



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

PLAN DE CONTINGENCIA

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

**ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN BIOMASA AÉREA EN
PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis* L.F.), UBICADA EN LA
PARROQUIA HUÁMBI, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.**

Tesis previa a optar el Título de
Ingeniero en Manejo y
Conservación del Medio
Ambiente

AUTOR: Villavicencio Gómez Xavier Alfredo

DIRECTOR DE TESIS: Ing. Fausto Ramiro García Vasco.,Mg.Sc.

LOJA – ECUADOR

2015

AUTORIZACIÓN

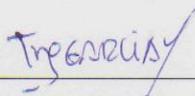
ING. FAUSTO RAMIRO GARCÍA VASCO., MG.SC

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLAN DE CONTINGENCIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, SEDE TENA.

CERTIFICO

Que el proyecto de tesis titulado “ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN BIOMASA AÉREA EN PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis* L.F.), UBICADA EN LA PARROQUIA HUÁMBI, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.” desarrollada por **Xavier Alfredo Villavicencio Gómez** ha sido elaborada bajo mi dirección y cumple con los requisitos de fondo y de forma que exigen los respectivos reglamentos e instituciones. Por ello autorizo su presentación y sustentación.

Loja, 06 Marzo del 2015



Ing. Fausto Ramiro García Vasco., Mg.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Tena, 10 de Julio del 2015

CERTIFICACIÓN

Los Miembros del Tribunal de Grado abajo firmantes, certificamos que el Trabajo de Titulación denominado **“ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN BIOMASA AÉREA EN PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis* L.F.), UBICADA EN LA PARROQUIA HUÁMBI, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”**, realizado por el Sr. **XAVIER ALFREDO VILLAVICENCIO GÓMEZ** estudiante de la carrera de Ing. En Manejo y Conservación del Medio Ambiente del Plan de Contingencia de la Universidad Nacional de Loja, Sede Tena, ha sido corregida y revisada; por lo que autorizamos su presentación.

Atentamente;

Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña., Mg.Sc.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Washington Adán Herrera Herrera., Mg.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Laura Esperanza Capa Puglla

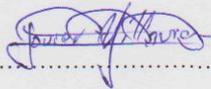
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AUTORÍA

Yo, **XAVIER ALFREDO VILLAVICENCIO GÓMEZ** declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad nacional de Loja, la publicación de mi trabajo de Titulación en el repositorio institucional-biblioteca Virtual.

AUTOR: Xavier Alfredo Villavicencio Gómez

FIRMA: 

CÉDULA: 1400458855

FECHA: Loja, julio de 2015

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

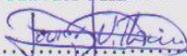
Yo, **XAVIER ALFREDO VILLAVICENCIO GÓMEZ**, declaro ser autor, de la Tesis titulada: **“ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN BIOMASA AÉREA EN PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis* L.F.), UBICADA EN LA PARROQUIA HUÁMBI, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”**. Como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**: autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la Tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, los 24 días del mes de Julio del 2015, firma el autor.

AUTOR: Xavier Alfredo Villavicencio Gómez

FIRMA: 

CÉDULA: 1400458855

DIRECCIÓN: Morona Santiago, Huámbi, Calle Cuenca y Luis Gutiérrez

CORREO ELECTRÓNICO: xaviervillavicencio@gmail.com

TELÉFONO: 2317048 **CELULAR:** 0981263638

DATOS COMPLEMENTARIOS

DIRECTOR DE TESIS: Mg. Sc. Fausto Ramiro García Vasco

TRIBUNAL DEL GRADO:

PRESIDENTA: Ing. Betty Alexandra Jaramillo Tituaña., Mg. Sc

MIEMBRO: Ing. Washington Adán Herrera Herrera., Mg. Sc

MIEMBRO: Ing. Laura Esperanza Capa Puglla

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a:

Este trabajo lo dedico con mucho afecto a mis padres, a mi hijo por el cariño, comprensión y apoyo incondicional que me brindaron todos los días en las etapas de mi carrera. A mis familiares y amigos en general, que supieron brindar sabios consejos de aliento, para no desfallecer en la preparación académica a lo largo de mi vida estudiantil. A los ingenieros Freddy Ramón y Fausto García, por el apoyo incondicional y sabios consejos de sabiduría durante el desarrollo del presente proyecto de investigación.

.....
Xavier Alfredo Villavicencio Gómez
CC.1400458855

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos los que hicieron posibles la culminación de la presente investigación, un agradecimiento muy apreciable al Sr. Ing. Freddy Ramón y el Sr. Ing. Fausto García, quienes apoyaron en todo momento con sugerencias en la fase de campo, análisis de datos y en la dirección y revisión de este trabajo. A la Universidad Nacional de Loja, al Área Agropecuaria y Recursos Renovables, a través de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, donde obtuvimos los conocimientos técnicos que han contribuido a nuestra formación profesional y a los miembros del Tribunal Calificador de la tesis por sus valiosas sugerencias del presente trabajo de investigación.

.....

Villavicencio Gómez Xavier Alfredo

CC. 1400458855

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PÁGINA
PORTADA.....	i
CERTIFICO	ii
CERTIFICACIÓN.....	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS DE RESULTADOS.....	xi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE IMAGENES.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE FOTOS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
4.1. Cambio climático	7
4.2. Efecto invernadero.....	9
4.3. Ciclo del carbono	10
4.4. Desarrollo sustentable.....	11

4.5.	Servicios ecosistémicos de los bosques	12
4.6.	Servicios ambientales de las plantaciones forestales.....	13
4.6.1.	Protección de Cuencas Hidrográficas	14
4.6.2.	Conservación de la biodiversidad	15
4.6.3.	Captura de carbono.....	16
4.7.	Captura de carbono en ecosistemas forestales	17
4.8.	Métodos de muestreo para proyectos forestales	18
4.8.1.	Muestreo aleatorio simple (M.A.S.).....	18
4.8.2.	Muestreo estratificado	18
4.8.3.	Muestreo sistemático.....	19
4.8.4.	Muestreo por conglomerados	19
4.9.	Métodos para determinar parámetros dasométricos de masa forestal....	20
4.9.1.	Medición de diámetro a la altura del pecho (DAP).....	20
4.9.2.	Medición de alturas	20
4.9.3.	Métodos para cálculo de biomasa y carbono en plantaciones	21
4.10.	<i>(Tectona grandis</i> L.F:) teca	23
4.10.1.	Nomenclatura	23
4.10.2.	Morfología de la especie	24
4.10.3.	Aspecto.....	25
4.10.4.	Propiedades	25
4.10.5.	Aplicaciones	26
4.11.	Marco legal	26
4.11.1.	Constitución de la república del Ecuador.....	27
4.11.2.	Ley de gestión ambiental.....	28
4.11.3.	Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre	29
4.11.4.	Libro III del TULSMA.....	31
4.12.	Marco conceptual	32

5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
5.1.	Materiales	36
5.1.1.	Equipos de campo	36
5.1.2.	Materiales de campo.....	36
5.1.3.	Equipos y materiales de Laboratorio.....	37
5.2.	Métodos	37
5.2.1.	Ubicación Política del Área de estudio	37
5.2.2.	Ubicación geográfica del área de estudio.....	39
5.3.	Aspectos biofísicos y climáticos.....	41
5.3.1.	Aspectos biofísicos.....	41
5.3.2.	Aspectos climáticos.....	44
5.3.3.	Temperatura	45
5.3.4.	Meteorología	45
5.3.5.	Hidrología.....	46
5.4.	Tipo de investigación	47
5.5.	Metodología	47
5.5.1.	Determinar la ecuación de crecimiento de la madera teca	49
5.5.2.	Determinar área basal y volumen forestal de la plantación de teca	51
5.5.3.	Estimar el carbono almacenado en biomasa aérea en plantación de teca (<i>Tectona grandis</i> L.F:)	56
6.	RESULTADOS.....	66
6.1.	Determinar la ecuación de crecimiento de la madera teca	66
6.2.	Determinar el área basal y volumen forestal en biomasa aérea de la plantación	69
6.3.	Estimar el carbono almacenado en biomasa aérea de la plantación de (<i>Tectona Grandis</i> L.F:)	72
7.	DISCUSIÓN.....	77
7.1.	Determinar la ecuación de crecimiento de la madera teca.....	77

7.2.	Determinar el area basal y volumen forestal de la plantacion	78
7.3.	Estimar el carbono almacenado en biomasa aerea de la plantación de teca...	80
8.	CONCLUSIONES	82
9.	RECOMENDACIONES	84
10.	BIBLIOGRAFÍA	85
11.	ANEXOS	90

ÍNDICE DE TABLAS DE RESULTADOS

No.	Descripción	Pag.
Tabla 1.	Datos de la parroquia Huámbi.....	39
Tabla 2.	Modelos genéricos para determinar ecuaciones de crecimiento para (<i>Tectona grandis</i> L.F:) en América.....	50
Tabla 3.	Ecuaciones para determinar alturas del árbol promedio por rodal.....	51
Tabla 4.	Ecuaciones para determinar diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio por rodal	51
Tabla 5.	Datos para intensidad de muestreo para proyectos forestales.....	53
Tabla 6.	Ecuaciones para cálculo de área basal por rodal	55
Tabla 7.	Ecuaciones para cálculo de volumen forestal por rodal.....	56
Tabla 8.	Ecuaciones para determinar la densidad de la madera por rodal	58
Tabla 9.	Ecuaciones para determinar la humedad relativa de la madera	59
Tabla 10.	Ecuaciones para determinar biomasa promedio del fuste por rodal ...	60
Tabla 11.	Ecuaciones para determinar biomasa promedio del fuste por hectárea por rodal	61
Tabla 12.	Ecuaciones para determinar factor de expansión (FEB) para ramas y hojas por rodal.....	62
Tabla 13.	Ecuaciones para determinar biomasa total aérea por rodal	63
Tabla 14.	Ecuaciones para determinar carbono almacenado	64
Tabla 15.	Ecuaciones para determinar dióxido de carbono CO ₂	65

Tabla 16.	Resultados del análisis del incremento medio anual (IMA) para la variable de (DAP).....	66
Tabla 17.	Resultados del análisis del IMA para altura total (HT).....	68
Tabla 18.	Resultados para área basal (m ² /ha)	70
Tabla 19.	Resultados para volumen (m ³ /ha)	71
Tabla 20.	Resultados para densidades básicas de la madera (gr/cm ³)	73
Tabla 21.	Resultados de biomasa total aérea por hectárea y por plantación.....	74
Tabla 22.	Resultados de carbono total almacenado en biomasa aérea por rodal, hectárea y por plantación (ton).....	75
Tabla 23.	Resultados de área basal y volumen forestal a los 6 años de edad ...	93
Tabla 24.	Resultados de área basal y volumen forestal a los 8 años de edad	95
Tabla 25.	Resultado de área basal y volumen forestal a los 10 años de edad....	97
Tabla 26.	Resultados de área basal y volumen forestal a los 12 años de edad ..	99
Tabla 27.	Resultados de área basal y volumen forestal promedios y análisis estadístico por plantación	101
Tabla 28.	Resultados de volumen y densidades de la madera por altura	101
Tabla 29.	Resultados de biomasa y carbono almacenado en biomasa aérea....	102

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Descripción	Pag.
Cuadro 1.	Especies de flora características de la zona	43
Cuadro 2.	Especies de fauna características de la zona	44
Cuadro 4.	Ecuaciones para determinar alturas del árbol promedio por rodal...	51

ÍNDICE DE IMAGENES

No.	Descripción	Pag.
Imagen 1.	Cambio climático	8
Imagen 2.	Efecto invernadero	9
Imagen 3.	Ciclo del carbono	10

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Pag.
Figura 1.	Mapa de ubicación política de la parroquia Huámbi	38
Figura 2.	Mapa del área de estudio	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

No	Descripción	Pag.
Gráfico 1.	Curva de crecimiento para diámetro a la altura del pecho (DAP)	67
Gráfico 2.	Curva de crecimiento para altura total (HT)	69
Gráfico 3.	Curva de crecimiento para área basal (m ² /ha)	70
Gráfico 4.	Curva de crecimiento para volumen forestal (m ³ /ha)	72
Gráfico 5.	Curva de densidades básicas de la madera (gr/cm ³).....	73
Gráfico 6.	Análisis de biomasa aérea por rodal, hectárea y por plantación	75
Gráfico 7.	Análisis de carbono almacenado en biomasa aérea de la plantación. .	76

ÍNDICE DE FOTOS

No.	Descripción	Pag.
Foto 1.	<i>(Tectona grandis</i> L.F:) teca	23
Foto 2.	Plantación de teca.....	103
Foto 3.	Ubicación del punto central de la parcela de muestreo Ubicación del punto central de la parcela de muestreo.....	103
Foto 4.	Delimitación de la parcela de muestreo	104
Foto 5.	Numeración de árboles dentro de la parcela de muestreo	104
Foto 6.	Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP).....	105
Foto 7.	Volteo del árbol promedio.....	105
Foto 8.	Separación de componentes del árbol	106
Foto 9.	Medición para obtener muestras para análisis de laboratorio	106
Foto 10.	Estado sanitario de la madera.....	107
Foto 11.	Pesado de las muestras	107
Foto 12.	Medición del volumen.....	108
Foto 13.	Secado de muestras durante 48 horas.....	108

ÍNDICE DE ECUACIONES

No.	Descripción	Pag.
Ecuación 1.	Determinar altura del árbol promedio	50
Ecuación 2.	Ecuación para determinar el diámetro promedio del rodal	51
Ecuación 3.	Cálculo del área basal.....	55
Ecuación 4.	Cálculo del volumen forestal de la madera	55
Ecuación 5.	Densidad básica de la madera	58
Ecuación 6.	Contenido humedad relativa de la madera	59
Ecuación 7.	Biomasa del fuste por árbol individual.....	60
Ecuación 8.	Biomasa del fuste por hectárea.....	61

Ecuación 9. Factor de expansión de biomasa para ramas y hojas.....	62
Ecuación 10. Biomasa total aérea.	63
Ecuación 11. Carbono total almacenado.....	63
Ecuación 12. Dióxido de carbono	64

ÍNDICE DE ANEXOS

No	Descripción	Pag.
Anexos 1.	Hoja de campo para realizar el inventario forestal	90
Anexos 2.	Formato para etiquetas de muestras.....	91
Anexos 3.	Ficha para toma de pesos y medición de los componentes del árbol ..	92
Anexos 4.	Tablas de toma de datos y análisis de resultados.....	93
Anexos 5.	Fotos.	103

1. TÍTULO

ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN BIOMASA AÉREA EN PLANTACIÓN DE TECA (*Tectona grandis* L.F.), UBICADA EN LA PARROQUIA HUÁMBI, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO.

2. RESUMEN

El estudio fue la estimación de carbono almacenado en biomasa aérea de una plantación de teca (*Tectona grandis* L.F.) excepto (raíces, necromasa y vegetación herbácea), ubicada en la región sur de la amazonia ecuatoriana. Para ello se instalaron unidades de muestreo permanentes de 500 m² mismas que correspondieron a 4 rodales de acuerdo a las edades de los árboles, los parámetros evaluados fueron; altura total HT, altura comercial HC, diámetro a la altura del pecho DAP, se determinó el área basal y volumen forestal, del mismo modo se estimó la biomasa y carbono almacenado arriba del suelo comprobando su capacidad de fijación. La cantidad de carbono acumulado presentó un rango de 11,38 tonC/ha a 25,35 tonC/ha por edad, con un promedio de 16,17 tonC/ha y un total de 320,18 toneladas de carbono por plantación dentro de un área de 18,67 hectáreas, existiendo diferencias estadísticas entre rodales. Los resultados presentados por la plantación fueron: a 6 años con 11,38 tonC/ha, el año 8 con 14,74 tonC/ha, el año 10 con 12,80 tonC/ha, el año 12 con 25,35 tonC/ha, se estableció que la teca almacena cantidades significativas de carbono por unidad de superficie, por lo que es recomendable tener en cuenta la especie para proyectos de forestación y reforestación en la provincia de Morona Santiago, ofreciendo servicios ecosistémicos y ambientales, contribuyendo a la mitigación del cambio climático, además de generar beneficios económicos para los propietarios.

Palabras clave: Biomasa, almacenamiento de carbono, rodal, unidades de muestreo permanentes, mitigación del cambio climático, servicios ecosistémicos y ambientales.

ABSTRACT

This study was the estimation of carbon stored in aboveground biomass of a teak plantation (*Tectona grandis* L.F), except (roots, necromass and herbaceous vegetation), located in the southern region of the Ecuadorian Amazon. To do permanent sample units of 500 m² same stands corresponded to 4 according to the ages of the trees were installed, the parameters evaluated were; total height HT, HC commercial height, diameter at breast height DBH, basal determination of forest area and volumen, just as biomass and carbon stored above ground is estimated by determining its binding capacity. The amount of accumulated carbon presented a range of 11,38tonC/ha to 25,35 tonC/ha, displaying an average of 16,17 tonC/ha and a total of 320,18 tons of carbon per plantation area within a 18,67 has, existing statistical differences between stands. The results presented by the plantation were: at age 6 with 11,38tonC/ha, year 8 14,74 tonC/ha, the year 10 with 12,80 tonC/ha, the year 12 25,35 tonC/ha, teak determined that significant amounts of carbon stored per unit area, so it is advisable for afforestation and reforestation in our environment, ecosystem and environmental services offering, contributing to climate change mitigation.

Keywords: biomass, carbon storage, stand, permanent sampling units, mitigating climate change, ecosystem and environmental services

3. INTRODUCCIÓN

A medida que la humanidad a desarrollando avances y progresos científicos, tecnológicos y sobre todo industriales se está evidenciando incrementos en los impactos ambientales, las diferentes actividades humanas, en los campos agrícolas, el uso del suelo, la deforestación, el incremento en la demanda del uso de energía principalmente para la industria y el transporte, el uso de compuestos químicos, ha acelerado el acrecentamiento de gases de efecto invernadero principalmente el Dióxido de carbono CO₂ principal responsable de los cambios en la temperatura producidos en la superficie terrestre.

El cambio climático global se ha convertido en uno de los problemas más severos propiciados por el incremento de los gases de efecto invernadero, representando graves problemas para los ecosistemas naturales contribuyendo a la pérdida y degradación de las riquezas bióticas del planeta, erosión de los suelos, cambios en los patrones del clima, contaminación entre otros fenómenos(ONU, 2006, pág. s/n).El objetivo de las estrategias de mitigación del efecto invernadero a nivel global está centrado en la reducción de la concentración del dióxido de carbono (CO₂) presente en la atmósfera, denominado como el gas principal de efecto invernadero.

En América Latina, se ha demostrado que los ecosistemas forestales, con un manejo adecuado, pueden secuestrar más carbono que otros ecosistemas terrestres contribuyendo a la mitigación del cambio climático producido por el aumento de la concentración del CO₂ atmosférico(Rodríguez Llerena, 2013, p. 1).La acumulación de carbono dentro de los sistemas forestales se ha convertido en un servicio ecosistémico importante para la regulación de gases de efecto invernadero.

La fijación de carbono mediante sistemas silvopastoríles que actualmente es nuevo para Ecuador, es voluntario por no estar sujeto a ninguna obligación de los propietarios de plantaciones forestales o que tengan bosques nativos dentro de sus predios, sin embargo existe la opción de reconocer créditos por captura de

carbono para los proyectos que ejecuten actividades de forestación y reforestación apoyándose dentro del contexto del Protocolo de Kioto y bajo la modalidad del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL, 2008, pág. s/n). El mecanismo de desarrollo limpio está suscrito en el art 12 del Protocolo de Kioto, permite asumir compromisos para países en desarrollo, ofreciendo créditos por reducciones certificadas de dióxido de carbono, facilitando la ejecución de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante utilización de tecnologías limpias para mitigación del cambio climático en cooperación con países desarrollados.

Existen pocos estudios sobre distribución de biomasa para (*Tectona grandis* L.F:) en las plantaciones de la Amazonía, esto obliga a continuar con investigaciones que certifiquen respuestas convenientes para quienes están dispuestos a invertir y dedicar tierras a la reforestación. Disponer de información sobre el carbono almacenado por producción silvopastoril permitirá asignar un valor económico y ecológico agregado al uso de la tierra, incentivando un manejo sustentable y establecerá nuevos sistemas que ofrezcan servicios ecosistémicos y ambientales.

El estudio de estimación de carbono almacenado en biomasa aérea en cultivo teca, se realizó en el sector el Corazón de Jesús, parroquia Huámbi, cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago, el cual reportó el estado actual de la plantación forestal de la hacienda Barsallo, tomando en cuenta un análisis en clase diamétrica, para obtención de resultados.

Las mediciones se realizaron a 4 rodales con edades diferentes (6, 8, 10 y 12 años). Mediante la implementación de parcelas permanentes de muestreo (PPM) se obtuvieron resultados como; cantidad de árboles existentes por hectárea y por plantación, crecimientos en diámetro a la altura del pecho y altura total, área basal, volumen forestal, biomasa y carbono almacenado por hectárea y por plantación, dentro de un área de 18,67 hectáreas.

Para la investigación se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Estimación de carbono almacenado en biomasa aérea en plantación de teca (*Tectona grandis* L.F.) con 4 rodales disetáneos, ubicada en la parroquia Huámbi, provincia de Morona Santiago.

Objetivos Específicos

- Determinar la ecuación de crecimiento de la plantación de teca.
- Determinar el área basal y volumen forestal de la plantación.
- Estimar el carbono almacenado en biomasa aérea de la plantación.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Cambio climático

El cambio climático aparece siendo una realidad incuestionable hoy en día, siendo relevante el acrecimiento de las temperaturas atmosféricas y oceánicas, el derretimiento de los polos y el aumento del nivel del mar desde que comenzaron a registrarse las temperaturas de la tierra en 1990, teniendo en cuenta que se han producido en los últimos 12 años 11 de los años más cálidos, siendo notable que en los últimos 100 años se ha incrementado la temperatura mundial en un 0,75°C (Gonzales Armada, pág. 42). El cambio climático es uno de los problemas más graves que enfrenta el planeta y quienes habitamos en él, trata de procesos producidos por actividades humanas influenciando en gran mensura a las alteraciones climáticas, provocando el calentamiento de la tierra.

