

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción

“Producción de biomasa y fijación de carbono en plantaciones de teca (*Tectona grandis* Linn F.) en la Espol Campus “Ing. Gustavo Galindo”

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Presentada por:

Aracely Dalila Landeta González

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2009

A G R A D E C I M I E N T O

A todas las personas que colaboraron en la realización de este trabajo, en especial a Dios, a mi familia y al M.sc Edwin Jiménez por su invaluable ayuda en el desarrollo de mi tesis y por contribuir en mi formación como profesional.

DEDICATORIA

A DIOS
A MIS PADRES
A MIS HERMANAS
A MIS AMIGOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE



M.Sc. Edwin Jiménez R.
DIRECTOR DE TESIS

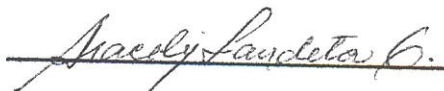


Ph.D. Efrén Santos O.
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in dark ink, reading "Aracely Landeta G.", is written over a horizontal line.

Aracely Landeta González

RESUMEN

Con el propósito de mitigar la emisión de CO₂, el cual ha sido clasificado como el gas con efecto invernadero más abundante en el planeta, se ha considerado a la cobertura vegetal como una forma viable de compensación de los daños provocados por la acumulación de este gas, debido a la capacidad de las plantas de capturar el dióxido de carbono y fijarlo, mediante sus procesos fisiológicos naturales, fotosíntesis y respiración. El objetivo de este estudio es la cuantificación de biomasa, fijación de carbono y CO₂ en plantaciones de teca en la región litoral, Campus Ing. Gustavo Galindo de la ESPOL. La zona escogida para el estudio representa una superficie de 4.3 hectáreas dentro la cual se establecieron cinco unidades de muestreo, las mismas que corresponden a tres procedencias: Ecuador, Brasil y Costa Rica. Los parámetros evaluados fueron carbono y CO₂ para la biomasa arriba del suelo (componente leñoso y vegetación herbácea), biomasa subterránea (raíces) y biomasa de la materia orgánica muerta (necromasa). La cantidad de biomasa seca total al momento de la evaluación para *Tectona grandis* a los 8 años está entre un rango de 27.68 tn/ha a 66.12 tn/ha. La procedencia que presentó mayor almacenamiento de carbono fue de Ecuador con 33.06 tnC/ha y 121.06 tnCO₂/ha. Sin embargo no hubo diferencias estadísticas significativas en el almacenamiento de carbono. La biomasa aérea representa en promedio el 62% del carbono acumulado, las raíces el 22%, la

hojarasca el 12% y la necromasa leñosa el 4%; no se considera en este porcentaje el carbono almacenado en el suelo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. EFECTO INVERNADERO.....	4
1.1. ¿Por qué se produce el efecto invernadero?.....	4
1.2. Gases del Efecto Invernadero.....	5
1.3. CAMBIO CLIMÁTICO.....	6
1.3.1. Consecuencias del cambio climático.....	7
1.3.2. Opciones de mitigación para las emisiones de dióxido de carbono.	9
1.3.3. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y el protocolo de Kyoto.....	10
1.3.3.1 La Convención del cambio Climático.....	10

CAPITULO 2

2. Rol de los bosques y plantaciones forestales en el cambio climático.....	13
2.1. Los bosques como sumideros de CO ₂ de la atmósfera.....	13
2.2. Las plantaciones forestales como sumideros de carbono.....	15
2.3. Las plantaciones de teca.....	18
2.3.1 Distribución geográfica.....	19
2.3.2 Distribución Artificial.....	19
2.3.3 Clasificación taxonómica de la teca.....	20
2.3.4 Características morfológicas.....	21
2.3.4.1 Árbol.....	21
2.3.4.2 Hojas.....	21
2.3.4.3 Inflorescencia y flor.....	21
2.3.4.4 Fruto.....	22
2.3.4.5 Sistema radical.....	23
2.3.5. Sitios óptimos.....	24
2.3.6. Requerimientos ambientales.....	25
2.3.7. Factores limitantes.....	27
2.3.8 Características y propiedades de la madera.....	29
2.3.9. Uso recomendado de la madera.....	30
2.3.10 Comercialización.....	32

CAPITULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1 Descripción de la zona de estudio.	34
3.1.1 Ubicación política y geográfica.....	34
3.1.2. Clasificación ecológica.....	35
3.2. Materiales, instrumentos y equipo personal.....	38
3.3. Metodología.....	39
3.3.1. Cuantificación de Biomasa y carbono contenido en la parte aérea, necromasa sobre el suelo y subterránea de las plantaciones de teca.....	39
3.3.1.1 Cuantificación de la cantidad de biomasa y carbono contenido en la parte aérea de la teca.....	40
3.3.1.2 Cuantificación de vegetación herbácea y carbono sobre el suelo en plantaciones de teca.....	46
3.3.1.3 Cuantificación de necromasa (leñosa y hojarasca) y carbono sobre el suelo en plantaciones de teca.....	47
3.3.1.4 Cuantificación de la biomasa contenida en la parte subterránea de plantaciones de teca.....	48

CAPITULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1 Análisis dasométrico (DAP, Altura, Volumen).....	50

4.2 Cantidad de biomasa, carbono y CO ₂ de la parte aérea de las plantaciones de teca.....	53
4.2.1 Cantidad de biomasa, carbono y CO ₂ del fuste.....	53
4.2.2 Cantidad de biomasa, carbono y CO ₂ en las ramas.....	55
4.2.3 Cantidad de biomasa, carbono y CO ₂ de la vegetación herbácea de las plantaciones de teca.....	57
4.2.4 Cantidad de biomasa aérea total.....	58
4.3 Cantidad de necromasa, carbono y CO ₂ sobre el suelo de las plantaciones de teca.....	59
4.4 Cantidad de biomasa, carbono y CO ₂ en las partes subterráneas de las plantaciones de teca.....	62
4.5 Determinación de contenidos carbono y CO ₂ de las plantaciones de teca.....	63

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
--	----

APÉNDICES

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

Art.	Artículo
BRS	Brasil
°C	Grados centígrados
C	Carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
cm	Centímetro
CAP	Circunferencia Altura del Pecho
CIC	Capacidad de Intercambio catiónico
CR	Costa Rica
DAP	Diámetro Altura del Pecho
ECU	Ecuador
f	Factor de forma
GEI	Gases de Efecto Invernadero
gr	gramos
has	Hectáreas
IMA	Incremento medio anual
IPCC	Panel Intergubernamental del Cambio Climático
Kg	Kilogramos
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
m	Metro
mm	Milímetros
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
msnm	Metros Sobre el Nivel del Mar
O ₂	Oxígeno
PPa	Precipitación promedio anual
sp	Especie
Tn	Toneladas
UM	Unidad de Muestreo
Vol	Volumen

SIMBOLOGÍA

Al	Aluminio
Ca	Calcio
CH ₄	Metano
CFCS	Cloro-fluro-carbonados
CO	Monóxido de carbono
Fe	Hierro
G.P	Área basal promedio
H ₂ O	Vapor de Agua
H.P	Altura promedio
K	Potasio
Kr	Factor de conversión
Mg	Magnesio
Mn	Manganeso
N	Nitrógeno
Na	Sodio
N ₂ O	Oxido Nitroso
NO _x	Óxidos de nitrógeno
%	Porcentaje
P	Fósforo
Zn	Zinc

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Descripción de la división de la unidad de muestreo para la medición de biomasa y captura de carbono.....	42
Tabla 2. Principales parámetros dasométricos de las parcelas en estudio.....	50
Tabla 3. Volumen por hectárea por clase diamétrica (m ³ /ha).....	52
Tabla 4. Distribución de altura por clase diamétrica.....	53
Tabla 5. Cantidad de biomasa, carbono y CO ₂ , contenido en el fuste de cinco parcelas de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	54
Tabla 6. Cantidad de biomasa, carbono y CO ₂ , contenido en las ramas de cinco parcelas de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	56
Tabla 7. Cantidad de biomasa, carbono y CO ₂ , contenido en la vegetación herbácea de cinco parcelas de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	57
Tabla 8. Resultados de biomasa, Carbono y CO ₂ contenidos en la parte aérea total de cinco parcelas de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	58
Tabla 9. Resultados de biomasa, Carbono y CO ₂ contenidos en la necromasa de cinco parcelas de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	60
Tabla 10. Resultados de necromasa leñosa, Carbono y CO ₂ contenidos en cinco parcelas de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	61
Tabla 11. Biomasa, Carbono, CO ₂ contenidos en las raíces de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	62
Tabla 12. Contenidos de carbono en la parte aérea, subterránea y de necromasa de cinco parcelas de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	64
Tabla 13. Contenidos de CO ₂ en la parte aérea, subterránea y de necromasa de cinco parcelas de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	64

INDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Características morfológicas de teca.....	23
Gráfico 2. Diseño de la unidad de muestreo.....	41
Gráfico 3. Esquema de división de los componentes de un árbol.....	44
Gráfico 4. Distribución de árboles por hectárea por clase diamétrica.....	51
Gráfico 5. Cantidad de biomasa y Carbono contenidos en la parte aérea total de cinco parcelas de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	59
Gráfico 6. Biomasa, Carbono, CO ₂ contenidos en las raíces de <i>Tectona grandis</i> en la Espol, Campus Ing. Gustavo Galindo.....	62

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las estrategias de mitigación del efecto invernadero tienen como objetivo la reducción de la concentración de CO₂ en la atmósfera, el principal gas de efecto invernadero. Como los árboles, durante su crecimiento actúan como sumideros de carbono al absorber el CO₂ y almacenar carbono en la madera, el mantenimiento de bosques o plantaciones forestales se ha convertido en un servicio ambiental de potencial valor económico en países en vías de desarrollo (1).

En la actualidad este proceso que es relativamente nuevo para el caso de Ecuador es voluntario no esta sujeto a ninguna obligación de los dueños de plantaciones forestales o propietarios que tengan bajo manejo forestal bosques nativos. Sin embargo existe la opción de reconocer créditos de carbono por evitar la deforestación y por la realización de proyectos que ejecuten actividades de forestación y reforestación (2).

La determinación del contenido de carbono en plantaciones forestales es muy importante, por un lado, para saber la cantidad almacenada en este tipo de ecosistemas y, por otro lado para determinar su tasa de acumulación y pasar de lo actual a lo potencial.

Un parámetro para determinar la cantidad de carbono que es fijado en un ecosistema forestal es la cuantificación de biomasa existente, debido a que la siembra de nuevas plantaciones o la pérdida de cobertura vegetal pueden significar un aumento en la absorción o emisión de carbono (1).

El rápido crecimiento y alto rendimiento de plantaciones de árboles de (10 a 25 m³/ha/año) son una fuente cada vez más importante de la madera en los trópicos. La mejora de la productividad de madera es un importante objetivo económico. *Tectona grandis* ha ganado una reputación mundial debido a la atracción y durabilidad de su madera. Las demandas del mercado han impulsado el establecimiento de plantaciones dentro y fuera de sus países de origen (3).

Tectona grandis es una de las especies arbóreas de rápido crecimiento que se ha utilizado ampliamente en los programas de plantación en toda América Central. En Ecuador, las plantaciones de teca cubren aproximadamente una superficie total de 30000ha (4).

Las plantaciones de teca pueden ser actividades atractivas para la fijación de carbono (por su rápido crecimiento) y almacenamiento de carbono (por medio de la elaboración de bienes durables), que con un buen manejo de la

plantación se descarta el riesgo de perder carbono por condiciones naturales atribuibles por incendios forestales (1).

Existen pocos estudios sobre la distribución de biomasa para *Tectona grandis* en las plantaciones de Ecuador, esto obliga a continuar con investigaciones que aseguren respuestas adecuadas para quienes están dispuestos a invertir y dedicar tierras a la reforestación.

Por esta razón el presente Proyecto de Investigación realizado en la Espol Campus Ing. Gustavo Galindo aporta en el conocimiento de valores de la biomasa, Carbono, y CO₂ fijado en las plantaciones de *Tectona grandis*, evaluadas en tres compartimentos: aéreo (ramas, fuste y vegetación herbácea), necromasa y raíces para una plantación de ocho años.

Los objetivos propuestos para esta investigación fueron:

- Cuantificar la cantidad de biomasa producida en las plantaciones de *Tectona grandis* Linn F.
- Determinar las toneladas por hectárea de carbono fijado en la biomasa aérea (fustes, ramas) y biomasa abajo del suelo (raíces) en plantaciones de *Tectona grandis* Linn F.

CAPÍTULO 1

1.EFECTO INVERNADERO

1.1 Por qué se produce el efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno natural que ha permitido el desarrollo de la vida en el planeta. Es causado por la presencia de gases en la atmósfera, principalmente vapor de agua y gas carbónico, permitiendo la retención de parte de la energía calórica que recibe del sol, y el mantenimiento de una temperatura dentro de límites que han permitido el desarrollo de la vida.

Los gases del efecto invernadero permiten el paso de las radiaciones solares de onda corta, calentando la superficie de la tierra. A la vez, absorben parte del calor que emana de la superficie de la tierra, en forma de radiaciones infrarrojas, de mayor longitud de onda, manteniendo una temperatura en la superficie del planeta de aproximadamente 15° C (5).

El efecto invernadero no es, por sí mismo, una amenaza a la vida en la tierra. El problema actual radica en que la actividad humana ha aumentado la concentración de CO₂ y otros gases en la atmósfera. Una mayor cantidad de energía calórica solar tiende así a permanecer atrapada en la atmósfera, elevando la temperatura promedio del planeta (5).

