



Facultad de
Ciencias Forestales

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

TESIS

**“BIOMASA, CONTENIDO DE CARBONO Y SECUESTRO DE CO₂ EN
PLANTACIONES DE *Cedrelinga cateniformis* Ducke DE DIFERENTES
EDADES, CIEFOR PUERTO ALMENDRA IQUITOS-PERÚ, 2013”**

Tesis para optar el título de

INGENIERO FORESTAL

Autor

ENRIQUE PINEDO CATASHUNGA

Iquitos - Perú

2015

DEDICATORIA

A Dios por la vida, y por su inmenso amor, y a mis hermanos en Cristo por darme fuerza para seguir adelante.

A mis hermanos por su apoyo económico y moral.

A mis queridos padres Graciela y Enrique, quienes me dieron la dicha de existir y estudiar.

AGRADECIMIENTO

- A los especialistas del presente trabajo de investigación, por su acertada dirección y asesoría.
- A los encargados del proyecto, por permitir que sea parte de este equipo de trabajo.
- A todas las personas que de una forma u otra contribuyeron a la ejecución del presente trabajo.

ÍNDICE

N°	Descripción	Pág.
	Dedicatoria	
	Agradecimiento	
	Lista de cuadros	v
	Lista de figuras	vii
	Resumen	ix
I.	Introducción	1
II.	Problema	2
	2.1. Descripción del problema	2
	2.2. Definición del problema	2
III.	Hipótesis	3
	3.1. Hipótesis de la investigación	3
IV.	Objetivos	4
	4.1. Objetivo general	4
	4.2. Objetivos específicos	4
V.	Variables	5
	5.1. Identificación de variables, indicadores e índices	5
VI.	Revisión bibliográfica	6
	6.1. Antecedentes	6

	Pág.
6.1.1. Cambio climático y los bosques como sumideros de carbono	6
6.1.2. Estudios de biomasa forestal	8
6.2. Marco teórico	8
6.2.1. Plantaciones forestales	8
6.2.2. Descripción de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke (tornillo)	10
6.2.3. Biomasa	11
6.2.3.1. Biomasa forestal	12
6.2.3.2. Importancia de la biomasa	12
6.2.3.3. Métodos de medición de biomasa	13
6.2.4. Captura de carbono en las plantas	14
6.2.5. Dióxido de carbono (CO ₂) y cambio climático	15
VII. Marco conceptual	17
VIII. Materiales y métodos	18
8.1. Descripción y características de la zona	18
8.2. Materiales y equipos	18
8.2.1. De campo	18
8.2.2. De gabinete	19
8.3. Método	19
8.3.1. Tipo y nivel de investigación	19

	Pág.
8.3.2. Población y muestra	19
8.3.3. Análisis estadístico	20
8.3.4. Procedimiento	20
8.3.4.1. Fase de campo	20
8.3.4.2. Fase de análisis de datos	21
8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
8.5. Técnica de presentación de resultados	26
IX. Resultados y discusión	27
9.1. Biomasa en las plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	27
9.1.1. Producción de la biomasa verde	27
9.1.2. Producción de biomasa seca	28
9.2. Contenido de carbono de plantaciones de <i>Cedrelinga</i> <i>cateniformis</i> Ducke por edad	31
9.3. Secuestro de dióxido de carbono (CO ₂) en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke por edad	34
X. Conclusiones	37
XI. Recomendaciones	38
XII. Bibliografía	39
Anexo	48

LISTA DE CUADROS

N°	Descripción	Pág.
1	Densidad básica de las plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades	23
2	Biomasa aérea, radicular y verde total de los árboles de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades.	27
3	Biomasa seca de las plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades	28
4	Prueba de Kruskal Wallis para la biomasa en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades	30
5	Contenido de carbono estimado para las plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	31
6	Prueba de Kruskal Wallis para el contenido de carbono en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades	33
7	Dióxido de carbono estimado el plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	34
8	Prueba de Kruskal Wallis para el secuestro del dióxido de carbono (CO ₂) en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades	36
9	Tabla de recolección de datos dasométricos	56
10	Georreferenciación de la plantación 12 <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de 15 años de edad.	57

	Pág.
11 Georreferenciación de la plantación 11 de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de 35 años de edad	58
12 Georreferenciación de la plantación 29 de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de 43 años de edad	60
13 Datos de biomasa, carbono y dióxido de carbono (CO ₂) de la plantación 12 de 15 años.	61
14 Datos de biomasa, carbono y dióxido de carbono (CO ₂) de la plantación 11 de 35 años	63
15 Datos de biomasa, carbono y dióxido de carbono (CO ₂) de la plantación 29 de 43 años	66

LISTA DE FIGURAS

N°	Descripción	Pág.
1	Grafico comparativo de estimación de biomasa verde total en las plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke por edad	27
2	Gráfico comparativo de estimación de biomasa seca total en las plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke por edad	28
3	Grafico comparativo de la prueba de Kruskal Wallis para la biomasa en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades.	30
4	Grafico Comparativo del contenido de carbono estimado para cada plantación en tC/ha.	31
5	Grafico comparativo de la prueba de Kruskal Wallis para el contenido de carbono en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades	33
6	Grafico comparativo del secuestro de CO ₂ en las plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	34
7	Grafico comparativo de la prueba de Kruskal Wallis para el secuestro del CO ₂ en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades	36
8	Mapa de ubicación del área de estudio del CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos – Perú	49
9	Mapa de ubicación de las plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke de diferentes edades en el CIEFOR Pto. Almendra	50

	Pág.
10 Mapa de dispersión de la plantación de 15 años de la plantación de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	51
11 Mapa de dispersión de la plantación de 35 años de la plantación de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	52
12 Mapa de dispersión de la plantación de 43 años de la plantación de <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	53
13 Selección del área de estudio	54
14 Georreferenciación de los individuos	54
15 Medición del diámetro a la altura del pecho	55
16 Medición de la altura con el clinómetro	55

RESUMEN

El estudio se realizó en tres plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de 15; 35 y 43 años, que se encuentran ubicados en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR)-Puerto Almendra, con el objetivo de determinar la biomasa, el contenido de carbono y el secuestro de CO₂ en cada una de las plantaciones. Se realizó un inventario al 100% en cada una de las plantaciones, se midieron el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total de los árboles. Para el cálculo de la biomasa se utilizó el método no destructivo o indirecto, aplicando el modelo alométrico propuesto por Higuchi y Carvalho (1994). Los resultados indican que la plantación de 15 años contiene una biomasa de 244,43 t/ha, un contenido de carbono 122,21 tC/ha y un secuestro de CO₂ de 448,11 tCO₂/ha; la plantación de 35 años contiene una biomasa de 921,18 t/ha, un contenido de carbono de 460,59 tC/ha y un secuestro de CO₂ de 1688,82 tCO₂/ha; mientras que la plantación de 43 años contiene una biomasa de 700,89 t/ha, un contenido de carbono de 350,44 tC/ha y un secuestro de CO₂ de 1284,96 tCO₂/ha.

Palabras claves: *Cedrelinga cateniformis* Ducke, biomasa, contenido de carbono, secuestro de CO₂, plantaciones.

I. INTRODUCCIÓN

El CIEFOR-Puerto almendra es un centro de investigación muy importante de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana que forma parte de la formación de profesionales en el campo de investigación forestal. Además es un área considerado prioritaria para la conservación de especies forestales.

La medición de la biomasa, el contenido de carbono y el secuestro de CO₂ en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke permite entender el ecosistema y exponer los beneficios que proporcionan los árboles de estas plantaciones en pie a las comunidades relacionadas a estas plantaciones.

Considerando que los árboles son reservas naturales de carbono, productores de oxígeno y fijadores de CO₂ y que cerca del 40 % del contenido total de carbono de la tierra corresponde a bosques tropicales, es importante el estudio de su capacidad de asimilación de energía, debido a la gran preocupación mundial sobre el aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera (Etchevers, 2002).

Los bosques como sumideros y fuente de CO₂ (dióxido de carbono), han ganado gran interés e importancia debido a la creciente preocupación mundial sobre el medio ambiente y el calentamiento global, por su capacidad de contener y transformar el CO₂, el cual hace parte de los gases de efecto invernadero (GEI) más importantes producidos por las actividades humanas.

Por lo tanto, el objetivo del estudio es determinar la biomasa, contenido de carbono y secuestro de CO₂ en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades en el CIEFOR-Puerto Almendra-Iquitos-Perú.

II. EL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

El CIEFOR-Puerto Almendra cuenta con plantaciones importantes de *Cedrelinga cateniformis* Ducke. Esta especie nativa es apreciada por la población dada la calidad de su madera y su servicio ambiental y es importante para el ecosistema por albergar fauna y flora, por ser un gran regulador de los recursos hídricos, por aportar en la productividad primaria del bosque y actuar como sumideros de carbono, convirtiéndose en base fundamental para el equilibrio ecosistémico que requieren de su conservación y manejo sostenible. En los últimos años la investigación en estas plantaciones ha ido creciendo, generando aportes de diversos tipos, como aspectos estructurales y composición del bosque; sin embargo aún persisten vacíos de información que es necesario obtener en investigación de campo, como la biomasa, contenido de carbono y secuestro de CO₂ en las plantaciones de diferentes edades de *Cedrelinga cateniformis* Ducke. La reglamentación que rige en algunas áreas protegidas donde se encuentran (ej. reserva Pacaya Samiria), impiden generar información sobre biomasa, contenido de carbono y secuestro de CO₂, donde generalmente se utilizan métodos destructivos, es por ello que el presente trabajo de tesis se basa en la estimación de la biomasa, contenido de carbono y secuestro de CO₂ de una forma rápida, sin alterar el ecosistema a través del método indirecto.

2.2. Definición del problema

¿Cuanta es la cantidad de biomasa, el contenido de carbono y el secuestro de CO₂ en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades, CIEFOR-Puerto Almendra-Iquitos-Perú?

III. HIPÓTESIS

a. Hipótesis de la investigación

La biomasa, el contenido de carbono y el secuestro de CO₂ varían con la edad de la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke en el CIEFOR-Puerto Almendra.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Determinar la cantidad de biomasa, el contenido de carbono y el secuestro de CO₂ en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades en el CIEFOR-Puerto Almendra-Iquitos-Perú.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de biomasa en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades en el CIEFOR-Puerto Almendra-Iquitos-Perú.
- Determinar el contenido de carbono en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades en el CIEFOR-Puerto Almendra-Iquitos-Perú.
- Determinar el secuestro de CO₂ en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades en el CIEFOR-Puerto Almendra-Iquitos-Perú.

V. Variables

a. Identificación de variables, indicadores e índices

Variables	Indicadores	Índices
<u>Variable Independiente</u> <i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	Edad de la plantación <ul style="list-style-type: none">• 15 años (parcela 12)• 35 años (parcela 11)• 43 años (parcela 29)	Años
<u>Variable Dependiente</u> <ul style="list-style-type: none">• Biomasa• Contenido de carbono• Secuestro de CO₂	Biomasa verde y biomasa seca	t/ha tC/ha tCO ₂ /ha

VI. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

6.1. Antecedentes

6.1.1. Cambio climático y los bosques como sumideros de carbono

Ante la preocupación a nivel mundial de la creciente concentración de CO₂ en la atmósfera, los gobiernos de 125 naciones asumieron en el año 1997 el Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático de la ONU (UNFCCC) el cual entró en vigor en el 2005; y donde se planteó el objetivo de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en un 5,2% entre 2008 y 2012; para su implementación se creó el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el cual permite a los países industrializados cumplir con la parte de los compromisos establecidos en el Protocolo de Kyoto a través de proyectos en países en vía de desarrollo, que reduzcan emisiones o fijen CO₂ de la atmósfera, cuantificados en los Certificados de Remoción de Emisiones (Daners, 2009).

Con la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto y el MDL, se reconoció la importancia de los bosques como sumideros de carbono y de igual forma la estimación de la dinámica de los flujos netos de carbono y la atmósfera, en la cual los bosques participan en un 90%; una de las iniciativas que nacen después de la firma del protocolo de Kyoto por diversos países, es el fondo fiduciario de Bio Carbono del Banco Mundial, el cual tiene como objetivo comprar certificados de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de proyectos dedicados a la captura o conservación de carbono en ecosistemas de bosques y agro ecosistemas (Fida, 2004).

Esta, al igual que otras iniciativas fueron incentivo para que los países comenzaran a estudiar los bosques en pie y se interesaran por su conservación

tal como el Proyecto FONDEF “Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial”, o el proyecto “Captura de carbono en la Reserva de la Biosfera los Tuxtlas, en México (CONAFOR y SEMARNAT, 2008) o el proyecto “Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica” entre otros.

El Perú es parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) desde 1992 y del Protocolo de Kyoto desde el 2002; con lo cual, se alinea al objetivo de la Convención de “estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y evitar llegar a un nivel de interferencia antropogénica peligrosa”. Como parte de los esfuerzos nacionales para la mitigación del cambio climático, el Perú tiene un proyecto de forestación/ reforestación bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), registrado ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), (AIDER, 2012).

De acuerdo con la Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC (MINAM, 2010), la principal fuente de emisiones de Gases del Efecto Invernadero (GEI) son las actividades de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, específicamente la conversión de bosques a cultivos y pastos con fines de subsistencia. La segunda fuente de emisiones, es la generación de energía (combustión de combustibles y emisiones fugitivas de combustibles) y la tercera la agricultura, sobresaliendo la fermentación entérica y los suelos agrícolas como las principales fuentes y sumideros, (MINAM, 2009).

En el año 2001, el Perú elaboró y presentó su Primera Comunicación Nacional a la Secretaría de las Naciones Unidas de la Convención Marco de Cambio

Climático, conteniendo el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (GEI), con base en el año 1994. Como consecuencia de dicho inventario se determinó que la principal fuente de contaminación de dióxido de carbono tenía su origen en el sector no energético. Oficialmente se estima que el cambio de uso de la tierra es responsable del 47% del total de emisiones de gases con efecto invernadero en el Perú, (CONAM, 2000).

6.1.2. Estudios de biomasa forestal

El punto de partida para las mediciones y monitoreo de carbono es la estimación de la biomasa de los ecosistemas forestales; Sandra Brown es una de las investigadoras que más ha aportado a las metodologías para estimación de esta biomasa forestal, realizando gran cantidad de estudios en diferentes tipos de bosque y en las diferentes “zonas de vida”, y generando con ecuaciones alométricas y varios modelos para emplear en estimaciones directas o indirectas, basándose principalmente en volúmenes forestales (Brown, 2002).

Estimar las reservas de biomasa de los bosques es una herramienta útil para valorar la cantidad de carbono que se almacena en las estructuras vivas en un momento dado, lo cual es importante para evaluar su contribución al ciclo del carbono. De ahí el interés por realizar estimaciones de biomasa en los bosques tropicales (Brown, 1997).

6.2. Marco teórico

6.2.1. Plantaciones forestales

las plantaciones forestales son hoy de alta tecnología tanto en la producción y el mantenimiento de los rodales como en su rendimiento y cosecha, al punto que se han desarrollado variedades y clones de árboles de muy rápido crecimiento con

técnicas de mejoramiento genético convencional, con mayor eficiencia en el uso del agua en términos de peso de biomasa producida por peso de agua consumida (Lima, 1993), hasta individuos genéticamente modificados que, de acuerdo con algunos especialistas, podrían generar un futuro incierto para los bosques nativos (WRM, 2003).

Una plantación forestal es un ecosistema boscoso establecido por medio de la instalación en el terreno de plántulas, semillas o ambos, en el proceso de forestación o reforestación (Carnus *et al.*, 2006). Para el PRONAMACHCS y la FAO, es la acción de plantar árboles en una zona para que se desarrollen con diferentes propósitos (PRONAMACHCS/FAO, 1998).

La Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC reporta 797,866 hectáreas reforestadas a nivel nacional de un total de 10,5 millones de hectáreas aptas para la reforestación, lo que señala la existencia de un área con potencial para reforestar de alrededor de 9,7 millones de hectáreas. Las regiones de Cusco y Cajamarca son las que reportan la mayor superficie reforestada, correspondiente al 13% y 10% del área total a nivel nacional (MINAM, 2010).

La superficie de los bosques plantados sigue aumentando, y su aportación a la producción mundial de madera está acercándose al 50% del total. La nueva información recogida en 2005 sobre las tendencias en cuanto a los bosques plantados, indica que las superficies de bosques plantados para fines de producción y protección están ambos creciendo constantemente en todas las regiones excepto en África. La superficie forestal mundial plantada se estima en aproximadamente 270 millones de hectáreas. Alrededor del 76% de esta superficie se la ordena con propósitos productivos, principalmente para abastecer

de madera y fibra a la industria de elaboración, y aproximadamente el 24% con propósitos de protección, en especial la conservación del suelo y el agua. Aproximadamente la mitad de los bosques plantados son de propiedad del Estado, mientras que pequeños propietarios cuentan con el 32% y grandes compañías privadas el resto. Asia, el Pacífico y Europa poseen la vasta mayoría de la superficie forestal plantada en el mundo, *Pinus*, *Cunninghamia*, *Eucalyptus*, *Acacia* son los géneros predominantes plantados con fines de producción, mientras que *Pinus*, *Clyptomeria*, *Populus* y *Chamaecypariss* son los géneros predominantes plantados con fines de conservación (FAO, 2007).

6.2.2. Descripción de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (tornillo)

Pertenece a la familia Mimosaceae, presenta raíces tablares, tronco generalmente recto, corteza fisurada aragosa con grietas longitudinales y profundas, presenta una ramificación amplia aunque con pocas ramas copa globosa irregular poco compacta, especialmente en los árboles adultos tienen hojas alternas, disposición dística (hojas en dos hileras con divergencia de 180°), bipinnadas con dos o cuatro pares de pinnulas aovadas y una en la base del raquis, Inflorescencia terminales o axilares en pequeñas cabezuelas (pedunculadas); pedúnculos robustos alternos de aproximadamente 15 cm de longitud de cuyos nudos nacen los raquis de 1 cm de longitud. Flores hermafroditas, sésiles, cáliz sub-glabro, muy pequeño de 1 mm de longitud con 5 sépalos triangulares, corola con 5 lóbulos profundos, de color que varía de verdusco a amarillento de aproximadamente 4 mm de longitud, Fruto, tomento membranoso, de tres a seis artejos plegados en zig-zag, helicoidales oblongo ovales que llegan a medir hasta

50 cm de largo. Su altura varía entre 25 y 40 metros dependiendo de la calidad del sitio (Ducke, 1949).

Posee una amplia descripción ecológica encontrándose en las formaciones bosque húmedo tropical (Bh-T), bosque muy húmedo sub tropical (Bmh-ST), bosque húmedo subtropical (Bh-ST) y bosque seco tropical (Bs-T), dentro de una gran variedad de suelos (en las cuales predominan las arcillas caoliníticas y las arenas de naturaleza cuarzosa) y clima (que varían del subtropical a tropical y de seco a muy húmedo (Tosi, 1960).

Se distribuye naturalmente en Ecuador, Perú, Colombia y Brasil en América del sur. Su distribución latitudinal varía de 120 a 800 msnm, con precipitaciones anuales de 2500 a 3800 mm y temperaturas de 23 a 38°C. Especie de sucesión secundaria, relativamente tolerante en sus primeras etapas para después volverse heliófila cuando es adulta (Tosi, 1960).

6.2.3. Biomasa

Biomasa es la abreviatura de masa biológica y se entiende ésta como la cantidad total de materia orgánica en el ecosistema en un momento dado. En el caso de la biomasa vegetal, la cantidad de materia viva producida por las plantas y almacenada en sus estructuras en forma de biomasa que tiene como fuente original el sol, y suele expresarse en unidades de energía (Joules m⁻²) o de materia orgánica muerta (toneladas ha⁻¹) (Salas e Infante, 2006).

Biomasa, se define también como la cantidad de organismos vivos de una o más especies o de todas las de una comunidad, por unidad de superficie en un

momento dado (Zamora, 2000). La manera de medir la biomasa es a través del peso y su unidad de medida es el kg o la tonelada, según sea el caso.

6.2.3.1. Biomasa forestal

La biomasa forestal se ha convertido en un importante elemento de estudio debido a que existe intereses industriales, energéticos y ambientales (juega un rol importante en el ciclo global de carbono) (Merino et al, 2003). A partir de la biomasa forestal se puede calcular la concentración de carbono en la vegetación (aproximadamente el 50% de la biomasa está formada por carbono) y por consiguiente se pueden hacer estimaciones sobre la cantidad de dióxido de carbono que ingresa a la atmosfera cada vez que se desmonta o se quema un bosque. La biomasa es una variable que sirve también para comparar las características estructurales y funcionales de un ecosistema forestal en un amplio abanico de condiciones (Vidal *et al.*, 2003).

6.2.3.2. Importancia de la biomasa

Los estudios de biomasa son importantes porque enseñan la distribución de la materia orgánica en el sistema y se han usado con diferentes propósitos como: estimación de contenido de carbono en el bosque o en plantaciones, cuantificación de la cantidad de nutrientes en los ecosistemas, determinación de la fijación de energía en los ecosistemas forestales, descripción cuantitativa de ecosistemas y fuentes de biomasa disponible, evaluar cambios en la estructura del bosque, cuantificación de la cantidad de gases de efecto invernadero que no se libera evitando la deforestación y cuantificación del incremento y rendimiento de bosques y crecimiento y productividad; todos imprescindibles para comprender

el ecosistema forestal, al igual que evalúan los efectos de la intervención sobre el ecosistema que repercuten en equilibrio del mismo (Mostacedo *et al.*, 2006).

6.2.3.3. Métodos de medición de biomasa

Los primeros trabajos en las regiones templadas acerca de la estimación de biomasa de árboles y bosques aparecieron en 1950, sin embargo, para las regiones tropicales los trabajos son escasos y por ello la información para estimar la cantidad de biomasa es muy pobre (Pardé, 1980).

El contenido de biomasa aérea puede ser estimado a través de métodos directos o indirectos, los cuales se detallan en los siguientes aspectos.

a) Método directo

El método directo es destructivo, consiste en la corta y peso de ejemplares de muestras de biomasa y se extrapolan los resultados a grandes áreas. Este método consiste en seleccionar un árbol, medir sus dimensiones básicas, cortarlo y determinar la biomasa a través del peso directo de cada uno de su componentes (raíces, fuste, ramas, y follaje), a su vez a la biomasa y raíces se puede subdividir en categoría diamétricas (Ortiz, 1993).

b) Método indirecto

Para la determinación indirecta se utilizan métodos de cubicación del árbol donde se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad o densidad específica, (Fonseca *et al.*, 2009).

Otra forma de estimar la biomasa es mediante ecuaciones o modelos basados en análisis de regresión, que utilizan variables colectadas en el campo tales como el

diámetro a la altura del pecho, la altura comercial y total, el crecimiento diamétrico, el área basal y la densidad específica de la madera (Fonseca *et al.*, 2009).

6.2.4. Captura de carbono en las plantas

El proceso de captura de carbono, se produce una vez que las plantas absorben CO₂ de la atmósfera a través del proceso de fotosíntesis, el CO₂ capturado participa en la composición de materias primas como la glucosa, para formar las estructuras de la planta y es almacenado en su tejido en forma de biomasa aérea (hojas, ramas, tallos) y subterránea (raíces gruesas y finas) o en el suelo (degradación de biomasa proveniente de la planta o órganos leñoso y no leñosos) en forma de humus estable que aporta CO₂ al entorno (Vallejo, 2005). Aproximadamente se estima que una tonelada de CO₂ atmosférico, equivale a 0,27 toneladas de carbono en la biomasa (Ordóñez y Masera, 2001).

La pérdida de carbono, o la liberación de CO₂ a la atmósfera, ocurre a través de la respiración de las plantas, el suelo y la descomposición de la materia orgánica muerta o necromasa (Vargas y Varela, 2007), aunque la respiración vegetal y la descomposición de materia orgánica libera gran cantidad de CO₂ a la atmósfera, estas emisiones han estado durante siglos en balance con el dióxido de carbono absorbido por la vegetación terrestre y por los océanos (Nakama *et al.*, 2009).

Los bosques templados y tropicales del mundo tienen la capacidad de capturar y conservar más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y participan con el 90% del flujo anual de carbono entre la atmósfera y el suelo, la medición de carbono, parte de una estimación de biomasa del ecosistema forestal, numerosos estudios han demostrado que en promedio la materia vegetal contiene un 50% de

carbono, una vez se ha removido el agua. Estos monitoreos se pueden realizar en cualquier ecosistema y su información permite establecer la capacidad de almacenamiento de los bosques en relación con determinadas variables ambientales (Vallejo, 2005).

6.2.5. Dióxido de carbono (CO₂) y cambio climático

El dióxido de carbono (CO₂), como el gas de efecto invernadero (GEI) más importante, ha aumentado en torno a un 80% entre 1970 y 2004, en el 2005 las concentraciones atmosféricas de CO₂ (379 ppm) y CH₄ (1774 ppm) exceden con mucho el intervalo natural de valores de los últimos 650,000 años (IPCC, 2007).

La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) constituyen procesos consistentes en la separación del CO₂ emitido por la industria y fuentes relacionadas con la energía, su transporte a un lugar de almacenamiento y su aislamiento de la atmósfera a largo plazo, La CAC es una de las opciones de la cartera de medidas de mitigación para la estabilización de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (IPCC, 2005).

Los bosques se diferencian de modo significativo en su capacidad de absorber y almacenar carbono. Los factores que influyen los índices de absorción de carbono son: temperatura, precipitación, densidad de masa, suelo, pendiente, altura, condiciones topográficas, índice de crecimiento y edad. Los bosques densos tienen mayor capacidad para almacenar carbono que los bosques abiertos y las zonas arboladas. Los bosques que no han sufrido perturbaciones pueden almacenar más carbono que los bosques degradados. Los bosques húmedos, en cambio, contienen más carbono que los bosques de zonas áridas o

semi-áridas y los bosques maduros almacenan mayores cantidades de carbono que los bosques jóvenes (Ciesla, 1996).

El cambio climático puede ser definido como cualquier cambio en el clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o como resultado de la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que viene a sumarse a la variabilidad climática natural observada en períodos de tiempo comparables. La tierra está cubierta por una capa de gases que deja penetrar energía solar la cual calienta la superficie de la tierra. Algunos de los gases en la atmósfera - llamados los gases de efecto invernadero (GEI) - impiden el escape de este calor hacia el espacio. Este es un efecto natural que mantiene la tierra a una temperatura promedio arriba del punto de congelación del agua y permite la vida tal como la conocemos. Pero, las actividades humanas están produciendo un exceso de gases que están potencialmente calentando el clima de la tierra, (Márquez, 2000; IPCC, 2002).

VII. MARCO CONCEPTUAL

Biomasa aérea: Estructuras aéreas leñosas de especies frutales, maderables y otros árboles y arbustos del sistema productivo (Medina, 2006).

Biomasa de las raíces: Representan los sistemas radiculares, constituyen otro sumidero de carbono (Medina, 2006).

Biomasa forestal: Peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco (Schlegel *et al.*, 2002).

Captura de carbono: Proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación expresado en t/ha/año (ICRAF-CODESOL, 2003).

Contenido de carbono: Cantidad de carbono almacenado en un depósito en un momento determinado (Ecodecisión, 2000).

Dióxido de carbono (CO₂): Gas incoloro, inodoro e incombustible que se encuentra en baja concentración en el aire (en torno a un 0,03% en volumen). Se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono, (Greenfacts, 2006).

Plantaciones forestales: Bosque establecido mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación integrada por especies introducidas o en algunos casos autóctonas (FAO, 2001).

Sumideros de carbono: Cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera, (Perú ecológico, 2006).

VIII. MATERIALES Y MÉTODO

8.1. Descripción y características de la zona

8.1.1. Ubicación

El estudio se realizó en el CIEFOR Puerto Almendra, de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, ubicado a la margen derecho del río Nanay a 22 km de la ciudad de Iquitos, a una altitud aproximada de 122 msnm (Coordenadas UTM X = 680 500 E, Y= 9577 400 N), jurisdicción del distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, Región Loreto (Quintana, 2006) (Figura 8 del Anexo).

8.1.2. Accesibilidad

Teniendo como punto de referencia la ciudad de Iquitos, para llegar al CIEFOR Puerto Almendra se puede usar dos medios: Terrestre, utilizando la carretera Iquitos-Nauta hasta Quistococha (km 6), luego tomando el ramal hacia el caserío de Puerto Almendra (5 km) y el fluvial por el río Nanay desde el puerto de Morona cocha en bote motor.

8.1.3. Clima

La temperatura media anual es de 25,87°C las precipitaciones promedio anual es de 3050 mm., caracterizándose por la caída de constantes lluvias durante los meses de noviembre a mayo siendo marzo el mes más lluvioso y agosto el mes más seco. El clima es característica de un bosque húmedo tropical (bh-T) (Vilca, 2002). La humedad relativa media anual es de 82,1% (Quintana, 2006).

8.2. Materiales y equipos

8.2.1. De campo

- Receptor GPS

- Clinómetro
- Forcípula
- Cinta métrica de 30 m
- Plástico rojo
- Chinchas
- Plumón indeleble
- Machetes
- Formato de campo
- Lápiz 2B
- Equipo de protección y seguridad personal.
- Cámara fotográfica
- Rafia

8.2.2. De gabinete

- Computadora personal y accesorios
- Útiles de escritorio
- Papelería en general

8.3. Método

8.3.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación es descriptivo cuantitativo y el nivel de investigación es básico.

8.3.2. Población y muestra

La población del presente estudio estuvo conformada por todos los árboles de las tres plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades que se encuentran establecidas en el CIEFOR Pto. Almendra en un área de 1,86 ha

según inventario realizado por Cabudivo (2011) y Valderrama (2002). Dadas las condiciones del estudio la muestra fue igual a la población es decir se llevó a cabo un censo al 100%

8.3.3. Análisis estadístico

Se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis con su comparador Student-Newman-Keuls con un intervalo de confianza del 95 % (nivel de significancia de $\alpha = 0,05$) utilizando el paquete estadístico BioEstat versión 5.0; porque permite hacer comparaciones entre las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke en las tres edades estudiadas, mostrándonos si es que hay significancia entre ellas. Para realizar la prueba estadística se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀ = La biomasa, el contenido de carbono y el secuestro de CO₂ no varían con la edad de la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke en el CIEFOR-Puerto Almendra.

H₁ = La biomasa, el contenido de carbono y el secuestro de CO₂ varían con la edad de la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke en el CIEFOR-Puerto Almendra.

8.3.4. Procedimiento

El estudio se dividió en dos fases de la siguiente manera: fase de campo y fase de análisis de datos. La metodología que se empleó en cada fase se describe a continuación.

8.3.4.1. Fase de campo

Debido al enfoque conservacionista de este estudio y a limitaciones de tiempo y recursos se utilizó el método no destructivo indirecto con lo cual se realizó las

mediciones de biomasa, contenido de carbono y secuestro del dióxido de carbono de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke como se detalla a continuación:

a. Selección del área de estudio

Se revisó los mapas de ubicación para diferenciar las plantaciones que están presentes en la zona de estudio (CIEFOR Pto Almendra) y se localizaron las de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (fig. 13 del anexo). Además todos los individuos de las plantaciones seleccionadas fueron georreferenciados con un GPS (Fig. 14 del Anexo) y luego esta información fue procesada con el software Arcview 3,3 para obtener los mapas de distribución de cada uno de los individuos en la plantación.

