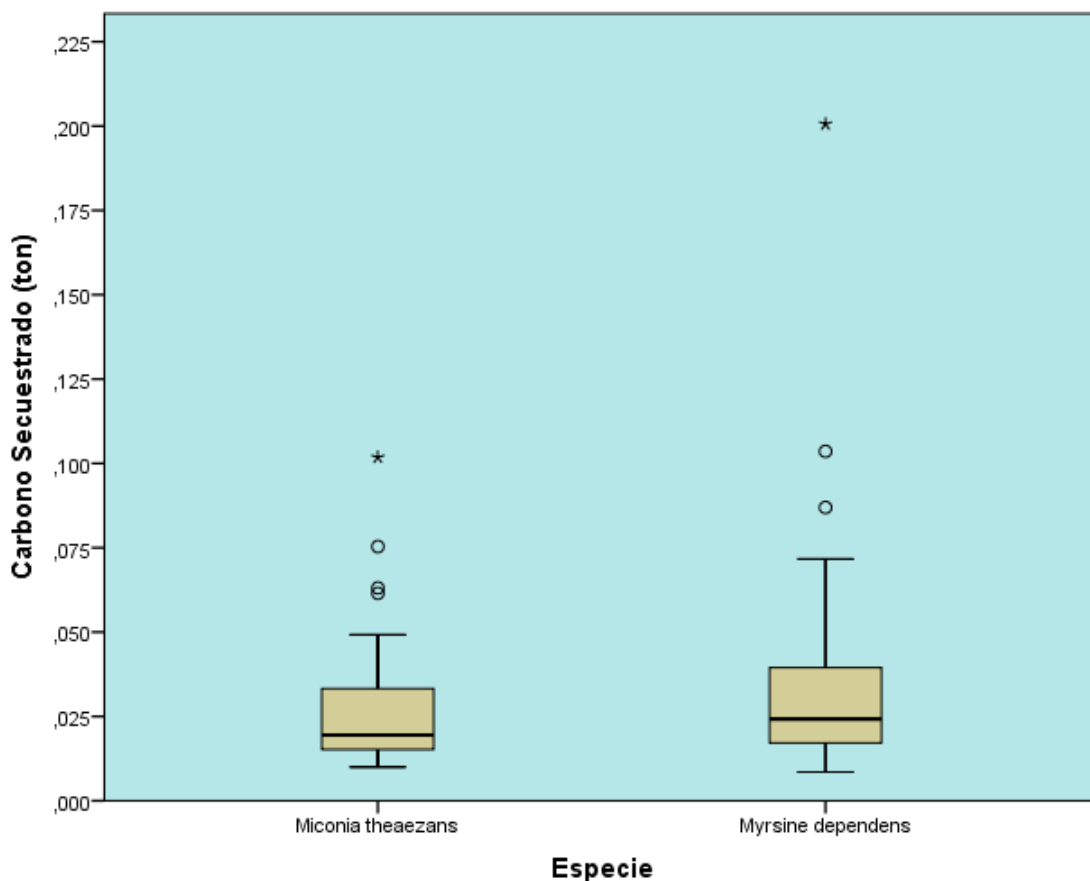
Gráfico 8: Diagrama de cajas de la Biomasa Forestal.



10.7. Carbono Secuestrado

Los valores de Carbono secuestrado por la especie *Miconia theaezans* son de 0,010 y 0,10 toneladas como mínimo y máximo respectivamente, su valor promedio es de 0,028 toneladas y su desviación estándar es de 0,021; en lo que se refiere a la especie *Myrsine dependens* su media es de 0,037 toneladas y su valor máximo es de 0,201 toneladas, su valor mínimo de 0,009 toneladas y su desviación estándar es de 0,037.