1.2 Gases del Efecto Invernadero.

Los principales gases producto de la actividad humana, que contribuyen a la amplificación del efecto invernadero, son el dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua (H₂O), el metano (CH₄), los óxidos nitrosos (N₂O), los cloro- fluro- carbonados (CFCS), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO) y el ozono troposférico (O₃) (5).

Las principales fuentes de emisión de estos gases de efecto invernadero son el consumo de energía (la quema de combustibles fósiles), la deforestación para aumentar la cantidad de tierra disponible para la agricultura, el pastoreo y la quema de madera asociada (5).

1.3 CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) se refiere a cualquier cambio del clima en el transcurso del tiempo ya sea por razón de su variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.

Una de las causas principales del cambio global del clima, es el incremento de las concentraciones del carbono atmosférico. Los ecosistemas forestales juegan aquí un rol fundamental, tanto positivo, actuando como “reservorios” de carbono (al fijar carbono a través de la fotosíntesis), como negativo, actuando como “fuentes” de carbono (a través de la deforestación, descomposición, erosión del suelo, etc.)

Los mayores flujos de CO₂ entre océanos, bosques y atmósfera, ocurren naturalmente. Pero las emisiones producto de la quema de combustibles fósiles, y la producción de cemento alteran el balance natural y aumentan el nivel de CO₂ de la atmósfera, modificando la estabilidad climática.

El impacto humano sobre los suelos y los bosques es un factor clave, la plantación de árboles o la regeneración de ecosistemas boscosos

remueve el CO₂ atmosférico a medida que la vegetación crece, en un proceso llamado “secuestro o fijación de carbono”.

Las plantaciones forestales, ya sean para la producción de madera industrial, producción de leña, protección de áreas seleccionadas, recuperación de tierras degradadas o el fortalecimiento de prácticas agroforestales, contribuyen a contrarrestar el efecto invernadero, sirven como mecanismos de captación de CO₂ y alivian la presión sobre los bosques naturales, preservándolos como depósitos de carbono (5).

1.3.1 Consecuencias del cambio climático.

El cambio climático se está convirtiendo en uno de los grandes retos a los que la humanidad deberá enfrentarse en los años venideros. Debido a su impacto en la producción, distribución y acceso a los alimentos, podría llegar a ser una seria amenaza para la seguridad alimentaria a nivel mundial.

Se preveé que entre los impactos a gran escala del cambio climático en los océanos se incluyan aumentos de la temperatura, una disminución de la cubierta de las capas de

hielo sobre el mar y cambios de salinidad, condiciones de las olas, y circulación de los océanos. En donde muchos ecosistemas marítimos son sensibles al cambio climático y los cambios de uno a otro régimen influyen fuertemente en la dinámica de abundancia de peces y su población, con impactos significativos en las sociedades humanas que dependen de la pesca.

Muchas zonas costeras experimentarán aumento de niveles de inundación, erosión acelerada, pérdida de humedales y de manglares, e intrusión de agua del mar en las fuentes de agua dulce como resultado del cambio climático lo que hará que en muchas zonas escasee el agua disponible tanto como para beber o para el riego de sus cultivos. Los cambios en la temperatura y las lluvias, así como el aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías e inundaciones, están teniendo implicaciones a largo plazo en la productividad.

A su vez el cambio previsto del clima estará acompañado de un aumento de olas de calor, frecuentemente por aumento de la humedad y de la contaminación atmosférica urbana que

llevarían a un aumento de muertes y enfermedades relacionadas con el calor.

1.3.2. Opciones de mitigación para las emisiones de dióxido de carbono.

Existen algunas alternativas para mitigar las emisiones del dióxido de carbono, entre ellas tenemos:

- Medios de transporte más eficientes.
- Obtención de bienes o servicios con menor gasto de energía también llamado eficiencia energética.
- Ahorros de energía, por ejemplo aislamiento térmico de edificios, y de uso adecuado de la electricidad.
- Promoción de energías de bajo impacto ambiental como la eólica, la solar térmica, entre otras.
- Medidas económicas a través de la incorporación de impuestos ambientales, y la
- Fijación de carbono por medio de actividades forestales.

1.3.3. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y el protocolo de Kyoto.

1.3.3.1 La Convención de Cambio Climático

Es un acuerdo de las Naciones Unidas para estabilizar la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, al nivel que prevenga cambios peligrosos en el clima. La Convención de Cambio Climático fue acordada en la Conferencia de Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas en Río en el año 1992. A la fecha, 186 países han ratificado la Convención. El Protocolo de Kyoto fue creado en el año 1997, con el objetivo de poner la Convención en marcha. El aspecto más relevante del Protocolo de Kyoto, es el compromiso legal de 39 países desarrollados de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un promedio de 5.2 %, con respecto a los niveles de emisiones que tenían en el año 1990. Esta reducción de emisiones debe ser lograda en el período 2008-2012: llamado **“Primer Período de Compromiso”** (6).

El Protocolo de Kyoto acepta el uso de ciertos sumideros para el cumplimiento de los compromisos obligatorios asumidos por los países del Anexo B. El art. 3.3 establece que **sólo aquellos sumideros relacionados con actividades de “aforestación, reforestación y desforestación” y que hayan sido inducidos directamente por actividades humanas posteriores a 1990, son elegibles**. El art. 3.4 permite que se agreguen otras actividades adicionales en el futuro. Varios países ya han solicitado la inclusión de sumideros resultantes de cambios en el uso de la tierra y manejo de bosques no contemplados en el art. 3.3 del Protocolo de Kyoto (20).

El Protocolo de Kyoto le permite a los países desarrollados alcanzar sus metas a través de distintos **Mecanismos de Flexibilidad**, tales como el **Comercio de Emisiones** (comercio de permisos de emisiones entre países desarrollados); **Implementación Conjunta** (transferencia de permisos de emisiones entre países relacionados a proyectos de reducción de emisiones específicos); y el **Mecanismo de Desarrollo Limpio**

(MDL). El MDL es el único Mecanismo de Flexibilización que incluye a los países en desarrollo. Le permite a los países desarrollados cumplir con parte de sus compromisos de reducción de emisiones a través de proyectos en países en desarrollo, que reduzcan emisiones o fijen o secuestren CO₂ de la atmósfera (6).

CAPÍTULO 2

2. Rol de los bosques y plantaciones forestales en el cambio climático.

2.1. Los bosques como sumideros de CO₂ de la atmósfera.

Sin duda una de las medidas de mitigación para disminuir o mantener los niveles actuales de dióxido de carbono CO₂ es la conservación y el manejo de los ecosistemas forestales. Lo anterior, basado en que las plantas a través del proceso de fotosíntesis toman el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera, incorporan el carbono (C) a su estructura y liberan oxígeno (O₂).

Todo bosque almacena carbono en su biomasa, contribuyendo en forma pasiva al calentamiento global, mientras que la tala de árboles contribuye a la emisión de dióxido de carbono, aumentando su contenido en la atmósfera. Únicamente los bosques que tienen un crecimiento neto son capaces de la absorción neta de CO₂ y por lo tanto, de contribuir a la reducción de CO₂ atmosférico.

La cantidad de biomasa acumulada por el crecimiento de los árboles en los bosques disminuye gradualmente conforme aumenta la edad del bosque y por lo tanto, su potencial de secuestro de carbono también disminuye. Esta variabilidad que muestran los bosques naturales con respecto a las características de captura y almacenamiento de dióxido de carbono sirve de base para diseñar diferentes alternativas de manejo de bosque natural y de ecosistemas forestales para que contribuyan al almacenamiento y no a la emisión de CO₂ (8).

Los bosques secundarios también contribuyen a la fijación de carbono; su potencial para fijar carbono dependerá del potencial de la vegetación para desarrollarse y su tasa de producción de biomasa. En general, los bosques secundarios que se desarrollan en tierras utilizadas anteriormente para la actividad ganadera crecen mas lentamente, quizás por la compactación del suelo, que los bosques secundarios establecidos en tierras agrícolas con pocos años de uso, lo que repercute en la cantidad de biomasa y la capacidad para fijar carbono (8).

La pérdida global de los bosques aumenta los riesgos del cambio climático. Se ha estimado que la deforestación contribuye con el 20% de las emisiones anuales de CO₂. Los bosques naturales almacenan mayores cantidades de carbono que las plantaciones forestales y proveen mayores beneficios para la biodiversidad (9).

La madera de bosques y plantaciones forestales es un recurso renovable y cuando se obtiene de bosques gestionados de forma sostenible, resulta un material eficaz para almacenar carbono. Aunque la extracción de madera reduce temporalmente el almacenamiento de carbono en el bosque, una gran parte del carbono extraído puede almacenarse en productos madereros durante muchas décadas. Por ejemplo cuando la madera se utiliza en productos de larga duración como viviendas y muebles.

2.2. Las plantaciones forestales como sumideros de carbono

Las plantaciones forestales, por la gran cantidad de biomasa que producen por unidad de área, han sido sugeridas como alternativas para la fijación de carbono por ser ecosistemas cuyo manejo se orienta a maximizar el volumen en madera por unidad de área, lo que da como resultado una fijación de carbono elevada y por ende

contribuyen a la limpieza de la atmósfera. El carbono fijado en la biomasa permanece acumulado en las plantaciones por largos periodos. La función de las plantaciones como elemento mitigador de los gases de efecto invernadero es reconocida en la actualidad a nivel nacional e internacional (10).

Los ecosistemas forestales atrapan CO_2 de la atmósfera mientras ellos van adquiriendo masa. Una vez alcanzada su madurez, ellos aproximadamente están en balance con respecto al carbono, pues la tasa que han acumulado es la misma que liberan (8).

La fijación de carbono en plantaciones a gran escala depende del uso que se le pueda dar a los productos provenientes de las mismas. Por ejemplo, si los árboles son convertidos en productos que no tienen una larga duración en cuanto a su uso. Tal es el caso del papel utilizado para la impresión de periódicos, ya que una vez que el papel es destruido, en el proceso de descomposición se libera el CO_2 y éste retorna a la atmósfera. El carbono podría localizarse por un tiempo considerable si la madera producida a través de plantaciones se usa para la fabricación de muebles o para construcción (8).

Aunque las plantaciones acumulan carbono a una tasa más rápida que los bosques, estos conservan más carbono por hectárea (8).

La cantidad de carbono acumulado en las plantaciones forestales está directamente relacionada con el Incremento Medio Anual (IMA) en biomasa de fustes, de ramas y en follaje. Por ejemplo una plantación de *Gmelina arborea*, cuyos fustes crecen a una tasa de $40 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$, obviamente acumula más carbono en los fustes por unidad de área y de tiempo que una plantación de melina, en un sitio de bajo rendimiento en el cual rinde $15 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ (8).

La tasa de fijación de carbono está en función de la especie, el índice de sitio, el turno, etc. El índice anual de fijación de carbono es más alto en las plantaciones jóvenes, o sea, las que se encuentran en pleno crecimiento (1).

Las plantaciones forestales, ya sean para la producción de madera industrial, producción de leña, protección de áreas seleccionadas, recuperación de tierras degradadas, o el fortalecimiento de prácticas agroforestales, contribuye a contrarrestar el efecto invernadero, sirven

como mecanismos de captación de CO₂ y alivian la presión sobre los bosques naturales, preservándolos como depósitos de carbono (8).

2.3. Las plantaciones de Teca

El árbol de teca es natural de India, Birmania, Tailandia, Indochina y Java. Sin embargo ha sido extensamente sembrado por su madera y por razones ornamentales dentro de su hábitat natural y en todas las regiones tropicales del mundo: Este y Oeste de África, Indias Occidentales, Cuba, Jamaica, Ecuador, Trinidad, Costa Rica, Panamá, Brasil y Puerto Rico (11).

En India, donde se pueden encontrar estructuras hechas con árboles de teca hace más de 1.000 años, esta especie era muy abundante. Desafortunadamente, la tala excesiva deforestó el país, por lo que el gobierno de India prohibió el corte y comercialización de árboles (12).

La especie fue introducida en Ecuador como aventura comercial a inicios de la década de 1960, y durante la década de 1970 porque se creía que la ubicación del país en la línea ecuatorial, la lluvia y la temperatura producidas por la confluencia de la corriente cálida de El Niño y la Corriente Fría de Humboldt, proporcionaban condiciones

ideales para la siembra. La visión fue confirmada en las décadas posteriores con la cosecha de árboles maduros (13).

2.3.1 Distribución geográfica.

Aunque la teca solo se distribuye naturalmente en zonas con clima monzónico, crece en ellas en las más variadas condiciones medioambientales. Por esta razón la teca forma parte de los bosques secos deciduos, los cuales colindan con los matorrales espinosos áridos (p.ej. en India con PPa de aprox. 800mm) mientras que bosques húmedos deciduos con presencia de la teca (PPa de aprox. 1500mm) son vecinos de las formaciones húmedas siempreverdes (7)(11).

2.3.2 Distribución Artificial

Por la calidad de la madera, *Tectona* ha sido introducida en una gran cantidad de lugares que tienen clima tropical, entre los 18 y 28° latitud norte. En el sureste de Asia, en Indonesia, Sri Lanka, Vietnam, Malasia, Islas Solaman, en algunos países africanos como Costa de Marfil, Nigeria y Togo, África y en muchos países de América Latina (11).