Medición de los árboles

En cada una de las plantaciones seleccionadas se censaron todos los árboles como se describe a continuación:

- **Diámetro a la altura del pecho (DAP):** Esta medida se tomó a 1,3 m de altura desde el suelo para cada una de los individuos, con una forcípula. (figura 15 del anexo)
- **Altura total (ht):** para la medición de altura se utilizó el clinómetro en cada uno de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke. Esta altura se estimó desde el suelo hasta la cima de la copa de cada individuo. (figura 16 del anexo).

8.3.4.2. Fase de análisis de datos

La información que se obtuvo del campo se registró y organizó en una tabla de base de datos en Excel donde se documentó el nombre de la especie y su familia

y las edades de las plantaciones que se identificó en el mapa de ubicación de la facultad de ciencias forestales. Con los datos que se obtuvo en el campo se determinaron los siguientes cálculos:

- **Cálculo de la altura total**

Se determinó la altura de los árboles haciendo uso de la siguiente fórmula propuesta por el manual de usuario del clinómetro óptico Suunto.

$$H = (Lc/20 * d) + ho$$

Dónde:

H = Altura total del árbol (m)

Lc = Lectura del clinómetro (L₃/20)

d = Distancia entre el operador y el árbol (m)

ho = Altura hasta el ojo del operador (m)

- **Cálculo del área basal**

Se halló el área basal de los árboles en metros cuadrados por ha (m²/ha) por medio de la siguiente fórmula propuesta por (Chambi, 2001) para árboles en pie.

$$G = \frac{\pi * DAP^2}{4}$$

Dónde:

G = área basal en m²

π = 3,1416

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1,30 m)

- **Cálculo del volumen**

Para determinar el volumen que se expresa en metros cúbicos por ha (m³/ha) se utilizará la fórmula de (INRENA 2003).

$$V = G * f * h$$

Dónde:

V = volumen (m³)

G = área basal (m²)

f = factor de forma (0,75)

h = altura total (m)

a. Determinación de la biomasa

Para estimar la biomasa de las plantaciones se utilizaron individuos arbóreos con DAP \geq 10 cm, ya que de acuerdo a Brown (2002), los árboles de diámetros menores a 10 cm contribuyen poco a la biomasa y el contenido de carbono de un bosque. Para los cálculos se utilizaron las siguientes fórmulas.

- **Biomasa del fuste**

Para obtener la biomasa del fuste se utilizó la fórmula propuesta por Brown, (1997).

$$BF = \frac{V * Db}{1000}$$

Dónde:

BF = biomasa del fuste en toneladas (t)

V = volumen en metros cúbicos (m³)

Db = densidad básica en kg/m³ (Cuadro 1).

Cuadro 1: Densidad básica de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades.

Plantación	Edad (años)	Densidad básica (kg/m ³)
<i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	15 - 25	423,02
	25 - 35	469,99
	35 - 45	470,00

Fuente: (Cabudivo, 2012)

- **Biomasa aérea**

Posteriormente se procedió calcular la biomasa aérea total a partir de la biomasa del fuste y el factor de expansión de biomasa (IPCC, 2003).

$$BAT = BF * FEB$$

Dónde:

BAT = Biomasa aérea total en toneladas (t)

BF = Biomasa del fuste en toneladas (t)

FEB = Factor de expansión de biomasa = 3,4 (IPCC, 2003).

- **Biomasa radicular**

Para este estudio se consideró el valor de 20% de biomasa radicular respecto de la biomasa aérea obtenida (Higuchi y Carbalho 1994).

$$BR = BAT \times R$$

Dónde:

BR = Biomasa radicular en toneladas (t)

BAT = Biomasa aérea en toneladas (t).

R = 0,20 (Higuchi y Carbalho 1994).

- **Biomasa verde total**

Para el cálculo de la biomasa verde total se procedió a sumar la biomasa aérea total más la biomasa radicular (Higuchi y Carbalho 1994).

$$BVT = BAT + BR$$

Dónde:

BVT = Biomasa verde total en toneladas (t).

BAT = Biomasa aérea en toneladas (t)

BR = Biomasa radicular en toneladas (t)

- **Biomasa seca**

Para el cálculo de la biomasa seca se procedió a restar el 40% de la biomasa verde total (Higuchi y Carbalho 1994).

$$BS = BVT - (BVT * 40)/100$$

Dónde:

BS = Biomasa seca en toneladas (t)

BVT = Biomasa verde total en toneladas (t)

b. Determinación del contenido de carbono

La biomasa seca se multiplicó por 0,5 debido a que la materia seca contiene en promedio un 50% de carbono almacenado para ello se utilizara la siguiente fórmula (IPCC, 2003).

$$CT = BS * 0,5$$

Dónde:

CT = Carbono total en toneladas de carbono por hectárea (tC/ha)

BS = Biomasa seca en toneladas por hectárea (t/ha)

c. Secuestro de dióxido de carbono

Para estimar la cantidad de dióxido de carbono se procedió a multiplicar el carbono total expresado en toneladas con el factor *kr*. Fórmula propuesta por: Vallejo (2009), Alegre (2008), Gamarra (2001) y IPCC, (2003).

Dónde:

$$CO_2 = CT * Kr$$

CO₂ = Dióxido de Carbono en toneladas por hectárea (t/ha)

CT = Carbono total en toneladas por hectárea (t/ha)

Kr = 44/12 = 3,667

3,667 = Factor de conversión a CO₂ resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono y del carbono.

*(Peso de las emisiones)/(Peso atómico del Carbono)

* Peso del CO₂ = C+2+O = 43,999915; * Peso atómico del Carbono = 12,001115

* Peso atómico del Oxígeno = 15,9994 x 2 = 31,9988

8.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó para la recolección de datos fue el inventario forestal donde se diseñó un formato de campo con los siguientes datos: número de árbol número de parcela de la plantación edad de la plantación. DAP (cm) altura con el clinómetro (L₃/20) distancia del árbol al operador (m) y georreferenciación de cada individuo de la plantación (Cuadro 9).

8.5. Técnica de presentación de resultados

Se presentaron los resultados en concordancia a los objetivos específicos en cuadros y gráficos que permitieron el análisis e interpretación de cada uno de ellos.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Biomasa en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke por edades

9.1.1. Producción de la biomasa verde

Para conocer el valor de la biomasa verde de cada plantación fue necesario calcular: Biomasa aérea y la biomasa radicular; estos cálculos se realizó en cada uno de las plantaciones en el cual la plantación de 43 años de edad presentó la mayor cantidad de biomasa verde con un total de 1371,59 t/ha, la plantación de 35 años tiene un total de 918,94 t/ha, y la plantación de 15 años presenta la menor cantidad de biomasa verde de 220,21 t/ha., (cuadro 2 y figura 1).(ver completo; en los cuadros 13; 14 y 15 del anexo).

Cuadro 2. Biomasa aérea, radicular y verde total de los árboles de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades.

Edad (años)	Área (ha)	Biomasa aérea (t/ha)	Biomasa radicular (t/ha)	Biomasa verde total (t/ha)
15	0,45	183,51	36,70	220,21
35	0,75	765,79	153,16	918,94
43	0,66	1142,99	228,60	1371,59
Total	1,86	2092,29	418,46	2510,62

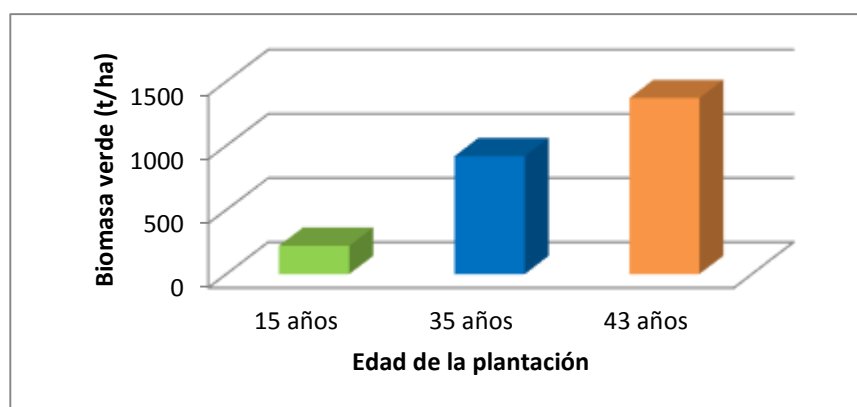


Figura 1. Grafico comparativo de estimación de biomasa verde total en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke por edad.

9.1.2. Producción de biomasa seca

De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró mayor cantidad de biomasa seca en la plantación de 43 años con un total de 822,95 t/ha., el cual indica que tiene una buena producción de biomasa; sin embargo la plantación de 35 años de edad tiene un total de 551,37 t/ha de producción de biomasa y en la plantación de 15 años se tiene un total de 132,13 t/ha., (cuadro 3 y figura 2) (ver completo; en los cuadros 13; 14 y 15 del anexo).

Cuadro 3: Biomasa seca de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke diferentes edades.

Edad (años)	Área (ha)	Biomasa verde (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)
15	0,45	220,21	132,13
35	0,75	918,94	551,37
43	0,66	1371,59	822,95
TOTAL	1,86	2510,62	1506,45

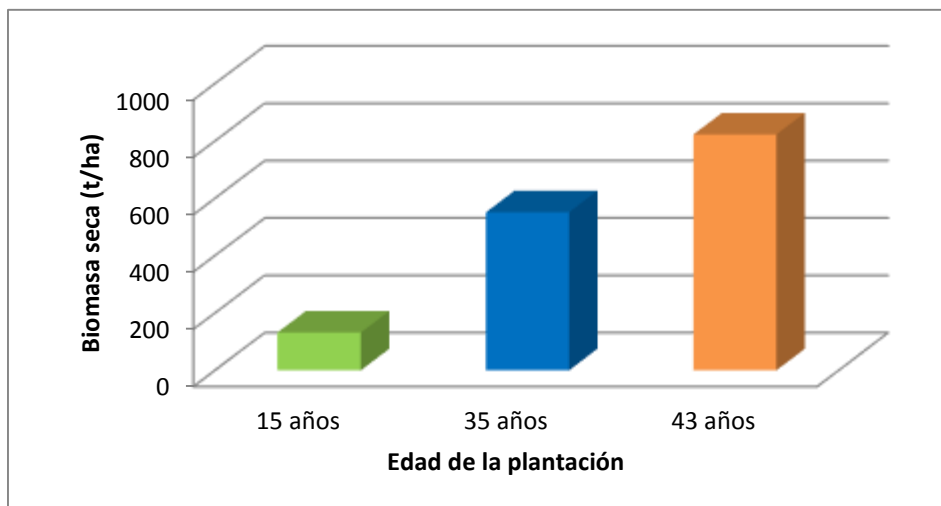


Figura 2. Gráfico comparativo de estimación de biomasa seca total en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke por edad.

Este resultado se debe a la variación del clima y el suelo como también a la variación de los bosques. Tal como lo afirma Quesada *et al.* (2009) cuando menciona que la estructura del bosque varía de un lugar a otro, en un gradiente de este-oeste, es un patrón que coincide con las variaciones de la fertilidad de los suelos y la geología.

Fonseca *et al.* (2009) afirma que la cuantificación de la biomasa en ecosistemas forestales es necesaria también para las estimaciones de secuestro de CO₂, lo cual es un tema actualmente relevante por sus implicaciones en relación al cambio climático. Por su parte Alegre *et al.* (2008) afirma que, es conocida la capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono en forma de biomasa arbórea y está en función de la edad, diámetro, altura árboles.

A mayores años de edad la plantación aporta mayor cantidad de biomasa, en este estudio es la de 43 años con un área de 0,66 ha, que es la plantación que mayor cantidad de biomasa aporta con respecto a las plantaciones de 15 años con un área de 0,45 ha y de 35 años de edad con un área de 0,75 ha. Sin embargo la plantación con mayor número de individuos fue la plantación de 35 años de edad.

En el cuadro 4 y la figura 3 se presenta la comparación de los resultados de biomasa por edad de las plantaciones mediante la prueba de Kruskal Wallis con su comparador Student-Newman-Keuls a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ mostrando resultados puntuales y específicos entre las edades, en los tres casos el p-valor es menor al nivel de significancia ($\alpha=0,05$), por lo tanto se acepta la hipótesis de que la biomasa varía de acuerdo a la edad de la plantación.

Cuadro 4: Prueba de Kruskal Wallis para la biomasa en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades.

		Resultados	
H=		103.5326	
Grado de libertad=		2	
(p) Kruskal-Wallis=		0,0000	
R1 (15 años)=		34.4878	
R2 (35 años)=		81.7356	
R3 (43 años)=		143.7442	
Comparación Student-Newman-Keuls		Dif. Entre puntos	p-valor
Grupos (15 y 35)=		47.2478	<0,0001
Grupos (15 y 43)=		109.2564	<0,0001
Grupos (35 y 43)=		62.0086	<0,0001

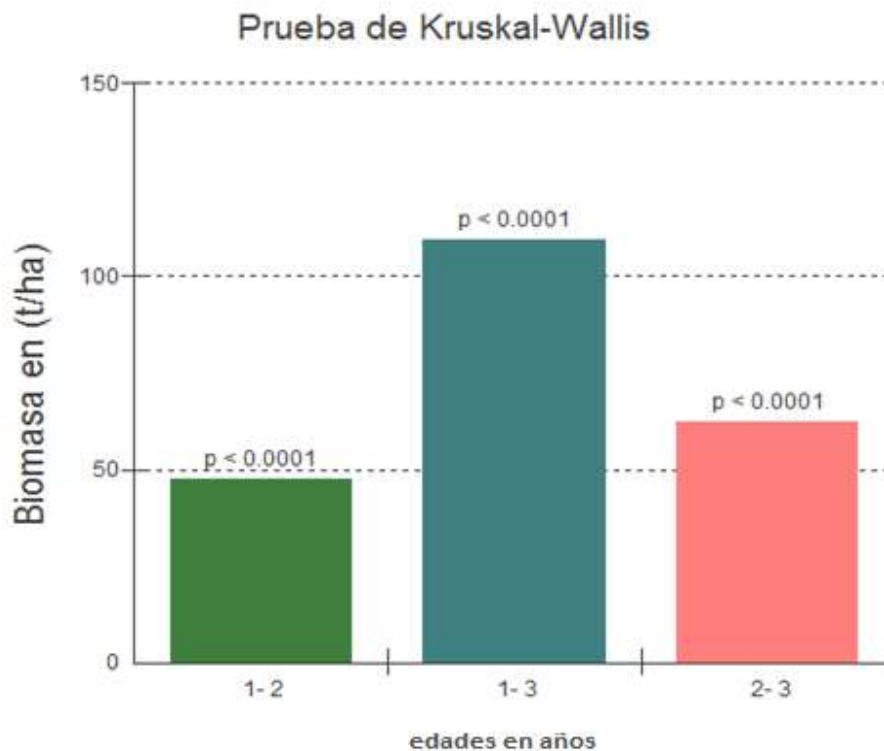


Figura 3: Grafico comparativo de la prueba de Kruskal Wallis para la biomasa en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades.

9.2. Contenido de carbono de plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke por edad.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke con mayor cantidad de carbono es la de 43 años con un total de 411,48 tC/ha t; sin embargo la plantación de 35 años presento un total de 275,68 tC/ha; mientras que la plantación de 15 años tuvo un total de 66,06 tC/ha. La cantidad total de contenido de carbono que existe en las tres plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke es de 753,22 tC/ha. (Cuadro 5 y figura 4) (Ver completo; en los cuadros 13; 14 y 15 del anexo).