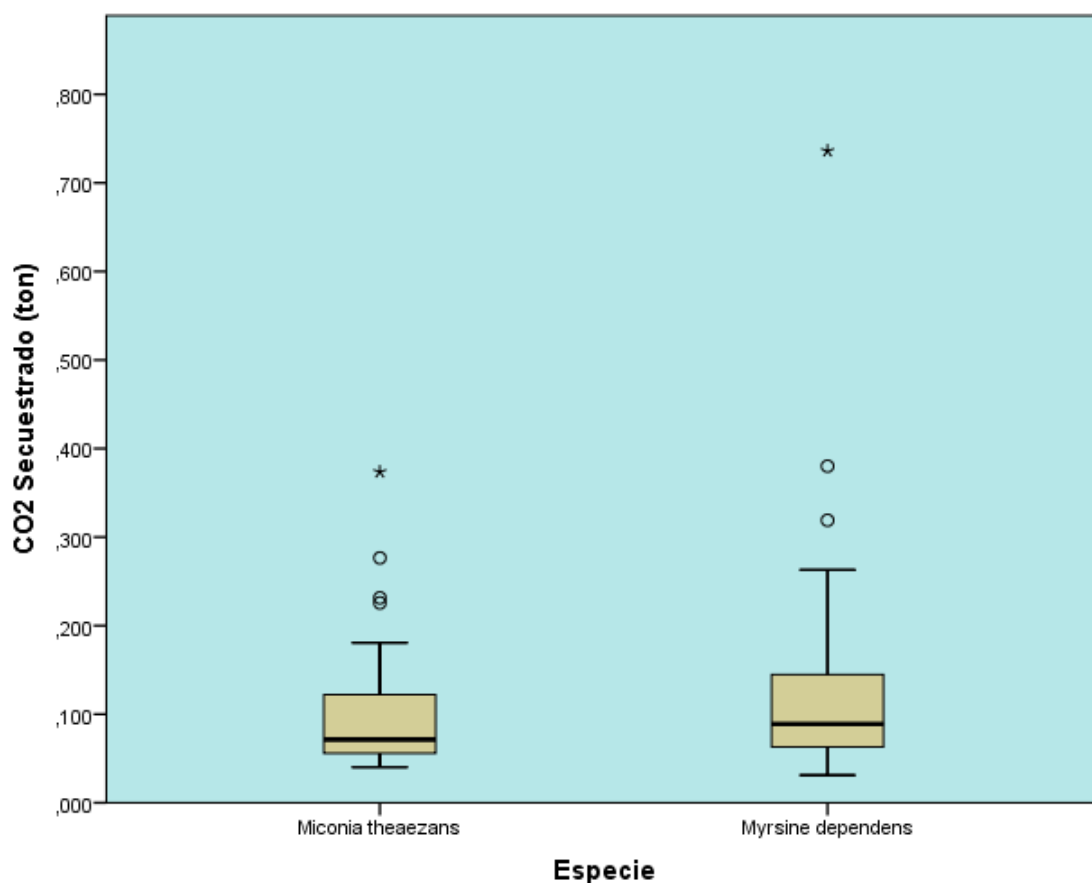
Gráfico 9: Diagrama de cajas de la cantidad de Carbono secuestrado.



10.8. Dióxido de Carbono secuestrado (CO₂)

La cantidad de CO₂ que secuestra *Miconia theaezans* tiene un valor promedio de 0,102 toneladas con un valor mínimo de 0,04 toneladas y un valor máximo de 0,374 toneladas, su desviación estándar es de 0,0777 mientras que para la especie *Myrsine dependens* el promedio es ligeramente mayor, con un valor de 0,136 toneladas y sus valores mínimo y máximo son de, 0,031 y 0,736 toneladas, respectivamente; su desviación estándar es de 0,1361.

Gráfico 10: Diagrama de cajas de la cantidad de CO₂ secuestrado.



10.9. Prueba t de Student

La hipótesis planteada para el estudio es la siguiente: ¿Existe diferencia significativa entre la cantidad de CO₂ que secuestra cada especie?