En América Tropical fue introducida primero en Trinidad en 1913 y en 1916, con semillas procedentes de Tenasserim en Burma (Myanmar). Esta procedencia ha sido ampliamente distribuida, exportándose semilla de Trinidad a Belice, Antigua, Dominicana, Jamaica, Costa Rica, Cuba, Colombia, Venezuela, Haití, Puerto Rico, Ecuador, Guayana Francesa y México (Fonseca 2004) (11).

En el Ecuador fue introducida a principios de los años sesenta, presumiblemente procedentes de Centro América, por medio de semillas, a varias zonas del Litoral ecuatoriano, especialmente en las zonas de Balzar, Milagro, Montalvo, Quevedo y Quinindé, bajo diferentes modalidades de plantación: cortinas rompevientos, división de pastos y cultivos, linderos y en plantaciones puras (14).

2.3.3 Clasificación taxonómica de la teca

Reino: Vegetal	Clase: Angiospermae
Subclase: Dicotyledonae	Orden: Lamiales
Familia: Verbenacea	Género: Tectona
Especie: grandis	Nombre comunes: Teca, Teak, Teck

2.3.4 Características morfológicas

2.3.4.1 Árbol

Tectona grandis L. f, es una especie latifoliada que pertenece a la familia Verbenaceae. Es un árbol grande, deciduo, que puede alcanzar más de 50 m de altura y 2 m de diámetro en su lugar de origen (11).

Es un árbol de fuste recto, con corteza áspera y fisurada de 1,2 mm de espesor, de color café claro que desfolia en placas grandes y delgadas. Los árboles generalmente presentan dominancia apical, que se pierde con la madurez o cuando florece a temprana edad, originando una copa más amplia con ramas numerosas (11).

2.3.4.2 Hojas

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

2.3.4.3 Inflorescencia y flor

Inflorescencia en panículas terminales de 40 cm. hasta 1,0 m. de largo. Flores de cáliz campanulado, 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 (11).

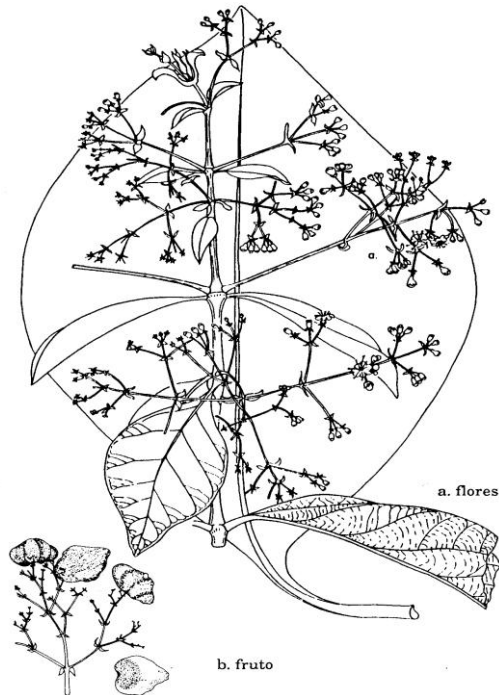
2.3.4.4 Fruto

El fruto es drupáceo y envuelto por cáliz persistente, mide aproximadamente 1 cm. y posee cuatro carpelos que encierran generalmente 1 o 2 semillas de 5mm de largo (11).

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 (11).

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 (14).



**GRÁFICO 1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE
TECA. CHAVES Y FONSECA 1991(11)**

2.3.4.5 Sistema radical

Presenta una raíz pivotante gruesa y larga que puede persistir o desaparecer, pero forma 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. (11) En los primeros 30 cm. de suelo se encuentra el 65 a 80% de la biomasa radical fina (11).

2.3.5 Sitios óptimos

La experiencia en Costa Rica demuestra que los mayores crecimientos se dan en sitios con altitudes menores a 500 msnm, con una estación seca marcada de 4 a 6 meses, entre 23 y 27 °C de temperatura y una precipitación de 1300 y 2500 mm/año (11)(15).

Según Vázquez y Fonseca Los mejores sitios son aquellos con una pendiente media (menor al 25 %), al pie de monte o en el fondo de valles, con suelos de textura liviana, bien drenados, fértiles, neutros, con una profundidad efectiva mayor a 80cm, con alto contenido de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg) (11)(15).

Los sitios buenos deben tener entre 150 y 160 ppm de fósforo total (P) , al menos 15 ppm de manganeso (Mn), hasta 2 ppm de zinc (Zn) y más de 10 cmol/l de Ca+Mg + K/100 gr de suelo, en los primeros 10 cm profundidad del suelo; una relación Ca/CIC pH 7 mayor al 50% entre 20 y 30 cm. de profundidad y una relación Mg/CICE superior al 15- 20% en los primeros 10 cm profundidad del suelo. Bajo estas características, los sitios buenos son aquellos que tienen un porcentaje de saturación de acidez menor a 5,8% y un porcentaje de saturación de calcio mayor a 67% (11).

2.3.6 Requerimientos ambientales

Temperatura: En el área de distribución natural, en la India, crece en lugares con temperaturas entre 13 °C y 40 °C, con una media de 24 °C. Sin embargo, para un óptimo desarrollo se considera una temperatura media de 25 °C, con un rango 24-30 °C (11).

Precipitación: Se reporta un amplio rango de precipitación que va desde 1000 a 3750 mm/año, con una época seca bien

definida de 3 a 5 meses, con extremos de 500 a 5000 mm/año (11).

Condiciones muy húmedas pueden conducir a mayor crecimiento y a la producción de madera de menor calidad, debido a un mayor porcentaje de albura, color menos atractivo, textura más pobre, pérdida de fuerza y menor densidad (11).

Suelos: Se adapta a gran variedad de suelos, pero prefiere suelos planos, aluviales, de textura franco-arenosos o arcillosos, profundos, fértiles, bien drenados y con pH menores o iguales a 5.5. Es exigente de elementos como calcio, fósforo y magnesio. Las plantaciones de teca mejoran la calidad de los sitios, en Tailandia se ha determinado incrementos de materia orgánica en plantaciones de cuatro años, y al año 15 había aumentado el pH, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y el magnesio (Mg) (11).

Altitud: *Tectona* crece desde 0 a 1000 msnm. En Centro América se ha ensayado desde 16 m hasta 600 m.

2.3.7 Factores limitantes

Entre los factores limitantes más importantes para el crecimiento de teca se consideran los terrenos relativamente planos, el suelo poco profundo (con afloramiento rocoso o roca a poca profundidad), mal drenados, o sitios anegados, suelos compactados o arcillosos. Sitios planos con un estrato superficial de arena, suelos duros, suelos profundos secos y arenosos no son recomendables (11).

En cuanto a las condiciones químicas, el bajo contenido de calcio, magnesio y fósforo, limitan el buen desarrollo de la especie, también el alto contenido de hierro (Fe) y de aluminio (Al) intercambiable. La especie es sensible al fósforo y las deficiencias producen bajo volumen de biomasa radicular que posiblemente afecta la producción y la salud de la planta. La restitución de elementos como fósforo y potasio al suelo a través de la hojarasca presenta niveles bajos comparados con otros elementos como nitrógeno, calcio y magnesio (11).

Altitudes mayores a 1000 msnm. afectan negativamente el crecimiento, así como los sitios bajos con alta precipitación

(mayores a 3500 mm. al año) o sin un período seco marcado de 3 meses no son recomendados para plantar la especie (11).

Deben evitarse sitios con una distribución de las lluvias en periodos muy cortos o que presentan un veranillo muy largo, aquí la especie tiende a botar las hojas dos veces con el consecuente gasto de energía (11).

La teca es una especie heliófita, con alta demanda de luz vertical total y requiere de un espacio amplio alrededor para el desarrollo apropiado. Se mencionan también como factores limitantes la presencia de malezas ya que es muy sensible a la competencia radical y los incendios.

Vázquez y Fonseca recomiendan no plantar en lugares con:

- pendiente mayor al 25% para no causar problemas de erosión.
- en la parte media y en la cima de las laderas porque el incremento es pobre.
- en sitios con fuertes vientos.
- sitios con menos de 80-90 cm profundidad
- sitios arriba 600 msnm

- sitios sat. Acidéz > 10%, pH < 5,5
- sitios con otros factores negativos como: inundación, pedregosidad o afloramiento de rocas excesiva (11) (15).

2.3.8 Características y propiedades de la madera

La teca ha ganado gran reputación a nivel mundial debido a la alta calidad por su atractivo y durabilidad, a que posee gran resistencia al ataque de hongos e insectos y, por sus excelentes características, se considera como una de las más valiosas del mundo (11).

La albura es amarillenta blancuzca o pálida, el duramen es de color verde oliva, moreno o dorado, con vetas más oscuras, al cortarse se torna café oscuro. La madera es moderadamente dura, pesada, con mucha resistencia y presenta anillos de crecimiento (11).

La madera adulta tiene un aceite natural antiséptico que la hace muy resistente y la protege del ataque de insectos y hongos. Su grano es recto, algunas veces ondulado, de textura gruesa, accidentada o irregular y anillo poroso (11).

La teca es una madera fina, a pesar de que contiene sílice es fácil de trabajar, no presenta problemas de secado, posee buena durabilidad natural y estabilidad dimensional, su carácter no corrosivo se debe a que posee aceites naturales, estos aceites la hacen resistente a termitas y a hongos (11).

Teca presenta buenas características de cepillado, moldurado, perforación, atornillado, clavado y lijado. Posee buenas condiciones de trabajabilidad y de fácil aplicación de acabados, fácil de encolar y recibe bien el barniz, pinturas, tintes, selladores (11).

La densidad básica de la madera aumenta con la edad y a mayor densidad de la plantación. También aumenta el porcentaje de duramen, las propiedades mecánicas y la razón de contracción (11).

2.3.9 Uso recomendado de la madera

La madera de teca se puede utilizar para los mas diversos objetivos, por su solidez, resistencia, trabajabilidad y calidades estéticas, es la madera tropical más solicitada, es considerada

una de las más valiosas y apetecidas del mundo para el mercado específico de aplicaciones suntuarias como mueblería, componentes decorativos, construcciones navales. Se le atribuyen además gran variedad usos: en puentes, durmientes de ferrocarril, muebles internos y externos, carpintería en general, enchapado y contraenchapado, madera para parket, construcción de muelles o atracaderos, compuertas en agua dulce, pisos expuestos al tránsito de peatones, para postes de líneas de transmisión eléctrica y de cerca, instrumentos musicales, juguetes y es excelente para la fabricación de barriles para guardar productos químicos (11). La madera contiene un aceite que impide la oxidación de los clavos (7).

La madera inmadura en rollo extraída por medio de raleos de las plantaciones está siendo utilizada como postes y para madera laminada, puertas, pisos y otros productos. El mobiliario de teca es usualmente clásico y sencillo en diseño, pero la apariencia natural de la madera se presta para diseños que sutilmente se mezclan con el paisaje y la arquitectura circundantes, por esta razón, en los últimos 10 años, los diseñadores y arquitectos se han enterado más de la versatilidad y durabilidad del mobiliario

externo, aumentando el rango de estilos (aerodinámicos y contemporáneos), compitiendo en el mercado (11).

Además, en toda el área natural, la teca produce una madera de alta demanda para la leña y carbonización (7).

2.3.10 Comercialización

La producción y exportación de teca desde Ecuador es todavía relativamente pequeña; sin embargo, el éxito obtenido por algunas plantaciones ha incentivado una significativa inversión en el sector (4).

La teca es un gran árbol que crece alto y recto con hojas contrapuestas. Los árboles de teca de 100 años o más pueden llegar a medir hasta 45 metros de altura en condiciones favorables. El corte de madera se hace a partir del año 20 una vez sembrado, y se producen procesos continuos posteriormente cada 12 a 14 años. Los suelos a los cuales se adapta la especie son los profundos, con sedimentos arenosos o suelos arcillosos fértiles, bien drenados y con pH neutro de preferencia (4).

Las cualidades física y estética de teca le han dado una reputación mundial como una madera de máxima calidad (3).

Los principales mercados para la madera de teca lo constituyen Norteamérica, Europa y Japón en los que se usa esta madera para la construcción de casas sometidas a condiciones ambientales extremas, muebles lujosos, muebles de exteriores y en el recubrimiento de superficies exteriores e interior de yates, etc. Entre los países europeos se encuentran particularmente Italia y Suecia, que importan madera aserrada de teca; estos países son muy exigentes en cuanto a la calidad y prefieren madera de duramen, sin nudos y otros defectos así como dimensiones precisas (16).

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de la zona de estudio.

El área de estudio se encuentra en Guayaquil, predios de ESPOL, Bosque Protector la Prosperina, ubicado en el Campus Ing. Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral (17).

3.1.1 Ubicación política y geográfica

Localización Geográfica:

El Área se haya ubicado geográficamente en las siguientes coordenadas:

* 2°7'41.96"; 2°7'42.07":2°9'23.09" Latitud Sur.

* 79°56'24.39"; 79°56'39":79°59'4.89" y 79°59'4.95" Longitud Oeste.

Localización Política

El Bosque Protector La Prosperina está localizado en las parroquias rural Chongón y urbana Tarquí del cantón Guayaquil, provincia del Guayas (17).

3.1.2. Clasificación ecológica.

Esta zona goza de un microclima derivado de la influencia de la cordillera de Chongón Colonche; según la clasificación de Leisle y Holdridge, el clima corresponde a un Bosque seco tropical. Las precipitaciones se presentan entre enero y abril, con un promedio anual de precipitación de 850mm en la ciudad de Guayaquil (18).