Cuadro 5: contenido de carbono estimado para las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke

Edad (años)	Biomasa seca (t/ha)	Contenido de Carbono (tC/ha)
15	132,13	66,06
35	551,37	275,68
43	822,95	411,48
Total	1506,45	753,22

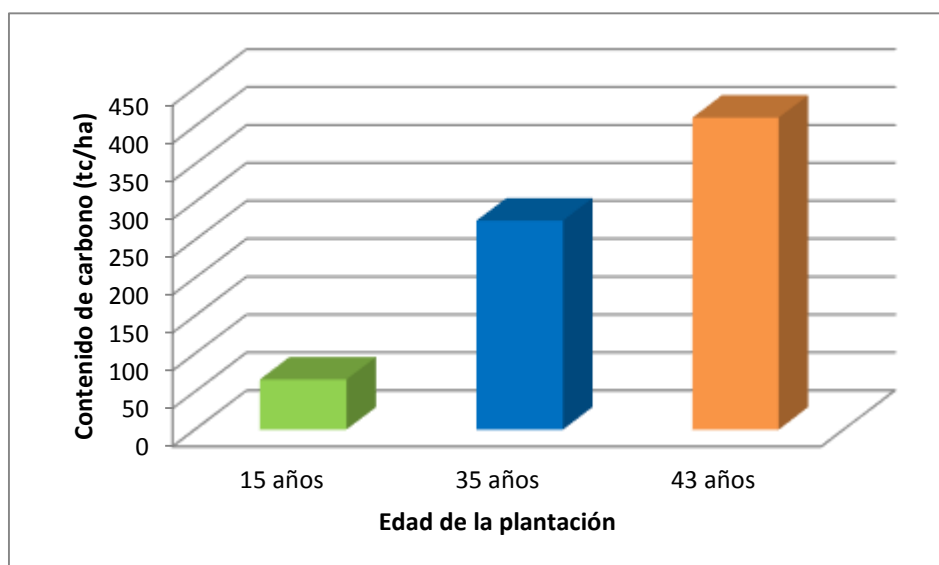


Figura 4. Gráfico comparativo del contenido de carbono estimado para cada plantación en tC/ha.

Ante los cambios atmosféricos, como el aumento en las concentraciones de CO₂, el aumento de la temperatura y la estabilidad de los parámetros meteorológicos, como la precipitación, los bosques juegan un papel regulador (Lewis, 2004), esto hace sumamente importante salvaguardar los remanentes de estas plantaciones y continuar no solo conservando este ecosistema, si no asegurando los servicios ambientales que de ellos se derivan y encaminan hacia los objetivos planteados por el mecanismo de desarrollo limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto.

Estas plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke, pueden sumarse a los objetivos de conservación y mitigación de emisiones de CO₂, sin embargo, plantear retos como la reducción de emisiones a nivel mundial a partir de la certificación de proyectos de captura de carbono, es una herramienta pero como tal, debe estar acompañada de un compromiso de los países responsables de la mayor cantidad de emisiones contaminantes a la atmósfera de origen antropogénico, tratando el problema desde su origen, y sobre todo previniéndolo, se podrán obtener mejores resultados en estos retos.

Vega y Martiarena (2010), mencionan que las plantaciones forestales a mayor edad, tienen mayor contenido de carbono, por lo que se constituye un alternativa como servicio ambiental por su gran potencial para el secuestro de carbono; al igual que en los resultados de este estudio se puede observar que la plantación que mayor contenido de carbono tiene, es la de 43 años el cual es la plantación de mayor edad entre las plantaciones estudiadas. Así mismo corrobora a lo dicho por De Petre (2000), que analizó el contenido de carbono con respecto a la edad, donde encontró un contenido de carbono mayor en los árboles mayores.

En el cuadro 6 y la figura 5 se presenta la comparación de los resultados del contenido de carbono por edad de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke mediante la prueba de Kruskal Wallis con su comparador Student-Newman-Keuls a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ mostrando resultados puntuales y específicos entre las edades, en los tres casos el p-valor es menor al nivel de significancia ($\alpha=0,05$), por lo tanto se acepta la hipótesis de que contenido de carbono varía de acuerdo a la edad de la plantación.

Cuadro 6: Prueba de Kruskal Wallis para el contenido de carbono en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades

		Resultados	
H=		103.5484	
Grado de libertad=		2	
(p) Kruskal-Wallis=		0,0000	
R1 (15 años)=		34.4634	
R2 (35 años)=		81.7529	
R3 (43 años)=		143.7326	
Comparación Student-Newman-Keuls		Dif. Entre puntos	p-valor
Grupos (15 y 35)=		47.2895	<0,0001
Grupos (15 y 43)=		109.2691	<0,0001
Grupos (35 y 43)=		61.9797	<0,0001

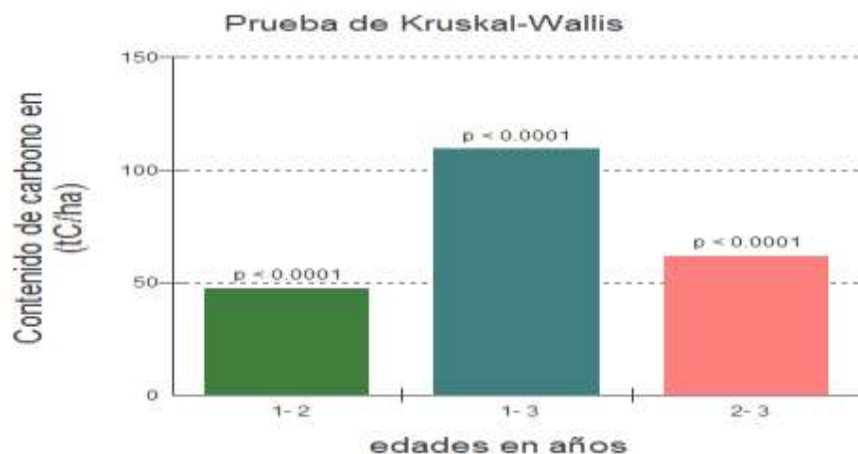


Figura 5: Gráfico comparativo de la prueba de Kruskal Wallis para el contenido de carbono en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades

9.3. Secuestro de dióxido de carbono (CO₂) en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke por edad

De acuerdo a los parámetros medidos se obtuvo diferentes resultados para cada plantación, en la que la plantación de 43 años resultó ser la que mayor dióxido de carbono ha secuestrado con una cantidad de 1508,75 tCO₂/ha. Mientras que en la plantación de 35 años se calculó 1010,84 tCO₂/ha., y la plantación de 15 años presento un total de 242,23 tCO₂/ha. La cantidad de dióxido de carbono almacenado total entre las tres plantaciones es de 2761,82 tCO₂/ha (cuadro 7 y figura6) (ver completo; en los cuadros 13; 14 y 15 del anexo).

Cuadro 7: Dióxido de carbono estimado en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke.

Edad (Años)	Área (ha)	Contenido de Carbono (tC/ha)	Secuestro de CO ₂ (tCO ₂ /ha)
15	0,45	66,06	242,23
35	0,75	275,68	1010,84
43	0,66	411,48	1508,75
Total	1,86	753,22	2761,82

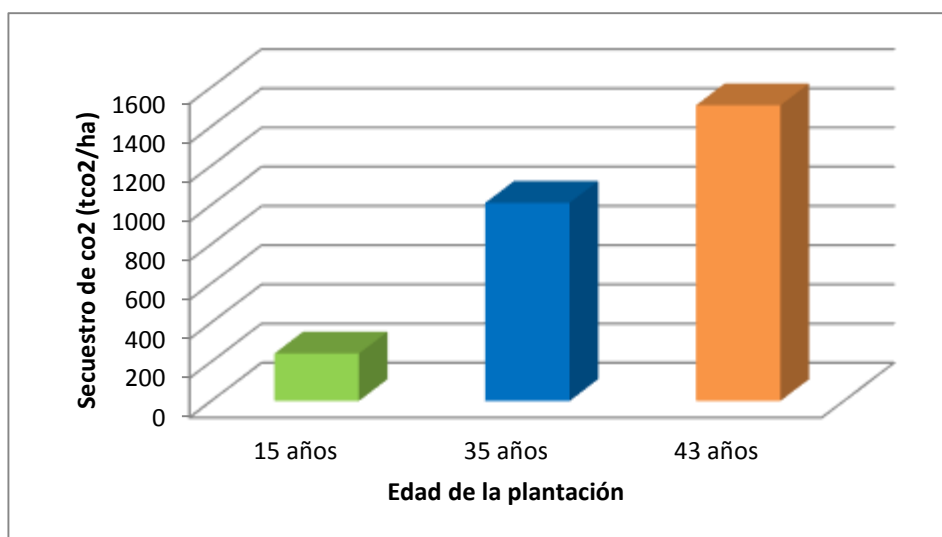


Figura 6: Grafico comparativo del secuestro de CO₂ en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke

Vega y Martiarena (2010), afirman que calcular el secuestro de carbono es fundamental dado que las plantaciones brindan un importante servicio de limpieza ambiental por su potencial para secuestrar carbono así mismo mencionan, que los resultados del secuestro de CO₂ son directamente proporcionales a la edad de la plantación; tal como se muestra en los resultados de este estudio donde la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de 43 años presento mayor cantidad de CO₂. Así mismo se debe a las condiciones del suelo y el clima tal como lo menciona ICRAF (2003); la cantidad del secuestro de CO₂ se relaciona a la capacidad de los bosques de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectáreas, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinada por las condiciones del suelo y clima.

En el cuadro 8 y la figura 7 se presenta la comparación de los resultados del secuestro del dióxido de carbono (CO₂) por edad de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke mediante la prueba de Kruskal Wallis con su comparador Student-Newman-keuls a un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ mostrando resultados puntuales y específicos entre las edades, donde el grupo comparador de 15-35 tiene diferencia de 47.2600 y p-valor $<0,0001$; el grupo 15-43 una diferencia de 109.2802 y un p-valor $<0,0001$ y finalmente el grupo 35-43 con una diferencia de 62.0202 y un p-valor $<0,0001$; en los tres casos el p-valor es menor al nivel de significancia ($\alpha=0,05$), por lo tanto se acepta la hipótesis de que el dióxido de carbono secuestrado varía de acuerdo a la edad de la plantación.

Cuadro 8: Prueba de Kruskal Wallis para el secuestro del dióxido de carbono (CO₂) en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades

		Resultados	
H=		103.5764	
Grado de libertad=		2	
(p) Kruskal-Wallis=		0,0000	
R1 (15 años)=		34.4756	
R2 (35 años)=		81.7356	
R3 (43 años)=		143.7558	
Comparación Student-Newman-Keuls		Dif. Entre puntos	p-valor
Grupos (15 y 35)=		47.2600	<0,0001
Grupos (15 y 43)=		109.2802	<0,0001
Grupos (35 y 43)=		62.0202	<0,0001

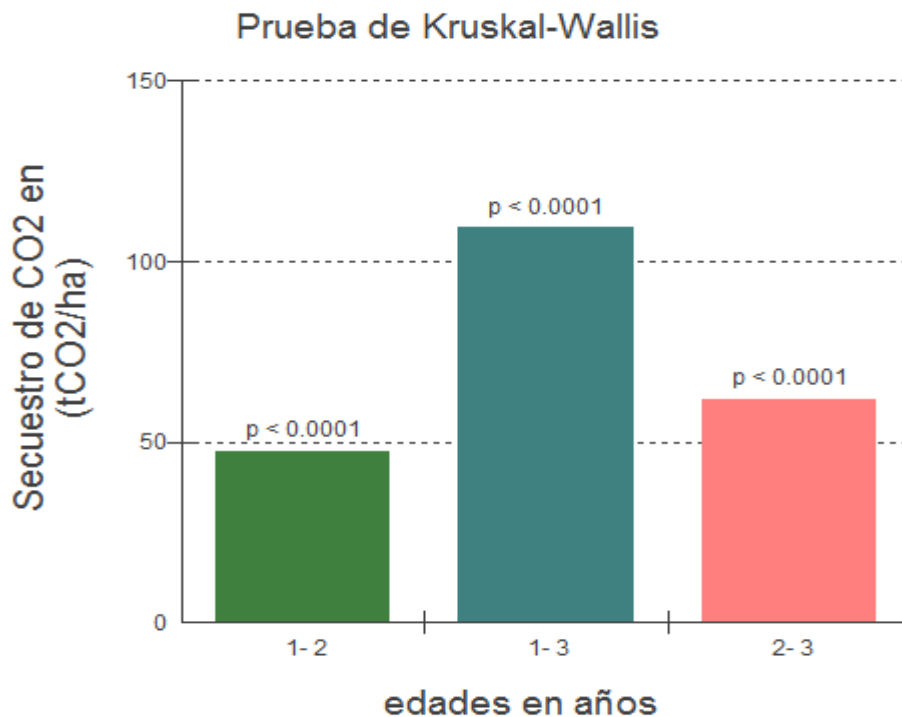


Figura 7: Grafico comparativo de la prueba de Kruskal Wallis para el secuestro de dióxido de carbono (CO₂) en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades.

X. CONCLUSIONES

1. La plantación que presenta mayor cantidad de biomasa es la de 43 años con un total de 822,95 t/ha, seguido de la plantación de 35 años con 551,37 t/ha y la de 15 años con 132,13 t/ha.
2. La plantación que presenta mayor contenido de carbono es la de 43 años con 411,48 tC/ha, seguido de la plantación de 35 años con 275,68 tC/ha y la plantación de 15 años con 66,06 tC/ha.
3. La plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke que secuestra mayor cantidad de CO₂ es la de 43 años con 1508,75 tCO₂/ha, seguido da la plantación de 35 años con 1010,84 tCO₂/ha y la plantación de 15 años con 242,23 tCO₂/ha.
4. La prueba de H de Kruskal Wallis y el aposteriori SNK muestran que hay diferencia significativa en la biomasa, contenido de carbono y secuestro del CO₂ en las tres plantaciones de 15, 35 y 43 años de edad ($p=0.0001 < \alpha=0,05$), por lo tanto se acepta la hipótesis de que la biomasa, contenido de carbono y el secuestro de CO₂ varía con la edad de la plantación.
5. Los resultados obtenidos en el estudio dependen del diámetro y la altura de los arboles presentes en cada plantación.

XI. RECOMENDACIONES

1. Darle mayor importancia a la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke *de menor edad* en este estudio, a través de tratamientos silviculturales y así en futuro tener individuos fuertes y desarrollados de tal manera que sean buenos secuestradores del CO₂.
2. Hacer un estudio a futuro utilizando las mismas variables, pero enfocados a conocer el valor económico que tienen estas plantaciones estudiadas.
3. Facilitar la realización de estudios similares con otras especies que se encuentran en el CIEFOR y a través de ello crear ecuaciones alométricas que brinden datos reales que estén de acuerdo a las condiciones ambientales de la región.
4. Reforestar las áreas forestales degradadas con especies que tengan la capacidad de mayor secuestro del dióxido de carbono, y de esta manera captar mayor interés de la población y así estar contribuyendo con el medio ambiente.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- AIDER, M. 2012. (monitoreo@aider.com.pe) (10/04/2012) Consulta proyecto MDL. Correo electrónico para: Cordero, D. (doris.cordero@iucn.org).
- ALEGRE, J. 2008. Manejo de sistemas agroforestales para la recuperación de los suelos degradados de la Amazonia y generación de servicios medio ambientales. Tarapoto-Perú. 50 p.
- BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest. A forest resources assessment publication. FAO. Roma. Forestry Paper, No. 134. 58 p.
- BROWN, S. 2002. Measuring carbon in forest: current status and future challenges. *Environmental Pollution* 116: 363-372. (Consultado en Abril 27 de 2008). Disponible en la página Web: <http://www.sciencedirect.com/science?>
- CABUDIVO, A. 2011. Turno tecnológico de aprovechamiento de la madera de *Simarouba amara* “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* Ducke “tornillo” de diferentes edades en Puerto Almendra, Iquitos-Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Oficina General de Investigación. Artículo Científico. Iquitos, Perú. 81 p.
- CABUDIVO, A. 2012. Alternativas tecnológicas para la fabricación de prototipos de construcción no estructural y mueblería a partir de la madera de plantaciones de diferentes edades, CIEFOR-Pto. Almendra, Loreto-Perú. Proyecto de Investigación. Informe anual. Oficina General de Investigación. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos-Perú. 49 p.