Entonces:

- **La Hipótesis Nula (H₀)** es: No existe diferencia significativa entre la cantidad de CO₂ secuestrado por cada especie
- **La Hipótesis alternativa (H₁)** es Existe diferencia significativa entre la cantidad de CO₂ secuestrado por cada especie

Al realizar la prueba T el valor obtenido **P** es igual a 0,219 es mayor al nivel de significancia 5% (0,05) entonces, se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la

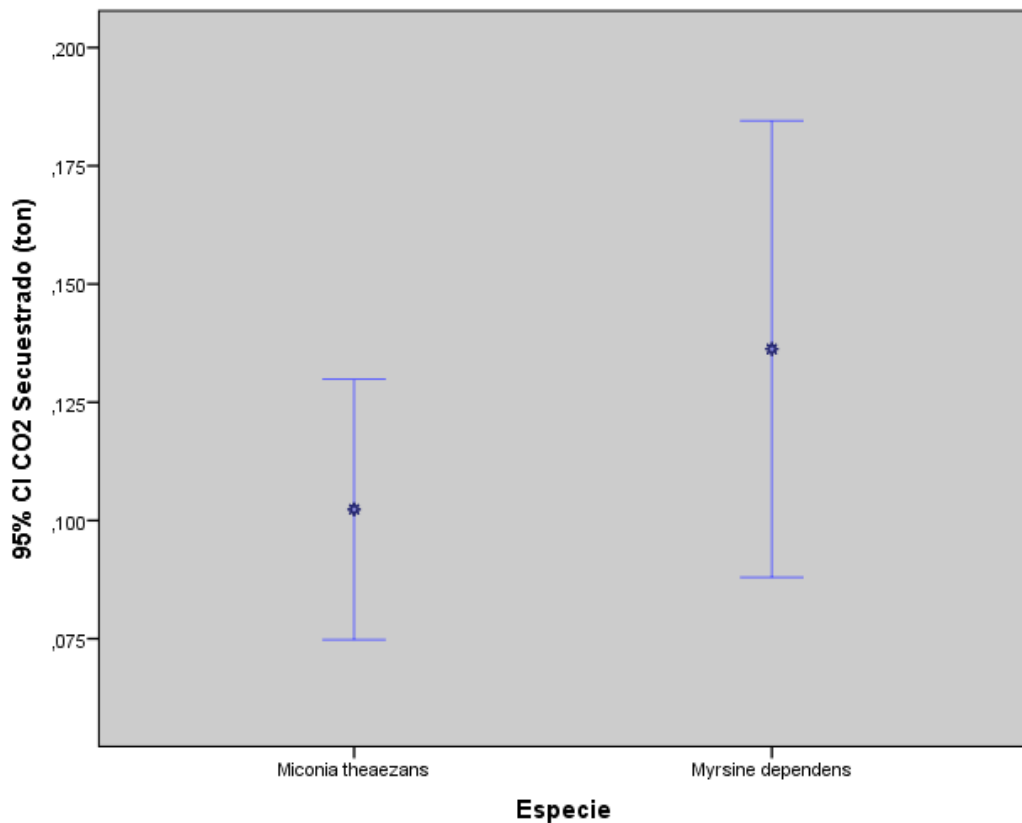
hipótesis nula, la que manifiesta que: **No existe diferencia significativa en la cantidad de CO₂ que capturan las especies**

Tabla 2: Tabla de valores de la prueba T de la cantidad de CO₂ secuestrado

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
CO2 Secuestrado (ton)	Se asumen varianzas iguales	1,998	,162	-1,242	64	,219	-,033895	,027282	-,088397	,020606
	No se asumen varianzas iguales			-1,242	50,851	,220	-,033895	,027282	-,088669	,020878

Como se puede observar en el **Gráfico 11**, el valor medio de la especie *Myrsine dependens* Con su intervalo de confianza a un 95% si solapa, casi a todo el intervalo de confianza de la especie *Miconia theaezans* es por ello que, gráficamente podemos demostrar e corroborar que no existe una diferencia significativa entre las medias de cada especie.

Gráfico 11: Barras de error de la cantidad de CO₂ secuestrado.



10.10. PROYECCIÓN DE CAPTURA DE CO₂

La cantidad de CO₂ que captura cada especie por hectárea de bosque se obtuvo mediante la densidad de cada especie que se obtuvo en el muestreo, como en los dos casos se muestreo un total de 0,2 hectáreas, para obtener el valor de la cantidad que captura cada especie por hectárea se obtuvo mediante la razón

$$CO_2Total = \frac{CO_2 Especie}{Am}$$

Dónde:

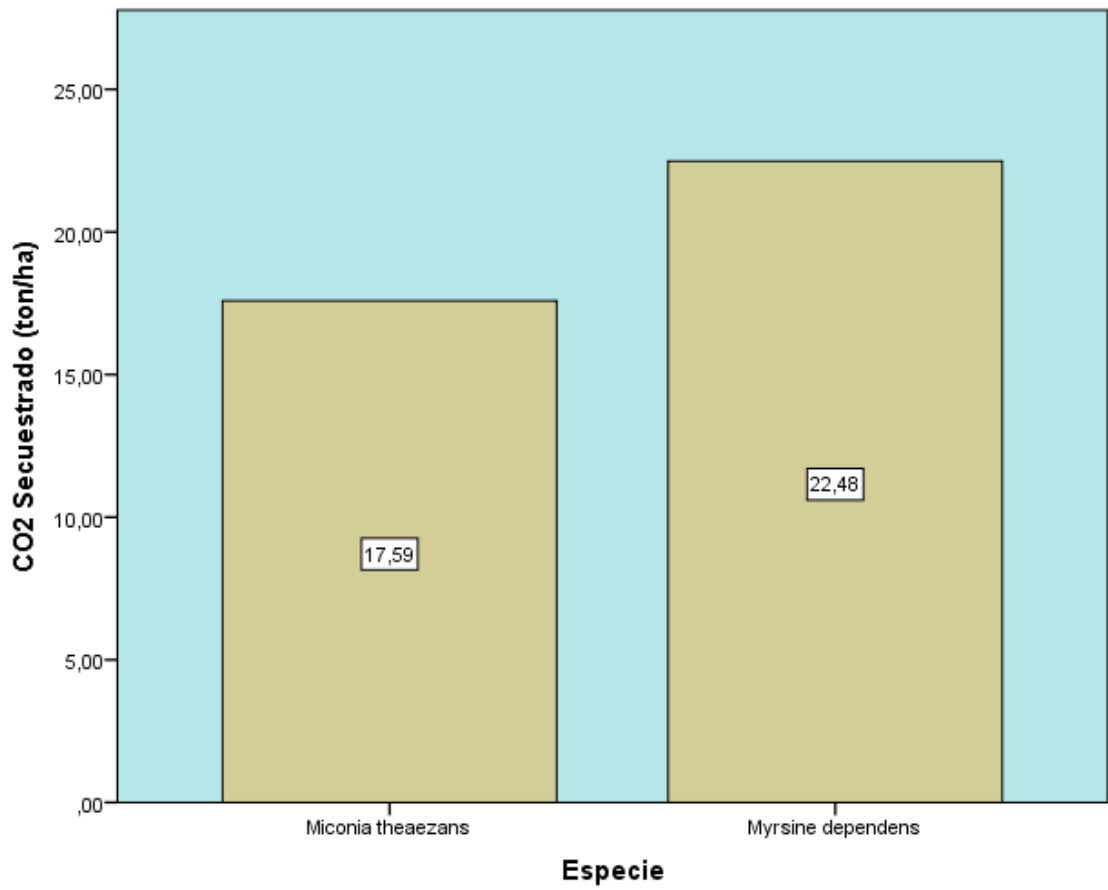
- **CO₂Total** = la cantidad de CO₂ que captura la especie por hectárea (ton/Ha)
- **CO₂ Especie** = Suma de la cantidad de CO₂ que secuestra la especie en la superficie muestreada (ton)

- Am = Superficie total muestreada (Ha)

Para cada especie la cantidad que secuestra por hectárea se representa en la **Gráfica**

12.

Gráfico 12: Cantidad de CO2 Secuestrada por Hectárea



11. DISCUSIONES

Para realizar la mensuración forestal y obtener las variables de cálculo se partió de la metodología de Melo y Vargas (2003) citada por Albán E. y Granda J. (2013) en su investigación llamada “Determinación del contenido de carbón en la Biomasa aérea del páramo de la reserva ecológica Yanacocha”. En la que se requiere trazar 10 transectos; pero, para este estudio se vio necesario aumentar las unidades de muestreo, por lo que se trazaron 20 transectos, debido a la diversa cobertura vegetal que presenta el bosque (Matorral Alto Andino Matorral bajo y Matorral bajo degradado) y por ello se trazaron más unidades de las que establece la metodología, de forma de obtener mayor homogeneidad en los datos.