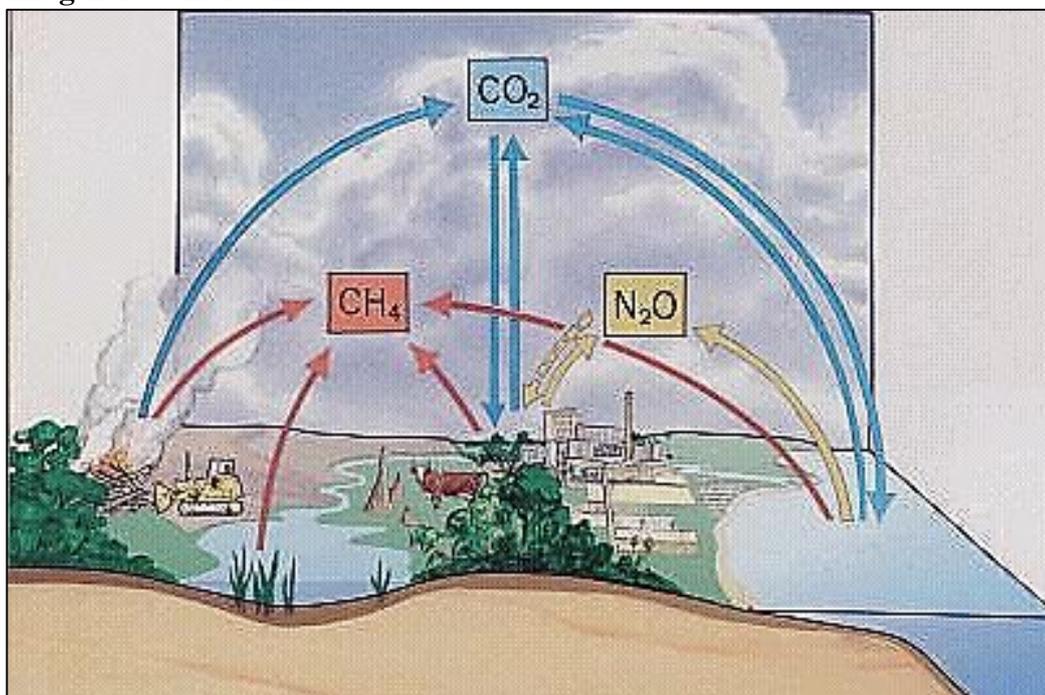
El cambio climático se debe a procesos naturales internos, forzamientos externos o cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmosfera o en el uso de la tierra, que puede ser identificado en el clima por cambios y por variabilidad de sus propiedades, puede persistir durante largos periodos de tiempo, generalmente decenios o periodos más largos (IPCC, 2008, pág. 24). En el sector agrícola de algunas zonas en América Central y del Sur se está llevando a cabo una adaptación basada en el ecosistema que comprende áreas protegidas, acuerdos de conservación, gestión comunitaria; además se están incorporando variedades de cultivos, predicciones climáticas y una gestión integrada de los recursos hídricos (IPCC, 2014, p. 8). Las plantaciones forestales y bosques nativos respecto a sus capacidades de almacenar carbono dentro de sus diferentes reservorios están constituidas como fuente importante de mitigación para el cambio climático.

El modelo de desarrollo agroindustrial ha erosionado la salud de los ecosistemas en el Ecuador, especialmente páramos, manglares, bosques secos y montanos que no tienen vocación para la agricultura intensiva sin embargo de que la expansión de la frontera agrícola ha ido forzando su uso y degradación. Esta es

la fuente principal de emisiones de gases de efecto invernadero que por concepto de cambio de uso de suelo, silvicultura y deforestación representan el 87,53% de las emisiones totales, para añadir complejidad es necesario mencionar que Ecuador está ubicado en el puesto número 5 en el ranking mundial de puntos calientes de desastres por amenazas geológicas, sismos, erupciones volcánicas y amenazas hidrometeorológicas como inundaciones, sequías, deslizamientos de tierra (CARE, 2010, pág. 5)

Ecuador es un país cuya economía gravita de la exportación de materia prima; a lo largo de su historia ha centrado su política económica en torno a enfatizar la agroexportación: café, cacao, banano, camarón, petróleo, enfrenta el escenario cercano de no disponer de más reservas petroleras y necesita de un nuevo ingreso a la macroeconomía nacional. El debate público se centra en la necesidad de evolucionar de una economía primaria a una de servicios; en los que sus características de megabiodiverso y multicultural puedan realmente constituirse en una opción económica, de desarrollo humano, ecosistémico y sostenible.

Imagen 1. Cambio climático



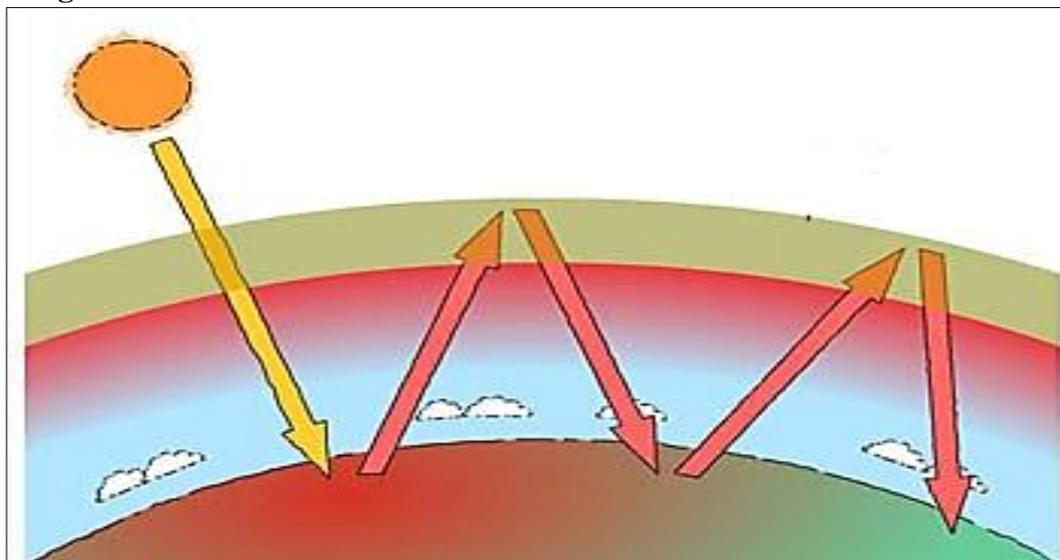
Fuente: IPCC (2014)

4.2. Efecto invernadero

Efecto Invernadero representa a un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la Tierra se calienta, la atmósfera terrestre es una delgada capa de gases que rodea a nuestro planeta. Esta capa de gases es muy importante dado que en ella residen los gases que son primordiales para el desarrollo de la mayor parte de la vida en el planeta. La composición química de la atmósfera incluye mayoritariamente a solo dos gases, Nitrógeno (N), en un 79% y Oxígeno (O₂) en un 20%, el 1% restante está formado por gases diversos entre los más abundantes son el Argón (Ar) en un 0,9% y el dióxido de carbono (CO₂) en aproximadamente un 0,03%. Este último gas, presente en proporciones tan bajas es de crucial importancia en el proceso de calentamiento de la atmósfera (Caballero, 2007, pág. 3). Por otro lado El MDL (2009) afirma que “El efecto invernadero es el fenómeno natural causado por gases presentes en la atmósfera que retienen el calor del sol en la tierra, proporcionando la temperatura adecuada para la vida en el planeta”(pág. 9).

El efecto invernadero es un proceso en que la radiación emitida por la superficie terrestre es absorbida por los gases atmosféricos y es reirradiada en todas direcciones, y parte de esta es devuelta a la superficie del planeta provocando aumentos en la temperatura.

Imagen 2. Efecto invernadero



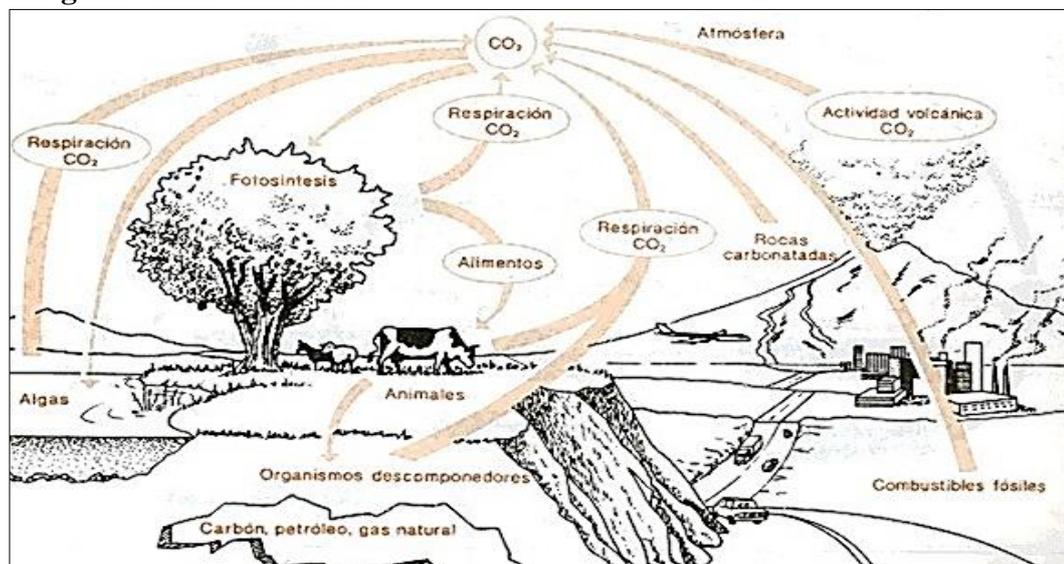
Fuente: OSCIO Últimate Magazine (2009)

La concentración de gases de efecto invernadero como CO_2 y otros gases han aumentado notablemente desde 1750 y excede actualmente sus niveles pre-industriales, el gas de efecto invernadero más abundante es el CO_2 , actualmente su concentración atmosférica es de (379 ppm), es muy superior al nivel observado en los últimos años; dicha concentración se ha elevado a un ritmo inédito desde que empezó a medirse sistemáticamente en 1960, debido principalmente al uso de combustibles fósiles y en mayor medida a los cambios de usos de la tierra (Gonzales Armada, 2010, pág. 39)

4.3. Ciclo del carbono

Es sabido, por el análisis de las burbujas de aire atrapadas en los hielos de la Antártica que el contenido de CO_2 del aire varió al mismo tiempo que la temperatura de la Tierra, desde hace 400.000 años, pasando de aproximadamente 200 ppm (partes por millón en volumen) durante los periodos glaciales a 280 ppm durante los periodos más calientes (Saugier, 2006, pág. 72). La actual composición de la atmósfera resulta de un equilibrio entre procesos biológicos como la respiración y fotosíntesis, así como de procesos fisicoquímicos como la absorción del CO_2 en aguas frías oceánicas, subsaturadas de CO_2 y su liberación por aguas calientes, sobresaturadas de CO_2 .

Imagen 3. Ciclo del carbono



Fuente: www.profesor en línea R. No 188 540 (2009)

El Manual para monitoreo del ciclo de carbono en bosques amazónicos citado por Eurídice (2010) sustenta que “El ciclo de carbono está determinado por el almacenamiento y la transferencia de moléculas constituidas por el elemento carbono entre la atmósfera, biósfera, litósfera y océanos” (pág. 11). Del mismo modo Blanco (2013), argumenta que el ciclo del carbono empieza cuando el principal gas del efecto invernadero CO₂ es absorbido por los ecosistemas forestales para descomponer el átomo, asimilando el carbono como nutrientes para su alimentación y almacenarlo en sus diferentes reservorios (fuste, ramas, raíces, hojas) y devolver el Oxígeno en su estado natural al ambiente, de todos los ecosistemas terrestres, los bosques almacenan cerca del 45% de todo el carbono secuestrado a nivel global (pág. 45)

Ciclo del carbono es la reserva de moléculas de Dióxido de carbono mediante el proceso de fotosíntesis realizado por los ecosistemas forestales, asimilando de esta manera el carbono como nutrientes para el desarrollo de su metabolismo expulsando Oxígeno en su estado natural al ambiente por medio de la respiración producida por las hojas.

4.4. Desarrollo sustentable

La conferencia de las naciones unidas sobre el ambiente humano celebrada en Estocolmo en junio de 1972, declaro al ambiente como el hábitat mundial del hombre, como una cuestión de interés constante para los países del mundo y creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Durante la larga serie de conferencias de la ONU llegaron a un consenso en el sentido de que los países subdesarrollados entendieron que, lejos de construir un problema exclusivo del mundo industrializado, la degradación ambiental y el abuso de la naturaleza constituyen en gran medida su propio problema (Diaz, 2009, pág. 94). Por otro parte Cantu Martines (2010) objeta que “El desarrollo sustentable refiere a aquel desarrollo capaz de satisfacer necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones, eliminando la pobreza y promoviendo la equidad social, tanto intrageneracional como intergeneracional” (p. 88)

El desarrollo sustentable debe estar encaminado a lograr, la conservación del ambiente, la equidad y progreso social, el crecimiento económico, el uso racional de los recursos naturales, en un marco de gobernabilidad política para mejorar las condiciones de vida para toda la población (Bermeo Noboa, 2012, pág. 4)

El desarrollo sustentable trata de un proceso integral que exige a las distintas clases de actores que intervienen en la sociedad compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental, social y en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida de las personas.

4.5. Servicios ecosistémicos de los bosques

Existen varios principios en la actualidad por los cuáles se considera al bosque como generador de una complejidad de bienes y servicios que beneficia a la sociedad y le agrega su valor, tomando como base su conservación y bajo el enfoque de ecosistemas.

Entre los principales servicios ecosistémicos tenemos los siguientes:

- Belleza escénica, para desarrollar el ecoturismo.
- Recurso hídrico, que beneficia a todos los sectores de la economía y para el sector doméstico, que beneficia a la comunidad.
- Regulación de gases de efecto invernadero, que beneficia a la comunidad nacional e internacional.
- Conservación de suelos, que mantiene su productividad y reduce riesgos.
- Disponibilidad de material genético (germoplasma), para investigación científica.
- Suministro de productos alimenticios y medicinales (Proaño Egas, 2005, pág. 16)

El mecanismo de desarrollo limpio, que está definido en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, realiza actividades de mitigación del cambio climático entre los países industrializados y los países en desarrollo a través de la transferencia de tecnologías respetuosas con el ambiente, es decir limpias y eficaces. Estos mecanismos permiten a los países industrializados comprometidos en la reducción de GEI (gases de efecto invernadero), a realizar proyectos en los países en desarrollo, donde los costos de reducción son inferiores a los costos equivalentes en países industrializados (Moreta Vazques, 2006, pág. 62)

El uso de tecnologías limpias para efectos de mitigación del cambio climático cumplen un rol fundamental proponiendo nuevas técnicas de utilización de recursos para proponer alternativas de mitigación a fin conservar un ambiente saludable y brindar una mejor calidad de vida las personas.

La secretaria sobre el convenio de la diversidad biológica (2009) sostiene que los bosques nos brindan gran variedad de servicios ecosistémicos, estos pueden clasificarse en servicios de abastecimiento, regulación, culturales y de sustento, los servicios ecosistémicos no sólo cubren las necesidades materiales básicas requeridas para la supervivencia, sino que también sustentan otros aspectos que hacen al bienestar entre ellos, salud, seguridad, buenas relaciones sociales y libertad de elección (p. 5)

4.6. Servicios ambientales de las plantaciones forestales

Los servicios ambientales que ofrecen las plantaciones forestales inciden directamente en el mejoramiento y protección del medio ambiente y son los siguientes: mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción), protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico, protección de biodiversidad (MAGFOR/PROFOR, 2005, pág. 23). El nivel de Ecosistemas sujeta todos los servicios ambientales y dentro de este nivel están los bienes y servicios que de alguna manera son más fáciles de cuantificar siendo que se pueden relacionar con las actividades económicas del hombre; recreación, oferta hídrica, etc., yaciendo que se necesitan

estudios científicos anteriores que revelen las características de estos servicios y su potencialidad para ser utilizados en actividades económicas. Si se desconocen los usos potenciales de estos servicios ambientales y bienes es imposible calcular su valor económico (Alcala Arellano, 2009, pág. 62)

Los bienes y servicios ambientales de las plantaciones forestales son un mecanismo de financiamiento para la conservación y el desarrollo sostenible y su diversidad de especies.

Dentro de este contexto el subsector de las plantaciones forestales en Ecuador, conjuntamente con las organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, nacionales e internacionales, sector privado y sociedad civil, realizan grandes esfuerzos con el objetivo de desarrollar mecanismos para la implementación de la forestación y reforestación mediante un manejo silvicultural moderno, eficiente y rentable (Mauricio, 2012, pág. 25)

4.6.1. Protección de Cuencas Hidrográficas

El manejo del recurso agua juega un papel fundamental en la conservación de las Cuencas Hidrográficas. Regulan el ciclo hidrológico, mantienen la cobertura vegetal al nivel de la Cuenca, especialmente los bosques, bajo condiciones de precipitación normal la interceptación de la lluvia por las copas de los árboles reduce la cantidad de agua que cae al suelo. Actitudes ambientalistas como la mejor opción para conservar los recursos naturales plantean la "intocabilidad" de los sistemas forestales. Investigaciones demuestran que bajo acciones planificadas la intervención de los ecosistemas podría mejorar la permanencia de uno u otro recurso (CATIE, 2006, pág. 17)

Los servicios hidrológicos que proveen los bosques y las plantaciones se relacionan en función de mantener la cantidad y calidad del agua dentro de los parámetros requeridos por los usuarios de un sitio y que correspondan a características geológicas y climáticas propias de cada región, así como al tipo de vegetación, la protección de Cuencas Hidrográficas tiene por objeto evitar la

pérdida de cubierta vegetal y al mismo tiempo la saturación del suelo, producto de la tala de bosques, un suelo de tipo boscoso tiene mayor capacidad de almacenamiento de agua que aquel que no lo es, regula los flujos hídricos y reduce la sedimentación.

Las funciones hidrológicas más importantes de las plantaciones son:

- Regulación del ciclo hidrológico del agua (mantener el caudal durante la temporada de sequía y controlar las inundaciones)
- Conservación de la calidad de agua (reducción de carga de sedimentos, carga de nutrientes, carga de sustancias químicas y de salinidad)
- Control de la erosión del suelo
- Mantenimiento de hábitats acuáticos (reducción de temperatura del agua mediante sombra sobre ríos o corrientes) (Espinosa Cardenas, 2006, pág. 18)

4.6.2. Conservación de la biodiversidad

La revista Chilena de historia natural (2012) arguye que “Las plantaciones forestales podrían cooperar en la conservación de la biodiversidad fuera de áreas protegidas si presentan un sotobosque desarrollado” (pág. 161). Por otro lado el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE et al, (2006) argumenta que; los sistemas silvopastoriles son diseñados por el hombre y modificados en el tiempo por la naturaleza, son usados para conectar parches de bosques, pueden servir como corredores biológicos para animales y plantas, estos corredores tienen como objetivo permitir que los animales se muevan de un parche a otro, aunque no adopten ese espacio como hábitat para lograr así el intercambio genético y garantizar la supervivencia futura (CATIE, 2006, pág. 18)

Las plantaciones forestales ofrecen albergue a diferentes especies de flora y fauna que por efectos de proyectos de reforestación permanecen en sus lugares

de origen evitando migraciones por parte de la fauna y preservando las especies de flora autóctonas de la zona dentro de sus hábitats.

La Secretaria sobre el convenio de diversidad biológica *et al*, (2009), sustenta que los bosques son sistemas terrestres de mayor riqueza biológica; los distintos tipos de bosques (tropicales, templados y boreales) ofrecen en su conjunto sistemas diversos de hábitats para plantas, microorganismos y animales, además albergan la mayor parte de especies terrestres del mundo. Históricamente se conceptuaba que la predominante función de los bosques era la producción de madera. Hoy se sabe que la biodiversidad forestal sustenta a una amplia gama de bienes y servicios necesarios para el bienestar humano (pág. 5). El buen estado de los bosques y la provisión de estos y otros servicios que brindan los ecosistemas forestales penden de la existencia tanto de una diversidad de especies como de la diversidad genética dentro de cada especie y de la diversidad de tipos de bosques.

4.6.3. Captura de carbono

Las plantaciones forestales cumplen un rol fundamental dentro de la regulación del clima global por su capacidad de almacenar grandes cantidades de carbono y mantener o mejorar la productividad de las actividades agrícolas en áreas cercanas.

La captura de carbono forestal se basa en:

- Absorción activa de la nueva vegetación relacionada con actividades de nuevas plantaciones de árboles.
- Reemplazo de combustibles fósiles por biomasa producida de manera sostenible.
- Emisiones evitadas de vegetación existente refiere a la prevención y reducción de la deforestación para daños a los bosques, ya sean por métodos directos de conservación o indirectos.

En relación al objeto de estudio a la captura de carbono se lo puede negociar internacionalmente como un bien o servicio ambiental. Se han realizado esfuerzos significativos para definir la naturaleza del producto y cada vez existe un consenso respecto al procedimiento de la contabilidad del carbono (Pagiola, 2006, pág. 34). La compra y venta de servicios de carbono nace a partir de que el Panel Intergubernamental Sobre el Cambio Climático (IPCC) estimó que el 30% en los niveles de gases de efecto invernadero durante el siglo XX hizo que las temperaturas mundiales aumentaran $0,6^{\circ}\text{C}$, agravando el problema de calentamiento global (Espinosa Cardenas, 2006, p. 18). Los impactos potenciales derivados de este fenómeno están asociados con altos rangos de las temperaturas futuras, niveles de mar elevados, eventos climatológicos severos, erosión de costas, entre otros

4.7. Captura de carbono en ecosistemas forestales

Es habitualmente aceptado que las plantaciones juegan un papel importante en el almacenamiento y captura de grandes cantidades de carbono atmosférico. Las plantaciones son un pequeño sumidero de carbono con especies tropicales de rápido crecimiento por la relativa pequeña área con relación a otras formas de uso del suelo. Se cree que los países tropicales podrían favorecer a fijar grandes cantidades de carbono, debido a las favorables condiciones de clima, suelo y áreas para el establecimiento de tales plantaciones (MAGFOR/PROFOR, 2005, pág. 26)

Considerando el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero en especial el CO_2 , y la capacidad que tiene los ecosistemas forestales de absorber este compuesto y mediante procesos fotosintéticos transformarlo en Oxígeno para devolverlo a la atmósfera terrestre y asimilar el carbono para la formación de biomasa forestal, ha surgido en las últimas décadas un interés considerable por incrementar el contenido de carbono en la vegetación terrestre mediante la conservación forestal. Esto como una alternativa natural de mitigación de las emisiones de CO_2 .

Los bosques, incluyendo las plantaciones forestales, cumplen un importante papel en el ciclo del carbono global, dado que gran parte de la biomasa está conformada por carbono (aproximadamente el 50%). La importancia de este papel ha sido reconocida por el Protocolo de Kioto (PK), en el marco del cual se permite el desarrollo de proyectos de remoción de carbono atmosférico en países que no tienen compromisos de reducciones, comúnmente conocidos como proyectos forestales bajo Mecanismos para un Desarrollo Limpio (MDL, 2008, pág. 10)

La estimación de carbono en estos proyectos es un aspecto de fundamental importancia, pues la unidad transferible en el mercado internacional del carbono es la reducción (o captura) de CO₂, medida en toneladas y comercializada en reducciones certificadas (IPCC, 2008, pág. 8)

4.8. Métodos de muestreo para proyectos forestales

Dentro de los métodos utilizados para realización de proyectos forestales citamos los siguientes:

4.8.1. Muestreo aleatorio simple (M.A.S.)

Casal Jordi, Mateo Enric (2005) sostienen que; “El muestreo aleatorio simple, consiste en extraer todos los individuos al azar de una lista. En la práctica, a menos que se trate de poblaciones pequeñas o de estructura muy simple, es difícil de llevar a cabo de forma eficaz” (p. 5). La distribución por azar en la práctica es difícil a realizar por la dificultad de ubicar en el campo los sitios de cada unidad de muestreo, además el costo por los trechos a caminar sería alto.