- CHACON, P., LEBLANC, H., RUSSO, R. 2007. Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. University EARTH. Tierra Tropical. 1 – 11 p.
- CHAMBI, P. 2001. Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios. IICFOE. Tacna, Perú. (Fecha de consulta: 27 de marzo del 2013). Disponible en internet: www.iicfoe.com.pe.
- CIESLA, W. M. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Roma: FAO. 146 p.
- CONAFOR y SEMARNAT, 2008. Proyecto Preservación y Mejoramiento de los Servicios ambientales a través de la Captura y Conservación de Carbono en Sistemas Forestales y Agroforestales Integrados en la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, México. (Citado en Febrero 9 de 2009). Disponible en la página Web. http://www.katoombagroup.org/documents/events/event22/24H_Perfil_proyecto_Veracruz.pdf.
- CONAM (Consejo Nacional del Ambiente, PE) 2000. Memoria explicativa del mapa de deforestación de la Amazonia Peruana, año 2000. Lima, Perú. 163 p. en prensa.
- DUCKE, A. 1949. Las leguminosas de la Amazonia brasileña. Notas sobre la flora neotropical. II Boletín Técnico. Instituto Del Norte (Brasil) 1 N°. 18: 248 p.
- ECODECISIÓN, 2000. Opciones forestales en el mecanismo de desarrollo limpio: Un resumen de los principales temas para los países andinos. Quito-Ecuador.

- ETCHEVERS, J. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca, México. 725 p.
- FAO. 2001. Situación de los bosques del mundo. (en línea). Consultado el 30 de julio de 2008 disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/>.
- FAO. 2007. Situación de los bosques del mundo. (en línea). Italia, Roma. Consultado 4 de mayo 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/icatalog/inters>.
- DANERS, D. 2009. El papel de los bosques en el Ciclo del Carbono. Gestión ambiental sostenible. Boletín de sostenibilidad de IBERSILVA SERVICIOS. 4-6 p. Disponible en <http://www.ingenierosdemontes.org>.
- DE PETRE, A. 2000. Proyectos de Investigación Aplicada a los Recursos Forestales Nativos (PIARFON). Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal. Área Captura de Carbono. Argentina. 15 p.
- FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola), 2004. Memorando de entendimiento entre el banco internacional de reconstrucción y fomento (birf), en calidad de administrador fiduciario del fondo de biocarbono, y el fondo internacional de desarrollo agrícola en relación con el tramo de manejo de tierras secas del fondo de biocarbono. 1 p.
- FONSECA, W.; ALICE, F.; REY, J. M. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque* 30(1): 36-47.
- GAMARRA, J. 2001. Estimación del contenido de carbono en plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labill en Junín, Perú. En: Simposio Internacional de

Medición y captura de carbono en ecosistemas forestales del 18-21 de Octubre- Valdivia-Chile. 21 p.

GREENFACTS, 2006. Captura de carbono. <http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/captura-carbono.htm>

CARNUS, J. M., J. Parrota, E. Brockerhoff, M. Arbez, H. Jactel, A. Kremer, D. Lamb, K. O'Hara y B. Walters, 2006: Planted Forests and Biodiversity. *Journal of Forestry* 104 (2) 65-77.

HIGUCHI, N. e CARBALHO, J. A. 1994. Fitomassa e conteudo de carbon de species arbóreas da Amazônia. In: Anais do seminário Emissao por seqüestro de CO2 uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Rio de Janeiro. 125-153.

ICRAF-CODESOL, 2003. Manual de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Lima-Perú. 5 p.

INRENA, CIFOR, FONDEBOSQUE. 2003. Apoyo a la implementación del nuevo régimen a través de la capacitación a asociación de productores forestales concesionarios en la Amazonia Peruana. Pucallpa.

IPCC. 2002. Cambio climático y biodiversidad (en línea). Suiza. Consultado en 23 jun 2010. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>

IPCC. 2003. Good practice guidance for land use change and forestry. Penman, J; GYTARSKY, M; HIRAISHI, T; KRUG, T; KRUGER, D; PIPATTI, R; BUENDIA, L; MIWA, K; NGARA, T; TANABE, K; WAGNER, F. (EDS.). TOKIO, JAPÓN. 12 p.

- IPCC. 2005. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono (en línea). Suiza. Consultado en 15 jun 2010. Disponible en http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCSfinal/IPCC%20Sp.pdf
- IPCC. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza. 2007. 104 p. (Citado en Mayo 8 de 2008). Disponible en la página Web: www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf –
- LEWIS, S.L. 2004. Fingerprinting the impacts of global change on the tropical forest. *The Royal Society Journal* 359: 437-462
- LIMA, W. 1993. *Impacto ambiental do eucalipto*. Sao Paulo, Ecuaciones de biomasa aérea, factores de expansión y de reducción de la *Lenga nothofagus pumilio* (Poepp.et Endl.) Krasser, en el SO del Chubut, Argentina. (En línea).
- MÁRQUEZ, L. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Guatemala. Consultado en 20 jun 2010. Disponible en <http://www.winrock.org/fnrm/files/fundacionsolar.pdf>.
- MEDINA C. 2006. Indicadores de impactos de los sistemas forestales y agroforestales. POSAF II 1- 28 p.
- MERINO, A. REY, C. BRANAS, J. RODRIGUEZ, R. 2003. Biomasa arbórea y acumulación de nutrientes en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*. 12 (2): 85-98.

- MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2009. Memoria descriptiva del Mapa de deforestación de la Amazonía peruana. Lima, Perú.
- MINAM, 2010. El Perú y el Cambio Climático: Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC. MINAM, Lima, Perú.
- MOSTACEDO B. VILLEGAS Z. PEÑA M. POORTER L. LICONA J. C. Y ALARCON A. 2006. Fijación de carbono (biomasa aérea) en áreas de manejo forestal sujetas a diferentes intensidades de aprovechamiento: implicaciones a corto y mediano plazo. Instituto Boliviano de Investigación Forestal (IBIF). Ministerio de Planificación del desarrollo. Viceministerio de planificación territorial y ambiental programa nacional de cambios climáticos. Santa Cruz-Bolivia. 46 p.
- NAKAMA, V. LUPI, A. FERRERE, P Y ALFIERI, A. 2009. Las plantaciones forestales como sumideros de carbono atmosférico: Estudio de caso en la provincia de Buenos Aires. Instituto de Suelos y Recursos biológicos CIRN INTA. 11 p.
- ORDÓÑEZ, J. A. y MASERA, O. 2001. La captura de carbono ante el cambio climático. Madera y Bosques. 6 p.
- ORTIZ, M. E. 1993. Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Instituto tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Serie de apoyo académico No. 16. Cartago, Costa Rica. 71 p.
- PARDÉ, D. R. 1980. Forest biomass. Review article. *Forestry Abstract*. 41(8): 343-362.
- PERÚ ECOLÓGICO, 2006. Diccionario Ecológico.
http://www.peruecologico.com.pe/glosario_m.htm

- PRONAMACHCS/FAO, 1998: Manual de plantaciones forestales para la sierra peruana. Lima: Gobierno de los Países Bajos.
- QUESADA, C. A., LLOYD, J., SCHWARZ, M., PATINO, S., BAKER, T. R., CZIMCZIK, C., FYLLAS, N. M., MARTINELLI, L., NARDOTO, G. B., SCHMERLER, J., SANTOS, A. J. B., HODNETT, M. G., HERRERA, R., LUIZAO, F. J., ARNETH, A., LLOYD, G., DEZZEO, N., HILKE, I., KUHLMANN, I., RAESSLER, M., MORAES FILHO, J., PAIVA, F., ARAUJO FILHO, R., CHAVES, E., CRUZ, O. JUNIOR, PIMENTEL, T. P., and PAIVA, R: 2009. Chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences Discuss.* 6: 3923-3992, <http://www.biogeosciences-discuss.net/6/3923/2009/>.
- QUINTANA, S. 2006. Influencia de los nutrientes de biomasa foliar en las propiedades químicas del suelo en plantaciones forestales. Puerto Almendra-Loreto, Perú. Tesis M. Sc. en Ciencias con mención en Ecología y Desarrollo Sostenible. Escuela de Post Grado-UNAP. Iquitos, Perú. 68 p.
- SALAS, J. e INFANTE, A. 2006. Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Revista Forestal Latinoamericana* 21 (40): 47-70.
- SCHLEGEL, B. GAYOSO, J. GUERRA, J. 2002. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. 17 p.
- TOSI, J. A. 1960. Zonas de vida natural del Perú. Lima, Instituto Internacional de Ciencias Agrícolas. Zona Andina, 271 p. (II CA, boletín técnico N° 5).

- VALDERRAMA, F. 2002. Inventario florístico de los árboles existentes en 10 parcelas del Arboretum el Huayo. Documento técnico. Componente 3, Resultado 4 del Proyecto BIODAMAZ. Iquitos, Perú. 299 p.
- VALLEJO, M.I. 2005. Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. IavH. Bogotá – Colombia. 275 p.
- VALLEJO, A. 2009. Cambio climático, bosques y uso de la tierra. Curso Formulación de Proyectos MDL Forestal y Bioenergía. Carbón Descisions. Buenos Aires, Argentina, 16-20 de febrero. 29 p. 6 de Abril 2012. Disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/FAC/File/vallejo_cc_bosquesyusodelatierra.pdf
- VARGAS, L. y VARELA, A. 2007. Producción de hojarasca de un bosque de niebla en la reserva natural La Planada (Nariño, Colombia). Universitas Scientarium. Revista de la Facultad de ciencias. Edición Especial I. Vol 12. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 35 –49 p.
- VEGA, J. y MARTIARENA. R. 2010 Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de araucaria (*Araucaria angustifolia* -Bert.- O. Ktze). Revista de ciencia y tecnología [en línea] No 13. Junio 2010. [Fecha de consulta: 19 de setiembre del 2013]. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?>
- VIDAL, A. BENÍTEZ, J. RODRÍGUEZ, J. CARLOS, R. GRA, H. 2003. Estimación de la biomasa de copa para árboles en pie de *Pinus caribaea* var. *Caribaea* en la E.F.I. La Palma de la provincia de Pinar del Rio, Cuba. Quebracho 11: 60-66 p.

- VILCA, T. J.C. 2002. Caracterización del uso de la Tierra y la Cobertura Vegetal del Fundo UNAP mediante la aplicación de la Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, San Juan Bautista- Perú. Informe de Trabajo Profesional para optar el título de Ing. Forestal. FIF-UNAP. Iquitos. 7 p.
- WRM, 2003: Las plantaciones no son bosques. Montevideo: Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales.
- ZAMORA, J. DAVID, Q. 2000. Terminología forestal de uso común en Centro América. Manejo forestal tropical. CATIE. Unidad de manejo de bosques Naturales. 1409 -3456.

Anexo

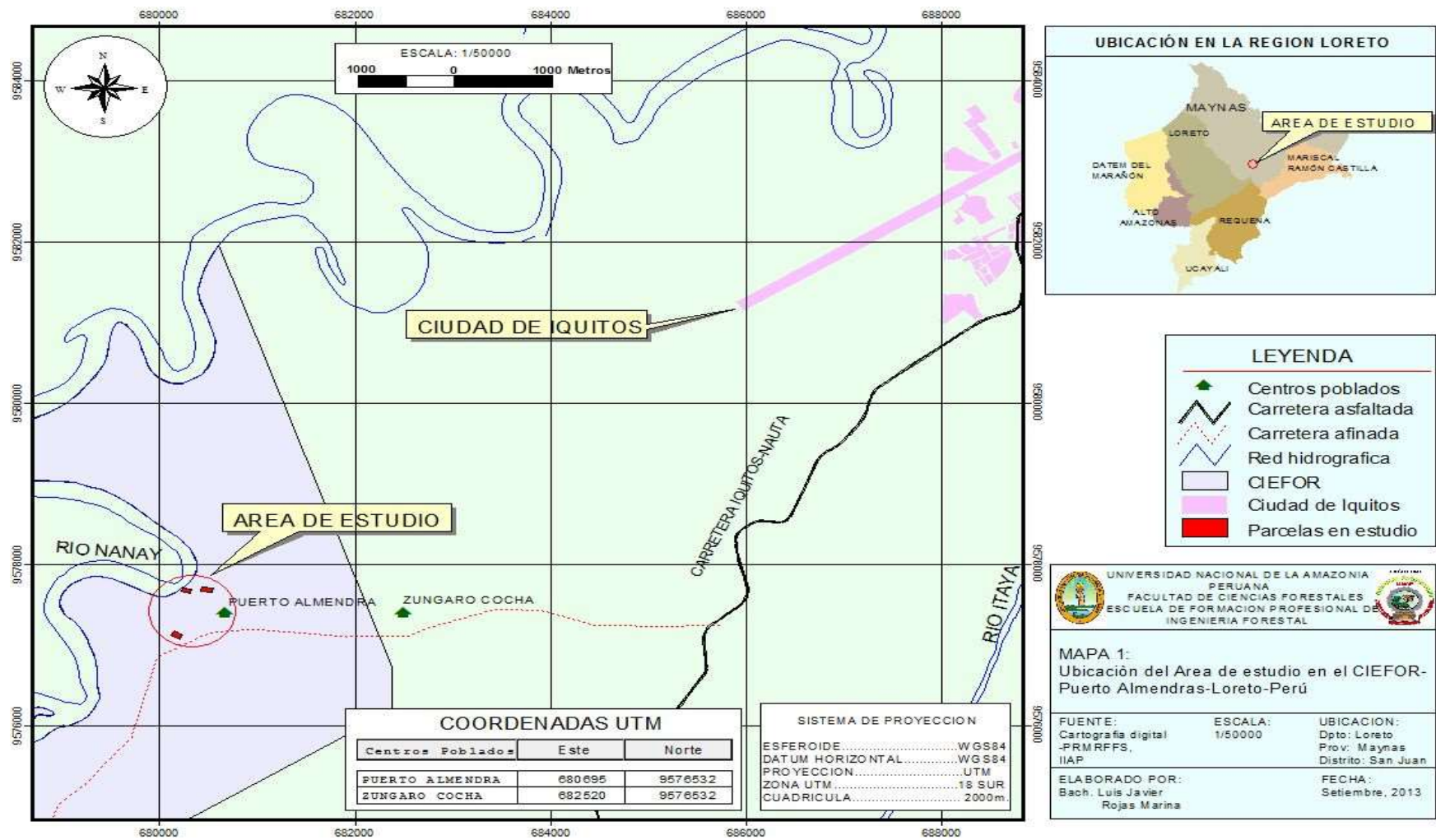


Figura 8: Mapa de ubicación del área de estudio del CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos – Perú