Durante el levantamiento de variables de campo, ningún individuo de la especie *Viburnum triphyllum*, encontrado dentro de las unidades de muestreo, obtuvo un DAP mayor a 10 centímetros, por lo que no pudo incluirse al análisis. Sin embargo existe información que indica que esta especie, en las mejores condiciones, llega hasta los 15 metros de altura y con un diámetro a la altura de pecho de 40 cm. (Acero, 2000) como también existe información que lo detalla como un arbusto que no supera los 4 metros pero no detalla el DAP promedio del individuo. (Marín y Parra, 2015). La presencia de individuos que no tienen diámetros significativos, puede deberse a que es un bosque joven, y que en algunas zonas se encuentra intervenido, por lo que las condiciones no son las óptimas para el desarrollo total de esta especie.

12. CONCLUSIONES

- El estudio realizado también contemplaba a la especie nativa Rañas (*Viburnum triphyllum*) La cual no entro al análisis ya que en cada uno de los transectos realizados los individuos que se encontraron no cumplían con los parámetros necesarios para estimar la cantidad de carbono que es capaz de secuestrar.
- La especie *Myrsine dependens* posee una mayor cantidad de individuos por extensión de terreno, es decir mayor densidad en comparación a la especie *Miconia theaezans*, es por ello que en la proyección a la cantidad de dióxido de carbono que secuestra las especies por unidad de superficie, la una especie frente a la otra captura mayor cantidad de carbono.
- Con un costo de la tonelada de CO₂ de \$6,58. La especie *Myrsine dependens* tiene un potencial de captura de carbono en el Bosque protector Aguarongo de 46.084 toneladas de CO₂ lo que equivale a 303.232,72 dólares americanos. Y la especie *Miconia theaezans* posee un potencial de captura de carbono de 36.060 toneladas de CO₂ que se estima a un monto de 237.274.8 dólares americanos.

13. RECOMENDACIONES

- Se debería realizar investigaciones de las otras especies vegetales en el Bosque Protector Aguarongo para estimar en conjunto cuanto CO₂ es capaz de captar una hectárea de bosque en su totalidad
- Debido a que la investigación se realizó en un Bosque protector, la metodología empleada fue el método no destructivo, sería conveniente realizar la medición de captura de carbono de las especies mediante métodos directos, y así obtener una validación del y relación entre los dos métodos
- Se deberían realizar investigaciones completas incluyendo las valoraciones de necromasa y la cantidad de carbono fijada en el suelo por cada especie, ya que esto podría aumentar la cantidad de CO₂ que captura una hectárea de bosque.
- Fomentar investigaciones de esta naturaleza, ya que se podrían incluir al servicio ambiental de captura de CO₂, dentro de la bolsa de carbono que manejan los mecanismos de desarrollo limpio (MDL).

14. BIBLIOGRAFÍA

- Albán, E., & Granda, J. (2013). *Determinación del contenido de carbono en la biomasa aérea de páramo de la reserva ecológica Yanacocha*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Arévalo, C. (2015). *Medición de Carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas- limón Indanza*. Cuenca: UPS.
- 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*, 45-52.
- Brown, S. 1997. *Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono*. XI congreso forestal mundial. US Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Western Ecology Division, pp. 13-22.
- Cargua, F., Rodríguez, M., Recalde, C., & Vinueza, L. (2014). *Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (Pinus radiata) y en Estrato de Páramo de Ozogoche Bajo, Parque Nacional Sangay*, Ecuador. *UNACH*, 83-92.
- Dauber, E., Terán, J., & Guzmán, R. (2000). *Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia*. *Revista Forestal Iberoamericana*, 1-10.
- FAO.2014. *La Reducción De Las Emisiones Debido A La Deforestación Y La Degradación Forestal*. Cumbre De 2014 Sobre El Clima.