4.8.2. Muestreo estratificado

En la práctica la estratificación generalmente se realiza en base a una fotointerpretación estereoscópica, considerando la densidad del bosque, la altura

de los árboles. Si hay asentamientos humanos es aconsejable de usar imágenes recientes de satélite para determinar las áreas afectadas, el resultado de la interpretación es un mapa forestal con los diferentes estratos forestales y no forestales. El número de unidades de muestreo en los diferentes tipos de bosque puede ser proporcional a la superficie de los mismos (BOLFOR, 2012, p. 5)

La población en estudio se separa en subgrupos o estratos, este tipo de muestreo presenta cierta homogeneidad. Después de la separación, dentro de cada subgrupo se debe hacer un muestreo aleatorio simple. El principal requisito es el conocimiento previo de la información, este método de muestreo permite subdividir la población. La estratificación es una zonificación del bosque con el objetivo de conseguir estratos más homogéneos, estratos de bajo, mediano y alto volumen por hectárea. La estratificación es eficiente si la variación dentro de los estratos es pequeña.

4.8.3. Muestreo sistemático

Se elige el primer individuo al azar en este caso y el resto viene condicionado por aquél. Este método en la práctica es muy simple de aplicar y tiene la ventaja de que no hace falta disponer de un marco de encuesta elaborado, puede aplicarse en la mayoría de las situaciones, la única precaución que se debe tener en cuenta es comprobar que la característica que estudiamos no tenga una periodicidad que coincida con la del muestreo (Galmes, 2011, p. 32). El muestreo sistemático es el método que más nos interesa porque es el método que normalmente se aplica en el muestreo forestal.

4.8.4. Muestreo por conglomerados

Se denomina conglomerado a un grupo que contiene varios elementos, en consecuencia la población ha de estar dividida en grupos para elegir una muestra de estos y estudiar todos sus componentes. Es frecuente que los conglomerados estén definidos por áreas o zonas de terreno bien delimitadas, de modo que todas

las unidades de estas zona pertenezcan solo al conglomerado, también se denomina muestreo por áreas a este tipo (Grande Esteban, 2009, p. 273)

4.9. Métodos para determinar parámetros dasométricos de masa forestal

Dentro de los métodos para determinar parámetros dasométricos de los arboles mencionamos los siguientes:

4.9.1. Medición de diámetro a la altura del pecho (DAP)

El diámetro a la altura del pecho (DAP) se lo mide a 1,30 metros sobre el suelo. Las mediciones del DAP son utilizadas para calcular estimaciones de volumen de madera, área basal y biomasa sobre el suelo (carbono) de árboles individuales y bosques enteros. Tomar la medición del DAP de un árbol es relativamente fácil de hacerlo, y con un poco de práctica, las medidas de varios árboles pueden ser obtenidas de manera más rápida y precisa (Walker, 2011, pág. 31). Rugnits Tito (2009) menciona que; “La medición puede ser realizada con cinta diamétrica (cinta flexible usada para medir la circunferencia), proporcionando el resultado directamente en unidades de diámetro en centímetros o con el uso de una forcípula” (p. 57). En algunos casos, principalmente para investigación, se utilizan equipos específicos como el dendrómetro de cinta o clinómetros de precisión

4.9.2. Medición de alturas

La altura es un parámetro directamente relacionado a la calidad de un sitio forestal y no está tan influenciada por la densidad de un bosque, por ese motivo es un valor muy utilizado para clasificar los distintos tipos de sitio por una metodología denominada “índice de sitio”. Los métodos para medir la altura pueden ser directos o indirectos (Figueroa Clemente, 2007, p. 179). La importancia de medir las alturas de los arboles radica en el hecho de que con esta variable más el diámetro a la altura del pecho DAP, es posible estimar variables importantes del árbol individual.

La medición de la altura requiere que tanto la base como el ápice del árbol sean claramente visibles. Esto último puede ser difícil en árboles de copa globosa, caso en que tenderá a sobreestimarse la altura total. Otra causa de error en la medición de alturas es la inclinación del árbol en relación al plano vertical. Estos errores de medición se reducen al aumentar la distancia entre el observador y el árbol. En la medición de la altura de un árbol inclinado, las lecturas obtenidas del instrumento óptico no corresponden a la altura real del árbol. La altura aparente debe corregirse para obtener la altura real (Calderón, 2006, p. 4)

4.9.3. Métodos para cálculo de biomasa y carbono en plantaciones

Dentro de los metodos utilizados para determinar biomasa y carbono forestal en plantaciones citamos los siguientes:

a. Biomasa

Pearson (2005), citado por Gonzales Sarate *et al*, (2008) se refiere a la biomasa como: “La cantidad de materia orgánica seca que se encuentra en cierto momento, donde se distingue: biomasa aérea, biomasa subterránea, detritos gruesos, detritos finos y el suelo”(pág. 5). Por otra parte la FAO, considera que “la biomasa es un elemento principal para determinar la cantidad de carbono almacenado en el bosque” (pág. 7). La biomasa forestal permite elaborar previsiones sobre el ciclo mundial del carbono, que es un elemento de importancia en los estudios sobre el cambio climático.

Biomasa es la cantidad de materia almacenada dentro de un ecosistema forestal, expresada en peso por unidad de área y volumen originada por procesos biológicos, pudiendo ser utilizados como fuente de energía alternativa.

b. Métodos para calcular biomasa

Gonzales Sarate Merquea (2008) senala que para calcular el contenido de biomasa existen dos métodos: el directo y el indirecto.

Método directo: Consiste en medir los parámetros básicos de un árbol (el diámetro a la altura del pecho DAP, altura total, diámetro de copa) denominado también método destructivo; derribarlo y calcular la biomasa pesando cada uno de los componentes (fuste, ramas y follaje).

Método indirecto: Cuando existen árboles de grandes dimensiones éste método es utilizado y en casos en los que se requiere conocer el carbono de un bosque sin necesidad de derribar los árboles. En éste método con fórmulas dendrométricas se cubica y estima el volumen de las trozas; el volumen total del fuste o de las ramas gruesas se obtiene con la suma de estos volúmenes parciales. Se toman muestras de madera del componente del árbol y se pesan en el campo, luego se calcula en el laboratorio los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad específica verde y la gravedad específica seca o densidad básica en gramos por centímetro cúbico (Gonzales Sarate, 2008, pág. 10)

c. Métodos de estimación de carbono

Locatelli y Leonard, (2001), citado por Vigil Neri (2010) mencionan que los métodos existentes para medir los almacenes de carbono en las masas forestales son de tres tipos. Los primeros se realizan a nivel global, en países o continentes, teniendo como ventaja la sencillez de los datos necesarios, solo que se alejan de la realidad del terreno. Los segundos se acercan más a la realidad pero eluden mediciones del terreno, generalmente se basan en datos de inventarios forestales. En el tercer tipo, se utilizan correlaciones entre las dimensiones y la biomasa, se realizan en base a datos proporcionados por muestreos destructivos (pág. 22)

Para estimar el peso de carbono en la biomasa, se multiplica el peso de la biomasa por un factor que varía entre 0,45 y 0,55. El valor indica la fracción de carbono en la materia vegetativa, al no contar con información específica, generalmente se usa un valor de 0,50 toneladas métricas, en caso de contar con información por especie, se calcula un promedio ponderado (Vigil Neri, pág. 23)

4.10. (*Tectona grandis* L.F:) teca

Álvarez y Varona 1988, Walker, A. (2007), citado por Danny Estallin Vega, Ortega, *et al*, (2013) nos dice que: la teca es un árbol frondoso de la familia de las verbenáceas que alcanza hasta 30 m de altura, nombrada como la Reina de las maderas, pues su apariencia se hace más bella con el paso de los años y tiene la capacidad de no dañarse cuando entra en contacto con metales, lo que la hace muy valiosa para la fabricación de muebles de alto valor y embarcaciones lujosas (pág. 18)

4.10.1. Nomenclatura

Reino:	Plantae
Filum:	Spermatophyta
Subphylum:	Angiospermae
Clase:	Dicotyledonae
Orden:	Lamiales
Familia:	Verbenaceae.

Foto 1. (*Tectona grandis* L.F:) teca



Realizado por: El Autor

Fuente: Alternative Medicine Dictionary (2014)

4.10.2. Morfología de la especie

Landeta Gonzáles, Aracely (2009) define la Morfología de la teca como:

a. Árbol

(*Tectona grandis* L.F.), pertenece a la familia Verbenaceae es una especie latifoliada, es un árbol grande, deciduo que puede alcanzar más de 2 m de diámetro y 50 m de altura en su lugar de origen. Árbol de fuste recto de color café claro con corteza áspera y fisurada de 1,2 mm de espesor, que desfolia en placas grandes y delgadas. Los árboles generalmente presentan dominancia apical, originando una copa más amplia con ramas numerosas que se pierden con la madurez o cuando florece a temprana edad.

b. Hojas

Las hojas son simples, opuestas, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos.

c. Inflorescencia y flor

Inflorescencia en panículas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo. Flores de cáliz campaneado, color amarillo verdoso, de borde dentado, los pétalos se juntan formando un tubo corto, 5 o 6 estambres insertados debajo del tubo de la corola, anteras amarillas, ovadas y oblongas, estilo blanco amarillento, más o menos pubescente con pelos ramificados, estigma blanco amarillento bífido, ovario ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas.

d. Fruto

El fruto es drupáceo y envuelto por cáliz persistente, mide aproximadamente 1 cm., posee cuatro carpelos que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5mm de largo. La producción de semillas fértiles se presenta entre los

15 y los 20 años, sin embargo, en algunos casos se da una floración temprana entre 5 y 8 años. En el Ecuador se ha observado que la teca florece por primera vez, aproximadamente, a los 4 años pero su semilla no es viable. La época de la floración es entre los meses de febrero - mayo y los frutos están listos para la cosecha entre los meses de julio – octubre.

e. Sistema radical

Presenta una raíz pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, forman numerosas y fuertes raíces laterales. Las raíces son muy sensibles a la falta de oxígeno, debido a su sistema radicular superficial, de ahí que se encuentran a poca profundidad (primeros 30 cm.) creciendo en suelos bien drenados. En los primeros 30 cm. de suelo se encuentra el 65 a 80% de la biomasa radical fina (Landeta González, 2009, págs. 21-24)

4.10.3. Aspecto

Ortega Vega, Danny *et al*, (2013) objeta quela teca es de albura blanquecina y duramen amarillento o bronceo, la fibra es generalmente recta, aunque en raras ocasiones puede presentar fibra ondulada que es habitual procedente de la India. El grano es grueso con presencia de trazas de sílice variables, posee un tacto aceitoso y recién cortada tiene un fuerte olor a cuero viejo que desaparece en gran medida al secarse(pág. 20)

4.10.4. Propiedades

Presenta una densidad entre 650 y 750 kg/m³, con una media de 690 kg/m³ al 12% de humedad. Se considera una madera pesada y de dureza media. Tiene una resistencia media a la flexión, poca rigidez y resistencia al impacto, una resistencia alta a la comprensión y un grado moderado de doblado con vapor. La velocidad de secado de la madera de teca es lenta y varía en función de la densidad. En general, se trabaja bastante bien tanto a mano como a máquina,

aunque el aserrado y cepillado de la madera desgasta rápidamente las herramientas a causa de su alto contenido en sílice. (Ortega Vega, 2013, pág. 21)

4.10.5. Aplicaciones

Disfruta de muy buena reputación, bien merecida, por su alta resistencia y durabilidad, presenta una gran estabilidad en ambientes cambiantes, no se agrieta ni se pudre, y resiste a la acción de los hongos xilófagos e incluso a algunos ácidos. Estas características son las que hacen posible que la madera teca esté considerada como una de las más valiosas del mundo y goce así de múltiples aplicaciones como es el caso de la fabricación de:

- Chapas para recubrimientos decorativos
- Mobiliario y ebanistería
- Carpintería interior: Suelos, frisos, escaleras
- Carpintería exterior: Revestimientos, ventanas
- Construcción naval: Embarcaciones ligeras
- Puentes: Elementos en contacto con el suelo o el agua
- Tornería: Piezas curvadas y recipientes resistentes a los ácidos.

La primera fase de un estudio de crecimiento y rendimiento es la elaboración de un sistema para la clasificación de la productividad de los sitios forestales los cuales constituyen el conjunto de factores edáficos y bióticos que determinan la permanencia y la productividad de biomasa de determinada comunidad forestal, sea esta natural o creada por el hombre (Ortega Vega, 2013, pág. 24). Ecuador tiene su ingreso a partir de 1950 específicamente en la provincia de Los Ríos, demostrando una excelente adaptación, posteriormente se expande a otros lugares, alcanzando alturas en su desarrollo que sobrepasan los 30 metros y producciones de 375 m³/ha en 25 años de cultivo.

4.11. Marco legal

Dentro del marco legal citado por la por investigación mencionamos las siguientes;

4.11.1. Constitución de la república del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador fue creada bajo Registro Oficial No. 449 y publicada el 20 de octubre del 2008. Establece los derechos de la Naturaleza basados en la sostenibilidad y el buen vivir de las personas. Entre los Artículos relacionados mencionamos los siguientes:

TÍTULO II

Capítulo segundo, derechos del buen vivir, sección segunda, Ambiente sano

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Capítulo séptimo, derechos de la naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia, el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales,

jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Art. 74.- Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el Estado.

4.11.2. Ley de gestión ambiental

La ley de Gestión Ambiental fue creada bajo Registro Oficial No. 418 y publicada el 10 de septiembre del 2004, Establece los derechos de la Naturaleza basados en la sostenibilidad y el buen vivir, mencionamos los siguientes artículos:

TÍTULO II

Del régimen institucional de la gestión ambiental, Capítulo I, del desarrollo sustentable

Art. 7.- La gestión ambiental se enmarca en las políticas generales de desarrollo sustentable para la conservación del patrimonio natural y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que establezca el Presidente de la República al aprobar el Plan Ambiental Ecuatoriano. Las políticas y el Plan mencionados formarán parte de los objetivos nacionales permanentes y las metas de desarrollo.

El Plan Ambiental Ecuatoriano contendrá las estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión ambiental nacional y será preparado por el Ministerio del ramo.

Art. 35.- El Estado establecerá incentivos económicos para las actividades productivas que se enmarquen en la protección del medio ambiente y el manejo sustentable de los recursos naturales. Las respectivas leyes determinarán las modalidades de cada incentivo.

Art. 83.- Quienes comercialicen productos forestales, animales vivos, elementos constitutivos o productos de la fauna silvestre, especialmente de la flora o productos forestales diferente de la madera, sin la respectiva autorización, serán sancionados con una multa de quinientos a mil salarios mínimos vitales."

4.11.3. Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre

La importancia que tienen los bosques y las plantaciones forestales en la conservación de la biodiversidad y el ecosistema del planeta la ley forestal y de conservación de áreas naturales y de vida silvestre con R.O. No 418 publicado el 10 de septiembre del 2004 se ha actualizado en el marco legal del País, dentro de este proceso de actualización citamos los siguientes artículos tomados como base legal para el presente estudio.

La competencia forestal corresponde al Ministerio del Ambiente que es la Autoridad Nacional Ambiental, responsable del desarrollo sustentable y la calidad ambiental del país y se constituye en la instancia máxima, de coordinación, emisión de políticas, normas y regulaciones de carácter nacional, cuya gestión se enmarca en la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre.

Art. 20.- El Ministerio del Ambiente, los organismos de desarrollo y otras entidades públicas vinculadas al sector, establecerán y mantendrán viveros forestales con el fin de suministrar las plantas que se requieran para forestación o reforestación y proporcionarán asistencia técnica, con sujeción a los planes y controles respectivos. Igualmente, las personas naturales o jurídicas del sector privado, podrán establecer, explotar y administrar sus propios viveros, bajo la supervisión y control técnico del Ministerio del Ambiente.

Art. 40.- El Ministerio del Ambiente, establecerá con fines de protección forestal y de la vida silvestre, vedas parciales o totales de corto, mediano y largo plazo, cuando razones de orden ecológico, climático, hídrico, económico o social, lo justifiquen.

A fin de conservar la riqueza de nuestro recurso forestal en diversidad biológica, el aprovechamiento sustentable de estos recursos conjuntamente con una adecuada gestión ambiental, se formularon nuevas políticas las mismas que se plasmaron en:

- Estrategia ambiental para el desarrollo sostenible del Ecuador”. Noviembre 1999.
- Estrategia para el Desarrollo Forestal Sustentable”. Junio 2000.
- Plan Nacional de Forestación y Reforestación” – Abril 2003.
- Política y Estrategia de Biodiversidad 2001 – 2010.

Capítulo X, de la protección forestal

Art. 59.- Los propietarios de bosques, los contratistas de aprovechamiento forestal y en general los poseedores, administradores y tenedores de bosques, están obligados a adoptar las medidas necesarias para prevenir o controlar los incendios o flagelos, plagas, enfermedades y perjuicios a los recursos forestales.

TÍTULO IV

De las Infracciones a la presente Ley y su Juzgamiento, capítulo I, de las Infracciones y penas

Art. 78.- Si la tala, quema o acción destructiva, se efectuare en lugar de vegetación escasa o de ecosistemas altamente lesionables, tales como manglares y otros determinados en la Ley y reglamentos; o si ésta altera el régimen climático, provoca erosión, o propensión a desastres, se sancionará con una multa equivalente al cien por ciento del valor de la restauración del área talada o destruida.

4.11.4. Libro III del TULSMA

El libro III del texto unificado de legislación ambiental secundaria con sus siglas TULSMA con registro Oficial No 320 fecha de publicación el 25 de julio del 2006, establece los artículos mencionados a continuación.

TÍTULO I

Del régimen forestal, de los objetivos de prioridad nacional emergente de la actividad forestal

Art. 1.- Impúlsese la actividad forestal en todas sus fases, con el fin de promover el desarrollo sostenible y contribuir a los esfuerzos por reducir la pobreza, mejorar las condiciones ambientales y fomentar el crecimiento económico.

Art. 2.- Prepárese un sistema de incentivos y líneas de financiamiento, para el manejo sustentable y reforestación de las áreas forestales productivas públicas y privadas, dando prioridad al fomento de la actividad forestal que promueva la preservación de un medio ambiente sano y del desarrollo social y económico, a través de proyectos ejecutados por organismos no gubernamentales, empresas privadas, organizaciones campesinas, personas naturales, entidades públicas, financiados con fondos nacionales o extranjeros.

TÍTULO V

De las tierras forestales y los bosques de propiedad privada

Art. 28.- Los propietarios de tierras de aptitud forestal cubiertas por bosques naturales o cultivados, están obligados a conservarlas y manejarlas, en sujeción a lo prescrito en la Ley, este Reglamento y demás normas técnicas que establezca el Ministerio del Ambiente o la dependencia correspondiente de éste.

Art. 92.- Para la aprobación del plan de manejo integral o programas de aprovechamiento y corta, el funcionario forestal competente o la entidad a la cual

el Ministerio del Ambiente delegue esta responsabilidad, realizará inspecciones aleatorias con el objeto de verificar los datos consignados en dicho plan o programa y el cumplimiento de las normas técnicas específicas.

4.12. Marco conceptual

Atmósfera: Es la capa de gas que rodea a un cuerpo celeste. Los gases son atraídos por la gravedad del cuerpo, y se mantienen en ella si la gravedad es suficiente y la temperatura de la atmósfera es baja.

Biomasa: La cantidad total de organismos en un área determinada, conjunto de materia biológicamente renovable (madera, celulosa, lignina, almidón, quitina); es la cantidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema.

Biodiversidad: Es la variedad de la vida, este concepto incluye varios niveles de organización biológica, diversidad de especies de (plantas, animales, microorganismos y hongos) que viven en espacios determinados, a su (variabilidad genética, a los ecosistemas de los cuales forman parte estas especies y a los paisajes o regiones donde se ubican los ecosistemas.

Ciclo de carbono: Circuito cerrado seguido por aquellos materiales que, en un punto dado, se presenta en estado gaseoso. El contenido del dióxido de carbono en la atmósfera, procedente de la respiración de los seres vivos, se transforma, por la fotosíntesis de las plantas verdes, en complejos orgánicos (carbohidratos), que nuevamente son degradado por la respiración metabólica de los organismos consumidores y las propias plantas.

Conservación ambiental: Apunta a garantizar la subsistencia de los seres humanos, la fauna y la flora, evitando la contaminación y la depredación de recursos. La creación de áreas protegidas (como reservas naturales o parques nacionales) es una de las políticas más frecuentes para la conservación ambiental, en consecuencia la conservación es positiva, y comprende la preservación, el

mantenimiento, la utilización sustentable, la restauración y el mejoramiento del entorno natural.

Combustibles fósiles: Son recursos no renovables ya que no se reponen por procesos biológicos como por ejemplo la madera. En algún momento, se acabarán, y tal vez sea necesario disponer de millones de años de una evolución y descomposición similar para que vuelvan a aparecer.

Costo ambiental: Es el valor económico que se le asigna a los efectos negativos de una actividad productiva para la sociedad (contaminación, pérdida fertilidad del suelo, etc.).

Degradación Ambiental: Proceso de alteración de las características que determinan la calidad del medio ambiente que provoca la pérdida de biodiversidad y la disminución de la capacidad productiva de los suelos y otros recursos, debido a que se excede el ritmo natural de reemplazo de los mismos.

Desarrollo Sustentable: Constituye un proceso que pretende la satisfacción de las necesidades actuales permanentemente, sin comprometer la satisfacción de las necesidades futuras de las actuales generaciones y de las que vendrán, es decir, que no agota ni desperdicia los recursos naturales y no lesiona innecesariamente al ambiente ni a los seres humanos.

Desertificación: La degradación de las tierras en las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas.

Dióxido de carbono: Es un gas incoloro, denso y poco reactivo. Forma parte de la composición de la tropósfera (capa de la atmósfera más próxima a la Tierra) actualmente en una proporción de 350 ppm. (Partes por millón). Su ciclo en la naturaleza está vinculado al del oxígeno.

Efecto Invernadero: Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases que son componentes de la atmosfera, retienen la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar.

Elementos contaminantes: Es todo tipo de material o sustancia que luego de su utilización causas daños al ambiente, ya sean estos por procesos degradativos o sus diferentes tipos de aplicación y usos.

Emisiones: Son todos los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que emanen como residuos o productos de la actividad humana o natural.

Fotosíntesis: La fotosíntesis consiste en la fabricación de alimentos por medio de la luz, a partir del agua, las sales minerales y el dióxido de carbono, desprendiendo oxígeno.