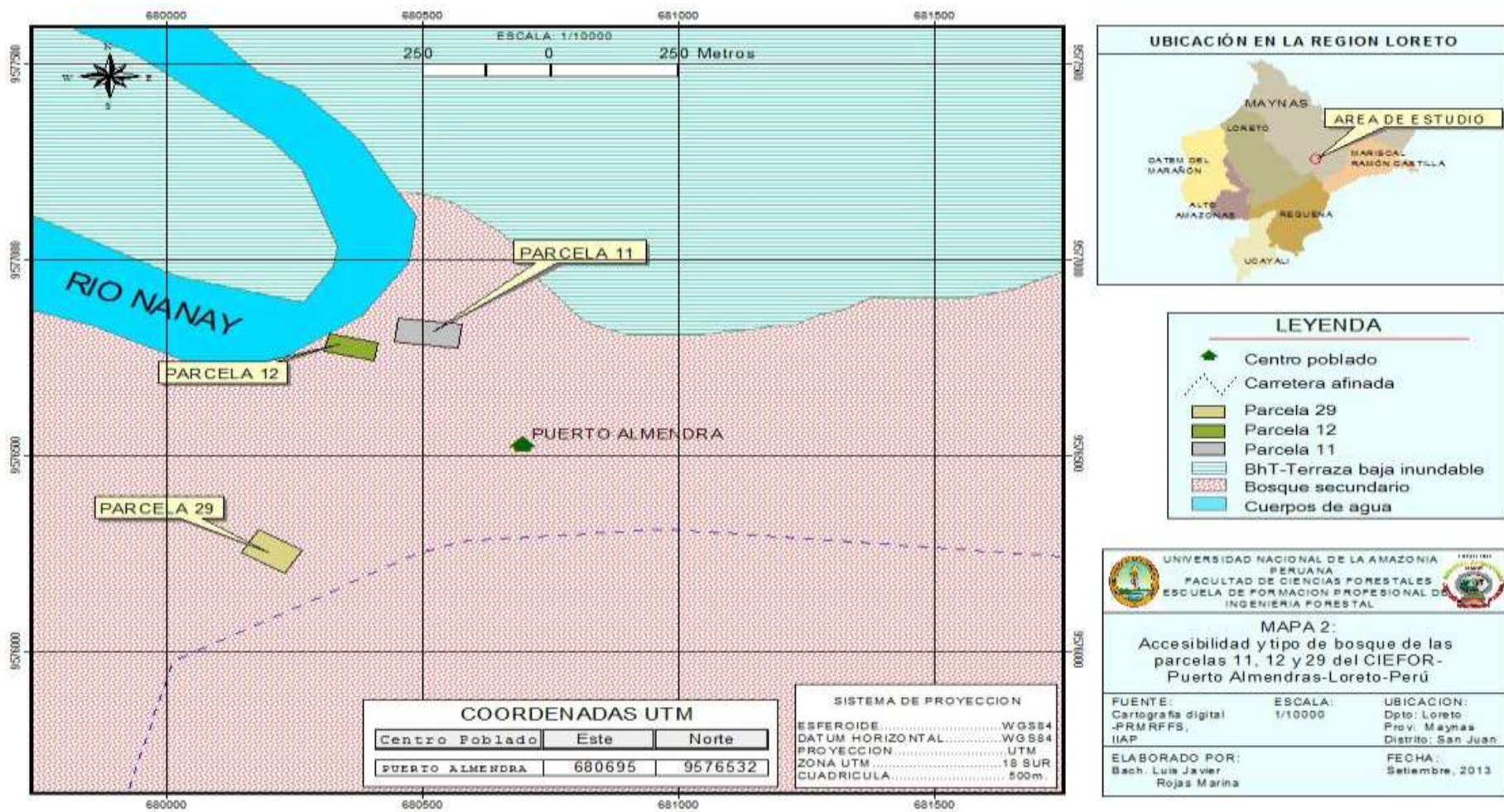


Figura 9: Mapa de ubicación de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke de diferentes edades en el CIEFOR Pto. Almendra

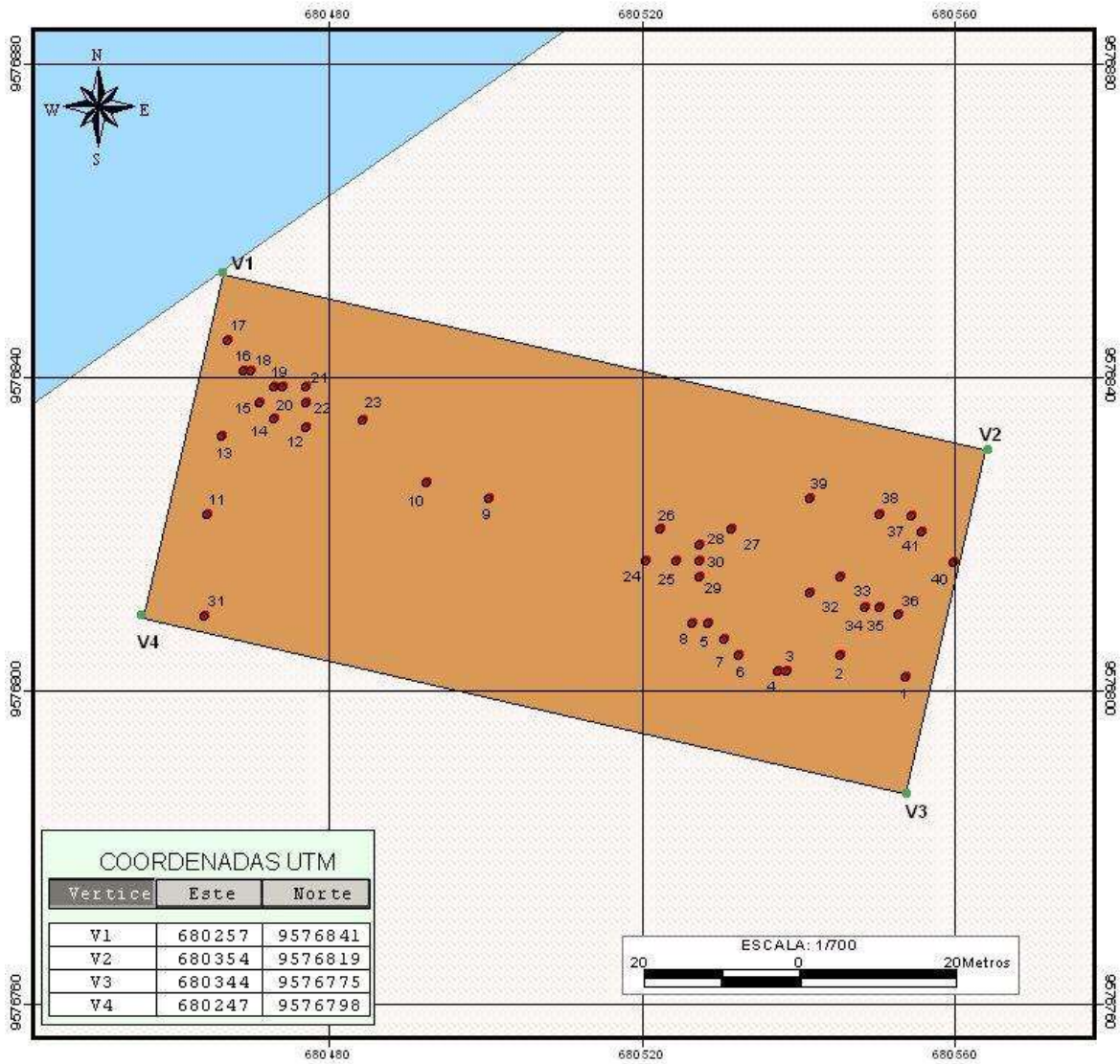


Figura 10: Mapa de dispersión de la plantación de 15 años de la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke

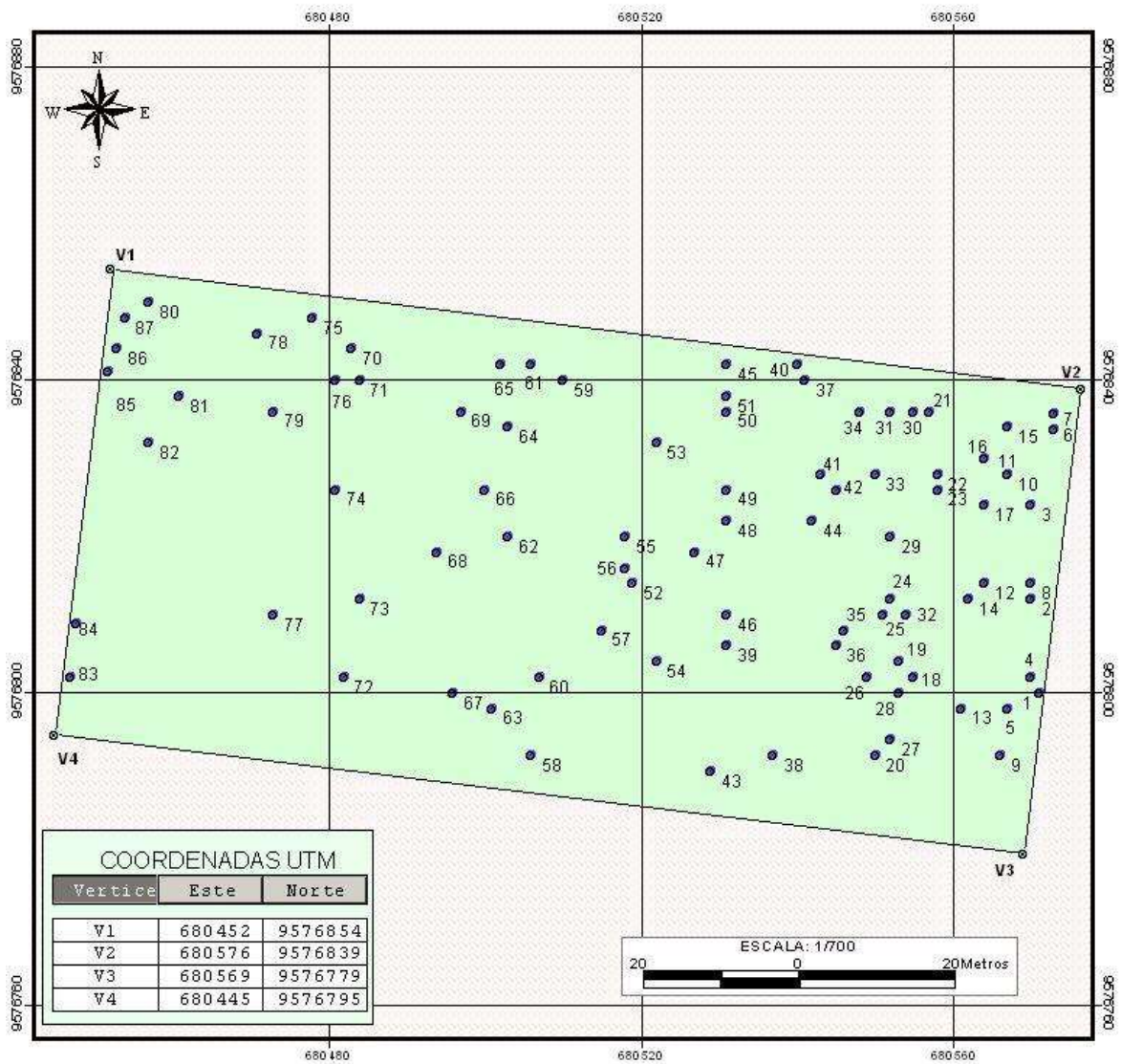
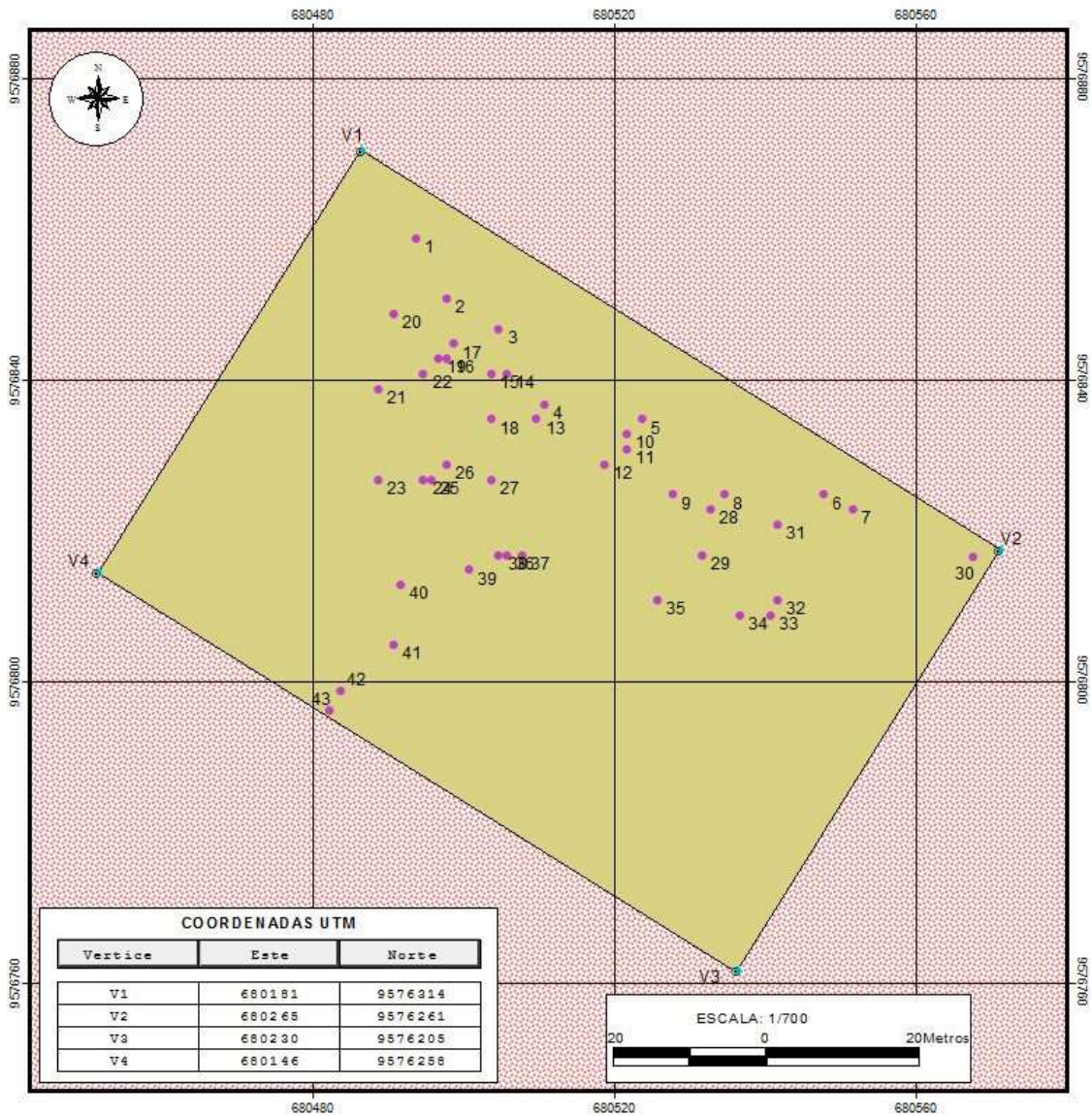


Figura 11: Mapa de dispersión de la plantación de 35 años de la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke.



SISTEMA DE PROYECCION

ESFEROIDE.....WGS84
 DATUM HORIZONTAL.....WGS84
 PROYECCION.....UTM
 ZONA UTM.....18 SUR
 CUADRICULA.....40m.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
 FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
 ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL

MAPA 5:
 Dispersion de los individuos de la plantación de la especie tornillo de la Parcela 29 del CIEFOR-Puerto Almendras-Loreto-Perú

FUENTE: Cartografía digital -PRMRFFS, IIAF	SUPERFICIE: 0.66 Ha.	UBICACION: Dpto: Loreto Prov: Maynas Distrito: San Juan
ELABORADO POR: Bach. Enrique Pinedo Catashunga	ESCALA: 1/700	FECHA: Setiembre, 2013

Figura 12: Mapa de dispersión de la plantación de 43 años de la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Ducke.