Según el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos (INERHI), la zona tiene temperaturas cuyos cambios son constantes y predecibles, originados por la influencia estacional de la corriente fría de Humbolt. En estas zonas se registran temperaturas medias anuales de 26.2 °C con máximas y mínimas de 33 °C y 20 °C respectivamente (17).

Los terrenos se encuentran entre 50 y 500 metros sobre el nivel del mar, con una pendiente variable y suelos franco arcillosos (17).

Características del Bosque seco Tropical

En la costa esta formación se extiende en sentido altitudinal desde el nivel del mar hasta los 300 metros, mientras que en el Oriente sube hasta la cota de los 600 metros (18).

El promedio anual de precipitación fluctúa entre los 1000 a 2000 milímetros, mientras su temperatura oscila entre los 24 y 25 °C (18).

Más que en ninguna otra formación, prevalece un régimen climático típicamente monzónico, o sea donde hay un solo periodo de sequia más o menos largo, y un apreciable sobrante de lluvias durante el invierno que se pierde por el escurrimiento (18).

Los bosques en esta formación son semidecíduos, o sea una transición entre el bosque marcadamente decíduo que caracteriza al bosque muy seco tropical y el bosque perennifolio que identifica al bosque húmedo tropical (18).

Pese a que las especies varían de una localidad a otra, las más conspicuas son: Amarillo *Centrolobium patinensis*, Bálsamo, *Myroxylon balsamun*, Colorado, *Pouteria* sp., Cedro colorado, Ocotea sp., Madera negra, *Tabebuia ecuadorensis*, Figueroa, *Carapa guianensis*, Beldaco, *Bombax* sp., Peine de mono, *Apeiba aspera*, Moral Bobo, *Clarisia racemosa*, Pechiche, *Vitex gitantea*, Palo de vaca, *Alseis eggersii*, y una gran profusión de mata palos de los géneros *Ficus* y *Coussapoa*, entre otros (18).

A lo largo de los bancos de los ríos o formando manchas en el bosque encontramos la Guadúa, *Guadua angustifolia*; en bajiales donde la tabla de agua es superficial, encontramos el Platanillo, *Heliconia* sp; y en los lechos abandonados de los ríos el Chilco, *Vernonia baccharoides* (18).

En bosques secundarios, mayormente está representado por el guarumo, *Cecropia sp*, Balsa, *Ochroma lagopus*, el Laurel, *Cordia alliodora*, Fernán Sánchez, *Triplaris guayaquilensis* (18).

En esta zona de vida junto con el bosque muy seco tropical poseen el más alto potencial de desarrollo económico y social del país y geográficamente corresponde a un gran aporte de la denominada Cuenca del Río Guayas. Ni muy húmeda, ni muy seca, favorece el desarrollo de suelos tropicales relativamente productivos (18).

3.2. Materiales, instrumentos y equipo personal

Materiales

- Manual de Procedimientos de Inventario de carbono
- Aerosol rojo
- Bolsas de papel y de plástico para recolección de muestras
- Estacas
- Machete
- Sogas

Instrumentos

- Brújula
- Hipsómetro
- Cinta métricas para medir DAP
- Motosierra
- Calculadora
- Marco para muestreo de hojarasca (0.5*0.5m)
- Balanza
- Porta-hojas
- GPS

Equipo personal

Calzado, vestimenta y elementos de seguridad adecuados para actividades en terreno.

3.3. Metodología

3.3.1. Cuantificación de Biomasa y carbono contenido en la parte aérea, necromasa sobre el suelo y subterránea de las plantaciones de teca.

Las mediciones consistieron en la obtención de datos para determinar el contenido de carbono en los compartimentos:

aéreo (tallos, ramas y hojas), y subterráneo (raíces). Simultáneamente se muestreó la hojarasca presente en el suelo y la madera caída en el suelo.

3.3.1.1. Cuantificación de la cantidad de biomasa y carbono contenido en la parte aérea de la teca.

a) Selección e Instalación de Unidades de Muestreo

La zona escogida para el estudio representa una superficie de 4.3 has. dentro la cual se establecieron cinco unidades de muestreo, las mismas que corresponden a tres procedencias:

- Ecuador: ECU 01, ECU 02, ECU 03
- Brasil: BRS
- Costa Rica: CR

Se utilizó como unidad de muestreo parcelas rectangulares de 20x25 m (500m^2) con un número promedio de 50 árboles por parcela.

Dentro de cada parcela se consideró las siguientes variables: diámetro a la altura del pecho (DAP; a 1.30m) del fuste y altura del fuste de cada árbol. Estos datos junto con el factor de forma nos permitieron calcular el volumen del fuste del árbol.

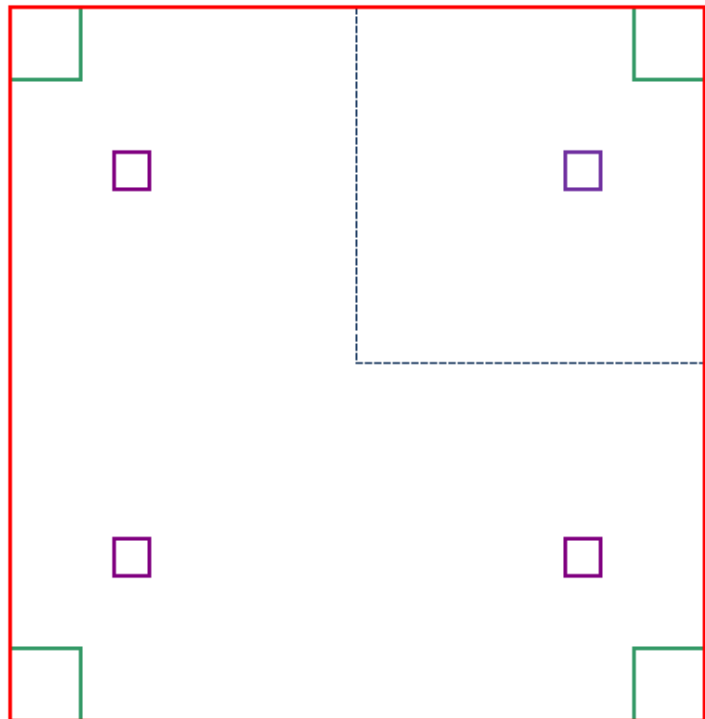


GRÁFICO 2. DISEÑO DE LA UNIDAD DE MUESTREO. FONSECA 2007 (19)

TABLA 1

DESCRIPCIÓN DE LA DIVISIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTREO PARA LA MEDICIÓN DE BIOMASA Y CAPTURA DE CARBONO.

Color	Nombre	Dimensión	Parámetros
	Unidad de Muestreo	20 x 25 m	Medición de altura y DAP de todos los árboles. Evaluación del árbol promedio de la unidad de muestreo.
	Sub Unidades	5 x 5 m	Evaluación de la necromasa leñosa
	Cuadros	1 x 1 m	Evaluación de la vegetación herbácea
	Cuadro	0.5 x 0.5 m	Evaluación de necromasa hojarasca

b) Cálculo del volumen del árbol

Se realiza con la finalidad de conocer el árbol promedio por unidad de muestreo partiendo con los valores obtenidos en su fuste (diámetro y altura).

Para ello se consideran las siguientes expresiones:

$$V = 3.1416 \left(\frac{DAP}{2} \right)^2 * h * f$$

Donde:

V: Volumen del fuste

DAP: Diámetro a la altura del pecho

h: altura del fuste

f: factor de forma

c) Determinación de la cantidad de biomasa existente en la parte aérea de las plantaciones de teca.

1. Selección de la muestra

Para determinar la cantidad de biomasa aérea, se cortó el árbol promedio de cada parcela y se procedió a separar cada uno de sus componentes: tallo o fuste, ramas y hojas.

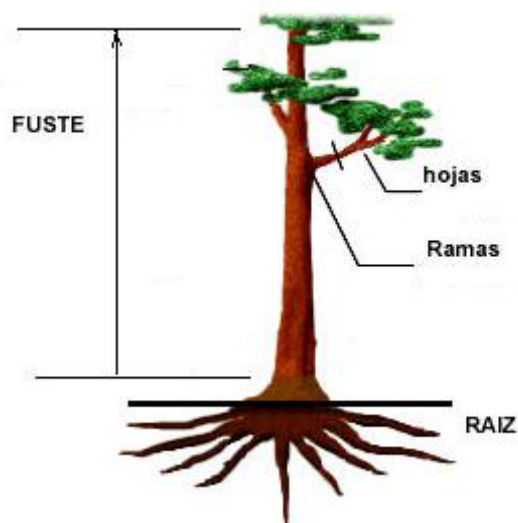


GRÁFICO 3. ESQUEMA DE DIVISIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN ÁRBOL

Se tomaron los datos de peso fresco del fuste, ramas y hojas en una balanza tipo reloj colgante de 25 kg de capacidad. La teca por ser una especie que se defolia no se consideró los valores obtenidos de las hojas.

2. Determinación del porcentaje de biomasa seca

Se consideró oportuno determinar el contenido de humedad por separado.

Se seleccionó cinco muestras representativas de cada componente de los cuales se tomaron de tres segmentos, de la parte basal, central y apical.

Se tomó su peso en fresco y luego fueron secados en un horno a 75 °C hasta obtener un peso constante de la muestra.

El cálculo del porcentaje de biomasa seca de cada componente se obtuvo del cociente entre la diferencia del peso seco dividido para el peso verde inicial de la muestra:

$$\% \text{ Biomasa seca (kg.)} = \text{Peso seco (kg.)} / \text{Peso verde (kg.)}$$

d) Determinación de la cantidad de carbono fijado en la biomasa aérea de las plantaciones de teca

Para convertir los datos de biomasa a cantidad de carbono de cada uno de los componentes, se multiplicó el valor de la biomasa por hectárea por la constante de 0.5 como indica el IPCC.

Para determinar el CO₂ fijado, una vez determinado el carbono, se utilizó la siguiente ecuación:

$$CO_2 = Kr * C$$

Donde:

CO₂: Dióxido de carbono

C: Carbono

Kr: 3.67, Factor de conversión a CO₂, resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono 44 y del carbono 12 (19).

Para la determinación del porcentaje de de biomasa seca y carbono en la vegetación herbácea, raíces y necromasa se siguen los mismos pasos explicados anteriormente.

3.3.1.2. Cuantificación de vegetación herbácea y carbono sobre el suelo en plantaciones de teca.

- a) Establecimiento de subparcelas y extracción de la vegetación herbácea.

Para evaluar la cantidad de vegetación herbácea se establecieron subparcelas de 1m^2 en los extremos de la unidad de muestreo luego se procedió a la recolección de todo el material herbáceo. Se tomaron los datos del peso fresco en una balanza tipo reloj colgante.

- b) Determinación del porcentaje de biomasa seca
- c) Determinación de la cantidad de carbono fijado en la vegetación herbácea de la superficie del suelo de las plantaciones de teca

3.3.1.3. Cuantificación de necromasa (leñosa y hojarasca) y carbono sobre el suelo en plantaciones de teca.

- a) Establecimiento de subparcelas y extracción de la necromasa.

Para evaluar la cantidad de necromasa leñosa se establecieron 4 subparcelas de 5 x 5 metros (25m^2), en los extremos de la unidad de muestreo. Para la recolección de datos se tomó al azar una de ellas.

Para evaluar la cantidad de necromasa (hojarasca) sobre el suelo se utilizó un marco de madera de 0.5x0.5m (0.25m²) y se realizó al azar cuatro lanzamientos del marco dentro de la unidad de muestreo.

De cada lanzamiento se extrajo la materia en descomposición que se encontraba sobre el suelo (dentro del marco), tanto hojarasca como detritos.

En el sitio se pesó toda la necromasa obtenida utilizando una balanza tipo reloj colgante.

- b) Determinación del porcentaje de biomasa seca
- c) Determinación de la cantidad de carbono fijado en la necromasa de la superficie del suelo de las plantaciones de teca

3.3.1.4. Cuantificación de la biomasa contenida en la parte subterránea de plantaciones de teca.

- a) Determinación de la cantidad de biomasa subterránea de plantaciones de teca a través de la extracción de raíces (4 m³ de excavación). La biomasa encontrada

se pesó en el sitio con una balanza tipo reloj colgante para obtener su peso en verde.

b) Determinación del porcentaje de biomasa seca

c) Determinación de la cantidad de carbono almacenado por el sistema radicular subterráneo.

CAPITULO 4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.6 Análisis dasométrico (DAP, Altura, Volumen)

Los parámetros dasométricos obtenidos para *Tectona Grandis* en las diferentes parcelas del ensayo se observan en la tabla 2.

TABLA 2

PRINCIPALES PARÁMETROS DASOMÉTRICOS DE LAS PARCELAS DE ESTUDIO.