Mediciones dasométricas: Son aquellas que permiten cuantificar el crecimiento y la producción forestal, es decir, mediante estas medidas, se puede determinar el volumen, el área basal y la edad de los árboles. Estas mediciones se pueden efectuar en árboles talados o en árboles en pie.

Mitigación: Se entiende también por mitigación al conjunto de medidas que se pueden tomar para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos que pudieran tener algunas intervenciones antrópicas.

Modelos Alométricos: Son herramientas matemáticas que permiten obtener valores de producción de biomasa en función de variables, tales como el DAP, altura total y/o diámetro de la copa, variables que son de medición en campo.

Moléculas Orgánicas: Todas las que contienen carbono, hidrogeno y oxígeno.

Muestreo: El muestreo es por lo tanto una herramienta de la investigación científica, cuya función básica es determinar que parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población

Precipitación: La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se condensa y cae de la solución (es decir, precipita).

Procesos metabólicos: Aquellos procesos involucrados en la transformación de la materia en energía, comprende 2 etapas antagónicas, el anabolismo, etapa de construcción o producción y el catabolismo, etapa de degradación, lisis o destrucción.

Recurso forestal: Es aquello que se obtiene de los bosques y que permite satisfacer alguna necesidad humana, ya sea de manera directa o indirecta.

Reforestación: Plantación renovada de los árboles talados en la explotación comercial o destruidos por algún accidente. Actividad que persigue el restablecimiento de la homogeneidad de la cubierta arbórea, sobre un terreno previamente deforestado, usando especies nativas o exóticas, y con una finalidad social o económica.

Remediación: Es la aplicación de estrategias Físicas y Químicas para evitar el daño y la contaminación

Rodal: Porción de una masa forestal, uniforme en cuanto a especie, edad, calidad y estado, y diferente de las circundantes en cuanto a uno o varios de los citados caracteres.

Servicios ambientales: Son los beneficios difusos que brinda a la sociedad una determinada área natural, en virtud de su existencia como tal, los que son generalmente difíciles de expresar en valor moneda.

Temperaturas atmosféricas: Se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinados así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales.

5.1.1. Equipos de campo

- Brújula de mano marca Suunto
- Clinómetro Suunto PM-5/360
- Navegador GPS marca Garmin-Oregon 600
- Cámara fotográfica Nikon 7700
- Calculadora Casio FX 800
- Motosierra Sthil MS 170C

5.1.2. Materiales de campo

- Wincha de 30 m
- Machete
- Lima triangular
- Rollos de cuerda
- Spray de pintura
- Lápiz
- Tablero de campo
- Pilas Duracell A y AA
- Plástico
- Bolsas plasticas
- Costales
- Mochilas
- Instructivos de campo
- Mapas de ubicación de parcelas

- Balanza graduada a 1 kg.

5.1.3. Equipos y materiales de Laboratorio

- Estufa
- Balanza digital
- Calculadora
- Cámara fotográfica
- Probetas de 1000 ml
- Probetas de 10 ml
- Pipeta
- Muestras de madera del fuste (12 total)
- Espátula

5.2. Métodos

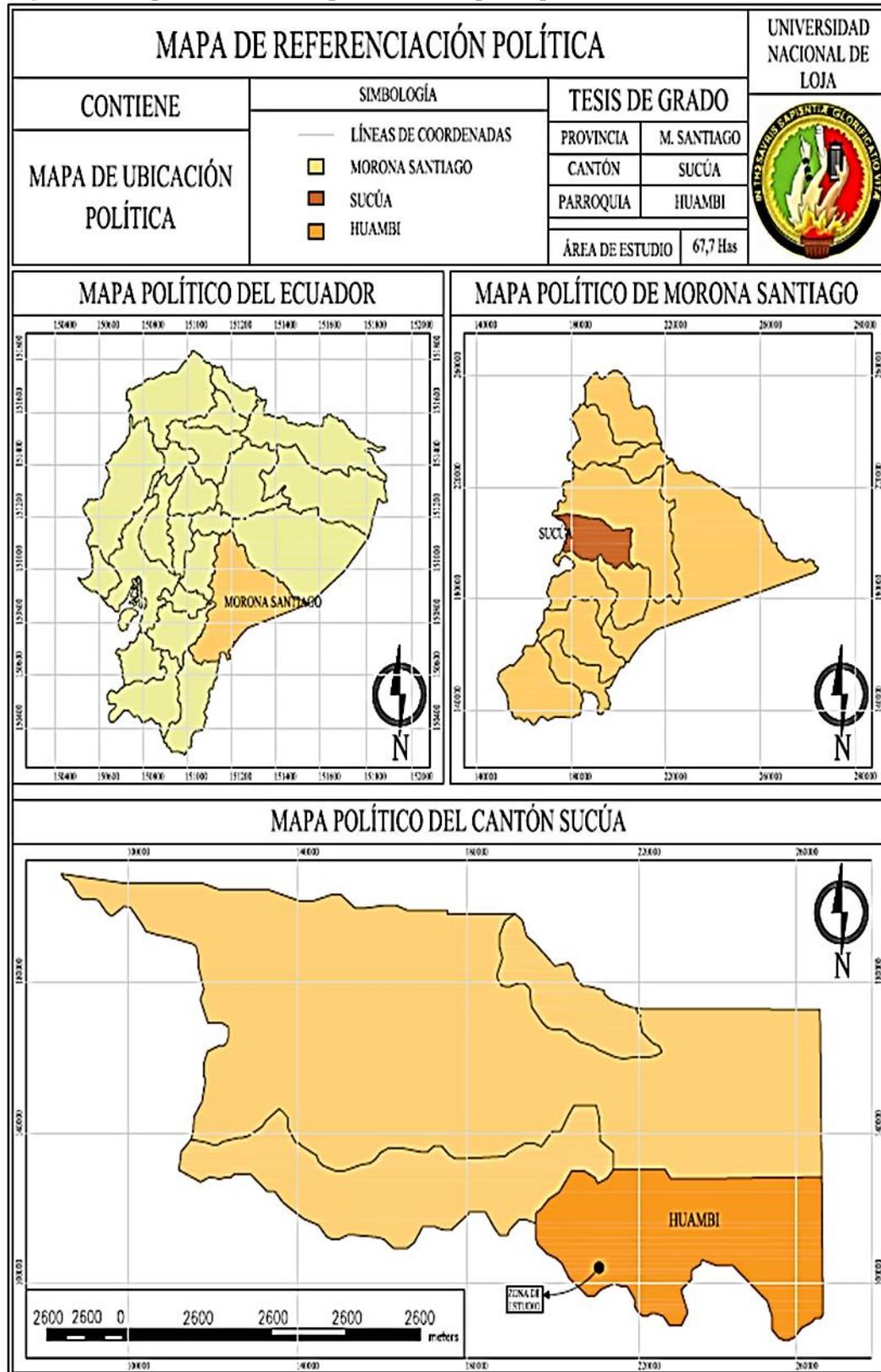
5.2.1. Ubicación Política del Área de estudio

La información presentada a continuación corresponde al Gobierno Autónomo Descentralizado de la parroquia Huámbi, dentro de su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2009-2014):

El área de estudio queda localizada en el sector el Corazón de Jesús, perteneciente a la parroquia Huámbi, cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago.

El Mapa 1 presenta la ubicación de la parroquia Huámbi con respecto al país, provincia y cantón.

Figura 1. Mapa de ubicación política de la parroquia Huámbi



Realizado por: Equipo PDOT-PDOT (2009 – 2014)

Fuente: Gobierno Municipal de cantón Sucúa, INEC, TNC, PROMAS

Los límites son

- Al Norte: Cabecera cantonal Sucúa
- Al Sur: Cantón Logroño
- Al Este: Cantón Morona
- Al Oeste: Cabecera parroquial de Asunción (GAD Huámbi, 2009-2014, p. 5)

La parroquia Huámbi tiene como cabecera parroquial la ciudad de Huámbi, políticamente se encuentra dividido en 10 comunidades o centros poblados: Huámbi, Bellavista, Corazón de Jesús, Cristal, Tesoro, Kayamas, Kumpas, Independientes de Cumbatza, Jesús del Gran Poder, Cusuimi.

Tabla 1. Datos de la parroquia Huámbi

Código Cantonal	Cantón	Parroquia	Código Parroquial	Área en Km ²	Porcentaje
1406	Sucúa	Huámbi	140652	214,82	16,72 %

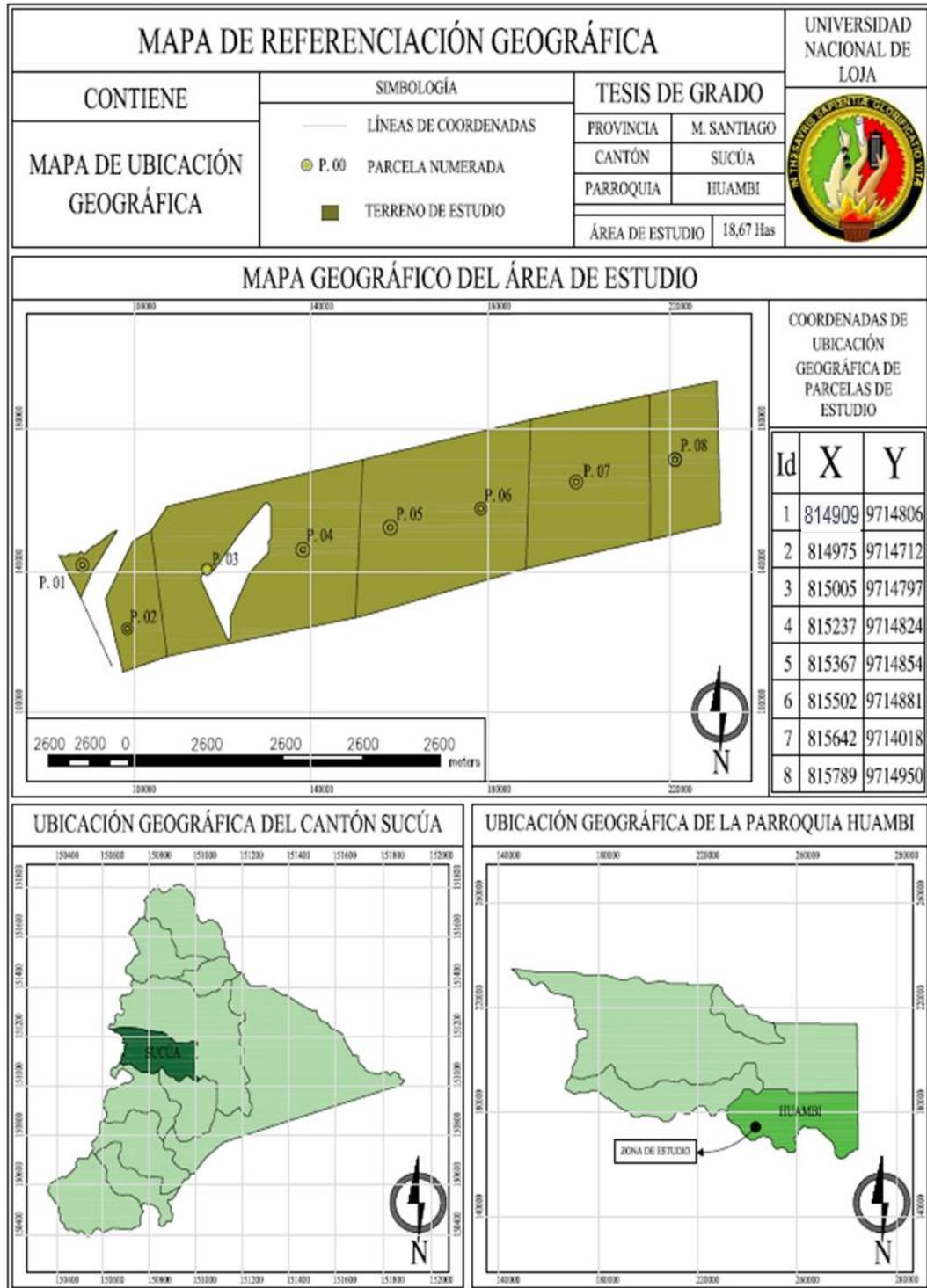
Realizado por: Equipo Técnico GMCS-PDOT (2009-2014)

Fuente: Gobierno Municipal de cantón Sucúa, ECORAE, I.N.E.C

5.2.2. Ubicación geográfica del área de estudio

La parroquia Huámbi esta geográficamente localizada al sur este del cantón Sucúa entre los puntos; 2° 30' 39" S, 78° 11' 45" W, hasta 2° 37' 08" S, 78° 00' 04" W. El estudio se encuentra ubicado en el sector el Corazón de Jesús, presenta una superficie de, 18,67 hectáreas, delimita dentro de las coordenadas UTM, WGS 84, 17 sur X: 0814931 Y: 9714642, a una altitud entre 692 a 700msnm, la plantación forestal que corresponde a madera teca (*Tectona grandis* L.F.) ocupa su totalidad de metros cuadrados en plantación, se encuentra linderada, por el Norte con la finca de propiedad del Sr. Braulio González y Sr. Samuel Gutiérrez, Sur con la propiedad de cultivos de los hermanos Brito, al Este propiedad del Sr. César González y por el Oeste con propiedad del Sr. Joel Moncayo. Es necesario indicar que las fincas aledañas al sitio de estudio y del sector están dedicadas a actividades agrícolas y ganaderas. La Figura 2 presenta el área de estudio donde se realizó la investigación.

Figura 2. Mapa del área de estudio



Realizado por: El autor

5.3. Aspectos biofísicos y climáticos

Esta actividad se desarrolló en base a información facilitada por el Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Huámbi, dentro de su Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (2009-2014).

5.3.1. Aspectos biofísicos

Dentro de este margen altitudinal, se identifican 13 ecosistemas o formaciones vegetales incluidas en el antrópico, dentro de estos ecosistemas se han identificado aproximadamente 655 especies de plantas endémicas y un número considerable de especies de aves con endemismo regional. Estos ecosistemas por acciones naturales y antrópicas han dado lugar a la formación de varios tipos de vegetación: Pastos cultivados, cultivos, bosque/pasto, pasto/bosque, pasto natural, bosque natural, cultivos de ciclo corto.

a. Bosque Lomería

Se encuentra en zonas bajas correspondientes al valle del Río Upano y Tutanangoza, está localizado a una altura que va de los 500 – 700 msnm, está representado por pendientes de tipo: Planicie, Ondulado, Inclinado, Escarpado y muy Escarpado, distribuido en paisajes de tipo colinas medianas, cuerpos de agua, relieves escarpados, terrazas bajas, zonas urbanas y rurales. En esta zona de vida están presentes las precipitaciones de 1250 – 2500 mm, media anual y con temperaturas media anual mayor a 22°C., es un lugar muy apto para la agricultura (GAD Huámbi, 2009-2014)

b. Bosque Premontano

Se encuentra en zonas bajas correspondientes al valle del Río Upano, Tutanangoza, Miriumi, Saip, Está situado en la unidad estructural Premontano, localizado a una altura que va de los 700 – 1500 msnm, está representado por pendientes de tipo: Planicie, Ondulado, Inclinado, Escarpado y muy escarpado, distribuido en paisajes de tipo colinas altas y medianas, cuerpos de agua, mesas disectadas y muy disectadas, relieves escarpados, montañosos, terrazas altas, medias y bajas, zonas urbanas y rurales, precipitaciones de 1250 – 2500 mm y con temperaturas media anual de 16-22°C. Este ha sido el espacio preferido por el ser humano para desarrollar las distintas actividades socioeconómicas, agrícolas, ganaderas y por tanto ha perdido casi toda su vegetación original. Dentro de esta zona de vida aparecen remanentes de bosque natural y silvopastoril dominados por arbustos y pastos (GAD Huámbi, 2009-2014)

c. Flora

La provincia de Morona Santiago, tiene 2`387.500,00 hectáreas de superficie, equivalente al 9,00% del territorio nacional, aproximadamente se extiende en el norte desde los 200 (Nayantza) hasta 5200 msnm (sector Los Altares límite con la provincia de Chimborazo) y en el sur desde los 300 (Confluencia del Río Santiago en el límite con el Perú) hasta 3600 msnm (Sector la Loma de la Virgen límite con la provincia del Azuay).

La composición florística de la parroquia Huámbi es una mezcla de especies de tierras bajas y montañas, lo que ha permitido la presencia de alrededor de 206 especies endémicas distribuidas en 28 familias, la familia Orchidaceae es la más representativa con 88 especies, seguida por la Bromeliaceae con 18 y la Melastomataceae con 11. Muchas de estas especies endémicas están catalogadas dentro de alguna categoría de amenaza, como: *Stenandrium harlingii* (vu), *Ceroxylonam azonucum* (en), *Begonia valvata* (en), *Aechmea aculeatospela* (vu), *Aechmea biflora* (vu), *Aechmea kentii* (en),

Guzmania andreatae (vu), *Guzmania antrocastanea* (vu), *aureosericea* (en), etc (GAD Huámbi, 2009-2014)

El Cuadro 1 presenta las especies de flora características de la zona del valle del Upano.

Cuadro 1. Especies de flora características de la zona

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	USOS
Chonta	<i>Iriartedeltoidea</i> P.&P.	ARECACEAE	Cercas
Cedro	<i>Guarea persistens</i> L	MELIACEAE	Madera
Copal	<i>Dacryodes peruviana</i> sp	BURSERACEAE	Madera
Uva	<i>Pourumaceropiifolia</i> Mart	CECROPIACEAE	Alimento aves
Sin nombre	<i>Mattenuisatessmanii</i> E. Wimm.	CACINACEAE	Sin uso
Sapotillo	<i>Pouteria</i> sp	SAPOTACEAE	Madera
Fernan sanchez	<i>Triplarismoyobambensis</i> J. B Brandrige E	POLYGONACEA	Madera
Sin nombre	<i>Guzmania</i> sp	BROMELIACEAE	Plantas
Camacho	<i>Anthurium</i> spp	ARACEAE	Sin uso
Arbustos	<i>Banaraguianensis</i> Aubl.	FLACOURTACEAE	Sin uso
Sin nombre	<i>Asplenium serra</i> Lang. Herb	ASPLENIACEAE	Sin uso
Canelo	<i>Ocoteajavitensis</i> , Kunth	LAURACEAE	Madera

Fuente: ECORAE (2009)

d. Fauna

La diversidad de aves registra 465 especies, de esta cantidad se estima que el 10% se han adaptado a medios intervenidos, la composición está representada por todos los grupos, dominando siempre los Passeriformes con el 60%. Se registran 15 especies endémicas regionales y una especie para el Ecuador el *Heliangelus strophianus*, se registran 9 especies amenazadas, de estas 8 son vulnerables y una en peligro. Es importante citar que existen 25 especies especialistas y 66 que se encuentran exclusivamente en dos hábitats. De las 66 especies citadas, 19 pueden ser vistas en ambientes abiertos o intervenidos. En este ecosistema se han registrado sobre el 32% de especies altamente sensibles.

Con respecto al resto de vertebrados, según información de los pobladores cercanos, en esta zona existen especies de todos los tamaños, entre los más frecuentes *Puma Concolor* (puma), *Didelphys albiventris* (raposa), *Tapirus terrestris* (tapir), en anfibios *Bufo typhonius*, en reptiles *Boa constrictor* (boa) (GAD Huámbi, 2009-2014, pp. 22-25)

Cuadro 2. Especies de fauna características de la zona

NOMBRE COMÚN	ESPECIE	FAMILIA
Elanio tijereta	<i>Ictinia mississippiensis</i> , L	ACCIPITRIDE
Gallinazo negro	<i>Coragyps atratus</i> : B.J.	CATARTIDAE
Riachuelero	<i>Lochmias nematura</i> , Sharp	FURANARIIDE
Picaflor	<i>Heliangelus strophanus</i> , Vieillot	TROCHILIDAE
Paloma palomisa	<i>Columba plúmbea</i> , V.	COLUMBIDAE
Armadillo	<i>Dasyprocta vemicinctus</i> , L.	DASYPODIDAE
Gavilán alicastaño	<i>Parabuteo unicinctus</i> , T.J.	ACIPITRIDAE
Oso hormiguero	<i>Tamandua tetradactyla</i> : L	MYRMECOPHAGIDAE
Venado	<i>Mazama americana</i> sp	CERVIDAE
Zorro común	<i>Vulpes vulpes</i> , Linnaeus.	CANIDAE
Murciélago	<i>Pipistrellus pipistrellus</i> , Schreder	VESPERTILIÓNIDOS
Guatusa	<i>Dasyprocta fuliginosa</i> , A.S.	DASYPROCTIDAE
Garrapatero	<i>Crotopagaani</i> , L.	CUCULIDAE
Rana	<i>Arvalis</i> , sp	RANIDAE

Fuente: ECORAE (2009)

5.3.2. Aspectos climáticos

La zona comprende grandes variaciones climáticas. Alto Andino va desde los 3500 hasta sobre los 5400 msnm en las estribaciones del Volcán Sangay (3 y 6°C). Templado cuyas altitudes se extienden desde los 2000 hasta los 3500 msnm (12 y 18°C). Subtropical desde los 300 hasta los 1900 msnm (18 y 22,8°C). Tropical, de la llanura amazónica, por debajo de los 600 msnm (23 y 26 °C) (GADCM, 2015)

a. Clima Megatérmico lluvioso

Temperaturas próximas a los 25°C y precipitación de 3000 – 6000 mm. La distribución de lluvias a lo largo del año es muy regular a excepción de una débil recesión entre diciembre y febrero. La humedad relativa es del 90% y el cielo está muchas veces nublado.

b. Clima Tropical Megatérmico Húmedo

Es un clima de transición entre las zonas del litoral y la región andina, está presente en la vertiente exterior de la cordillera occidental, entre los 500 y 1900msnm aproximadamente, presenta temperaturas de 28°C con precipitaciones entre 1800 a 2800 mm. La humedad relativa es del 65% con cielos poco nublados (GAD Huámbi, 2009-2014)

5.3.3. Temperatura

Por las características topográficas del terreno en la parroquia Huámbi presenta una variabilidad en cuanto a la temperatura que va desde los 22°C hasta los 28°C, con una temperatura promedio de 25°C (GAD Huámbi, 2009-2014)

a. Precipitación

Por las características topográficas que presenta la parroquia Huámbi tenemos una gran variabilidad en cuanto a la precipitación media anual que va desde los 1750 mm hasta los 2500 mm (GAD Huámbi, 2009-2014)

5.3.4. Meteorología

a. Vientos

Los vientos de la zona comúnmente siguen la dirección Norte-Este, anualmente la velocidad es de 2,73 m/s, estas se incrementan a medida que se

dirige hacia el sur en todo el año, alcanzando velocidades máximas de 3,4 m/s., durante los meses de febrero a septiembre la velocidad mínima promedio es de 2,5 m/s, y en el mes de junio se registra la velocidad más baja que es de 2,1 m/s (GAD Huámbi, 2009-2014)

b. Evapotranspiración

La evapotranspiración anual es 981 mm/día aproximadamente, con valor mayor en el mes de octubre y noviembre de 3,04-3,22 mm, disminuyendo en julio a 2,20 mm. Debe tomarse en consideración que este fenómeno físico depende de una serie de factores como la radiación solar, calentamiento global, efecto invernadero y la velocidad del viento que influyen directamente sobre la superficie evaporada para originar la evaporación y transportarla fuera del área de estudio (GAD Huámbi, 2009-2014)

c. Humedad relativa

La humedad relativa anual es de 87,4 mm siendo más elevada en el mes de agosto con 88,90 mm y más baja en enero con 85 mm. La humedad relativa, dada en los informes meteorológicos, es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura (GAD Huámbi, 2009-2014)

5.3.5. Hidrología

Se reconocen 79 cuencas hidrográficas en la división hidrográfica del Ecuador, las mismas que se agrupan para su manejo en 32 sistemas hidrográficos: 25 en la vertiente del Pacífico y 7 en la vertiente del Amazonas. La parroquia Huámbi está bañada por dos ríos el Upano y Tutanangoza, que pertenecen a la Cuenca del Río Santiago. El primero nace en el volcán Sangay y el segundo nace en la laguna “Aucacocha”.