Figura 13: selección del área de estudio



Figura 14: georreferenciación de los individuos



Figura 15: medición del diámetro a la altura del pecho



Figura 16: medición de la altura con el clinómetro.

Cuadro 10: Georreferenciación de la plantación 12 *Cedrelinga cateniformis* Ducke de 15 años de edad.

N° árbol	X	Y
1	680336	95776994
2	680323	9576796
3	680316	9576794
4	680315	9576794
5	680310	9576796
6	680308	9576798
7	680306	9576800
8	680304	9576800
9	680278	9576816
10	680270	9576818
11	680242	9576814
12	680218	9576830
13	680244	9576824
14	680237	9576830
15	680235	9576832
16	680233	9576836
17	680231	9576840
18	680234	9576836
19	680237	9576834
20	680238	9576834
21	680241	9576834
22	680241	9576832
23	680262	9576826
24	680298	9576808
25	680302	9576808
26	680300	9576812
27	680309	9576812
28	680305	9576810
29	680305	9576806
30	680305	9576808
31	680205	9576806
32	680319	9576804
33	680323	9576806
34	680326	9576802
35	680328	9576802
36	680335	9576802
37	680339	9576812
38	680328	9576814
39	680319	9576816
40	680351	9576806
41	680347	9576810

Cuadro 11: Georreferenciación de la plantación 11 de *Cedrelinga cateniformis*
 Ducke de 35 años de edad

N° árbol	X	Y
1	680571	9576800
2	680570	9576812
3	680570	9576824
4	680570	9576802
5	680567	9576798
6	680579	9576834
7	680579	9576836
8	680570	9576814
9	680566	9576792
10	680567	9576828
11	680564	9576830
12	680564	9576814
13	680561	9576798
14	680562	9576812
15	680567	9576834
16	680564	9576830
17	680564	9576824
18	680555	9576802
19	680553	9576804
20	680550	9576792
21	680557	9576836
22	680558	9576828
23	680558	9576826
24	680552	9576812
25	680551	9576810
26	680549	9576802
27	680552	9576794
28	680553	9576800
29	680552	9576820
30	680555	9576836
31	680552	9576836
32	680554	9576810
33	680550	9576828
34	680548	9576836
35	680546	9576808
36	680545	9576806
37	680541	9576840
38	680537	9576792
39	680531	9576806
40	680540	9576842
41	680543	9576828
42	680545	9576826

Cuadro 11: Georreferenciación de la plantación... (Continuación)

N° árbol	X	Y
43	680529	9576790
44	680542	9576822
45	680531	9576842
46	680531	9576810
47	680527	9576818
48	680531	9576822
49	680531	9576826
50	680531	9576836
51	680531	9576838
52	680519	9576814
53	680522	9576832
54	680522	9576804
55	680518	9576820
56	680518	9576816
57	680515	9576808
58	680506	9576792
59	680510	9576840
60	680507	9576802
61	680506	9576842
62	680503	9576820
63	680501	9576798
64	680503	9576834
65	680502	9576842
66	680500	9576826
67	680496	9576800
68	680494	9576818
69	680497	9576836
70	680483	9576844
71	680484	9576840
72	680482	9576802
73	680484	9576812
74	680481	9576826
75	680478	9576848
76	680481	9576840
77	680473	9576810
78	680471	9576846
79	680473	9576836
80	680457	9576850
81	680461	9576838
82	680457	9576832
83	680446	9576802
84	680441	9576810
85	680448	9576842
86	680453	9576844
87	680454	9576848

Cuadro 12. Georreferenciación de la plantación 29 de *Cedrelinga cateniformis*
Ducke de 43 años de edad.

N° Árbol	X	Y
1	680188	9576302
2	680192	9576294
3	680199	9576290
4	680205	9576280
5	680218	9576278
6	680242	9576268
7	680246	9576266
8	680229	9576268
9	680222	9576268
10	680216	9576276
11	680216	9576274
12	680213	9576272
13	680204	9576278
14	680200	9576284
15	680198	9576284
16	680192	9576286
17	680193	9576288
18	680198	9576278
19	680191	9576286
20	680185	9576292
21	680183	9576282
22	680189	9576284
23	680183	9576270
24	680189	9576270
25	680190	9576270
26	680192	9576272
27	680198	9576270
28	680227	9576266
29	680226	9576260
30	680277	9576260
31	680236	9576264
32	680236	9576254
33	680235	9576252
34	680231	9576252
35	680220	95762548
36	680200	9576260
37	680202	9576260
38	680199	9576260
39	680195	9576258
40	680186	9576256
41	680185	9576248
42	680178	9576242
43	680173	9576236

Cuadro 13: Datos de biomasa, carbono y dióxido de carbono (CO₂) de la plantación 12 de 15 años.

Plantación	N° árbol	Especie	DAP (m)	HT (m)	G (m ²)	Vol (m ³)	Vol (m ³ /ha)	Biomasa del fuste (t/ha)	Biomasa aérea (t/ha)	Biomasa radicular (t/ha)	Biomasa verde (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Carbono almacenado (tC/ha)	Secuestro de CO ₂ (tCO ₂ /ha)
12	1	Tornillo	0.343	36.16	0.09	2.17	4.83	2.04	6.94	1.39	8.33	5.00	2.50	9.16
12	2	Tornillo	0.18	14.28	0.02	0.22	0.50	0.21	0.71	0.14	0.86	0.51	0.26	0.94
12	3	Tornillo	0.328	37.32	0.08	2.05	4.55	1.93	6.55	1.31	7.86	4.72	2.36	8.65
12	4	Tornillo	0.39	33.68	0.12	2.55	5.66	2.40	8.15	1.63	9.78	5.87	2.93	10.75
12	5	Tornillo	0.345	29.16	0.09	1.77	3.94	1.67	5.66	1.13	6.80	4.08	2.04	7.48
12	6	Tornillo	0.34	27.47	0.09	1.62	3.60	1.52	5.18	1.04	6.22	3.73	1.87	6.84
12	7	Tornillo	0.37	30.12	0.11	2.12	4.70	1.99	6.76	1.35	8.12	4.87	2.44	8.93
12	8	Tornillo	0.36	29.45	0.10	1.89	4.21	1.78	6.05	1.21	7.27	4.36	2.18	7.99
12	9	Tornillo	0.346	49.14	0.09	3.00	6.67	2.82	9.60	1.92	11.52	6.91	3.46	12.67
12	10	Tornillo	0.34	40.40	0.09	2.38	5.30	2.24	7.62	1.52	9.14	5.49	2.74	10.06
12	11	Tornillo	0.23	22.12	0.04	0.60	1.33	0.56	1.91	0.38	2.29	1.37	0.69	2.52
12	12	Tornillo	0.19	12.86	0.03	0.24	0.54	0.23	0.78	0.16	0.94	0.56	0.28	1.03
12	13	Tornillo	0.42	21.29	0.14	1.92	4.26	1.80	6.13	1.23	7.35	4.41	2.21	8.09
12	14	Tornillo	0.14	14.52	0.01	0.14	0.30	0.13	0.43	0.09	0.52	0.31	0.16	0.57
12	15	Tornillo	0.10	5.19	0.01	0.03	0.06	0.02	0.08	0.02	0.10	0.06	0.03	0.11
12	16	Tornillo	0.34	22.50	0.09	1.33	2.95	1.25	4.24	0.85	5.09	3.06	1.53	5.60
12	17	Tornillo	0.41	18.90	0.13	1.61	3.59	1.52	5.16	1.03	6.19	3.71	1.86	6.81
12	18	Tornillo	0.344	27.12	0.09	1.64	3.64	1.54	5.24	1.05	6.28	3.77	1.89	6.91
12	19	Tornillo	0.13	11.32	0.01	0.10	0.22	0.09	0.31	0.06	0.37	0.22	0.11	0.41
12	20	Tornillo	0.23	13.28	0.04	0.36	0.81	0.34	1.17	0.23	1.40	0.84	0.42	1.54

Cuadro 13: Datos de biomasa... (Continuación)

Plantación	N° árbol	Especie	DAP (m)	HT (m)	G (m ²)	Vol (m ³)	Vol (m ³ /ha)	Biomasa del Fuste (t/ha)	Biomasa aérea (t/ha)	Biomasa radicular (t/ha)	Biomasa verde (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Carbono almacenado (t/ha)	Secuestro de CO ₂ (t/ha)
12	21	Tornillo	0.23	19.04	0.04	0.51	1.14	0.48	1.64	0.33	1.97	1.18	0.59	2.17
12	22	Tornillo	0.26	22.50	0.05	0.78	1.73	0.73	2.48	0.50	2.98	1.79	0.89	3.28
12	23	Tornillo	0.36	21.50	0.10	1.42	3.16	1.34	4.55	0.91	5.46	3.27	1.64	6.00
12	24	Tornillo	0.35	36.12	0.10	2.26	5.02	2.12	7.22	1.44	8.66	5.20	2.60	9.53
12	25	Tornillo	0.18	21.42	0.03	0.37	0.81	0.34	1.17	0.23	1.40	0.84	0.42	1.54
12	26	Tornillo	0.32	24.70	0.08	1.29	2.87	1.21	4.13	0.83	4.95	2.97	1.49	5.45
12	27	Tornillo	0.16	16.80	0.02	0.22	0.48	0.20	0.69	0.14	0.83	0.50	0.25	0.91
12	28	Tornillo	0.342	31.22	0.09	1.86	4.14	1.75	5.96	1.19	7.15	4.29	2.14	7.86
12	29	Tornillo	0.18	13.37	0.02	0.22	0.48	0.20	0.69	0.14	0.83	0.50	0.25	0.91
12	30	Tornillo	0.37	38.28	0.11	2.69	5.98	2.53	8.60	1.72	10.32	6.19	3.09	11.35
12	31	Tornillo	0.18	21.78	0.03	0.37	0.83	0.35	1.19	0.24	1.43	0.86	0.43	1.57
12	32	Tornillo	0.30	34.22	0.07	1.59	3.54	1.50	5.09	1.02	6.11	3.67	1.83	6.72
12	33	Tornillo	0.35	30.48	0.10	1.91	4.24	1.79	6.09	1.22	7.31	4.39	2.19	8.04
12	34	Tornillo	0.355	32.94	0.10	2.12	4.71	1.99	6.77	1.35	8.13	4.88	2.44	8.94
12	35	Tornillo	0.13	16.02	0.01	0.14	0.32	0.13	0.46	0.09	0.55	0.33	0.16	0.60
12	36	Tornillo	0.37	33.66	0.11	2.30	5.11	2.16	7.36	1.47	8.83	5.30	2.65	9.71
12	37	Tornillo	0.37	30.42	0.11	2.08	4.62	1.96	6.65	1.33	7.98	4.79	2.39	8.78
12	38	Tornillo	0.34	31.86	0.09	1.88	4.18	1.77	6.01	1.20	7.21	4.33	2.16	7.93
12	39	Tornillo	0.40	33.92	0.13	2.78	6.19	2.62	8.90	1.78	10.68	6.41	3.20	11.75
12	40	Tornillo	0.344	29.62	0.09	1.79	3.98	1.68	5.72	1.14	6.86	4.12	2.06	7.55
12	41	Tornillo	0.29	25.75	0.06	1.08	2.41	1.02	3.46	0.69	4.15	2.49	1.25	4.57
TOTAL						57.42	127.59	53.97	183.51	36.70	220.21	132.13	66.06	242.23

Cuadro 14: Datos de biomasa, carbono y dióxido de carbono (CO₂) de la plantación 11 de 35 años

Plantación	N° árbol	Especie	DAP (m)	HT (m)	G (m ²)	Vol (m3)	Vol (m3/ha)	Biomasa del Fuste (t/ha)	Biomasa aérea (t/ha)	Biomasa radicular (t/ha)	Biomasa verde (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Carbono almacenado (t/ha)	Secuestro de CO ₂ (t/ha)
11	1	Tornillo	0,44	32,42	0,15	4,82	6.42	2.72	9.24	1.85	11.09	6.65	3.33	12.20
11	2	Tornillo	0,52	29,68	0,21	6,35	8.47	3.58	12.18	2.44	14.62	8.77	4.39	16.08
11	3	Tornillo	0,40	23,46	0,13	3,01	4.01	1.70	5.77	1.15	6.92	4.15	2.08	7.61
11	4	Tornillo	0,50	38,82	0,20	7,68	10.24	4.33	14.73	2.95	17.68	10.61	5.30	19.45
11	5	Tornillo	0,43	34,02	0,14	4,83	6.43	2.72	9.26	1.85	11.11	6.66	3.33	12.22
11	6	Tornillo	0,49	28,3	0,19	5,25	7.00	2.96	10.07	2.01	12.08	7.25	3.62	13.29
11	7	Tornillo	0,57	24,02	0,25	6,04	8.06	3.41	11.59	2.32	13.91	8.34	4.17	15.30
11	8	Tornillo	0,44	34,02	0,15	5,15	6.87	2.90	9.87	1.97	11.85	7.11	3.55	13.03
11	9	Tornillo	0,40	30,74	0,12	3,79	5.05	2.14	7.26	1.45	8.71	5.23	2.61	9.58
11	10	Tornillo	0,41	30,9	0,13	4,14	5.52	2.33	7.94	1.59	9.53	5.72	2.86	10.48
11	11	Tornillo	0,38	34,12	0,11	3,79	5.05	2.14	7.27	1.45	8.72	5.23	2.62	9.59
11	12	Tornillo	0,50	31,26	0,19	6,02	8.02	3.39	11.54	2.31	13.84	8.31	4.15	15.23
11	13	Tornillo	0,45	31,02	0,16	4,85	6.46	2.73	9.29	1.86	11.15	6.69	3.35	12.27
11	14	Tornillo	0,39	30,42	0,12	3,65	4.87	2.06	7.00	1.40	8.41	5.04	2.52	9.25
11	15	Tornillo	0,44	25,56	0,15	3,94	5.25	2.22	7.56	1.51	9.07	5.44	2.72	9.97
11	16	Tornillo	0,36	31,62	0,10	3,17	4.22	1.79	6.07	1.21	7.28	4.37	2.19	8.01
11	17	Tornillo	0,37	30,12	0,11	3,31	4.41	1.87	6.35	1.27	7.61	4.57	2.28	8.38
11	18	Tornillo	0,48	36,18	0,18	6,47	8.62	3.65	12.40	2.48	14.88	8.93	4.46	16.37
11	19	Tornillo	0,42	32,62	0,14	4,45	5.94	2.51	8.54	1.71	10.25	6.15	3.08	11.28
11	20	Tornillo	0,44	30,74	0,15	4,57	6.09	2.58	8.76	1.75	10.51	6.31	3.15	11.56
11	21	Tornillo	0,40	25,82	0,13	3,23	4.30	1.82	6.19	1.24	7.43	4.46	2.23	8.17
11	22	Tornillo	0,50	33,52	0,20	6,63	8.85	3.74	12.72	2.54	15.27	9.16	4.58	16.79
11	23	Tornillo	0,38	32,94	0,11	3,74	4.98	2.11	7.16	1.43	8.60	5.16	2.58	9.46
11	24	Tornillo	0,37	27,12	0,11	2,96	3.95	1.67	5.68	1.14	6.82	4.09	2.05	7.50
11	25	Tornillo	0,37	29,12	0,11	3,15	4.20	1.78	6.04	1.21	7.24	4.35	2.17	7.97
11	26	Tornillo	0,50	21,38	0,19	4,11	5.49	2.32	7.89	1.58	9.47	5.68	2.84	10.42
11	27	Tornillo	0,42	31,52	0,14	4,37	5.82	2.46	8.37	1.67	10.05	6.03	3.01	11.05
11	28	Tornillo	0,50	25,12	0,20	4,93	6.58	2.78	9.46	1.89	11.35	6.81	3.41	12.49