PARCELAS	N/ha	DAP (cm)	H.P (m)	G.P. (m ² /ha)	Vol. (m ³ /ha)	Desviación estándar
ECU 01	1060	10.75	10.47	10.08	65.49	0.0302
ECU 02	920	12.50	11.61	11.85	87.03	0.0484
ECU 03	1000	9.64	9.28	8.16	53.25	0.0440
BRS	1320	11.16	11.14	13.35	90.78	0.0296
CR	700	9.91	9.09	5.51	30.74	0.0142

ECU: Ecuador; BR: Brasil; CR: Costa Rica (procedencia de la semilla)

N/ha= Número de árboles por hectárea

DAP= Diámetro a la altura del pecho

G.P.= Área basal promedio

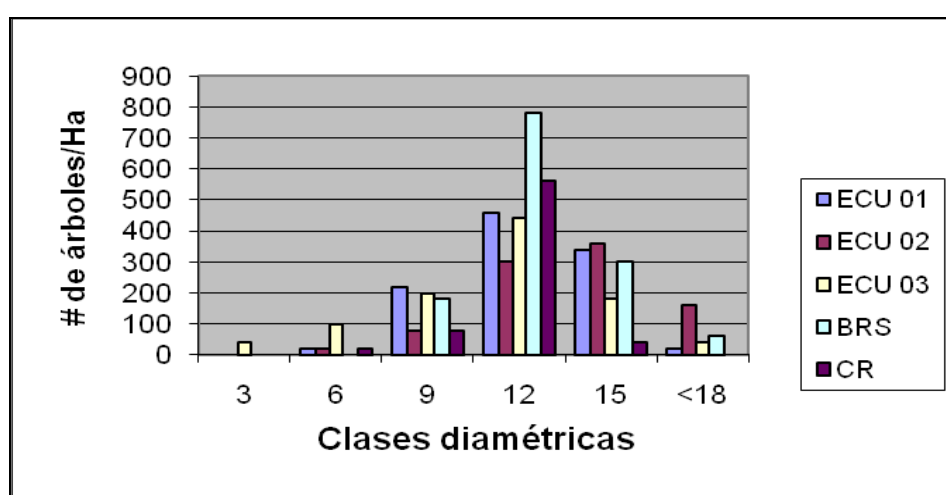
H.P.= Altura promedio

Vol=Volumen

Las áreas plantadas con semillas procedente de Brasil presentan un total de 1320 N/ha con un volumen 90.78m³/ha seguida por ECU 02 con un total de 920N/ha y un volumen de 87.03m³/ha. Por otro lado la parcela que registró el volumen más bajo es Costa Rica con 700 N/ha con un volumen de 30.74m³/ha.

En el gráfico 4, se muestra la distribución diamétrica, donde la mayor concentración de individuos se encuentran en las clase diamétricas que van de 9.1 a 12 cm. de dap con un 43% del total. Se presenta una reducción significativa en aquellas clases superiores de 12cm., que se debe entre otras razones a la densidad y manejo de la plantación.

GRÁFICO 4. DISTRIBUCIÓN DE ÁRBOLES POR HECTÁREA POR CLASE DIAMÉTRICA



Cuando se analiza la distribución del volumen por clase diamétrica, (tabla 3), la mayor concentración se encuentra en la clase que va desde 12.1 a 15 cm, en la cual ECU 02 presenta el mayor volumen con 38.47m³/ha seguida de ECU 01 con 32.52 m³/ha. Por otro lado la procedencia de Costa Rica presenta la menor cantidad de volumen en 3.03 m³/ha.

TABLA 3

VOLUMEN POR HECTÁREA POR CLASE DIAMÉTRICA (m³/ha)

PARCELAS/CLASE DIAMETRICA	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18
ECU 01	0,00	0,20	6,22	23,94	32,52	2,62
ECU 02	0,00	0,04	2,18	18,84	38,47	27,50
ECU 03	0,02	0,63	3,97	21,53	20,55	6,54
BRS	0,00	0,00	5,37	47,75	28,37	9,29
CR	0,00	0,08	2,21	25,42	3,03	0,00

En cuanto a la distribución de altura por clase diamétrica (tabla 4) se observan variaciones en las parcelas de estudio que van desde 2.25 a 13.50 metros, el rango donde se encuentran mejor distribuidas las alturas promedio es la clase diamétrica de 9.1 a 12 cm., cuyo promedio es de 11.32 metros.

TABLA 4

DISTRIBUCIÓN DE ALTURA POR CLASE DIAMÉTRICA

PARCELAS/CLASE DIAMETRICA	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18
ECU 01	0,00	7,00	9,09	10,63	11,26	12,00
ECU 02	0	2,50	8,25	11,13	12,53	13,25
ECU 03	2,25	5,50	7,50	9,77	12,78	13,50
BRS	0,00	0,00	10,00	11,12	11,54	12,83
CR	0,00	5,00	8,25	9,25	10,50	0,00

4.2. Cantidad de biomasa, carbono y CO₂ de la parte aérea de las plantaciones de teca.

En el análisis de biomasa, carbono y CO₂ para la biomasa arriba del suelo (componente leñoso y vegetación herbácea), biomasa subterránea (raíces) y biomasa de la materia orgánica muerta (necromasa) se presentan sus resultados en forma individualizada para lograr una mejor comprensión.

4.2.1. Cantidad de biomasa, carbono CO₂ y del fuste.

Los contenidos de biomasa del fuste presentan variaciones para las diferentes parcelas de estudio con máximos de 33962.49 kg/h para BRS, y mínimos de 13417.51 kg/ha para CR. La diferencia de Biomasa entre el valor mayor y menor es de 20544,99 kg/ha. La tabla 5 indica los valores obtenidos en las diferentes parcelas.

TABLA 5.

CANTIDAD DE BIOMASA, CARBONO Y CO₂, CONTENIDO EN EL FUSTE DE CINCO PARCELAS DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”.

PARCELAS	Cantidad de biomasa en el fuste (Kg/Ha)	Cantidad de carbono fuste (Kg/Ha)	Cantidad de CO ₂ fuste (Kg/Ha)
ECU 01	26001,80	13000,90	47609,30
ECU 02	33962,49	16981,25	62185,32
ECU 03	19270,01	9635,01	35283,39
BRS	31808,45	15904,22	58241,26
CR	13417,51	6708,75	24567,46

La cantidad promedio de carbono y CO₂ almacenado en fustes en las plantaciones al momento de la evaluación para *Tectona grandis* a los 8 años es de 12446,03 kg/ha y 45577,35 kg/ha respectivamente.

ECU 02 es la parcela con mayor fijación de carbono con 16981,2 kg/ha. seguida por la parcela BRS con 15904.2 kg/ha. Por otro lado CR es la parcela con menor fijación de carbono con 6708.7kg/ha. El margen de diferencia entre la mayor y menor captación de carbono es de 10272.5 kg/ha.

La cantidad de CO₂ acumulado en el fuste de las plantaciones de *Tectona grandis* es de 62185,32 kg/ha en BRS y 24567.46 kg/ha en CR, como valores máximos y mínimos.

El CO₂ presenta cifras que superan las cantidades de biomasa kg/ha en todas las parcelas de estudio esto se debe a que durante el proceso fotosintético las plantas capturan el CO₂, como resultado del proceso el carbono se fija en azúcares y en tejido de las plantas, el oxígeno en cambio se transforma o se libera como producto de este proceso.

4.2.2. Cantidad de biomasa, carbono y CO₂ en las ramas.

La tabla 6 se presentan los valores actuales de biomasa carbono y CO₂, contenido en las ramas para *Tectona grandis*.

TABLA 6.

CANTIDAD DE BIOMASA, CARBONO Y CO₂, CONTENIDO EN LAS RAMAS DE CINCO PARCELAS DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”.

PARCELAS	Cantidad de biomasa en ramas (Kg/Ha)	Cantidad de carbono en ramas (Kg/Ha)	Cantidad de CO ₂ en ramas (Kg/Ha)
ECU 01	4722,30	2361,15	8646,53
ECU 02	8525,76	4262,88	15610,66
ECU 03	3249,81	1624,91	5950,41
BRS	6431,85	3215,93	11776,73
CR	2870,24	1435,12	5255,41

Como se observa en la tabla 6 los valores superiores de producción de biomasa en las ramas lo presentan las parcelas ECU02 y BRS con 8525.76 kg/ha y 6431.85 kg/ha respectivamente.

El contenido de carbono máximo en las ramas es de 4262.88 kg/ha para ECU02 que corresponde a 15610.66 kg/ha de CO₂. CR es la parcela con menor almacenamiento de carbono y CO₂ con 1435.12 kg/ha y 5255.41kg/ha respectivamente.

4.2.3. Cantidad de biomasa, carbono y CO₂ de la vegetación herbácea de las plantaciones de teca.

La tabla 7 muestra la cantidad de biomasa, carbono y CO₂ contenidos en la vegetación herbácea en las plantaciones de teca.

TABLA 7

CANTIDAD DE BIOMASA, CARBONO Y CO₂, CONTENIDO EN LA VEGETACIÓN HERBÁCEA DE CINCO PARCELAS DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”.

PARCELAS	Cantidad de biomasa en la vegetación herbácea (Kg/Ha)	Cantidad de carbono en la vegetación herbácea (Kg/Ha)	Cantidad de CO₂ en la vegetación herbácea (Kg/Ha)
ECU 01	168,25	84,13	308,07
ECU 02	217,15	108,57	397,59
ECU 03	781,88	390,94	1431,61
BRS	139,75	69,88	255,88
CR	116,75	58,38	213,77

La producción de biomasa en la vegetación herbácea se registró con mínimos de 116.75 kg/ha para CR y máximos de 781.88 kg/ha para ECU03. Esto se debe a la cantidad de hojarasca presente en el suelo y a las condiciones favorables para el desarrollo de malezas en el área de estudio.

La cantidad de carbono y CO₂ promedio en la vegetación herbácea es de 142.37kg/ha y 521.38 kg/ha respectivamente.

4.2.4. Cantidad de biomasa aérea total.

La biomasa aérea total comprende la sumatoria de las parcelas de biomasa del fuste, ramas y vegetación herbácea, estos no incluyen el follaje por los hábitos caducifolios de la especie, la tabla 8 presenta los valores totales de biomasa contenidos en la parte aérea de las plantaciones de *Tectona grandis*.

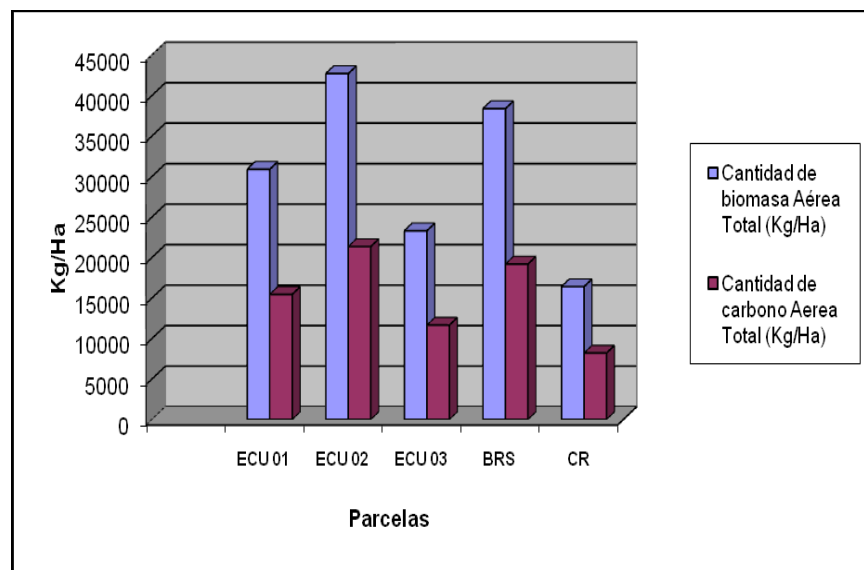
TABLA 8

RESULTADOS DE BIOMASA, CARBONO Y CO₂, CONTENIDO EN LA PARTE AÉREA TOTAL DE CINCO PARCELAS DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”

PARCELAS	Cantidad de biomasa Aérea Total (Kg/Ha)	Cantidad de carbono Aérea Total (Kg/Ha)	Cantidad de CO ₂ Aérea Total (Kg/Ha)
ECU 01	30892,35	15446,18	56563,89
ECU 02	42705,39	21352,70	78193,58
ECU 03	23301,70	11650,85	42665,41
BRS	38380,05	19190,02	70273,87
CR	16404,50	8202,25	30036,63

Como la biomasa aérea por hectárea está calculada en función del peso del árbol promedio (fuste, ramas) y de la vegetación herbácea multiplicado por la densidad de la plantación de teca, este valor se ve afectado por ella. Sin embargo la relación densidad-biomasa es proporcional al número de árboles por hectárea.

GRÁFICO 5. CANTIDAD DE BIOMASA Y CARBONO CONTENIDOS EN LA PARTE AÉREA TOTAL DE CINCO PARCELAS DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”



4.3. Cantidad de necromasa, carbono y CO₂ sobre el suelo de las plantaciones de teca.

La cantidad de necromasa, carbono y CO₂ de las plantaciones de teca en estudio está constituida por la necromasa de la hojarasca y la

necromasa leñosa o madera muerta. Los valores obtenidos para las cinco parcelas se indican en las tablas 9 y 10.

TABLA 9

RESULTADOS DE BIOMASA, CARBONO Y CO₂, CONTENIDO EN LA HOJARASCA DE CINCO PARCELAS DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”

PARCELAS	Cantidad de biomasa de hojarasca (Kg/Ha)	Cantidad de carbono de hojarasca (Kg/Ha)	Cantidad de CO ₂ de hojarasca (Kg/Ha)
ECU 01	6735,00	3367,50	12331,79
ECU 02	6338,80	3169,40	11606,34
ECU 03	6923,00	3461,50	12676,01
BRS	4525,00	2262,50	8285,28
CR	4627,60	2313,80	8473,14

La cantidad de biomasa (hojarasca) que poseen las plantaciones de teca es de 5829,88 kg/ha. El menor valor lo presenta BRS con 4525 kg/ha y el mayor valor lo posee ECU03 con 6923 kg/ha.