El Río Upano tiene como afluentes por el lado Este a los ríos Saip, Yukutais, Kayamatza, Umbuanza, Cumbatza, Ininkis, Yukipa, Tuntaime y por el Oeste el Río Arapicos, y se juntan en uno solo para depositar sus aguas en el Upano, el Río Tutanangoza que tiene como afluentes a los ríos Sungaime, Cuyataza, Miriumi, Quimi grande, Sarentza, Ejeime, Najembaime, Ojal, Cusuimi, Cunguentza y Changachangaza (GAD Huámbi, 2009-2014, pág. 9)

5.4. Tipo de investigación

La investigación es de carácter no experimental, basada en investigación de campo, investigación descriptiva e investigación documental, tiene como fin estimar la cantidad de carbono almacenado en biomasa aérea en una plantación de teca con cuatro rodales a edades diferentes.

5.5. Metodología

El estudio se realizó en el predio del Sr Wilmer Barsallo, ubicada en el sector del Corazón de Jesús; la cual presenta un área de 18,67 hectáreas con plantación de teca en su totalidad, a fin de efectuar las estimaciones de carbono se realizó un inventario forestal (medición de todos los individuos dentro de un área de muestreo). Para la determinación densidad, biomasa y carbono almacenado se utilizó un muestreo destructivo del árbol promedio por rodal.

El inventario aportó con datos mediante los cuales se determinaron los individuos que debieron ser volteados dentro de las parcelas permanentes de muestreo PPM para obtención de muestras a fin de calcular densidad básica, determinar la biomasa existente en ton/ha y carbono almacenado en tonC/ha, por rodal y por plantación. Para la realización de la investigación se siguió un orden secuencial de pasos especificados dentro de la Guía de campo para estimación de biomasa y carbono forestal, citado por (Walker, 2011, pág. 31)

a. Zonificación planimétrica del área de estudio

Para esto se realizó un recorrido por el perímetro de la plantación, mediante la utilización de un Sistema de Posicionamiento Global GPS se georreferenció las coordenadas. Con los datos de campo se procedió a dibujar los polígonos en el computador, obteniendo así las áreas correspondientes a cada edad, lo que se plasmó en un mapa.

b. Disposición de áreas de muestreo

Realizado el mapa, en gabinete se determinó los sitios donde se establecerán las parcelas de muestreo para posteriormente proceder a ubicarlas en campo y realizar las mediciones dentro de cada una. Las parcelas fueron circulares de 500 metros cuadrados de área, se establecieron dos parcelas por rodal, es decir en total ocho parcelas de muestreo por plantación, lo que representa un muestreo del 2%.

c. Mediciones Alométricas de los árboles

Ubicada cada una de las parcelas se realizó la medición de los individuos que componen la parcela, posterior a la recolección de los datos de campo se realizó el análisis estadístico a fin de obtener variables dasométricas referentes a la parcela para realizar los cálculos respectivos.

d. Identificación del árbol promedio para toma de muestras

Analizados los datos de cada una de las parcelas de muestreo establecidas se identificó el árbol promedio, es decir un árbol dentro de cada parcela que tenga valores dasométricos lo más cercanos a los valores promedio obtenidos del análisis estadístico previamente realizado.

e. Estimación de la cantidad de carbono almacenado en biomasa aérea

Realizado el cálculo del área basal, volumen y densidad se utilizaron fórmulas preestablecidas para calcular la cantidad de biomasa en ton/ha y

carbono en toneladas almacenada en la plantación de teca. La metodología a seguir, se detalla en función de los objetivos específicos propuestos

Se realizó un inventario forestal para el presente trabajo de investigación, debido a la falta de información de datos dasométricos de los árboles, donde se consideró el número de árboles y las clases diamétricas, puesto que según la literatura investigada es la más eficaz y presenta mayor facilidad de aplicación en el campo (Ladrach, 2009, pág. 2)

5.5.1. Determinar la ecuación de crecimiento de la madera teca

Para determinar la ecuación de crecimiento de la madera teca se consideraron tres modelos genéricos utilizados para estimaciones de crecimiento para *Tectona grandis* L.F:

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2013) establece que; “Para estimar crecimientos el modelo optimista podría ser utilizado en plantaciones de teca, establecidas en ambientes óptimos, con buena calidad genética y de plántulas y un manejo intensivo” (CATIE, 2013, p. 128)

El modelo promedio podría ser utilizado para plantaciones establecidas en condiciones ambientales o técnicas poco favorables, cuyas actividades programadas en el plan de manejo no fueron ejecutadas en el momento oportuno; o en aquellas cuyos planes de manejo no fueron aplicados con la intensidad requerida, o estas condiciones ocurren con frecuencia en los planes de reforestación implementados.

Para la investigación se utilizó el modelo conservador por ser usado para diseños de proyectos de captura de carbono, donde más que promedios o estimados precisos, se requieren datos que no sobreestimen el potencial de mitigación del cambio climático de las plantaciones forestales, de pobre calidad o técnicas deficientes de establecimiento y manejo (CATIE, 2013, p. 129).

La Tabla 2 presenta los modelos genéricos para determinar ecuaciones de crecimiento para teca en América Latina.

Tabla 2. Modelos genéricos para determinar ecuaciones de crecimiento *para (Tectona grandis L.F.) en América Latina*

VARIABLE	MODELO	MODELO	MODELO
	Conservador	Promedio	Optimista
Hd	$Hd=26(1-EXP(-0,3*T))^{3,5}$	$Hd=28*(1EXP(0,366*T))^{5}$	$Hd=30*(1EXP(0,37*T))^{5}$
**D	$D=7*Hd^{0,76}*N^{-0,2}$	$D=7.2*Hd^{0.76}*N^{0,2}$	$D=7.4*Hd^{0,76}*N^{-0,2}$

Realizado por: el Autor

Fuente: Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE 2013)

*Hd= Altura de árbol promedio

**D= Diámetro normal promedio del Rodal

***Vtc= Volumen total con corteza

N= Número de árboles en pie

T= Edad

Modelo Conservador

Ecuación 1. Determinar altura del árbol promedio

$$Hd=26*(1-EXP*(-0,30*T))^{3,50}$$

Donde:

Hd = Altura total del árbol promedio

T = Edad del árbol

La Tabla 3 presenta las ecuaciones utilizadas para determinar la altura promedio de los árboles

Tabla 3. Ecuaciones para determinar alturas del árbol promedio por rodal

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	$Hd=26*(1-EXP(-0,30*6))^3,50$
43	8	$Hd=26*(1-EXP(-0,30*8))^3,50$
48	10	$Hd=26*(1-EXP(-0,30*10))^3,50$
49	12	$Hd=26*(1-EXP(-0,30*12))^3,50$

Realizado por: El Autor

Ecuación 2. Diámetro promedio del rodal

$$D = 7 * Hd^{0,76} * N^{-0,20}$$

Donde:

D= Diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio por rodal

N= Numero de árboles en pie.

La tabla 4 presenta las ecuaciones utilizadas para determinar el crecimiento promedio en diámetro a la altura del pecho (DAP).

Tabla 4. Ecuaciones para determinar diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio por rodal

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	$D = 7 * 12,00^{0,76} * 72^{-0,20}$
43	8	$D = 7 * 12,99^{0,76} * 248^{-0,20}$
48	10	$D = 7 * 13,82^{0,76} * 259^{-0,20}$
49	12	$D = 7 * 15,57^{0,76} * 289^{-0,20}$

Realizado por: El Autor

5.5.2. Determinar área basal y volumen forestal de la plantación de teca

Para la determinación del área basal y volumen forestal se aplicaron tres pasos que establecieron la metodología para este objetivo:

a. Procedimiento a seguir para la recolección de datos en campo

Dentro de los procedimientos a seguir para recolección de información dasométrica en campo podemos citar los siguientes pasos a seguir

- **Planificación o preparación de trabajo de campo**

Dentro de ésta etapa comprendió, el recorrido por el perímetro del área de estudio, la elaboración de mapas utilizando Sistemas Informáticos (ARQGIS 10.1), la elaboración de hojas de campo para toma de información (Word, Excel) y la compra y el alquiler de equipos y materiales, al igual que se preparó toda la logística necesaria para la realización del trabajo de campo.

- **Acceso a la zona a inventariar**

La plantación de teca se encuentra ubicada al Sur-Oeste de la parroquia Huámbi, el acceso inicial a la zona del proyecto de investigación se la realiza a través de carreteras de segundo orden, ingresando por el sector el Cristal en dirección N-S, o por el Corazón de Jesús en dirección S-N

- **Determinación de parcelas para realizar inventario**

Para extrapolar y estimar el rendimiento de las fincas, existe un rango requerido mínimo de parcelas a establecer propuesto por (Armijos Guzman, 2013, pág. 7).

La tabla 5 presenta los datos de intensidad de muestreo para proyectos forestales.

Tabla 5. Datos para intensidad de muestreo para proyectos forestales

TAMAÑO DE LA PLANTACIÓN	INTENSIDAD DE MUESTREO	NUMERO DE PARCELAS POR (ha).	DISTANCIAMIENTO ENTRE PARCELAS Y FAJAS (m)
1 a 3	5,00	5,00	45
3,1 a 6	4,00	4,00	50
6,1 a 10	3,00	3,00	60
10,1 a 20	2,00	2,00	70
20,1 a 50	1,50	1,50	80
>51	1,00	1,00	100

Fuente: Armijos Guzmán (2013)

Obtenido este dato de intensidad de muestreo se determinaron las parcelas mediante la utilización de sistemas informáticos (ARQGIS 10,1), el cual permitió ubicar los puntos centros, utilizando el tipo de muestreo en forma sistemática estratificada.

b. Levantamiento de información en las parcelas de muestreo

- **Forma y tamaño de la parcela de muestreo**

Las parcelas fueron circulares con superficie de 500m², se establecieron 2 parcelas por rodal, 8 por plantación.

- **Procedimiento a seguir para la realización del muestreo**

Se registró el número de la parcela de muestreo en las hojas de campo prediseñadas, se ubicó en campo el punto central de las parcelas mediante la ayuda de un navegador GPS. Del punto central de la parcela se midió 12,62 m (radio de la parcela circular) en dirección (N-S, E-O), para la delimitación exacta de la parcela.

- **Información a levantar**

De cada uno de los árboles que componen la parcela se registró:

- Especie:

- Nro. de parcela
- Nro. de arboles
- Coordenadas GPS
- Diámetro a la altura del pecho: DAP
- Altura del fuste: HF
- Altura total: HT
- Altura comercial: HC
- Diámetro de la copa: DC

- **Registro de información**

Se realizó el registro de las parcelas de muestreo y valores de las variables tomadas por cada árbol en una libreta de campo y hojas prediseñadas para toma de datos dasométricos, donde se anotaron las coordenadas UTM, con Datum WGS 84 zona 17 Sur para cada parcela por unidad de registro.

- **Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP)**

La medición se realizó con cinta diamétrica, forcípula a la altura del pecho (DAP) a 1,30 m aproximadamente desde la superficie del suelo, para la medición se debe mantener una posición perpendicular respecto al eje del árbol. Para la medición de árboles de sección irregular, se realizaron 2 mediciones, en los lados de mayor y menor diámetro y se consignaron en el formulario el promedio de las mediciones.

- **Medición de las alturas de los árboles**

La medición de las alturas de los árboles (HT, HF, HC) se la realizó mediante la utilización del clinómetro marca SUNNTO.

c. Tabulación de datos obtenidos

Para evaluar el recurso forestal se procederá de la siguiente manera: Una vez establecida la parcela, se procedió a mediar cada uno de los individuos

existentes, se midió el DAP con cinta diamétrica a una altura aproximada de 1,30 cm; las alturas, total, comercial, de fuste, se midieron con un clinómetro marca SUNTO.

Ecuación 3. Cálculo del área basal

$$AB = \pi dap^2/4$$

Donde:

AB = Área Basal

π = Constante Pi; 3.1416

DAP= Diámetro a la altura del pecho (Evaluación de plantaciones forestales comerciales de *Tabebuia Rosea* en el Estado de Jalisco, 2011, p. 24)

La tabla 6 presenta las ecuaciones utilizadas para determinar el área basal de la madera por hectárea por rodal.

Tabla 6. Ecuaciones para determinar de área basal por hectárea por rodal

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	$AB = \pi(16,79)^2/4$
43	8	$AB = \pi(19,70)^2/4$
48	10	$AB = \pi(22,80)^2/4$
49	12	$AB = \pi(25,72)^2/4$

Realizado por: El Autor

Ecuación 4. Cálculo del volumen forestal de la madera

$$V = AB * HT * Ff$$

Donde:

V= Volumen del árbol

AB= Área basal

HT= Altura del árbol

Ff= Factor de forma

La tabla 7 presenta las ecuaciones utilizadas para determinar el volumen forestal por hectárea por rodal.

Tabla 7. Ecuaciones para determinar de volumen forestal por rodal

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	$V= 10,10*12,00*0,65$
43	8	$V= 13,50*12,99*0,65$
48	10	$V= 20,30*13,82*0,65$
49	12	$V= 26,40*15,57*0,65$

Realizado por: El Autor

Para el cálculo de volumen se utilizó el factor de forma 0,65, Bettinger (2009), citado por la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación *et al*, (2011, p. 25)

5.5.3. Estimar el carbono almacenado en biomasa aérea en plantación de teca (*Tectona grandis* L.F:)

Para la estimación del carbono almacenado arriba del suelo se aplicaron cuatro pasos en los que se fundamentó la metodología a seguir para este objetivo:

a. Toma de muestras para determinar la densidad de la madera

- **Identificación del árbol a cortar**

Identificado por cada rodal un árbol promedio a ser volteado, se procedió a ubicarlo en campo, se midió el árbol antes y después de ser volteado.

Volteado el árbol se señalaron los sitios donde se extrajeron las muestras (Tocón, DAP, y a la mitad de la altura comercial) sobre el nivel del suelo, y se procedió a separar el fuste de sus ramas y hojas.

- **Obtención de las muestras**

Para la toma de muestras del fuste se realizaron cortes de madera a diferentes alturas sobre el nivel del suelo, el corte obtenido fue de 15 cm de espesor, de este corte se extrajo la muestra, el cual se lo obtuvo utilizando el siguiente proceso.

Del punto centro o del corazón de la madera se midió 3 cm, trazar una línea imaginaria, desde ese punto tomado como inicial se procedió a sacar una muestra de 3 cm x 3 cm de sección transversal y 15 cm de espesor, orientadas de tal forma que se distingan sus dos caras radiales y dos caras tangenciales.

Extraídas las muestras, se obtuvo su peso en verde, se numeraron de acuerdo al orden en altura, edad y parcela correspondiente, se emporó con cera, se empacó para trasladarla al laboratorio. Para este estudio se solicitó, al departamento de protección vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el cantón la Joya de los Sachas, a 20 minutos de la ciudad del Coca, la autorización respectiva para el uso de laboratorios, para realizar los análisis correspondientes en relación a la densidad de la madera.

- **Determinación de la densidad de la madera**

La densidad de la madera se obtuvo de la relación entre la masa y el volumen de las muestras analizadas.

Se aprovechó 4 árboles, 1 por rodal, de las cuales se extrajeron 3 probetas por cada árbol a diferentes cortes, de altura sobre el nivel del suelo, las muestras obtenidas (12), se las llevaron al laboratorio donde se determinó la densidad básica de la madera en cada uno de sus componentes, las mismas que permitió calcular la biomasa de los árboles, las muestras fueron pesadas en verde y en peso anhidrido, utilizando una balanza digital marca Cítizen.

El volumen de la muestra se lo determino; en una probeta de 1000 ml se colocaron 600 ml de agua, a continuación se introdujo la muestra en la probeta con agua hasta sumergirla en su totalidad, hecho esto se tomó el valor final, la diferencia entre el volumen final y el volumen inicial nos proporcionó el resultado en volumen.

Luego de medir el volumen cada muestra es secada hasta su peso constante a 160°C durante 48 horas.

Se dividió el peso seco por su volumen húmedo para obtener la densidad básica. (Ver cuadro 21: Resultados de densidades básicas de la madera en relación al peso seco y volumen de la muestra (gr/cm)

Ecuación 5. Densidad básica de la madera

$$D = PSm/Vm$$

Donde:

D= Densidad de la madera (Expresado en gr/m³)

PSm= Peso seco de la madera

Vm= Volumen húmedo de la madera.

Tabla 8. Ecuaciones para determinar la densidad de la madera por rodal

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	D= 70,01/136,67
43	8	D= 83,39/156,13
48	10	D= 68,32/165,07
49	12	D= 80,30/178,00

Realizado por: El Autor

b. Contenido de humedad de la madera

El contenido de la humedad se realizó en función de los pesos verde y seco, las probetas fueron pesadas en condición verde y a continuación fueron

secadas mediante una estufa eléctrica, provista de termo regulador a una temperatura 160°C durante 48 horas, hasta alcanzar un peso seco constante.

Ecuación 6. Contenido humedad relativa de la madera

$$CH\% = \frac{pv - ps}{ps} \times 100$$

Donde:

CH%= Contenido de humedad

pv= peso verde (gr)

ps= peso seco (gr)

La tabla 9 presenta las ecuaciones utilizadas para calcular la humedad relativa de la madera.

Tabla 9. Ecuaciones para determinar la humedad relativa de la madera

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	$CH\% = \frac{157,07 - 70,01}{70,01} \times 100$
43	8	$CH\% = \frac{172,26 - 83,39}{83,39} \times 100$
48	10	$CH\% = \frac{180,03 - 68,32}{68,32} \times 100$
49	12	$CH\% = \frac{201,66 - 80,30}{80,30} \times 100$

Realizado por: El Autor

c. Cálculos de biomasa

Para calcular la biomasa de la plantación, no se consideró la biomasa de la raíz, vegetación herbácea, necromasa, etc., debido a que la investigación solo busca determinar la biomasa aérea. A partir de los datos dasométricos obtenidos de las variables medidas de los árboles dentro de los rodales se estimó la biomasa de la plantación, basándose en el cálculo de la biomasa del fuste, esto permitió estimar el potencial de fijación de carbono.

- **Biomasa del fuste (Bf)**

Para la determinación de biomasa del fuste, se utilizó la fórmula citada por Noboa Leyva Antonio (2007), utilizada para calcular la biomasa presente en el fuste por árbol.

Ecuación 7. Biomasa del fuste por árbol individual

$$Bf = \frac{1}{4} \pi (DAP)^2 * AC * DB * Ff$$

Donde:

Bf= Biomasa fustal de cada árbol (ton)

DAP= Diámetro a la altura del pecho

AC= Altura Comercial

DB= Densidad específica (gr/cm),

Ff= Factor de forma (es la relación entre el volumen real y el volumen del fuste considerado como un cilindro perfecto, 0,70) (Novoa Leyba, 2007, p. 55)

Tabla 10 presenta las ecuaciones para determinar la biomasa del fuste por árbol individual.

Tabla 10. Ecuaciones para determinar biomasa promedio del fuste por rodal

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	$Bf = \frac{1}{4} \pi (16,70)^2 * 3,72 * 0,52 * 0,70$
43	8	$Bf = \frac{1}{4} \pi (19,70)^2 * 3,39 * 0,53 * 0,70$
48	10	$Bf = \frac{1}{4} \pi (22,80)^2 * 4,24 * 0,41 * 0,70$
49	12	$Bf = \frac{1}{4} \pi (25,72)^2 * 4,29 * 0,45 * 0,70$

Realizado por: El Autor

- **Biomasa total del fuste por hectárea (Btf)**

La biomasa total del fuste por hectárea se obtuvo por la suma de todos los valores de biomasa fustal de los árboles dentro de la parcela, este valor total

se lo multiplico por 10.000 m² y se dividió por el área de la parcela permanente de muestreo, expresada en (m²).

La Tabla 11 presenta las ecuaciones desarrolladas para estimar la biomasa presente en la plantación por hectárea por rodal.

Ecuación 8. Biomasa del fuste por hectárea

$$Btf = \sum_{I=1}^n Bfi * (10.000/A)$$

Donde:

Btf= Biomasa total del fuste

A= Área de la subparcela

∑Bfi= Sumatoria total de biomasa del fuste de cada árbol (Novoa Leyba, 2007, p. 55)

Tabla 11. Ecuaciones para determinar biomasa promedio del fuste por hectárea por rodal

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	Btf = 1,32*(10.000/1.000)
43	8	Btf = 1,72*(10.000/1.000)
48	10	Btf = 2,58*(10.000/1.000)
49	12	Btf = 3,74*(10.000/1.000)

Realizado por: El Autor

d. Biomasa total aérea (Bt)

• **Factor de Expansión de Biomasa**

Somogyi (2006), citado por Avendaño Reyes Jeimy Rosemary, (2008) señala que el factor de expansión de biomasa es un factor que expande el volumen (del fuste) para obtener la biomasa total del árbol. El factor de expansión de biomasa (FEB) trata de un factor variable que depende de la

especie, es la proporción directa entre la biomasa aérea total y la biomasa del fuste, las condiciones ambientales, densidad y edad de la plantación, entre otros aspectos. El FEB se puede obtener de forma directa o con valores reportados en la literatura (Avendaño Reyes, 2008, p. 17)

La fórmula para el factor de expansión utilizada para este estudio fue citado por el CREAM en España (Bravo F., 2007, p. 69)

Ecuación 9. Factor de expansión de biomasa para ramas y hojas.

$$\text{Feb} = \text{Ba}/\text{V}$$

Donde:

Feb= Factor de expansión de biomasa

Ba= Biomasa aérea

V= Volumen

Tabla 12. Ecuaciones para determinar factor de expansión (FEB) para ramas y hojas por rodal

No De ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	Feb = 1,37/8,56
43	8	Feb= 1,72/11,49
48	10	Feb= 2,58/18,85
49	12	Feb= 3,74/27,54

Realizado por: El Autor

- **Biomasa total aérea**

La biomasa aérea total se obtuvo multiplicando la biomasa total del fuste (Btf) por el factor de expansión de la biomasa (FEB) utilizado para ramas y hojas Deuber *et al*, (2000), citado por Noboa Leyva Antonio (2007, pág. 60) (Ver Cuadro 22. Resultados de biomasa total aérea por hectárea y por plantación (ton/ha)

Ecuación 10. Biomasa total aérea.

$$Bt = Btf * Feb$$

Donde:

Btf= Biomasa total del fuste

Feb= Factor de expansión de biomasa

Tabla 13. Ecuaciones para determinar biomasa total aérea por rodal

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	$Bt = 21,98 * 1,71$
43	8	$Bt = 98,97 * 1,49$
48	10	$Bt = 113,31 * 1,37$
49	12	$Bt = 220,47 * 1,36$

Realizado por: El Autor

e. Carbono total almacenado en biomasa aérea

Para determinar el carbono total almacenado arriba del suelo por hectárea, rodal y plantación, se multiplicó la biomasa total (Bt) por el factor 0.5 propuesto por el Panel Intergubernamental Contra el Cambio Climático (IPCC).