- Forest Trend & The Katoomba Group. 2010. *Aprendiendo sobre Pagos por Servicios Ambientales*. Fundamentos para la elaboración de proyectos de carbono forestal.
- Gasparri, I. Manghi, E. Montenegro, I. Parmuchi, L. Bono, L. & Strada, G. 2004. *Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales Argentinas*. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal. Dirección de Bosques. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable 29 pp.
- Herrán, C. (2012). *El Cambio climático y sus consecuencias para América Latina*. Revista de la Bolsa de comercio de Rosario, 6-10.
- IPCC.2000. “América Latina”, en Watson, R. M.; Zinyowera, M. C.; Moss, R. H. y Dokken, D. J. (Eds.), *IPCC Special Report on The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability*.
- IPCC. 2007. Cambio climático: *Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.
- Jara, L. (2001). *Metodología para la estimación de carbono en plantaciones jóvenes en el Ecuador*. Revista Forestal Iberoamericana, 35-43.
- Jiménez, E., & Landeta, A. (2009). *Producción de biomasa y fijación de carbono en plantación de teca*. ESPOL, 1-6.

- Ministerio del Ambiente. 2012. *Línea Base de Deforestación del Ecuador Continental*, Quito-Ecuador.
- Orrego, J. del Valle, J. & Moreno, F, 2003. *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia*. (Eds.) Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Ordoñez, J., & Masera, O. (2001). *Captura de carbono ante el cambio climático*. Forum, 3-12.
- Orozco, C., Pérez, A., González, M., Rodríguez, F., & Alfayate, J. (2008). *Contaminación Ambiental. Una visión desde la química*. Madrid: Paraninfo.
- Pardos, J. A. 2010. *Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global*. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Pearson, T. Walker, & S. Brown, S. 2005. *Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects*. Winrock International and the BioCarbon Fund of the World Bank. 64 p.
- Programa Regional Bosques Nativos Andinos. (2002). *Plan de Manejo del Bosque Protector de Aguarongo y su área de influencia*. Cuenca: Amparo Eguiguren.
- Rodríguez, R. Jimenez, J. Aguirre, O. & Treviño, E. 2006. *Estimación del carbono almacenado en un bosque de niebla en Tamaulipas, México*. CIENCIA UANL 9: 179 p.

- Ricardo. 2009. *Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal* . Guácimo, Limón.
- Russo, Ricardo. 2009. *Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal* . Guácimo, Limón.
- Schlegel, B. (2001). *Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempreverde*. Simposio internacional Medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales, 1-13.
- Solano, D., Vega, C., Eras, V., & Cueva, K. (2014). *Generación de modelos alométricos para determinar biomasa aérea a nivel de especies, mediante el método destructivo de baja intensidad para el estrato de bosque seco pluvial del Ecuador*. CEDAMAZ, 32-44.
- Vásquez, A. & Arellano, H. 2012. *Estructura, biomasa aérea y carbono almacenado en los bosques del sur y noroccidente de córdoba*. Colombia. Artículo científico. 40 p.

ANEXO 2: Coordenadas de transectos trazados.

Transecto	Coordenadas		Altura
	X	Y	
1	739294	9677551	3071
2	739441	9676128	3136
3	739308	9676278	3134
4	739461	9674385	3199
4	739533	9674723	3194
6	739002	9675367	3101
7	739213	9675246	3153
8	739103	9675096	3168
9	740053	9675467	3097
10	740256	9675612	3103
11	739861	9675820	3108
12	739729	9675723	3142
13	738282	9671646	3128
14	738173	9672258	3187
15	738415	9673871	3212
16	738845	9673073	3188
17	738812	9677742	3068
18	738623	9677493	3045
19	738933	9677816	3040
20	739300	9677848	3028

ANEXO 3: Datos Obtenidos del levantamiento de información de campo.