Orrego y del Valle cuantificaron la necromasa total de los bosques primarios de Colombia en 14772 kg/ha y en Bosques secundarios en 7312 kg/ha. Por tanto la necromasa encontrada en las plantaciones de teca es similar a la calculada para los bosques secundarios, reportados en el estudio antes citado (5).

La cantidad de carbono y CO₂ fijados en las plantaciones de teca es de 2914.94 kg/ha. y 10674.51kg/ha, respectivamente.

Barberán, Ricse y Alegre en su estudio de cuantificación de biomasa y carbono de Uyacalí, Perú calcularon una cantidad de 3620 kg/ha de carbono en hojarasca en bosques primarios intervenidos, cifra similar al promedio de hojarasca encontrada en las plantaciones de teca (5).

La cantidad de biomasa, carbono y CO₂ en la necromasa leñosa de las parcelas en estudio es de 1803,68 kg/ha, 901.83 kg/ha y 3320.53 kg/ha respectivamente. ECU02 registró 7200 kg/ha en la producción de necromasa leñosa, esto debido a que dentro del área muestreada existían árboles caídos de otras especies.

TABLA 10

RESULTADOS DE NECROMASA LEÑOSA, CARBONO Y CO₂, CONTENIDO EN CINCO PARCELAS DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”

PARCELAS	Cantidad de biomasa en la necromasa leñosa (Kg/Ha)	Cantidad de carbono en la necromasa leñosa (Kg/Ha)	Cantidad de CO ₂ en la necromasa leñosa (Kg/Ha)
ECU 01	1815,92	907,96	3324,95
ECU 02	5097,60	2548,80	9333,71
ECU 03	901,12	450,56	1649,95
BRS	999,36	499,68	1829,83
CR	204,37	102,19	374,21

4.4. Cantidad de biomasa, carbono y CO₂ en las partes subterráneas de las plantaciones de teca.

La cantidad de biomasa, carbono y CO₂ de la parte subterránea de las plantaciones de teca son el promedio obtenido de cada parcela estimado para el número de árboles por hectárea, así tenemos los siguientes valores en la tabla 11.

TABLA 11

BIOMASA, CARBONO Y CO₂, CONTENIDO EN LAS RAÍCES DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”.

PARCELAS	Cantidad de biomasa Subterránea (Kg/Ha)	Cantidad de carbono Subterráneo (Kg/Ha)	Cantidad de CO ₂ subterránea (Kg/Ha)
ECU 01	11804,16	5902,08	21613,42
ECU 02	11977,76	5988,88	21931,27
ECU 03	9994,46	4997,23	18299,86
BRS	12730,91	6365,46	23310,30
CR	6445,92	3222,96	11802,49

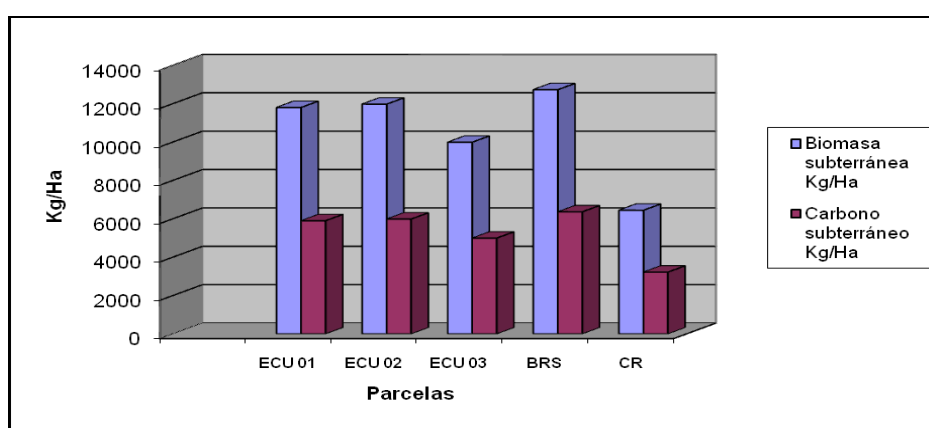


GRÁFICO 6. BIOMASA Y CARBONO CONTENIDOS EN LAS RAÍCES DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”

De las cinco parcelas en estudio, BRS es la que mayor cantidad de biomasa subterránea ha producido 12730,91 kg/ha mientras que CR es la de menor producción con 6445,92 kg/ha.

El promedio de producción de biomasa por raíces es 10590,64 kg/ha, la biomasa producida por las raíces constituye aproximadamente el 35% de la producida por la biomasa área.

La cantidad de carbono y CO₂ fijados por la teca en las raíces es de 5295,32 kg/ha y 19391,46 kg/ha respectivamente.

4.5. Determinación de contenidos carbono y CO₂ de las plantaciones de teca.

Las tablas 12 y 13, muestran los contenidos de carbono y CO₂ por hectárea en el área de estudio. Se aprecia el contenido de carbono y CO₂ en la parte área, subterránea, hojarasca y necromasa leñosa y la suma de estos cuatro representan el carbono total y CO₂ por hectárea de la plantación.

TABLA 12

CONTENIDOS DE CARBONO EN LA PARTE AÉREA, SUBTERRÁNEA, HOJARASCA Y NECROMASA LEÑOSA DE CINCO PARCELAS DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”.

PARC.	kg C/ha					TOTAL Ton/ha
	AÉREA	SUBT	HOJARASCA	NECROM LEÑOSA	TOTAL	
ECU 01	15446.18	5902.08	3367.50	907.96	25623.72	25.62
ECU 02	21352.70	5988.88	3169.40	2548.80	33059.78	33.06
ECU 03	11650.85	4997.23	3461.50	450.56	20560.14	20.56
BRS	19190.02	6365.46	2262.50	499.68	28317.66	28.32
CR	8202.25	3222.96	2313.80	102.19	13841.20	13.84

TABLA 13

CONTENIDOS DE CO₂, EN LA PARTE AÉREA, SUBTERRÁNEA, HOJARASCA Y NECROMASA LEÑOSA DE CINCO PARCELAS DE *TECTONA GRANDIS* EN LA ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”.

PARCL.	kg CO ₂ /ha					TOTAL Ton/ha
	AÉREA	SUBT	HOJARASCA	NECROM. LEÑOSA	TOTAL	
ECU 01	56563.89	21613.42	12331.79	3324.95	93834.05	93.83
ECU 02	78193.58	21931.27	11606.34	9333.71	121064.90	121.06
ECU 03	42665.41	18299.86	12676.01	1649.95	75291.24	75.29
BRS	70273.87	23310.30	8285.28	1829.83	103699.28	103.70
CR	30036.63	11802.49	8473.14	374.21	50686.46	50.69

Los resultados del estudio indican que plantaciones de *Tectona grandis* en predios de la Espol de ocho años de edad, contienen almacenado en promedio 24.28 toneladas de carbono que

corresponden a 88.91 toneladas de CO₂. Es importante resaltar que los árboles son la mayor fuente de almacenamiento de carbono.

Lo anteriormente citado se ratifica por el hecho de que al hacer los cálculos en porcentaje, la biomasa área representa en promedio el 62% del carbono acumulado. El segundo componente mas importante, son las raíces que presentan el 22% del carbono acumulado. La hojarasca 12% y la necromasa leñosa el 4%. No se considera en este porcentaje el carbono almacenado en el suelo.

ECU 02 almacena más carbono y CO₂ en el fuste que las otras parcelas. Esta diferencia puede deberse a que hubo un mejor desarrollo de diámetro en el árbol y, por ende, una mayor fijación y almacenamiento.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La cantidad de biomasa al momento de la evaluación para *Tectona grandis* a los 8 años por procedencia esta en: ECU01 51.25 tn/ha, ECU02 66.12 tn/ha, ECU03 41.12 tn/ha, BRS 56.64 tn/ha, CR 27.68 tn/ha.
2. El carbono y CO₂ total almacenado varían entre las parcelas estudiadas, la que más carbono y CO₂ almacenó es ECU02 con 33.06 tnC/ha y 121.06 tnCO₂/ha y la que menos almacenó fue CR con 13.84 tnC/ha y 50.69 tnCO₂/ha.
3. No existe diferencia estadística significativa al analizar el contenido de carbono y CO₂ de las diferentes procedencias.

4. Al analizar las variables dasométricas la mejor procedencia correspondió a Brasil y la más baja a Costa Rica, pero esto se debe específicamente a la calidad de sitio (arcillo limoso y arcillosos)
5. La cantidad de carbono y CO₂ almacenado en la plantación representa el 62% a la biomasa aérea, el 22% a la biomasa subterránea o raíces, el 12% a la hojarasca y el 4% a la necromasa leñosa.
6. Existe muy poca información sobre captura de carbono en los sistemas forestales y demás usos de la tierra, por lo que deben hacerse esfuerzos por replicar este tipo de investigación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar plantaciones de diferente edad para *Tectona grandis* con el fin de determinar el comportamiento de fijación y almacenamiento de carbono.
2. La aplicación de un paquete tecnológico basado en una adecuada selección de los sitios, la utilización de material de calidad (genéticamente mejorado) y un adecuado manejo silvicultural (podas y

raleos), optimizarán la producción logrando mayores rendimientos y por lo tanto mayores tasas de fijación y carbono almacenado.

3. Se recomienda que el uso de la madera proveniente de plantaciones forestales sea destinado a productos duraderos, de uso de largo plazo, como para la construcción y mueblería, reteniendo de esta manera el C durante períodos más prolongados después del aprovechamiento.
4. Para el caso de Ecuador, el desarrollo de mercados de mitigación de emisiones de gases con efecto invernadero principalmente dióxido de carbono CO₂ debe ir acompañado de un fortalecimiento técnico a nivel nacional en la formulación de este tipo de proyectos, que son relativamente nuevos.

APÉNDICES

APÉNDICE A

FASE DE CAMPO

INSTALACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO Y TOMA DE DATOS



Instalación de unidades de muestreo.



Medición del DAP (1.30m)



Medición de alturas con el hipsómetro



Árbol promedio

APÉNDICE B

DATOS DE LA PARCELA ECU 01

Fecha:	Agosto 2008	Parcela: 1
Inventariado por:	Aracely Landeta	Área: 500m ²
Especie:	<i>Tectona grandis</i>	Semilla local
Edad:	8 años	Densidad 3x3m

Nº árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
1	44	0.1401	10.50	0.0154	0.0971
2	29	0.0923	10.50	0.0067	0.0422
3	35.4	0.1127	11.00	0.0100	0.0658
4	30	0.0955	11.00	0.0072	0.0473
5	36.5	0.1162	11.50	0.0106	0.0732
6	43.7	0.1391	12.00	0.0152	0.1094
7	31	0.0987	10.50	0.0076	0.0482
8	19.2	0.0611	7.00	0.0029	0.0123
9	29.4	0.0936	9.50	0.0069	0.0392
10	36.2	0.1152	11.00	0.0104	0.0688
11	33.6	0.1070	10.50	0.0090	0.0566
12	19.7	0.0627	8.50	0.0031	0.0158
13	28.3	0.0901	10.00	0.0064	0.0382
14	31.8	0.1012	10.50	0.0080	0.0507
15	41.2	0.1311	11.50	0.0135	0.0932
16	42.3	0.1346	11.50	0.0142	0.0982
17	27.1	0.0863	10.00	0.0058	0.0351
18	29	0.0923	10.50	0.0067	0.0422
19	41.5	0.1321	10.50	0.0137	0.0863
20	28.1	0.0894	8.50	0.0063	0.0320
21	27.3	0.0869	8.00	0.0059	0.0285
22	42.7	0.1359	11.50	0.0145	0.1001
23	40.5	0.1289	11.50	0.0131	0.0901
24	17.5	0.0557	7.00	0.0024	0.0102
25	29	0.0923	10.00	0.0067	0.0402
26	31.1	0.0990	11.50	0.0077	0.0531
27	41	0.1305	11.50	0.0134	0.0923
28	32.6	0.1038	10.00	0.0085	0.0507
29	38.6	0.1229	10.50	0.0119	0.0747

Nº árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
30	31.7	0.1009	10.50	0.0080	0.0504
31	24.5	0.0780	10.00	0.0048	0.0287
32	25.1	0.0799	9.50	0.0050	0.0286
33	27.5	0.0875	9.00	0.0060	0.0325
34	44	0.1401	11.00	0.0154	0.1017
35	33	0.1050	11.00	0.0087	0.0572
36	28.6	0.0910	11.50	0.0065	0.0449
37	31.6	0.1006	11.00	0.0079	0.0524
38	47.1	0.1499	11.50	0.0177	0.1218
39	29.7	0.0945	10.00	0.0070	0.0421
40	47.8	0.1522	12.00	0.0182	0.1309
41	31.8	0.1012	10.00	0.0080	0.0483
42	28	0.0891	10.50	0.0062	0.0393
43	46.3	0.1474	12.00	0.0171	0.1228
44	42	0.1337	11.00	0.0140	0.0926
45	38.9	0.1238	12.00	0.0120	0.0867
46	39.8	0.1267	11.50	0.0126	0.0870
47	34.3	0.1092	11.00	0.0094	0.0618
48	33.1	0.1054	10.50	0.0087	0.0549
49	29.2	0.0929	10.50	0.0068	0.0427
50	35.7	0.1136	10.50	0.0101	0.0639
51	21.5	0.0684	9.00	0.0037	0.0199
52	43	0.1369	11.50	0.0147	0.1015
53	38.4	0.1222	10.00	0.0117	0.0704