Ecuación 11. Carbono total almacenado.

$$CT = Bt * 0.5$$

Donde:

CT= Carbono almacenado en (tn)

Bt= Biomasa total (tn/ha)

Fc= 0.5 fracción de carbono en Biomasa

Tabla 14. Ecuaciones para determinar carbono almacenado

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	CT= 37,68* 0.50
43	8	CT= 147,64 * 0.50
48	10	CT= 154,76 * 0.50
49	12	CT= 299,18* 0.50

Realizado por: El Autor

Según la guía para determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales citado por Marcos Rugnits Tito, (2009), argumenta que una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas (ton) de CO₂ (obtenido en función de los pesos moleculares del carbono y del CO₂, de 12 / 44). Para saber la cantidad de CO₂ emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito se debe multiplicar ésta por 3,67. A su vez, una tonelada de biomasa forestal posee aproximadamente 0,5 toneladas de carbono (pág. 3). (Ver Tabla 21. Resultados del carbono almacenado en biomasa aérea en ton/ha y total plantación de teca)

1 t biomasa: +/- 0,5 t C

1 t C: 3,67 t de CO₂

Ecuación 12. Dióxido de carbono

$$CO_2 = CT * KrCO_2$$

Donde:

CO₂= Dióxido de carbono

CT= Carbono total almacenado

Kr= Coeficiente de relación de dióxido de carbono

Tabla 15. Ecuaciones para determinar dióxido de carbono CO₂

No DE ÁRBOLES	EDAD	ECUACIÓN
44	6	CO ₂ = 18,74*3,67
43	8	CO ₂ =73,82*3,67
48	10	CO ₂ =77,38*3,67
49	12	CO ₂ =149,59*3,67

Realizado por: El Autor

6. RESULTADOS

En función de los objetivos específicos se presentan los resultados obtenidos de la presente investigación.

6.1. Determinar la ecuación de crecimiento de la madera teca

6.1.1. Diámetro a la altura de pecho

La Tabla 16 presenta los resultados obtenidos para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP) por rodal.

Tabla 16. Resultados del análisis del incremento medio anual (IMA) para la variable de (DAP)

EDAD	No DE ÁRBOLES	*DAP (cm)	**IMA (cm/año)
6	44	16,70	2,78
8	43	19,70	2,46
10	48	22,80	2,28
12	49	25,72	2,14
Promedio	46	21,23	2,42

Realizado por: El Autor

*DAP = Diámetro a la altura del pecho.

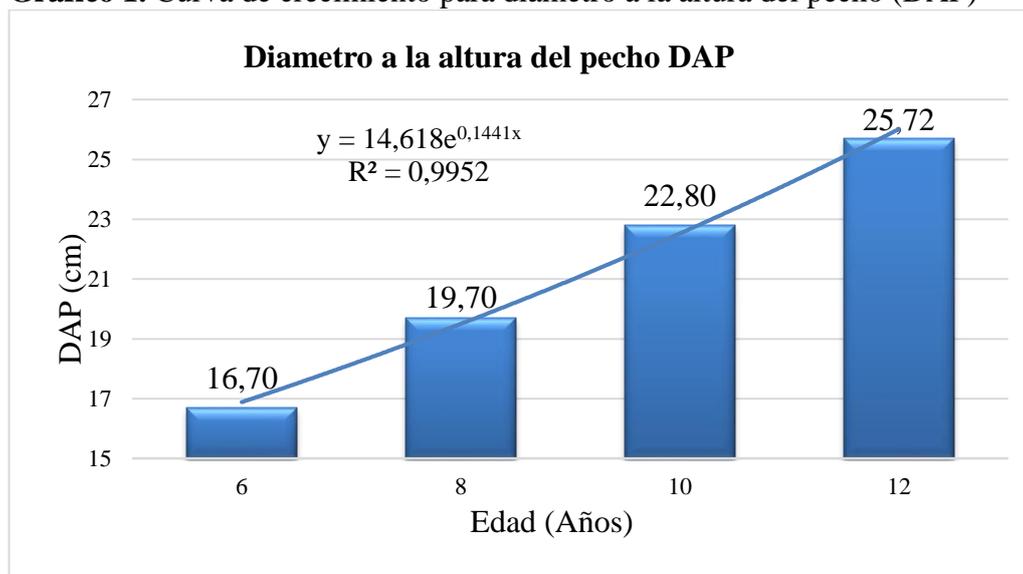
**IMA = Incremento medio anual.

En la Tabla 16 se observa que existe una relación proporcional entre la edad y el diámetro a la altura del pecho (DAP), es decir que las dos variables se incrementan.

Referente al valor del incremento medio anual (IMA), se obtuvo un promedio de 2,42 cm/año, además se puede observar que el IMA decrece conforme aumenta la edad, lo que presumiblemente podría indicar que la plantación requiere en lo posterior un raleo a fin de estimular el desarrollo.

Se obtuvieron los valores promedio de los rodales por edad para la variable diámetro a la altura de pecho (DAP), al realizar el cálculo de incremento medio anual IMA se obtuvo un rango de valor entre 2,14 cm/año a 2,78 cm/año por plantación, reduciendo el crecimiento en IMA para el año 12 con 2,14 cm/año y presentando mayor valor para el año 6 con 2,78 cm/año.

Gráfico 1. Curva de crecimiento para diámetro a la altura del pecho (DAP)



Realizado por: El Autor

Interpretación.-El Gráfico 1 con relación a la curva de crecimiento presenta un incremento proporcional entre la edad y el diámetro a la altura del pecho (DAP), para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP), se han reportado valores de 16,70 cm para la edad de 6 años, de 19,70 cm a los 8 años, de 22,78 cm a los 10 años y de 25,72 cm a la edad de 12 años.

6.1.2. Altura total

A continuación se presentan los resultados de los datos obtenidos de la investigación con respecto a la variable Altura Total (HT).

La tabla 17 presenta los resultados para la variable de altura total, desplegando un valor promedio de 13,44 m por plantación.

Tabla 17. Resultados del análisis del IMA para altura total (HT)

EDAD	No DE ÁRBOLES	*HT (m)	**IMA (m/año)
6	44	12,00	2,00
8	43	12,99	1,62
10	48	13,82	1,38
12	49	15,57	1,30
Promedio	46	13,44	1,58

Realizado por: El Autor

*HT = Altura Total

**IMA = Incremento medio anual.

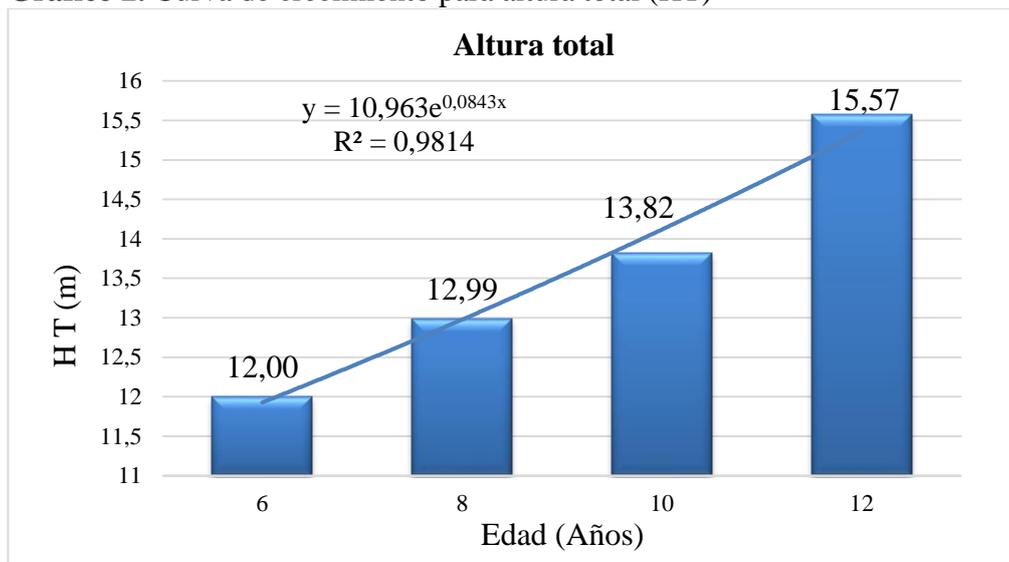
En la Tabla 17 se observa que hay diferencia proporcional entre la edad y el valor promedio en altura total, es decir que las dos variables se incrementan.

En cuanto al valor del incremento medio anual (IMA), se obtuvo un valor promedio de 1,58 m/año, además se puede observar que el (IMA) decrece conforme aumenta la edad, lo que presumiblemente podría indicar que la plantación requiere en lo posterior un raleo a fin de estimular el desarrollo.

Se obtuvieron los valores promedio de los rodales por edad para la variable altura total (HT), al realizar el cálculo de incremento medio anual (IMA) se obtuvo un rango de valor entre 1,30 m/año a 2,00m/año por plantación, reduciendo el crecimiento para el año 12 con 1,30 m/año y presentando mayor valor para el año 6 con 2,00 m/año.

El Gráfico 2 presenta los resultados obtenidos del análisis de la curva de crecimiento para altura total por rodal y por plantación para *Tectona grandis* L.F:

Gráfico 2. Curva de crecimiento para altura total (HT)



Realizado por: El Autor

Interpretación.-Al analizar la curva de crecimiento para los datos de altura total para los años 6 a 12, en el Gráfico 2 se observa que ésta tiende a incrementarse, a la edad de 6 años los árboles han crecido 12 m, a los 8 años 12,99 m, 10 años 13,83 m y para los 12 años de edad 15,57 m, lo que significa que por la falta de mantenimiento (podas y raleos), la plantación esta perdiendo altura los rodales de menor edad.

6.2. Determinar el área basal y volumen forestal en biomasa aérea de la plantación

6.2.1. Área basal (AB)

Se presentan los resultados de los datos obtenidos de la investigación respecto a la variable de área basal, obteniendo un valor promedio de 17,58 m²/ha.

La Tabla 18 presenta los resultados obtenidos del análisis estadístico para la variable area basal.

Tabla 18. Resultados para área basal (m²/ha)

EDAD	No DE ÁRBOLES	*AB (m ² /ha)	**IMA (m ² /ha/año)
6	44	10,10	1,68
8	43	13,50	2,25
10	48	20,30	3,38
12	49	26,40	4,40
Promedio	46	17,58	2,93

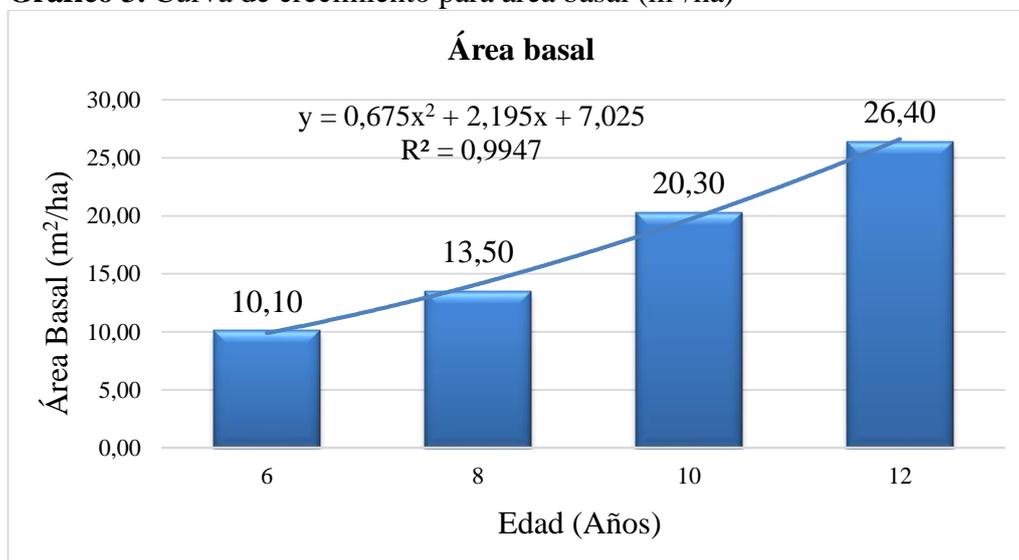
Realizado por: El Autor

*AB = Área basal.

**IMA = Incremento medio anual.

La Tabla 18 presenta los resultados del incremento medio anual (IMA) para la variable área basal, obteniendo valores promedio de los rodales por edad, al calcular el incremento medio anual se obtuvo un valor promedio de 2,93 m²/ha/año por plantación, presentando valores de; a los 6 años con 1,68 m²/ha/año, 8 años con 2,25 m²/ha/año, 10 años con 3,38 m²/ha/año y 12 años con 4,40 m²/ha/año.

Gráfico 3. Curva de crecimiento para área basal (m²/ha)



Realizado por: El Autor

Interpretación.-El Gráfico 3 presenta los resultados de área basal evidenciando para el año 6 un área basal de 10,10 m²/ha, el año 8 con 13,50 m²/ha, el año 10 con 20,30 m²/ha, y para el año 12 área basal de 26,40 m²/ha, al analizar la curva de crecimiento, ésta tiende a incrementarse, lo que indica que

la plantación sigue desarrollándose, sin embargo desde el año 10 al año 12 la pendiente de la recta es menor con relación a la pendiente de los años de 6 a 8 y de 8 a 10.

6.2.2. Volumen (V).

Se presentan los resultados de los datos obtenidos en la presente investigación respecto a la variable de volumen, obteniendo un valor promedio de 164,74 m³/ha/ por plantación.

En la Tabla 19 se observan los valores obtenidos del análisis estadístico para la variable volumen forestal expresado en m³/ha.

Tabla 19. Resultados para volumen (m³/ha)

EDAD	No DE ÁRBOLES	*V(m ³ /ha)	**IMA (m ³ /ha/año)
6	44	80,16	13,36
8	43	114,90	14,36
10	48	188,54	18,85
12	49	275,37	22,95
Promedio	46	164,74	17,38

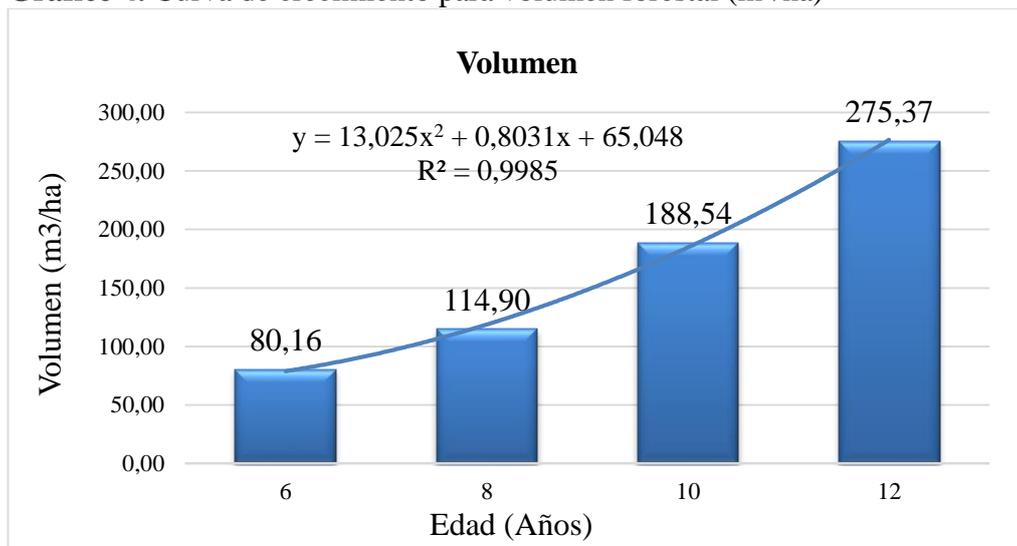
Realizado por: El Autor

*V = Volumen Forestal.

**IMA = Incremento medio anual.

Al analizar los valores del volumen se determinó que el incremento medio anual (IMA) promedio es de 17,38 m³/ha/año por plantación con una variación entre 13,36 a 22,95 m³/ha/año, evidenciando para el año 6 con 13,36m³/ha/año, el año 8 con 14,36 m³/ha/año, el año 10 con 18,85 m³/ha/año, el año 12 con 22,95 m³/ha/año. Estos valores tienden a incrementarse conforme aumenta la edad de la plantación.

Gráfico 4. Curva de crecimiento para volumen forestal (m³/ha)



Realizado por: El Autor

Interpretación.-Al analizar la curva de crecimiento en el Gráfico 4 muestra que a la edad de 6 años presenta un volumen de 80,16 m³/ha, a los 8 años de 114,90 m³/ha, a los 10 años con 188,54 m³/ha y para el rodal de 12 años con volumen de 275,37 m³/ha, demostrando que a partir 6 a 12 años el volumen se ha incrementado, demostrando que los rodales de más edad presentan mayor volumen forestal.

6.3. Estimar el carbono almacenado en biomasa aérea de la plantación de (*Tectona Grandis* L.F.)

6.3.1. Densidad de la madera (D)

Para establecer la cantidad de carbono almacenado en biomasa aérea se tomaron las muestras de madera obtenidas en el campo que posteriormente fueron llevadas al laboratorio para realizar su respectivo análisis.

Para este estudio se solicitó al departamento de protección vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) con sede en el cantón la Joya de los Sachas, los permisos para realizar los análisis correspondientes para determinar la densidad de la madera.

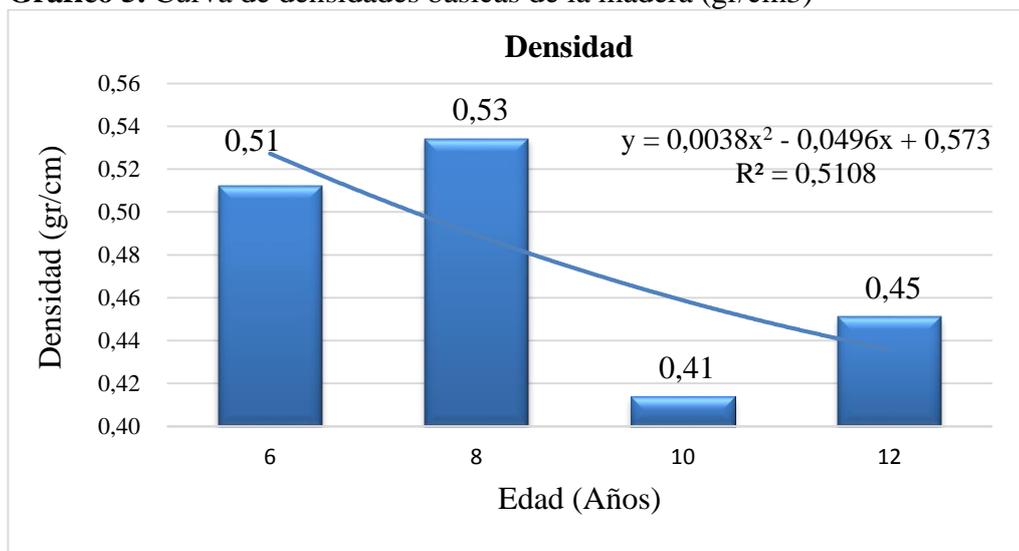
Tabla 20. Resultados para densidades básicas de la madera (gr/cm³)

EDAD	No de Árboles	Densidad 0.3 m	Densidad 1.3 m	Densidad 2,30 m	Densidad promedio
6	44	0,57	0,52	0,46	0,52
8	43	0,55	0,51	0,54	0,53
10	48	0,43	0,38	0,43	0,41
12	49	0,48	0,44	0,43	0,45
DEN/media	46	0,51	0,46	0,47	0,48

Realizado por: El Autor

La Tabla 20 presenta los resultados de las densidades totales de la madera en seco por rodal por edad en tres reservorios fustales, obteniendo una densidad media de 0,48 gr/cm³, con una variación de entre 0,41 gr/cm³ a 0,53 gr/cm³, resultando el rodal a los 10 años de edad el que menor densidad presenta con 0,41 gr/cm³ y el rodal de 8 años con mayor densidad de 0,53 gr/cm³.

Gráfico 5. Curva de densidades básicas de la madera (gr/cm³)



Realizado por: El Autor

Interpretación.-El gráfico 5 presenta los resultados de las curvas de densidad de la madera en seco en tres compartimentos del fuste de altura sobre el nivel del suelo, al analizar la figura se observa que a la edad de 6 años presenta densidad de 0,41 gr/cm³, a los 8 años de 0,53 gr/cm³, 10 años con 0,41 gr/cm³ y para el rodal de 12 años con 0,45 gr/cm³, mostrando similitud en la forma de la curva, del año 6 al año 8 la densidad de la madera aumenta, sin embargo

desde el año 8 hasta el año 10 esta disminuye y de hay hasta el año 12 la densidad se mantiene relativamente constante, indicando que los árboles se encuentran sostenidos por las ramas, revelando que fue necesario realizar un raleo en el año 8 a fin de mantener la densidad de la madera.

6.3.2. Biomasa Total

Respecto a la información de densidad básica de la madera obtenida en laboratorio se calculó la biomasa del fuste y el carbono total almacenado.