Numero	Especie	DAP (cm.)	Altura (m.)	CO₂ (Ton)
1	<i>Miconia theaezans</i>	10.7	5.41	19.86
2	<i>Miconia theaezans</i>	16.3	5.52	20.25
3	<i>Miconia theaezans</i>	10	9.01	33.07
4	<i>Miconia theaezans</i>	12.7	5.73	21.05
5	<i>Miconia theaezans</i>	16.4	4.89	17.93
6	<i>Miconia theaezans</i>	10.6	5.92	21.73
7	<i>Miconia theaezans</i>	19.4	3.71	13.61
8	<i>Miconia theaezans</i>	24.3	5.81	21.33
9	<i>Miconia theaezans</i>	15.6	5.34	19.60
10	<i>Miconia theaezans</i>	14.6	5.47	20.06
11	<i>Miconia theaezans</i>	11.6	4.79	17.57
12	<i>Miconia theaezans</i>	12.8	5.11	18.75
13	<i>Miconia theaezans</i>	16.9	6.96	25.55
14	<i>Miconia theaezans</i>	18.8	7.58	27.81
15	<i>Miconia theaezans</i>	11.6	8.00	29.36
16	<i>Miconia theaezans</i>	11.7	4.50	16.51
17	<i>Miconia theaezans</i>	14.6	8.48	31.13
18	<i>Miconia theaezans</i>	10	5.62	20.62
19	<i>Miconia theaezans</i>	11.7	6.60	24.20
20	<i>Miconia theaezans</i>	11.8	6.82	25.05
21	<i>Miconia theaezans</i>	12.3	4.00	14.68
22	<i>Miconia theaezans</i>	24.1	9.54	35.01
23	<i>Miconia theaezans</i>	16.5	7.01	25.73
24	<i>Miconia theaezans</i>	10	5.90	21.64
25	<i>Miconia theaezans</i>	11.6	5.25	19.28
26	<i>Miconia theaezans</i>	12.9	5.50	20.19
27	<i>Miconia theaezans</i>	12.1	6.50	23.85
28	<i>Miconia theaezans</i>	13.2	6.63	24.35
29	<i>Miconia theaezans</i>	14.1	5.33	19.57
30	<i>Miconia theaezans</i>	15.5	4.29	15.74
31	<i>Miconia theaezans</i>	14.9	3.72	13.65
32	<i>Miconia theaezans</i>	19.4	7.07	25.94
33	<i>Miconia theaezans</i>	10.9	6.96	25.54
34	<i>Miconia theaezans</i>	30	4.56	16.72
35	<i>Miconia theaezans</i>	19.1	9.17	33.66
36	<i>Miconia theaezans</i>	11.8	4.95	18.15
1	<i>Myrsine dependens</i>	17.6	9.86	36.20
2	<i>Myrsine dependens</i>	11.1	10.12	37.14
3	<i>Myrsine dependens</i>	22.7	16.59	60.88

4	<i>Myrsine dependens</i>	27	6.05	22.22
5	<i>Myrsine dependens</i>	10	4.46	16.36
6	<i>Myrsine dependens</i>	15.6	4.25	15.58
7	<i>Myrsine dependens</i>	14.6	3.92	14.38
8	<i>Myrsine dependens</i>	15.3	6.03	22.12
9	<i>Myrsine dependens</i>	11.9	6.44	23.64
10	<i>Myrsine dependens</i>	18.1	4.75	17.43
11	<i>Myrsine dependens</i>	12	3.60	13.21
12	<i>Myrsine dependens</i>	19.3	6.73	24.70
13	<i>Myrsine dependens</i>	15	2.81	10.30
14	<i>Myrsine dependens</i>	13.3	4.17	15.31
15	<i>Myrsine dependens</i>	14	4.88	17.92
16	<i>Myrsine dependens</i>	14.2	4.66	17.10
17	<i>Myrsine dependens</i>	10.5	3.82	14.01
18	<i>Myrsine dependens</i>	11.3	3.88	14.25
19	<i>Myrsine dependens</i>	17.6	6.92	25.40
20	<i>Myrsine dependens</i>	11.6	5.43	19.92
21	<i>Myrsine dependens</i>	10.4	9.01	33.07
22	<i>Myrsine dependens</i>	14.1	5.42	19.90
23	<i>Myrsine dependens</i>	16.2	3.78	13.88
24	<i>Myrsine dependens</i>	20.9	5.92	21.74
25	<i>Myrsine dependens</i>	10.2	4.82	17.70
26	<i>Myrsine dependens</i>	10	3.63	13.31
27	<i>Myrsine dependens</i>	10	4.98	18.28
28	<i>Myrsine dependens</i>	17.4	6.11	22.41
29	<i>Myrsine dependens</i>	21	3.79	13.92
30	<i>Myrsine dependens</i>	16	5.55	20.35
31	<i>Myrsine dependens</i>	15.8	5.39	19.78
32	<i>Myrsine dependens</i>	23.4	6.77	24.83