Árbol promedio				
CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
33.77	0.1075	10.47	0.0095	0.0618
Número de árboles por hectárea: 1060 Individuos				
Volumen por hectárea 65.49 metros cúbicos				
IMA: 8.19 metros cúbicos por año				

APÉNDICE C

DATOS DE LA PARCELA ECU 02

Fecha:	Agosto 2008	Parcela: 2
Inventariado por:	Aracely Landeta	Área: 500m ²
Especie:	<i>Tectona grandis</i>	Semilla local
Edad:	8 años	Densidad 3x3m

Nº árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
1	46.00	0.1464	14.00	0.02	0.1414
2	41.00	0.1305	13.00	0.01	0.1043
3	51.40	0.1636	12.00	0.02	0.1514
4	37.70	0.1200	12.00	0.01	0.0814
5	44.10	0.1404	11.50	0.02	0.1068
6	30.60	0.0974	10.50	0.01	0.0469
7	51.50	0.1639	12.50	0.02	0.1583
8	35.10	0.1117	12.00	0.01	0.0706
9	44.00	0.1401	13.00	0.02	0.1202
10	55.50	0.1767	13.00	0.02	0.1912
11	38.40	0.1222	15.00	0.01	0.1056
12	36.20	0.1152	10.50	0.01	0.0657
13	38.30	0.1219	11.50	0.01	0.0805
14	54.00	0.1719	14.00	0.02	0.1949
15	38.50	0.1225	13.50	0.01	0.0955
16	43.30	0.1378	13.50	0.01	0.1209
17	46.80	0.1490	12.50	0.02	0.1307
18	33.90	0.1079	12.50	0.01	0.0686
19	45.80	0.1458	12.00	0.02	0.1202
20	48.30	0.1537	13.00	0.02	0.1448
21	37.60	0.1197	12.50	0.01	0.0844
22	32.20	0.1025	13.50	0.01	0.0668
23	54.20	0.1725	13.50	0.02	0.1894
24	30.90	0.0984	11.00	0.01	0.0501
25	32.20	0.1025	8.00	0.01	0.0396
26	44.20	0.1407	11.50	0.02	0.1073
27	48.10	0.1531	13.50	0.02	0.1491
28	38.90	0.1238	13.50	0.01	0.0975

N° árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
29	42.60	0.1356	16.00	0.01	0.1386
30	33.70	0.1073	15.00	0.01	0.0813
31	53.20	0.1693	14.50	0.02	0.1959
32	28.10	0.0894	7.50	0.01	0.0283
33	24.40	0.0777	8.00	0.00	0.0227
34	41.00	0.1305	11.00	0.01	0.0883
35	38.00	0.1210	11.50	0.01	0.0793
36	36.60	0.1165	11.00	0.01	0.0704
37	26.70	0.0850	8.50	0.01	0.0289
38	45.40	0.1445	12.00	0.02	0.1181
39	12.80	0.0407	2.50	0.00	0.0020
40	34.20	0.1089	9.50	0.01	0.0531
41	43.80	0.1394	10.50	0.02	0.0962
42	34.60	0.1101	9.00	0.01	0.0514
43	35.70	0.1136	10.00	0.01	0.0609
44	26.00	0.0828	9.00	0.01	0.0290
45	38.90	0.1238	10.00	0.01	0.0723
46	32.60	0.1038	10.00	0.01	0.0507

Árbol promedio				
CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
39.2826	0.1250	11.61	0.0129	0.0946
Número de árboles por hectárea: 920 Individuos Volumen por hectárea 87.03 metros cúbicos IMA: 10.88 Metros cúbicos por año				

APÉNDICE D

DATOS DE LA PARCELA ECU 03

Fecha:	Agosto 2008	Parcela: 3
Inventariado por:	Aracely Landeta	Área: 500m ²
Especie:	<i>Tectona grandis</i>	Semilla local
Edad:	8 años	Densidad 3x3m

Nº árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
1	40.20	0.1280	13.50	0.01	0.1042
2	49.00	0.1560	13.50	0.02	0.1548
3	51.70	0.1646	13.50	0.02	0.1723
4	36.50	0.1162	11.00	0.01	0.0700
5	39.40	0.1254	11.00	0.01	0.0815
6	31.40	0.0999	10.50	0.01	0.0494
7	28.40	0.0904	9.00	0.01	0.0347
8	20.30	0.0646	7.00	0.00	0.0138
9	24.00	0.0764	7.00	0.00	0.0193
10	34.80	0.1108	10.50	0.01	0.0607
11	40.80	0.1299	12.00	0.01	0.0954
12	33.30	0.1060	12.00	0.01	0.0635
13	46.50	0.1480	13.00	0.02	0.1342
14	27.80	0.0885	11.00	0.01	0.0406
15	37.30	0.1187	12.50	0.01	0.0830
16	47.10	0.1499	13.50	0.02	0.1430
17	32.40	0.1031	11.50	0.01	0.0576
18	35.80	0.1140	12.00	0.01	0.0734
19	41.50	0.1321	12.50	0.01	0.1028
20	35.90	0.1143	12.50	0.01	0.0769
21	44.60	0.1420	13.00	0.02	0.1235
22	28.30	0.0901	12.00	0.01	0.0459
23	19.50	0.0621	7.00	0.00	0.0127
24	14.50	0.0462	6.00	0.00	0.0060
25	6.20	0.0197	2.00	0.00	0.0004
26	31.70	0.1009	7.50	0.01	0.0360
27	33.70	0.1073	8.00	0.01	0.0434
28	31.20	0.0993	7.50	0.01	0.0349

Nº árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
29	28.50	0.0907	9.50	0.01	0.0368
30	42.80	0.1362	13.00	0.01	0.1137
31	28.40	0.0904	9.50	0.01	0.0366
32	44.80	0.1426	13.50	0.02	0.1294
33	32.70	0.1041	8.00	0.01	0.0408
34	19.00	0.0605	6.50	0.00	0.0112
35	32.60	0.1038	8.50	0.01	0.0431
36	27.80	0.0885	8.00	0.01	0.0295
37	32.00	0.1019	7.50	0.01	0.0367
38	14.70	0.0468	6.50	0.00	0.0067
39	24.30	0.0773	7.00	0.00	0.0197
40	22.50	0.0716	7.50	0.00	0.0181
41	24.70	0.0786	7.00	0.00	0.0204
42	15.40	0.0490	5.50	0.00	0.0062
43	28.40	0.0904	9.00	0.01	0.0347
44	32.00	0.1019	8.50	0.01	0.0416
45	18.70	0.0595	5.00	0.00	0.0083
46	31.30	0.0996	9.00	0.01	0.0421
47	28.40	0.0904	9.00	0.01	0.0347
48	14.00	0.0446	4.50	0.00	0.0042
49	7.50	0.0239	2.50	0.00	0.0007
50	20.00	0.0637	7.00	0.00	0.0134

Árbol promedio				
CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
30.2860	0.0964	9.28	0.0082	0.0532
Número de árboles por hectárea: 1000 Individuos Volumen por hectárea 53.25 metros cúbicos IMA: 6.66 Metros cúbicos por año				

APÉNDICE D

DATOS DE LA PARCELA BRS

Fecha:	Agosto 2008	Parcela: 4
Inventariado por:	Aracely Landeta	Área: 500m ²
Especie:	<i>Tectona grandis</i>	BRASIL
Edad:	8 años	Densidad 3x2m

Nº árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
1	28.00	0.0891	11.00	0.01	0.0412
2	36.00	0.1146	12.00	0.01	0.0743
3	39.60	0.1261	11.00	0.01	0.0824
4	37.30	0.1187	11.00	0.01	0.0731
5	35.00	0.1114	10.00	0.01	0.0585
6	27.20	0.0866	10.50	0.01	0.0371
7	39.50	0.1257	12.50	0.01	0.0931
8	37.70	0.1200	13.00	0.01	0.0882
9	30.50	0.0971	10.50	0.01	0.0466
10	34.20	0.1089	14.00	0.01	0.0782
11	33.00	0.1050	11.00	0.01	0.0572
12	33.20	0.1057	9.80	0.01	0.0516
13	36.70	0.1168	10.90	0.01	0.0701
14	34.00	0.1082	11.50	0.01	0.0635
15	40.20	0.1280	11.30	0.01	0.0872
16	39.00	0.1241	11.80	0.01	0.0857
17	21.00	0.0668	10.00	0.00	0.0211
18	41.40	0.1318	11.50	0.01	0.0941
19	44.50	0.1416	9.00	0.02	0.0851
20	24.00	0.0764	11.00	0.00	0.0303
21	44.50	0.1416	8.50	0.02	0.0804
22	30.20	0.0961	9.50	0.01	0.0414
23	33.50	0.1066	10.00	0.01	0.0536
24	36.50	0.1162	9.00	0.01	0.0572
25	35.20	0.1120	11.50	0.01	0.0680
26	34.00	0.1082	12.00	0.01	0.0662
27	26.80	0.0853	8.00	0.01	0.0274
28	35.00	0.1114	11.50	0.01	0.0673
29	32.50	0.1035	11.00	0.01	0.0555

Nº árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
30	31.00	0.0987	11.50	0.01	0.0528
31	33.00	0.1050	11.00	0.01	0.0572
32	31.00	0.0987	12.50	0.01	0.0574
33	37.20	0.1184	10.50	0.01	0.0694
34	35.80	0.1140	10.00	0.01	0.0612
35	33.70	0.1073	11.50	0.01	0.0624
36	29.20	0.0929	10.50	0.01	0.0427
37	46.40	0.1477	12.00	0.02	0.1234
38	36.20	0.1152	9.50	0.01	0.0594
39	30.00	0.0955	10.50	0.01	0.0451
40	48.00	0.1528	14.50	0.02	0.1595
41	29.80	0.0949	11.50	0.01	0.0488
42	31.50	0.1003	11.00	0.01	0.0521
43	29.00	0.0923	9.00	0.01	0.0361
44	38.50	0.1225	12.00	0.01	0.0849
45	37.00	0.1178	13.50	0.01	0.0882
46	54.50	0.1735	11.00	0.02	0.1560
47	21.00	0.0668	9.50	0.00	0.0200
48	35.00	0.1114	12.00	0.01	0.0702
49	39.80	0.1267	12.00	0.01	0.0908
50	23.50	0.0748	9.00	0.00	0.0237
51	35.00	0.1114	12.00	0.01	0.0702
52	35.80	0.1140	11.00	0.01	0.0673
53	26.50	0.0844	10.00	0.01	0.0335
54	37.00	0.1178	12.50	0.01	0.0817
55	29.30	0.0933	9.50	0.01	0.0389
56	35.60	0.1133	12.00	0.01	0.0726
57	25.50	0.0812	11.00	0.01	0.0342
58	34.50	0.1098	12.50	0.01	0.0710
59	39.60	0.1261	12.50	0.01	0.0936
60	33.00	0.1050	11.00	0.01	0.0572
61	43.50	0.1385	12.50	0.02	0.1129
62	40.20	0.1280	11.50	0.01	0.0887
63	33.20	0.1057	10.50	0.01	0.0553
64	49.00	0.1560	13.00	0.02	0.1490
65	42.30	0.1346	12.00	0.01	0.1025
66	42.80	0.1362	13.00	0.01	0.1137

Árbol promedio				
CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
35.0621	0.1116	11.14	0.0101	0.0688
Número de árboles por hectárea: 1320 Individuos Volumen por hectárea 90.78 metros cúbicos IMA: 11.35 Metros cúbicos por año				

APÉNDICE E

DATOS DE LA PARCELA CR

Fecha:	Agosto 2008	Parcela: 5
Inventariado por:	Aracely Landeta	Área: 500m ²
Especie:	<i>Tectona grandis</i>	CATIE
Edad:	8 años	Densidad 4x4 m

Nº árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
1	25.40	0.0809	6.00	0.01	0.0185
2	33.60	0.1070	10.00	0.01	0.0539
3	25.70	0.0818	8.50	0.01	0.0268
4	38.80	0.1235	12.00	0.01	0.0863
5	32.70	0.1041	9.00	0.01	0.0459
6	33.60	0.1070	10.00	0.01	0.0539
7	30.90	0.0984	8.50	0.01	0.0388
8	27.60	0.0879	8.50	0.01	0.0309
9	35.60	0.1133	9.00	0.01	0.0545
10	29.80	0.0949	8.50	0.01	0.0360
11	31.70	0.1009	8.50	0.01	0.0408
12	39.00	0.1241	9.00	0.01	0.0654
13	29.10	0.0926	7.00	0.01	0.0283
14	31.60	0.1006	9.00	0.01	0.0429
15	29.60	0.0942	8.50	0.01	0.0356
16	32.70	0.1041	9.00	0.01	0.0459
17	28.70	0.0914	9.00	0.01	0.0354
18	31.60	0.1006	9.50	0.01	0.0453
19	26.80	0.0853	10.00	0.01	0.0343
20	31.60	0.1006	11.50	0.01	0.0548
21	31.60	0.1006	9.00	0.01	0.0429
22	34.00	0.1082	10.00	0.01	0.0552
23	13.00	0.0414	5.00	0.00	0.0040
24	31.10	0.0990	9.00	0.01	0.0416
25	32.00	0.1019	10.00	0.01	0.0489
26	31.00	0.0987	10.50	0.01	0.0482
27	31.90	0.1015	9.00	0.01	0.0437
28	28.30	0.0901	8.00	0.01	0.0306

Nº árbol	CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
29	29.90	0.0952	8.50	0.01	0.0363
30	34.30	0.1092	10.50	0.01	0.0590
31	32.20	0.1025	9.50	0.01	0.0470
32	33.80	0.1076	8.50	0.01	0.0464
33	33.10	0.1054	10.50	0.01	0.0549
34	34.60	0.1101	9.00	0.01	0.0514
35	33.30	0.1060	10.00	0.01	0.0529

Árbol promedio				
CAP (cm)	DAP (m)	H (m)	Área basal (m ²)	Volumen (m ³)
31.1486	0.0991	9.09	0.0079	0.0439
Número de árboles por hectárea: 700 Individuos Volumen por hectárea 30.74 metros cúbicos IMA: 3.84 metros cúbicos por año				

APÉNDICE F

BIOMASA DEL ÁRBOL FASE DE CAMPO

SEPARACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL ÁRBOL



Separación de los componentes del árbol promedio.