Los resultados de biomasa total por hectarea, por rodal y por plantación se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Resultados de biomasa total aérea por hectárea y por plantación (ton)

EDAD años	SUPERFICIE (ha)	Bf*** (ton/ha)	BTf**** (Ton)
6	1,60	23,55	37,58
8	5,77	25,61	147,74
10	5,40	28,66	154,76
12	5,90	50,71	299,18
Total	18,67	32,13P	639,26

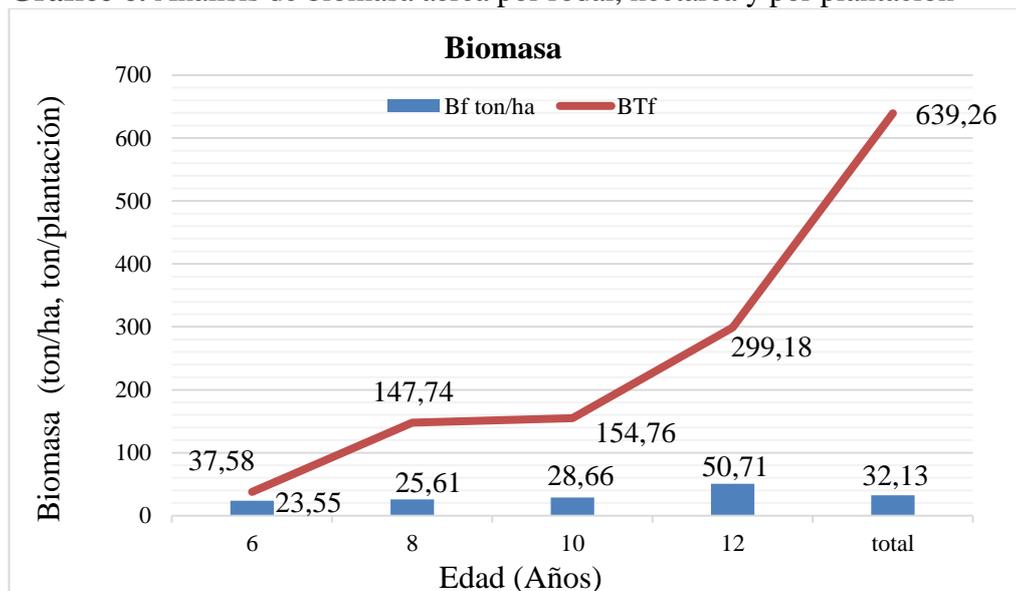
Realizado por: El Autor

***Bf: Biomasa del fuste

****BTf: Biomasa total del fuste

La Tabla 21 presenta los valores referente al contenido de biomasa aérea en la plantación de teca en la provincia de Morona Santiago, en el que se observa un valor promedio en biomasa de 32,13 ton/ha y un total de biomasa por plantación de 639,26 toneladas.

Gráfico 6. Análisis de biomasa aérea por rodal, hectárea y por plantación



Realizado por: El Autor

Interpretación.-En el Gráfico 6 se observa que a la edad de 6 años acumula 23,55ton/ha, a los 8 años 25,61 ton/ha, a los 10 años 38,66 ton/ha, para los 12 años 50,71 ton/ha, evidenciando que los rodales que mas biomasa presentan son los de 10 y 12 años de edad.

6.3.3. Carbono total almacenado

Tabla 22. Resultados de carbono total almacenado en biomasa aérea por rodal, hectárea y por plantación (ton)

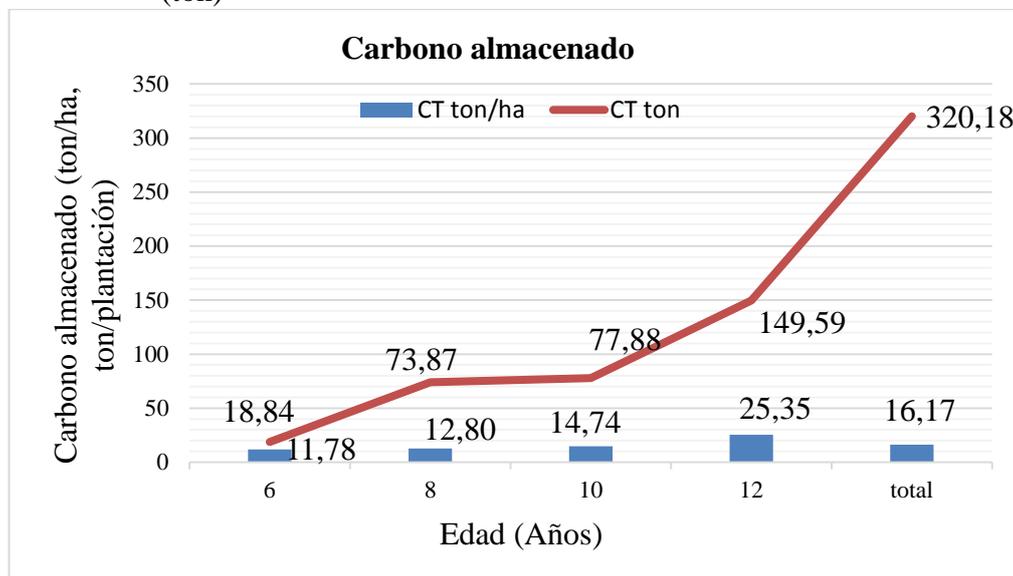
EDAD Años	SUPERFICIE Has	CT Ton/Ha	CT Ton
6	1,60	11,78	18,84
8	5,77	12,80	73,87
10	5,40	14,74	77,38
12	5,90	25,35	149,59
Total	18,67	16,17P	320,18

Realizado por: El Autor

En la Tabla 22 se observa que existe una variación entre 11,78 tonC/ha a 25,35 tonC/ha de carbono almacenado de acuerdo a las edades de los diferentes rodales, dentro de un área de 18,67 hectáreas, además se exponen los resultados del cálculo del carbono almacenado en la plantación, obteniendo

como promedio un valor de 16,17 tonC/ha y un total de 320,18 toneladas de carbono almacenado para el total de la plantación.

Gráfico 7. Análisis de carbono almacenado en biomasa aérea de la plantación (ton)



Realizado por: El Autor

Interpretación.-El gráfico 7 presenta los resultados obtenidos del cálculo de carbono almacenado por rodal dentro de la plantación de teca, evidenciando para la edad de 6 años la cantidad de 11,78 tonC/ha y un total de 18,84 tonC/rodal, para la edad de 8 años un valor de 12,80 ton/ha y un total de 73,87 ton/rodal, 10 años con 14,74 ton/ha y un total de 77,38 ton/rodal y a los 12 años con 25,35 ton/ha y un total de 149,59 ton/rodal. Se puede evidenciar claramente que en las áreas de mayor edad existe más concentración de carbono almacenado que en las áreas de menor edad debido al no presentar competencia por luz.

7. DISCUSIÓN

La investigación analizó la biomasa y el carbono almacenado en tres compartimentos del fuste para la especie forestal *Tectona grandis* L.F: utilizando un factor de expansión (FEB) para ramas y hojas.

7.1. Determinar la ecuación de crecimiento de la madera teca

Las variables seleccionadas para este efecto fueron la altura total (HT) y el diametro a la altura del pecho (DAP), tomando en cuenta estas variables como las mas significativas para determinar la ecuacion de crecimiento de la madera.

Al no ser una plantación coetanea y no existir estudios de otras plantaciones con edades relacionadas con la investigación en la provincia amazonia, se realizó comparaciones con plantaciones a edades semejantes en otras provincias y países.

El rodal de 6 años de edad con área de 1,60 has obtubo un rango de altura total promedio de 12,00 m, y DAP de 16,70 cm (con árboles >10 cm de DAP), se reporta para un estudio realizado por la ESPOL provincia de los Ríos citado por Raquel Orralla, Augustin Bourne *et al*, (2007) el crecimiento promedio de teca fue de 9,71 m de altura y 10,75 cm de DAP a los 5 años (árboles con DAP > 5 cm), lo que evidencia que en la provincia de Morona Santiago se obtuvieron mejores resultados en relación al DAP y la altura total HT.

Aracely Dalila Landeta Gonzales (2009) señala que en la provincia de Los Ríos a los 8 años de edad obtuvo valores en altura total promedio de 11,61 m y DAP de 12,50 cm, en la investigación realizada en la provincia de Morona Santiago para el rodal a los 8 años presentó una altura total promedio de 12,99 m y un DAP de 19,70 cm. Lo que evidencia que la plantación de la Amazonía a

pesar de no contar con un buen manejo obtuvo mejores resultados en cuanto a desarrollo de la plantación.

Con respecto a la ecuación para estimar crecimientos en proyectos forestales se utilizó el modelo conservador que se utiliza para proyectos de estimación de captura y almacenamiento de carbono, reportando datos en crecimiento promedios que varían entre una altura total (HT) de 12,00 m y diámetro a la altura del pecho (DAP) de 16,70 cm, a 15,57 m en altura total y DAP de 25,72 cm. El centro agronómico tropical de investigación y enseñanza CATIE (2013) en su estudio de modelos de crecimiento para teca en América Latina reportó valores entre 13,80 m para HT y DAP de 14,30 cm a 23,60 m para HT y DAP de 26,80 cm a edades similares, desplegando valores superiores con respecto al crecimiento en HT la investigación realizada por CATIE, con respecto al crecimiento en DAP la presente investigación presenta mayor desarrollo el rodal de menor edad, mientras que a mayor edad reportó menor valor referente a los datos obtenidos por CATIE.

7.2. Determinar el area basal y volumen forestal de la plantacion

7.2.1. Area basal

El valor promedio del área basal reportados para el presente estudio es de 17,58 m²/ha y tiene una variación entre 10,10 m²/ha a 26,40 m²/ha por rodal entre los 6 a 12 años, evidenciando que los rodales 3 y 4 son los que presentaron mayor área basal, debido a ser rodales de mayor edad.

El rodal a 8 años de edad en el presente estudio reportó un área basal promedio de 13,50 m²/ha y un IMA de 1,69 m²/ha/año, mientras que para un estudio realizado por la ESPOL en la provincia de los Ríos, Aracely Dalila Landeta Gonzales *et al*, (2009), obtuvo resultados en relación al área basal de 11,85 m²/ha, con incremento medio anual de 1,48 m²/ha/año, obteniendo resultados superiores para el presente estudio.

El rodal a los 10 años para el presente estudio reportó un valor en área basal de 20,31 m²/ha y un incremento medio anual de 2,03 m²/ha/año, se reporta una situación similar para un estudio realizado en Costa Rica, citado por Fonseca, (2005), con 20,5 m²/ha y un incremento medio anual de 2,05 m²/ha/año, además se consideró que las condiciones agroecológicas de la provincia de Morona Santiago son óptimas para el desarrollo de esta especie, según los valores antes citados.

El estudio realizado para plantaciones de *Tectona grandis* L.F: a los 12 años de edad en Costa Rica, Fonseca, (2005), reportó un área basal de 20,97 m²/ha y un IMA de 1,74 m²/ha/año. Los datos obtenidos en la presente investigación relacionado al área basal fueron de 26,41 m²/ha y un incremento medio anual de 2,20 m²/ha/año, lo que queda demostrado que según los datos obtenidos la plantación establecidas en la provincia de Morona Santiago obtuvo mejor desarrollo, considerando que se realizó una poda de mantenimiento al año 8.

7.2.2 Volumen forestal

El volumen promedio por plantación es de 164,74 m³/ha, y presenta una variación de 80,16 m³/ha para el año 6 y 275,37 m³/ha para el año 12.

Cubero y Susana (1999), citado por (Rodríguez Llerena, 2013), reportaron valores de 72,31 m³/ha y un IMA de 14,36 m³/ha/año a los 5 años de edad en Costa Rica, el presente estudio presentó un volumen forestal a los 6 años de edad de 80,16 m³/ha y un IMA de 10,02 m³/ha/año, obteniendo valores similares en volumen.

Aracely Dalila Landeta Gonzales *et al*, (2009), en su estudio de producción de biomasa y fijación de carbono en plantaciones de teca en la provincia de Los Ríos, obtuvo volúmenes de 87,03 m³/ha y un IMA de 10,88 m³/ha/año a los 8 años de edad, la presente investigación desarrollada en relación al volumen, reportó valores de 114,90 m³/ha y un IMA de 14,36

m³/ha/año, demostrando mayor desarrollo para el presente estudio debido a las condiciones agroecológicas de la provincia de Morona Santiago.

El rodal de 10 años presentó un volumen de 188,54 m³/ha, un IMA de 18,54 m³/ha/año, un estudio realizado en Costa Rica reportó volumen de 175,07 m³/ha y un IMA de 17,51 m³/ha/año (Fonseca, W. 2005), obteniendo valores mayores para la presente investigación en diferencia al estudio propuesto como medio de comparación.

A los 12 años de edad Fonseca *et al*, (2005), reportó volúmenes de 187,10 m³/ha y un IMA de 15,59 m³/ha/año para un estudio realizado en Costa Rica, el rodal de 12 años de edad para nuestra investigación obtuvo valores en volumen de 275,37 m³/ha y un IMA de 22,95 m³/ha/año, demostrando que los valores obtenidos por Fonseca son superiores a los de la investigación, tomando en cuenta que la especie *Tectona grandis* L.F.; esta bien adaptada en Costa Rica.

7.3. Estimar el carbono almacenado en biomasa aérea de la plantación de teca

7.3.1 Densidad de árboles e índice de mortalidad

En la presente investigación se consideró 462 árboles por hectárea, la plantación fue establecida a una densidad de 583 árboles por hectárea a un espaciamiento de 5 x 5 m, reportando una mortalidad hasta este periodo de tiempo del 7,80%, presenta una densidad básica entre 0,41 gr/cm³ a 0,53 gr/cm³, con una media 0,48. Ortega Vega Danny *et al*, (2013), en su estudio seguimiento y valoración de madera teca para exportación (ESPOCH), presenta valores en densidad entre 0,65 y 0,75 gr/cm³, con una media de 0,69 gr/cm³, evidenciando valores relativamente inferiores para la presente investigación, teniendo en cuenta que la plantación se encuentra desarrollándose en función del tiempo y condiciones agroecológicas sin recibir mantenimiento, excepto el rodal a los 12 años de edad que presenta una poda a los 8 años.

7.3.2. Cálculo de carbono acumulado

A 8 años de edad (Landeta González, 2009), presentó valores de 16,98 tonC/ha, IMA de 2,12 ton/ha/año para un estudio realizado por la ESPOL en la provincia de Los Ríos, mientras que para el presente estudio reportó un valor de 12,80 tonC/ha, un IMA de 1,60 ton/ha/año, reflejando mayores resultados en almacenamiento de carbono para la provincia de los Ríos.

Fonseca (2005) a los 12 años reportó una cantidad de 39,60 tonC/ha y un IMA de 2,47 ton/ha/año, mientras que para la plantación establecida en la amazonía ecuatoriana reportó 25,35 tonC/ha y un IMA de 2,11 ton/ha/año, lo que representa mayor concentración de carbono para el estudio propuesto para establecer comparación.

De acuerdo a los reservorios estimados para cada rodal podemos determinar que la plantación de teca almacena el mayor contenido de carbono en el rodal de 12 años con una cantidad de 25,35 tonC/ha y una cantidad de 149,57 tonC en un área de 5,90 has, mientras que la mínima cantidad de carbono se encuentra en el rodal de 6 años de edad con una cantidad de carbono almacenado de 11,78 tonC/ha y 18,85 toneladas de carbono por rodal dentro de un área de 1.60 has.

El área de estudio almacena 16,17 tonC/ha y una cantidad total de 320,18 toneladas de carbono dentro de un área de 18,67 hectáreas. Revisar Cuadro 8.

8. CONCLUSIONES

Al finalizar el estudio de investigación se concluye lo siguiente:

- El crecimiento promedio en altura total (HT) y diámetro a la altura del pecho (DAP) por plantación de teca (*Tectona grandis* L.F.), realizado en el sector el Corazón de Jesús, parroquia Huámbi, del cantón Sucúa, presentó un incremento medio anual (IMA) en altura total de 1,58 m y DAP de 2,42 cm, lo que se evidencia que esta especie se ha adaptado a las condiciones agroecológicas permitiendo realizar programas en plantaciones forestales comerciales en la región tropical amazónica.
- Los valores en área basal se incrementaron a medida que aumenta la edad de la plantación, pasando de 1,68 m²/año para el año 6 a 4,40 m²/año para el año 12. El incremento medio anual para el volumen total fue mayor para el rodal de 12 años de edad con 22,95 m³/ha/año, el menor valor para la edad de 6 años con 13,36 m³/ha/año.
- La fracción de carbono total almacenada en la plantación forestal de teca evaluada por rango de edad, presenta variación entre los rodales, evidenciando que el rodal de 12 años almacenó mayor cantidad de carbono en 25,35 tonC/ha y un total de 149,59 toneladas de carbono por rodal, el rodal que menor cantidad de carbono almacenó fue el de 6 años con 11,78 tonC/ha y un total de 18,84 toneladas de carbono por rodal.
- La teca es una especie de rápido crecimiento introducida al país, observándose plantaciones tanto en la Costa como en la Amazonia Ecuatoriana, se ha adaptado excelentemente en la provincia de Morona Santiago, de los resultados obtenidos podemos concluir

que la teca es una especie potencial para usarse como alternativas de mitigación contra el cambio climático, aportando servicios ecosistémicos y ambientales de almacenamiento y captura del dióxido de carbono presente en la atmosfera.

9. RECOMENDACIONES

- Realizar un monitoreo anual a las parcelas permanentes establecidas para poder observar el desarrollo de la plantación con respecto al DAP y HT.
- Mantener un adecuado manejo silvicultural, (podas y raleos), lo que permitirá mejores rendimientos en área basal y volumen forestal.
- Al momento de la corta final realizar investigaciones considerando cuantificar raíces, necromasa, ramas y hojas, a fin de determinar la cantidad de biomasa y carbono total almacenado de la especie teca en la Amazonía ecuatoriana.
- Considerando que la especie teca (*Tectona grandis* L.F), almacena dióxido de carbono aportando a reducir la contaminación ambiental producida por los gases de efecto invernadero, proponer programas de forestación y reforestación aplicando a programas de gobierno.

10. BIBLIOGRAFÍA

- (MDL), M. d. (2009). *Guia para la Formulación y Presentación de Proyectos* (1 ed.). (Comunica, Ed.) Honduras: Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente. <http://www.snvworld.org/>
- Alcala Arellano, J. M. (2009). *Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de las plantaciones forestales madereras en el municipio de turbaco, departamento de Bolívar*. Universidad de Cartagena, Bolívar. Cartagena de Indias: Facultad de Ciencias Economicas.
- Armijos Guzman, D. (2013). *Construcción de tablas volumétricas y cálculo de factor para dos especies teca y melina en tres plantaciones de la empresa Reibancap ca en la provincia de Los Rios*. tesis, ESPOCH.
- Avendaño Reyes, J. R. (2008). *Modelos Genéricos de Biomasa Aérea para especies Forestales en Función de la Arquitectura y la Ocupación del Rodal*. Turrialba: CATIE.
- Bermeo Noboa, A. (2012). *Desarrollo Sustentable de la Republica del Ecuador*. Quito. <http://www.unep.org/gc/>
- Biologica, S. S. (2009). *Guia de Buenas Practicas*. Montreal: IUCN.
- Blanco, J. A. (2013). *Aplicación de modelos Ecológicos a la gestión de Recursos Naturales*. Pamplona, España: Omnio Publisher.
- BOLFOR. (2012). *Manual de Metodos Basicos de Muestreo y Analisis en Ecología Vegetal*. (N. Daniel, Ed.) Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- Bravo F., D. J. (2007). *Métodos para cuantificar la fijación de CO₂ en los sistemas forestales*. España.
- Caballero, M. L. (10 de Octubre de 2007). Efecto invernadero, Calentamiento Global y Cambio Climatico. (I. d. Instituto de Geofísica, Ed.) *Revista Digital Universitaria*, 8(10), 3-12.
- Calderón, A. (2006). *Mensura Forestal. Dasometría*.
- Cantú Martines, P. C. (2012). *Percepciones Sobre el Medio Ambiente*. (C. M. Cesar, Ed.)
- CARE. (2010). *Estrategia del Cambio Climatico*. Ministerio del Ambiente. Quito- ECUADOR: CARE.
- Casal, J. E. (2005). Tipos de Muestreo. *Epidem. Med. Prev.*, 5-7.

- CATIE. (2006). *Potencialidades de los Sistemas Silvopastoriles para la Generacion de Servicios Ambientales*. Informe Tecnico 11, Turrialba.
- CATIE. (2013). *Las plantaciones de Teca en América Latina*. Turrialba: CATIE.
- Diaz, R. S. (2009). *Desarrollo sustentable oportunidad para la vida* (Vol. primera edicion). (R. A. alayon, Ed.) Mexico.
- Espinosa Cardenas, M. C. (2006). *Analisis de la experiencia compra- venta de servicios ambientales basadas en mecanismos de mercado*. Quito: Universiad catolica del Ecuador.
- Eurídice, N. H. (2010). *Manual para el monitoreo del Ciclo del Carbono en bosques amazonicos* (Primera ed.). (E. N. Coronado, Ed.) Lima, Iquitos, Peru: E. N. Honorio Coronado.
- Figueroa Clemente, M. E. (2007). *Los Sumideros Naturales de CO2* (1 Edicion en Espanol ed.). (M. Moya, Ed.) Sevilla, Espana: Editores Extremenos.
- GAD Huámbi. (2009-2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Huámbi 2009-2014*. Gobierno autonomo Descentralizado de la Parroquia Rural Huámbi, Sucua.
- GADMM. (2015). *Gobierno aut'onomo descentralizado del cant'on Morona*. Gobierno aut'onomo descentralizado del cantón Morona.
- Galmes, M. (2011). *Métodos de muestreo*. United Nations, Food and Agriculture Organization. Montevideo- Uruguay: United nations.
- Gonzales Armada, C. (2010). *Cambio climatico, causas, consecuencias y soluciones* (Vol. 1a edicion). (E. Mundi-Prensa, Ed.) Madrid.
- Gonzales Sarate, M. (2008). *Estimacion de Biomasa Aerea y la Captura de Carbono en Regeneracion Natural de Pinus maximinoi H. E. Moore, Pinus en el Norte del Estado de Chiapa- Mexico*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Grande Esteban, I. A. (2009). *Fundamentos y Tecnicas de Investigacion Comercial* (10 ed.). Madrid, Posuelo de Alarcon, Espana: ESIC.
- Hoeneisen, N. P. (2012). Preferencia por hábitats forestales por ciudadanos chilenos: Implicancias para la Conservacion de Biodiversidad en plantaciones. *Revista Chilena de Historia Natural*(85), 161-169.

- IPCC. (2007). *Informe de síntesis. Contribucion de los grupos de trabajo I, II Y III, al cuarto informe de evaluacion del grupo intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático*. Gynebra, Suiza.
- IPCC. (2008). *Cambio Climático 2007 Informe de Síntesis*. Suiza: R. K. y Reisinger, A.
- IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014; Impactos, adaptacion y vulnerabilidad- Resumen para responsables de Políticas*. (C. d. Climatico, Ed.) Ginebra, Suiza.
- Ladrach, W. (17 de 06 de 2009). Alternativas para el raleo de plantaciones de Teca. (K. R. Rica), Ed.) *Kuru- Revista forestal*, 2-10.
- Landeta González, A. D. (2009). *Produccion de biomasa y fijacion de carbono en plantaciones de Teca (tectona grandis Linn. F) en la ESPOL Campus, Ing. Gustavo Galindo*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL.
- MAGFOR/PROFOR. (2005). *Potencial de las Plantaciones Forestales y Fijacion de Carbono en Nicaragua* (1 ed.). (PROFOR, Ed.) Managua, Nicaragua: La Prensa.
- Mauricio, S. L. (2012). *Planes de acción del plan estratégico del subsector Plantaciones*. Quito, Ecuador: Ecuador forestal.
- MDL. (2008). *Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía*. (Z. Salinas, & P. Hernández , Edits.) Turrialba, Costa Rica: Masterlitho S.A.
- Moreta Vazques, S. E. (2006). *El Mecanismo de Desarrolli Limpio en Ecuador (MDL)*. Universidad Politecnica Nacional. Quito: Escuela de Ciencias.
- Novoa Leyba, A. G. (2007). *Estimación del Potencial de Fijacion de Carbono en Plantaciones Forestales Comerciales de Tectona grandis L.f., en Bahía de Banderas Nayarit*. Universidad de Guadalajara, Departamento de produccion Forestal. Jalisco: Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- ONU, O. d. (2006). *Protocolo de Kyoto de la convencion marco de la Naciones Unidas sobre el cambio climatico*. Kyoto: Naciones Unidas.
- Ordoñez Benjamin, J. A., & Macera, O. (2001). *Captura de carbono ante el cambio climatico* (Vol. 7). Xelapa- mexico: instituto de ecologia A. C.
- Ortega Vega, D. E. (2013). *Seguimiento y valoracion de madera Teca para exportacion*. Riobamba: Escuela Suoperior Politecnica del chimborazo.

- Pagiola, E. B.-M. (2006). *Venta de servicios ambientales forestales: Mecanismo basado en el mercado para la conservación y el desarrollo* (segunda ed.). (J. C. Cabrera Altamirano, Trad.) Mexico, Mexico: Earthscan Publication Ltd.
- Proaño Egas, D. (2005). *Estudio de tendencias y perspectivas del Sector Forestal en América Latina Documento de Trabajo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Dirección Nacional Forestal. Roma: FAO.
- Proaño García, A. (2007). *Identificación de la Calidad de sitio, utilizando el incremento medio anual en un cultivo de rebrote del teca en la hacienda Tecal Robusta*. Guayaquil, Ecuador: ESPOL.
- Rodríguez Llerena, M. C. (2013). *Elaboración de un inventario forestal multipropósito con énfasis en el contenido de carbono de las diferentes clases de uso de la tierra, parroquia achupallas, cantón Alausi, Riobamba, Chimborazo, Ecuador: ESPOCH*.
- Rodríguez, F., & Serrano, L. A. (2005). *El papel del Chopo como sumidero de CO₂ Atmosférico*. (U. d. Lleida, Ed.) Lleida: Dpto. de protección vegetal y ciencia forestal.
- Ronnie de Camino, J. P. (2013). *Las plantaciones de Teca en América Latina*. Turrialba- Costa Rica: Centro Agronómico de Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE.
- Rugnits Tito, M. C. (2009). *Guía para la determinación de carbono en pequeñas partes rurales* (1 ed., Vol. 11). Lima, Perú: Centro Mundial Agroforestal ICRAF.
- rural, L. S. (2011). *Evaluación de plantaciones forestales comerciales de Tabebuia Rosea en el Estado de Jalisco* (Primera ed.). Jalisco, Mexico: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Saugier, B. P. (Diciembre de 2006). El ciclo global del carbono y sus consecuencias en la fotosíntesis en el altiplano Boliviano. (U. o. Paris, Ed.) *Ecología en Bolivia*, 41(3), 72-75.
- Solano, D., Vega, C., & Hegas, V. C. (28 de Febrero de 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 Pluviestacional del Ecuador. *CEDEMAS*, 36-44.

- Vallejo Alvaro, A. J. (2013). Modelos de crecimiento y rendimiento de la teca. En J. P. Ronnie de Camino, *las plantaciones de Teca en América Latina y el mundo* (pág. 240). turrialva, Costa Rica: Centro tropical de investigaciones y enseñansa CATIE.
- Vigil Neri, N. (2010). *Estimacion de Biomasa y Contenido de Carbono en Cupresses Lindeyi en el campo forestal als Cruses Mexico*. Texcoco, Mexico: Universidad Autonoma de Chapingo.
- Walker, W. A. (2011). *Guia de campo para la estimacion de biomasa y carbono forestal* (Vol. Version 1.0). Massachusetts (USA): Woods Hole Research Center, Falmourt.

11. ANEXOS

Anexos 1. Hoja de campo para realizar el inventario forestal

FORMULARIO PARA HACER EL INVENTARIO O CENSO FORESTAL TOTAL		 1859					
Ubicación:	Sector	Lote	Lengua	Provincia:..... Fecha: ___ / ___ /2014			
Tipo de bosque:.....				Propietario:.....			
	Parcela N°						
	Rumbo:						
Nombre vulgar	Nombre científico	Estado sanitario	Diametr o de la copa (m)	DAP (cm)	Altura comercia l (m)	Altura del fuste (cm)	Altura total (m)

Realizado por: El Autor

Anexos 2. Formato para etiquetas de muestras

ETIQUETA DE LA MUESTRAS		
Datos colectados de la muestra de biomasa aérea:		
Provincia: Morona Santiago	Cantón: Sucúa	
Parroquia: Huámbi	Comunidad: Corazón de Jesús	
Propietario de la plantación: Sr. Wílmer Barsallo		
Nombre del Colector/a:		
Nombre común: Teca	Nombre científico: <i>Tectona grandis</i> L.F:	
Muestra N°	Fecha:/...../2014	Hora:h.....
Peso kg.:	Edad:	Lugar:
Contenido de la muestra		

Realizado por: El Autor

Anexos 3.Ficha para toma de pesos y medición de los componentes del árbol

FICHA DE CAMPO PARA MEDICIÓN Y PESOS DE LOS COMPONENTES DEL ÁRBOL DERRIBADO



Ubicación:	Provincia	Parroquia	Sector
	Morona Santiago	Huámbi	Corazón de Jesús

Fecha: ____/____/2014

Propietario: Wílmer Barsallo

Nombre común: teca

Nombre científico: *Tectona grandis* L.F:

Nombre del colector/a.....

°	Medición de los árboles (m)		Peso de los componentes (kg)		Peso de las muestras (kg)		
		Altura total:		Hojas:		Hojas:	Hora:
	Altura del fuste:		Ramas:		Ramas:	Hora:	
	Diámetro de la copa:		Fuste :	Alto:	Fuste :	Alto:	Hora:
	Diámetro del fuste:	Sup:		Medio:		Medio:	Hora:
		Infer:		Bajo:		Bajo:	Hora:

Realizado por: El autor

Anexos 4. Tablas de toma de datos y análisis de resultados

Tabla 23. Resultados de área basal y volumen forestal a los 6 años de edad

N .-	Nombre Común	Nombre Científico	Edad	No de Parce	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	VOL (m ³)
1	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	10,51	15,28	0,02	0,13
2	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	11,78	15,28	0,02	0,14
3	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	11,94	17,19	0,02	0,18
4	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	11,54	16,23	0,02	0,16
5	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,25	16,23	0,02	0,16
6	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,99	16,87	0,02	0,19
7	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,68	21,01	0,03	0,29
8	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,64	23,55	0,04	0,36
9	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,13	19,10	0,03	0,23
10	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,18	17,19	0,02	0,18
11	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	13,13	15,28	0,02	0,16
12	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,03	17,51	0,02	0,19
13	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,04	16,23	0,02	0,16
14	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	11,12	14,64	0,02	0,12
15	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	13,22	21,33	0,04	0,31
16	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	13,80	18,46	0,03	0,23
17	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,00	13,37	0,01	0,11
18	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	11,30	17,51	0,02	0,18
19	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	11,91	18,78	0,03	0,21
20	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	12,78	17,83	0,02	0,21
21	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	11,00	14,64	0,02	0,12
22	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	11,45	14,32	0,02	0,12
23	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	1	11,35	12,25	0,01	0,09
24	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,66	24,19	0,05	0,38
25	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	10,78	14,01	0,02	0,11
26	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,53	16,23	0,02	0,17

Continua

N .-	Nombre Común	Nombre Científico	Edad	No de Parce	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	VOL (m ³)
27	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,12	15,60	0,02	0,15
28	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,56	16,87	0,02	0,18
29	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	13,28	21,96	0,04	0,33
30	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,43	14,96	0,02	0,14
31	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	10,34	13,37	0,01	0,09
32	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	13,36	20,69	0,03	0,29
33	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	11,35	14,96	0,02	0,13
34	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	11,92	15,28	0,02	0,14
35	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,58	15,51	0,02	0,15
36	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,42	20,05	0,03	0,25
37	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	10,60	12,10	0,01	0,08
38	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,31	18,14	0,03	0,21
39	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	10,81	14,64	0,02	0,12
40	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,08	17,19	0,02	0,18
41	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	11,88	16,55	0,02	0,17
42	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	10,81	13,37	0,01	0,10
43	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	11,70	14,96	0,02	0,13
44	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,14	14,32	0,02	0,13
45	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	6	2	12,30	16,55	0,02	0,17
	Total						1,01	8,02

Realizado por: El Autor

Tabla 24. Resultados de área basal y volumen forestal a los 8 años de edad

N.	Nombre Común	Nombre Científico	Edad	No de Parcela	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	VOL (m ³)
46	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	14,23	23,55	0,04	0,40
47	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	13,21	16,55	0,02	0,18
48	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	14,30	26,10	0,05	0,50
49	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,89	22,60	0,04	0,34
50	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,49	17,51	0,02	0,20
51	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	13,90	20,69	0,03	0,30
52	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,36	14,64	0,02	0,14
53	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	10,85	14,96	0,02	0,12
54	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	14,30	22,28	0,04	0,36
55	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,32	16,23	0,02	0,17
56	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,24	19,10	0,03	0,23
57	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,50	16,55	0,02	0,17
58	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,26	21,75	0,04	0,30
59	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,62	19,74	0,03	0,25
60	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	11,84	23,24	0,04	0,33
61	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	11,60	18,78	0,03	0,21
62	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	11,75	16,23	0,02	0,16
63	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	11,56	15,60	0,02	0,14
64	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,85	18,78	0,03	0,23
65	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	11,91	16,87	0,02	0,17
66	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	13,18	20,69	0,03	0,29
67	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,69	22,28	0,04	0,32
68	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	3	12,72	22,28	0,04	0,32
69	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,34	17,19	0,02	0,20
70	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	12,59	15,60	0,02	0,16
71	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	14,19	16,23	0,02	0,19
72	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,49	20,53	0,03	0,29
73	Teca	<i>Tectona</i>	8	4	13,83	20,37	0,03	0,29

Continua

N.	Nombre Común	Nombre Científico	Edad	No de Parcela	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	VOL (m ³)
		<i>grandis</i> L. F:						
74	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,21	28,85	0,07	0,56
75	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,66	21,65	0,04	0,33
76	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,85	21,01	0,03	0,31
77	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,45	20,05	0,03	0,28
78	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,56	20,37	0,03	0,29
79	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,71	19,74	0,03	0,27
80	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	14,01	21,01	0,03	0,32
81	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,77	21,65	0,04	0,33
82	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,27	20,05	0,03	0,27
83	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	12,03	13,37	0,01	0,11
84	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,04	21,33	0,04	0,30
85	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,42	21,01	0,03	0,30
86	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,58	21,65	0,04	0,32
87	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	13,95	23,55	0,04	0,39
88	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	8	4	12,11	14,96	0,02	0,14
	Total						1,35	11,49

Realizado por: El Autor

Tabla 25. Resultado de área basal y volumen forestal a los 10 años de edad

N.-	Nombre Común	Nombre Científico	Edad	N.de Parcela	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	VOL (m ³)
89	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	13,55	21,01	0,03	0,33
90	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	5,86	10,82	0,01	0,04
91	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,74	21,96	0,04	0,39
92	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	16,51	29,92	0,07	0,81
93	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	15,53	27,06	0,06	0,63
94	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	15,45	26,42	0,05	0,59
95	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	12,54	16,23	0,02	0,18
96	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	15,52	27,68	0,06	0,65
97	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	13,72	20,05	0,03	0,30
98	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,61	22,90	0,04	0,42
99	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	15,18	28,33	0,06	0,67
100	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,65	27,06	0,06	0,59
101	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,24	21,96	0,04	0,38
102	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,43	27,06	0,06	0,58
103	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	12,87	19,42	0,03	0,27
104	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	12,03	12,41	0,01	0,10
105	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,47	24,19	0,05	0,47
106	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,56	22,60	0,04	0,41
107	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,92	25,78	0,05	0,55
108	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,00	20,69	0,03	0,33
109	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	14,63	22,60	0,04	0,41
110	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	12,79	22,92	0,04	0,37
111	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	15,06	26,10	0,05	0,56
112	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	15,72	31,83	0,08	0,88
113	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	5	12,48	22,28	0,04	0,34
114	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	13,66	24,51	0,05	0,45
115	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,30	21,98	0,04	0,38
116	Teca	<i>Tectona</i>	10	6	12,88	18,78	0,03	0,25

Continua

N.-	Nombre Común	Nombre Científico	Edad	N.de Parcela	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	VOL (m ²)
		<i>grandis</i> L. F:						
117	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,78	23,87	0,04	0,46
118	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	15,28	22,28	0,04	0,42
119	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	10,70	15,60	0,02	0,14
120	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,48	22,92	0,04	0,42
121	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	10,82	15,28	0,02	0,14
122	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	13,41	24,51	0,05	0,44
123	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	15,64	28,65	0,06	0,71
124	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	12,85	19,42	0,03	0,27
125	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,53	26,42	0,05	0,56
126	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	12,39	17,83	0,02	0,22
127	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	13,32	20,37	0,03	0,30
128	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,11	26,42	0,05	0,54
129	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,34	28,33	0,06	0,63
130	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,57	21,96	0,04	0,39
131	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	13,13	21,65	0,04	0,34
132	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,36	27,69	0,06	0,61
133	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	12,59	23,55	0,04	0,38
134	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,05	22,60	0,04	0,39
135	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	14,41	22,20	0,04	0,39
136	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	10	6	12,86	18,14	0,03	0,23
	Total						2,03	20,30

Realizado por: El Autor

Tabla 26. Resultados de área basal y volumen forestal a los 12 años de edad

N.-	Nombre Común	Nombre Científico	Edad	N.- de Parcela	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	VOL (m ³)
137	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	15,43	24,19	0,05	0,50
138	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	15,75	29,28	0,07	0,74
139	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	15,90	26,10	0,05	0,60
140	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	16,37	29,92	0,07	0,81
141	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	17,40	34,06	0,09	1,11
142	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	15,18	20,05	0,03	0,34
143	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	14,18	25,78	0,05	0,52
144	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	17,72	32,15	0,08	1,01
145	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	17,04	30,24	0,07	0,86
146	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	16,39	26,10	0,05	0,61
147	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	17,05	29,60	0,07	0,82
148	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	15,49	23,87	0,04	0,49
149	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	19,19	38,83	0,12	1,59
150	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	15,32	20,69	0,03	0,36
151	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	17,35	28,33	0,06	0,77
152	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	16,95	28,97	0,07	0,78
153	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	14,32	20,05	0,03	0,32
154	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	19,05	31,51	0,08	1,04
155	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	17,74	32,79	0,08	1,05
156	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	14,24	16,87	0,02	0,22
157	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	13,99	16,87	0,02	0,22
158	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	16,83	30,24	0,07	0,85
159	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	7	15,53	25,78	0,05	0,57
160	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	12,84	15,28	0,02	0,16
161	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	13,70	24,83	0,05	0,46
162	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	12,50	19,42	0,03	0,26
163	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	13,10	23,97	0,05	0,41
164	Teca	<i>Tectona</i>	12	8	15,44	29,76	0,07	0,75

Continua

N.-	Nombre Común	Nombre Científico	Edad	N.- de Parcela	HT (m)	DAP (cm)	AB (m ²)	VOL (m ³)
		<i>grandis</i> L. F:						
165	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	15,40	24,83	0,05	0,52
166	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	15,24	22,60	0,04	0,43
167	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	16,46	29,13	0,07	0,77
168	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	16,20	28,65	0,06	0,73
169	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	15,50	24,03	0,05	0,49
170	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	14,80	22,28	0,04	0,40
171	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	16,10	30,56	0,07	0,83
172	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	13,20	21,01	0,03	0,32
173	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	14,60	22,92	0,04	0,42
174	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	16,81	27,69	0,06	0,71
175	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	15,65	29,98	0,07	0,77
176	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	14,02	16,23	0,02	0,20
177	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	14,88	24,83	0,05	0,50
178	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	13,80	21,65	0,04	0,36
179	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	16,50	28,01	0,06	0,71
180	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	14,41	19,42	0,03	0,30
181	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	15,27	25,15	0,05	0,53
182	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	15,80	27,37	0,06	0,65
183	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	15,30	22,60	0,04	0,43
184	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	14,30	24,19	0,05	0,46
185	Teca	<i>Tectona grandis</i> L. F:	12	8	16,75	31,51	0,08	0,91
	Total						2,64	29,66

Realizado por: El Autor

Tabla 27. Resultados de área basal y volumen forestal promedios y análisis estadístico por plantación

Edad	HT (m)	DAP (cm)	AB (m²)	VOL (m³)	AB/HA (m²)	VOL/HA (m³)
6	12,00	16,70	0,51	4,01	10,10	80,16
8	13,02	19,72	0,68	5,75	13,50	114,90
10	13,82	22,78	1,02	9,43	20,30	188,54
12	15,27	25,80	1,32	13,67	26,40	275,37
Media	13,52	21,25	0,88	8,24	17,58	164,74
Varianza	1,90	15,36	0,13	18,68	52,60	7473,03
Desviación	1,38	3,92	0,36	4,32	7,25	86,45
C. variación	0,102	0,185	0,41	0,52	0,41	0,52
ERROR	0,521	1,481	0,14	1,63	2,74	32,67
T 95 %	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89
Lim Sup	15,27	25,80	1,32	13,77	26,40	2,75,30
Lim Inf	12,00	16,70	0,51	4,01	10,10	80,20

Realizado por: El Autor

Tabla 28. Resultados de volumen y densidades de la madera por altura

Muestra	Altura	EDAD	Peso verde	Peso seco	Humedad	V. en verde	V. inicial	V. M verde	D. básica	Media
	m	años	gr/ cm³	gr/ cm³	%	gr/ cm³	gr/ cm³	gr/ cm³	gr/ cm³	gr/ cm³
1	0,30	6	142,40	68,50	107,10	720	600	120	0,57	0,52
2	1,30	6	159,90	72,70	119,80	740	600	140	0,52	
3	2,30	6	168,90	68,80	145,40	750	600	150	0,46	
1	0,30	8	209,80	99,60	110,70	782,10	600	182,20	0,55	0,53
2	1,30	8	157,04	72,54	116,50	742,10	600	142,10	0,51	
3	2,30	8	164,94	78,06	111,30	744,10	600	144,10	0,54	
1	0,30	10	196,12	77,58	152,80	780	600	180	0,43	0,41
2	1,30	10	172,84	60,15	187,40	760	600	160	0,38	
3	2,30	10	171,14	67,23	154,60	755,20	600	155,20	0,43	
1	0,30	12	189,35	79,32	138,70	764,10	600	164,10	0,48	0,45
2	1,30	12	227,27	88,85	155,80	800	600	200	0,44	
3	2,30	12	188,36	72,72	159,00	770	600	170	0,43	
Total			2.148,1	906,07		9.107,7		1.907,7		0,48

Realizado por: El Autor

Tabla 29. Resultados de biomasa y carbono almacenado en biomasa aérea

EDAD (años)	SUPER FICIE	Vol (m³/ha)	D (kg/m³)	Bf (ton/ha)	BTf (ton)	CT (ton/ha)	CT (ton)
6	1,60	80,16	520	23,55	37,68	11,78	18,84
8	5,77	114,90	530	25,61	147,74	12,80	73,87
10	5,40	188,54	410	28,66	154,76	14,33	77,38
12	5,90	275,37	450	50,71	299,18	25,35	149,59
Total	18,67	658,97	1.910	32,13P	639,26	16,17P	320,18

Realizado por: El Autor

Anexos 5. Fotos.

Foto 2.



Plantación de teca

Foto 3.



Ubicación del punto central de la parcela de muestreo

Foto 4.



Delimitación de la parcela de muestreo

Foto 5.



Numeración de árboles dentro de la parcela de muestreo

Foto 6.



Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Foto 7.



Volteo de árbol promedio

Foto 8.



Separación de componentes del árbol

Foto 9.



Medición para obtención de muestras para análisis de laboratorio

Foto 10.



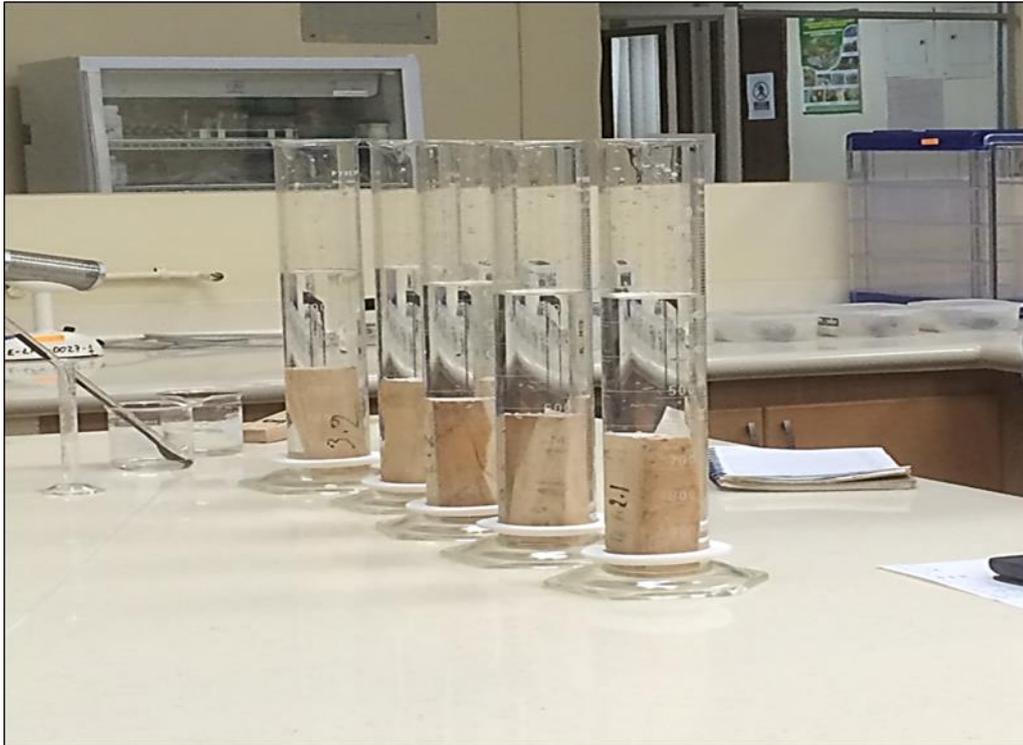
Estado sanitario de la madera

Foto 11.



Toma de pesos de las Muestras

Foto 12.



Medición del volumen

Foto 13.



Secado de muestras durante 48 horas