Recolección del fuste



Recolección de ramas



Recolección de hojas

EXCAVACIÓN Y EXTRACCIÓN DE RAÍCES



Excavación y extracción de raíces



Recolección de raíces

BIOMASA DE VEGETACIÓN NO ARBÓREA

Materia orgánica muerta
(necromasa)



PESO DE BIOMASA DE LOS COMPONENTES



Peso de la biomasa húmeda
de cada componente

APÉNDICE G

FASE DE LABORATORIO

PESO Y SECADO DE MUESTRAS



Pesado de muestras

Etiquetado de muestras



Secado de muestras.

APÉNDICE H

CARBONO Y CO₂ EN PLANTACIONES DE TECA. ESPOL, CAMPUS “ING. GUSTAVO GALINDO”

PARCELA ECU 01

Kg CO ₂ /ha	
HERBACEAS	308.07
HOJARASCA	12331.79
NECROMASA (leñosa)	3324.95
Ramas	8646.53
Fuste o tronco	47609.30
Raíz	21613.42
TOTAL Kg	93834.05
Ton CO₂/ha	93.83

Kg C/ha	
HERBACEAS	84.13
HOJARASCA	3367.50
NECROMASA (leñosa)	907.96
Ramas	2361.15
Fuste	13000.9
Raíz	5902.08
Total Kg	25623.72
Ton C/ha	25.62

PARCELA ECU 02

Kg CO ₂ /ha	
HERBACEAS	397.59
HOJARASCA	11606.34
NECROMASA (leñosa)	9333.71
Ramas	15610.66
Fuste o tronco	62185.32
Raíz	21931.27
TOTAL Kg	121064.90
Ton CO₂/ha	121.06

Kg C/ha	
HERBACEAS	108.57
HOJARASCA	3169.40
NECROMASA (leñosa)	2548.80
Ramas	4262.8784
Fuste	16981.2464
Raíz	5988.87787
Total Kg	33059.78
Ton C/ha	33.06

PARCELA ECU 03

Kg CO ₂ /ha	
HERBACEAS	1431.61
HOJARASCA	12676.01
NECROMASA (leñosa)	1649.95
Ramas	5950.41
Fuste o tronco	35283.39
Raíz	18299.86
TOTAL Kg	75291.24
Ton CO₂/ha	75.29

Kg C/ha	
HERBACEAS	390.94
HOJARASCA	3461.50
NECROMASA (leñosa)	450.56
Ramas	1624.906
Fuste	9635.006
Raíz	4997.2314
Total Kg	20560.14
Ton C/ha	20.56

PARCELA BRS

Kg CO ₂ /ha	
HERBACEAS	255.88
HOJARASCA	8285.28
NECROMASA (leñosa)	1829.83
Ramas	11776.73
Fuste o tronco	58241.26
Raíz	23310.30
TOTAL Kg	103699.28
Ton CO₂/ha	103.70

Kg C/ha	
HERBACEAS	69.88
HOJARASCA	2262.50
NECROMASA (leñosa)	499.68
Ramas	3215.92735
Fuste	15904.2225
Raíz	6365.45738
Total Kg	28317.66
Ton C/ha	28.32

PARCELA CR

Kg CO ₂ /ha	
HERBACEAS	213.77
HOJARASCA	8473.14
NECROMASA (leñosa)	374.21
Ramas	5255.41
Fuste o tronco	24567.46
Raíz	11802.49
TOTAL Kg	50686.46
Ton CO₂/ha	50.69

Kg C/ha	
HERBACEAS	58.38
HOJARASCA	2313.80
NECROMASA (leñosa)	102.19
Ramas	1435.11997
Fuste	6708.75358
Raíz	3222.96156
Total Kg	13841.20
Ton C/ha	13.84

GLOSARIO

Aforestación

Plantación de nuevos bosques en tierras dónde históricamente no los ha habido.

Biomasa

Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados; se suele considerar biomasa muerta el material vegetal muerto recientemente.

Combustibles fósiles

Son combustibles que contienen compuestos de carbono e hidrogeno que se encontraban en la corteza de la tierra durante periodos geológicos pasados y están conformados por plantas y animales. Este tipo de combustible incluye el carbón, el petróleo y el gas natural. Cuando el carbono es quemado se une con el oxigeno formando CO_2 , por su parte el hidrogeno forma H_2O o vapor de agua al unirse con el oxigeno. Tanto el CO_2 como el vapor de agua contribuyen al cambio climático.

Conservación

Actividad de protección, rehabilitación, fomento y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables, de acuerdo con principios y técnicas que garanticen su uso actual y permanente.

Deforestación

Proceso de desaparición de los bosques o masas forestales, fundamentalmente causada por la actividad humana, tala o quema de árboles accidental o provocada.

Ecosistemas

Conjunto interrelacionado de factores bióticos y abióticos de un área determinada.

Forestación

Establecimiento de plantaciones forestales en terrenos desprovistos o de incipiente vegetación forestal

Fotosíntesis

Proceso mediante el cual las plantas, algas y algunas bacterias captan y utilizan la energía de la luz para transformar la materia inorgánica de su medio externo en materia orgánica que utilizarán para su crecimiento y desarrollo.

Fuentes de carbono

Se refiere a reservorios que entregan carbono a otro reservorio dentro del ciclo de carbono. Por ejemplo si el intercambio neto entre la biosfera y la atmósfera es hacia el océano, entonces la atmósfera es la fuente. Las fuentes humanas más comunes de carbono son la combustión de combustibles fósiles, descomposición de residuos sólidos y el cambio en el uso del suelo.

GEI

La atmosfera juega un papel clave en la determinación del clima y la temperatura del planeta. Aproximadamente el 30% de los rayos de onda corta del sol (radiación solar), que no han sido reflejados por la atmósfera o adsorbidos por la superficie terrestre son devueltos al espacio. Una vez caliente la superficie del planeta, el suelo emite radiaciones calóricas (de onda larga) conocidos como rayos infrarrojos, que son absorbidos parcialmente por algunos gases de la atmosfera.

Los gases que tienen el poder de absorber estas radiaciones son conocidos como gases de efecto invernadero (GEI). Los principales son Dióxido de carbono (CO_2), Oxido Nitroso (NO_2), Metano (CH_4), Ozono (O_3) y vapor de agua.

Además de los compuestos producidos por el hombre Hidrofluorocarbonados (HFC), Perfluorocarbonados (PFCs), Hexafluoruro de azufre (SFs). Algunos de los cuales tienen el más alto potencial de calentamiento global conocido.

Protocolo de Kyoto

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático (UNFCCC), entre unos de sus objetivos es buscar la estabilización de concentraciones de los GEI generados por el hombre en la atmósfera. Para lo cual se desarrollo el Protocolo de Kyoto que fija obligaciones cuantificadas de reducción de emisiones de GEI, para países desarrollados. El protocolo establece que estas reducciones deberán ser reales (verificables) y

realizarse principalmente mediante esfuerzos realizados a nivel domestico por parte de los países desarrollados.

Secuestro o fijación de Carbono

Proceso bioquímico mediante el cual el CO₂ atmosférico es absorbido y fijado por la biomasa vegetal como resultado del proceso de la fotosíntesis.

Servicios ambientales

Los servicios ambientales, también llamados servicios de los ecosistemas o ecosistémicos, son funciones que brindan los ecosistemas, de las cuales se desprenden beneficios para la comunidad local, nacional o internacional. La transformación de una función ecológica en servicio ambiental implica que dicha función genera un beneficio económico, ecológico y/o social.

Sumideros

Cualquier proceso, actividad o mecanismo que elimine de la atmósfera un GEI. Los sumideros más comunes son el océano, los suelos y la vegetación.

Hipsómetro

Instrumento de medición que se utiliza para conocer la altura de los árboles, el cual mide las altitudes geográficas utilizando la dependencia existente entre el punto de ebullición de los líquidos y la presión atmosférica (relacionada con la altitud).

BIBLIOGRAFÍA

1. MORALES CHELSIA, 2001 Almacenamiento de carbono en bosques secundarios en el Municipio de San Carlos, Nicaragua. Turrialba-Costa Rica-CATIE.
2. Landeta A,. Consulta personal. Fomento Forestal-Bosques y Mercado del Carbono, Dirección Forestal Nacional, Quito, Enero 2009.
3. INTERNET: <http://teakecuadorian.com/esp/index.jsp?pg=2>. El gran valor comercial de la teca. 8 Enero. 2008.
4. Landeta A,. Consulta personal a Miembros de Asoteca, CORMADERA - Guayas, Enero 2009.
5. CASTRO L, CALVAS B. 2005. "Producción de biomasa y Fijación de carbono en manchas naturales de *Guadua angustifolia kunth* en el cantón Santo Domingo de los Colorados, Provincia de Pichincha". Universidad Nacional de Loja. Área Agropecuaria y de Recursos Renovables. Carrera de Ingeniería Forestal.

6. MURILLO OLMAN, 2004. Calidad y valoración de plantaciones forestales. Pp 28 29
7. LAMPRECHT, H. "Silvicultura en los Trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido-". Cooperación técnica. Alemania. 1990.
8. CUBERO JOSÉ, ROJAS SUSANA, 1999. Fijación de carbono en plantaciones de melina (*Gmelina arborea Roxb.*), teca (*Tectona grandis L.f*) y pochote (*Bombacopsis quinata Jacq.*) en los cantones de Hojancha y Nicoya, Guanacaste, Costa Rica (Tesis Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Escuela de Ciencias Ambientales, Heredia, Costa Rica).
9. AGUIRRE NIKOLAY, AGUIRRE ZHOFRE, 2004. Guía para monitorear la biomasa y dinámica de carbono en ecosistemas forestales en el Ecuador.
10. MARKKU KANNINEN, MARCELINO MONTERO M. Biomasa y Carbono en plantaciones de *Terminalia amazonia* en la zona Sur de Costa Rica. Revista forestal centroamericana. [Cd.] Seminario – Taller

Internacional: “Herramientas para la Evaluación de Biomasa y el Monitoreo del Secuestro de Carbono en Proyectos Forestales “Realizado del 9 al 13 de Julio 2007; William Fonseca M.Sc.

11.INTERNET: www.fonafifo.com.pdf. Publicación del Ing. William Fonseca 2004. Manual de Productores de Teca en Costa Rica. Heredia - Costa Rica. (En línea) Consultado 10 de Diciembre 2008.

12.INTERNET: [www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/programa _curso%20_SA507-2007.pdf](http://www.catie.ac.cr/BancoMedios/Documentos%20PDF/programa_curso%20_SA507-2007.pdf) Programa de Investigación Forestal ZF0167 del DFID. 2002. Colocando los Cimientos para el Desarrollo Limpio: Preparando al Sector del Uso de la Tierra. (En línea) Consultado 10 de Diciembre 2008.

13.RAMÍREZ G., Plegable divulgativo “La Teca”, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Unidad de Investigación Agropecuaria-División Forestal.

14.SUATUNCE PEDRO *et.al*, 2004. Manejo de *Tectona grandis* L. f. (Teca) en el litoral Ecuatoriano. Quevedo, Ecuador. Universidad

Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

15. Vázquez W., Jiménez E., Seminario Taller: "Manejo de Plantaciones Forestales", Apuntes e Información, abril 2009, Guayaquil – Ecuador.
16. Journal of Tropical Forest Science. Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica, University of Helsinki, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2003, 15(1): 199-213
17. Plan de Manejo del Bosque Protector La Prosperina, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 1998.
18. CAÑADAS LUIS. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Quito. Ecuador.
19. FONSECA WILLIAM, 2007. Seminario – Taller Internacional: "Herramientas para la Evaluación de Biomasa y el Monitoreo del Secuestro de Carbono en Proyectos Forestales" Realizado del 9 al 13 de Julio 2007; William Fonseca M.Sc.

20. MARTINO DANIEL, Ph. D.; 2000. Los Sumideros de Carbono en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. Resumen de presentación realizada en el Taller sobre Protocolo de Kyoto, Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
21. MONTERO MARCELINO. Modelos alométricos para la estimación de biomasa de diez especies nativas en plantaciones en la región Atlántica de Costa Rica. Comunicación Técnica. Recursos Naturales y Ambiente N°(45) Pp 118-125
22. SCHLEGEL BASTIENNE, 2001 Estimación de biomasa y carbono en bosques tipo forestal siempreverde. Universidad Austral de Chile.