Cuadro 14: Datos de biomasa... (Continuacion)

Plantación	N° árbol	Especie	DAP (m)	HT (m)	G (m ²)	Vol (m ³)	Vol (m ³ /ha)	Biomasa del Fuste (t/ha)	Biomasa aérea (t/ha)	Biomasa radicular (t/ha)	Biomasa verde (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Carbono almacenado (t/ha)	Secuestro de CO ₂ (t/ha)
11	29	Tornillo	0,42	31,38	0,14	4,31	5.74	2.43	8.26	1.65	9.91	5.95	2.97	10.90
11	30	Tornillo	0,53	32,94	0,22	7,29	9.73	4.11	13.99	2.80	16.79	10.07	5.04	18.47
11	31	Tornillo	0,37	23,62	0,11	2,59	3.46	1.46	4.98	1.00	5.97	3.58	1.79	6.57
11	32	Tornillo	0,46	17,58	0,17	2,92	3.90	1.65	5.60	1.12	6.72	4.03	2.02	7.40
11	33	Tornillo	0,38	27,12	0,11	3,04	4.06	1.72	5.84	1.17	7.00	4.20	2.10	7.70
11	34	Tornillo	0,41	28,92	0,13	3,74	4.99	2.11	7.18	1.44	8.62	5.17	2.58	9.48
11	35	Tornillo	0,38	31,86	0,12	3,67	4.89	2.07	7.04	1.41	8.45	5.07	2.53	9.29
11	36	Tornillo	0,47	29,78	0,17	5,17	6.89	2.91	9.91	1.98	11.89	7.13	3.57	13.08
11	37	Tornillo	0,36	31,86	0,10	3,24	4.32	1.83	6.22	1.24	7.46	4.48	2.24	8.21
11	38	Tornillo	0,51	32,98	0,21	6,79	9.05	3.83	13.02	2.60	15.63	9.38	4.69	17.19
11	39	Tornillo	0,64	30,42	0,32	9,73	12.97	5.49	18.65	3.73	22.38	13.43	6.71	24.62
11	40	Tornillo	0,38	32,42	0,11	3,68	4.90	2.07	7.05	1.41	8.46	5.08	2.54	9.31
11	41	Tornillo	0,39	27,54	0,12	3,36	4.48	1.89	6.44	1.29	7.73	4.64	2.32	8.50
11	42	Tornillo	0,40	26,58	0,12	3,26	4.34	1.84	6.25	1.25	7.50	4.50	2.25	8.25
11	43	Tornillo	0,49	24,58	0,19	4,64	6.18	2.61	8.89	1.78	10.67	6.40	3.20	11.73
11	44	Tornillo	0,51	31,32	0,21	6,45	8.60	3.64	12.37	2.47	14.84	8.90	4.45	16.32
11	45	Tornillo	0,45	24,34	0,16	3,92	5.23	2.21	7.52	1.50	9.03	5.42	2.71	9.93
11	46	Tornillo	0,43	32,82	0,15	4,79	6.38	2.70	9.18	1.84	11.02	6.61	3.31	12.12
11	47	Tornillo	0,38	24,84	0,11	2,82	3.76	1.59	5.40	1.08	6.48	3.89	1.94	7.13
11	48	Tornillo	0,41	32,34	0,13	4,23	5.64	2.38	8.11	1.62	9.73	5.84	2.92	10.70
11	49	Tornillo	0,43	25,62	0,15	3,74	4.98	2.11	7.17	1.43	8.60	5.16	2.58	9.46
11	50	Tornillo	0,34	26,12	0,09	2,40	3.20	1.35	4.60	0.92	5.52	3.31	1.66	6.07
11	51	Tornillo	0,47	34,56	0,18	6,07	8.10	3.43	11.65	2.33	13.97	8.38	4.19	15.37
11	52	Tornillo	0,56	31,02	0,25	7,64	10.19	4.31	14.65	2.93	17.58	10.55	5.27	19.34
11	53	Tornillo	0,40	32,98	0,13	4,23	5.64	2.38	8.11	1.62	9.73	5.84	2.92	10.70
11	54	Tornillo	0,38	19,14	0,11	2,16	2.88	1.22	4.14	0.83	4.97	2.98	1.49	5.47
11	55	Tornillo	0,45	28,9	0,16	4,68	6.24	2.64	8.97	1.79	10.77	6.46	3.23	11.84
11	56	Tornillo	0,41	30,74	0,13	4,06	5.41	2.29	7.78	1.56	9.34	5.60	2.80	10.27

Cuadro 14: Datos de biomasa... (Continuacion)

Plantación	N° árbol	Especie	DAP (m)	HT (m)	G (m ²)	Vol (m ³)	Vol (m ³ /ha)	Biomasa del Fuste (t/ha)	Biomasa aérea (t/ha)	Biomasa radicular (t/ha)	Biomasa verde (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Carbono almacenado (t/ha)	Secuestro de CO ₂ (t/ha)
11	57	Tornillo	0,42	29,62	0,14	4,10	11,05	4,67	15,89	3,18	19,07	11,44	5,72	20,97
11	58	Tornillo	0,38	27,94	0,12	3,22	7,64	3,23	10,98	2,20	13,18	7,91	3,95	14,50
11	59	Tornillo	0,41	27,94	0,13	3,74	12,37	5,23	17,79	3,56	21,35	12,81	6,41	23,49
11	60	Tornillo	0,45	26,46	0,16	4,21	5,41	2,29	7,79	1,56	9,34	5,61	2,80	10,28
11	61	Tornillo	0,47	28,9	0,17	5,04	4,92	2,08	7,08	1,42	8,49	5,10	2,55	9,34
11	62	Tornillo	0,36	28,5	0,10	2,82	6,61	2,80	9,50	1,90	11,40	6,84	3,42	12,55
11	63	Tornillo	0,41	27,38	0,13	3,61	5,11	2,16	7,35	1,47	8,82	5,29	2,65	9,70
11	64	Tornillo	0,42	28,62	0,14	4,00	8,34	3,53	12,00	2,40	14,40	8,64	4,32	15,84
11	65	Tornillo	0,55	29,46	0,24	7,10	3,64	1,54	5,23	1,05	6,28	3,77	1,88	6,91
11	66	Tornillo	0,59	29,9	0,28	8,29	9,66	4,09	13,89	2,78	16,67	10,00	5,00	18,33
11	67	Tornillo	0,50	29,52	0,19	5,73	7,75	3,28	11,15	2,23	13,37	8,02	4,01	14,71
11	68	Tornillo	0,66	27,12	0,34	9,28	6,58	2,79	9,47	1,89	11,36	6,82	3,41	12,50
11	69	Tornillo	0,43	28,62	0,14	4,06	9,78	4,14	14,06	2,81	16,87	10,12	5,06	18,56
11	70	Tornillo	0,39	30,42	0,12	3,69	4,19	1,77	6,03	1,21	7,24	4,34	2,17	7,96
11	71	Tornillo	0,45	31,3	0,16	4,96	5,16	2,18	7,42	1,48	8,91	5,35	2,67	9,80
11	72	Tornillo	0,47	22,09	0,17	3,83	5,57	2,36	8,01	1,60	9,61	5,77	2,88	10,57
11	73	Tornillo	0,50	31,86	0,20	6,26	4,07	1,72	5,85	1,17	7,02	4,21	2,11	7,72
11	74	Tornillo	0,41	20,98	0,13	2,73	4,69	1,98	6,74	1,35	8,09	4,86	2,43	8,90
11	75	Tornillo	0,56	29,83	0,24	7,24	9,01	3,81	12,95	2,59	15,54	9,33	4,66	17,10
11	76	Tornillo	0,49	31,2	0,19	5,81	4,90	2,07	7,05	1,41	8,46	5,07	2,54	9,30
11	77	Tornillo	0,56	20,05	0,25	4,94	4,11	1,74	5,91	1,18	7,09	4,25	2,13	7,80
11	78	Tornillo	0,55	30,42	0,24	7,33	4,10	1,74	5,90	1,18	7,08	4,25	2,12	7,79
11	79	Tornillo	0,39	26,06	0,12	3,15	11,05	4,67	15,89	3,18	19,07	11,44	5,72	20,97
11	80	Tornillo	0,42	28,62	0,14	3,87	7,64	3,23	10,98	2,20	13,18	7,91	3,95	14,50
11	81	Tornillo	0,44	27,1	0,15	4,18	12,37	5,23	17,79	3,56	21,35	12,81	6,41	23,49
11	82	Tornillo	0,41	23,22	0,13	3,05	5,41	2,29	7,79	1,56	9,34	5,61	2,80	10,28
11	83	Tornillo	0,42	25,38	0,14	3,52	4,92	2,08	7,08	1,42	8,49	5,10	2,55	9,34
11	84	Tornillo	0,55	28,12	0,24	6,75	6,61	2,80	9,50	1,90	11,40	6,84	3,42	12,55
11	85	Tornillo	0,44	23,84	0,15	3,67	5,11	2,16	7,35	1,47	8,82	5,29	2,65	9,70
11	86	Tornillo	0,42	22,02	0,14	3,08	8,34	3,53	12,00	2,40	14,40	8,64	4,32	15,84
11	87	Tornillo	0,38	27,14	0,11	3,08	3,64	1,54	5,23	1,05	6,28	3,77	1,88	6,91
SUMATORIA						399.33	532.44	225.23	765.79	153.16	918.94	551.37	275.68	1010.84

Cuadro 15: Datos de biomasa, carbono y dióxido de carbono (CO₂) de la plantación 29 de 43 años

Plantación	N° árbol	Especie	DAP (m)	HT (m)	G (m ²)	Vol (m ³)	Vol (m ³ /ha)	Biomasa del Fuste (t/ha)	Biomasa aérea (t/ha)	Biomasa radicular (t/ha)	Biomasa verde (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Carbono almacenado (t/ha)	Secuestro de CO ₂ (t/ha)
29	1	Tornillo	0,73	35,11	0,42	14,69	22.26	10.46	35.58	7.12	42.69	25.61	12.81	46.96
29	2	Tornillo	0,69	33,92	0,37	12,68	19.22	9.03	30.71	6.14	36.85	22.11	11.06	40.54
29	3	Tornillo	0,51	28,40	0,20	5,80	8.79	4.13	14.04	2.81	16.85	10.11	5.06	18.54
29	4	Tornillo	0,63	35,55	0,31	11,08	16.79	7.89	26.83	5.37	32.20	19.32	9.66	35.42
29	5	Tornillo	0,58	18,07	0,26	4,77	7.23	3.40	11.56	2.31	13.87	8.32	4.16	15.26
29	6	Tornillo	0,56	26,45	0,25	6,51	9.87	4.64	15.77	3.15	18.93	11.36	5.68	20.82
29	7	Tornillo	0,67	36,72	0,35	12,95	19.62	9.22	31.34	6.27	37.61	22.57	11.28	41.38
29	8	Tornillo	0,88	39,42	0,61	23,98	36.33	17.07	58.05	11.61	69.66	41.80	20.90	76.62
29	9	Tornillo	0,599	29,00	0,28	8,17	12.38	5.82	19.78	3.96	23.74	14.24	7.12	26.11
29	10	Tornillo	0,41	28,48	0,13	3,76	5.70	2.68	9.10	1.82	10.92	6.55	3.28	12.01
29	11	Tornillo	0,49	22,19	0,19	4,18	6.34	2.98	10.13	2.03	12.16	7.29	3.65	13.37
29	12	Tornillo	0,57	36,62	0,26	9,34	14.16	6.65	22.62	4.52	27.15	16.29	8.14	29.86
29	13	Tornillo	0,56	32,37	0,25	7,97	12.08	5.68	19.30	3.86	23.16	13.90	6.95	25.48
29	14	Tornillo	0,68	33,62	0,36	12,21	18.50	8.69	29.56	5.91	35.47	21.28	10.64	39.02
29	15	Tornillo	0,76	38,58	0,45	17,50	26.52	12.46	42.37	8.47	50.85	30.51	15.25	55.93
29	16	Tornillo	0,46	37,62	0,17	6,25	9.47	4.45	15.14	3.03	18.16	10.90	5.45	19.98
29	17	Tornillo	0,67	31,07	0,35	10,95	16.60	7.80	26.52	5.30	31.83	19.10	9.55	35.01
29	18	Tornillo	0,66	33,87	0,34	11,59	17.56	8.25	28.06	5.61	33.67	20.20	10.10	37.03
29	19	Tornillo	0,66	28,74	0,34	9,83	14.90	7.00	23.81	4.76	28.57	17.14	8.57	31.42
29	20	Tornillo	0,54	21,92	0,23	5,02	7.61	3.57	12.15	2.43	14.59	8.75	4.38	16.04
29	21	Tornillo	0,6	47,16	0,28	13,33	20.20	9.50	32.28	6.46	38.74	23.24	11.62	42.62
29	22	Tornillo	0,58	41,66	0,26	11,01	16.68	7.84	26.65	5.33	31.98	19.19	9.59	35.18

Cuadro 15: datos de biomasa... (Continuación)

Plantación	N° árbol	Especie	DAP (m)	HT (m)	G (m ²)	Vol (m ³)	Vol (m ³ /ha)	Biomasa del Fuste (t/ha)	Biomasa aérea (t/ha)	Biomasa radicular (t/ha)	Biomasa verde (t/ha)	Biomasa seca (t/ha)	Carbono almacenado (t/ha)	Secuestro de CO ₂ (t/ha)
29	23	Tornillo	0,77	56,50	0,47	26,31	39,86	18,74	63,70	12,74	76,44	45,86	22,93	84,08
29	24	Tornillo	0,56	38,05	0,25	9,37	14,20	6,67	22,69	4,54	27,23	16,34	8,17	29,95
29	25	Tornillo	0,43	23,70	0,15	3,44	5,21	2,45	8,33	1,67	10,00	6,00	3,00	11,00
29	26	Tornillo	0,55	44,58	0,24	10,59	16,05	7,54	25,64	5,13	30,77	18,46	9,23	33,85
29	27	Tornillo	0,62	27,20	0,30	8,21	12,44	5,85	19,88	3,98	23,85	14,31	7,16	26,24
29	28	Tornillo	0,43	39,37	0,15	5,72	8,66	4,07	13,84	2,77	16,61	9,97	4,98	18,27
29	29	Tornillo	0,61	42,51	0,29	12,42	18,82	8,85	30,08	6,02	36,09	21,66	10,83	39,70
29	30	Tornillo	0,59	25,00	0,27	6,81	10,32	4,85	16,49	3,30	19,79	11,87	5,94	21,77
29	31	Tornillo	0,48	23,46	0,18	4,25	6,43	3,02	10,28	2,06	12,33	7,40	3,70	13,57
29	32	Tornillo	0,66	32,22	0,34	11,02	16,70	7,85	26,69	5,34	32,03	19,22	9,61	35,23
29	33	Tornillo	0,42	20,70	0,14	2,87	4,35	2,04	6,94	1,39	8,33	5,00	2,50	9,17
29	34	Tornillo	0,51	25,02	0,20	5,11	7,74	3,64	12,37	2,47	14,85	8,91	4,45	16,33
29	35	Tornillo	0,56	20,73	0,25	5,11	7,74	3,64	12,36	2,47	14,83	8,90	4,45	16,32
29	36	Tornillo	0,61	28,66	0,29	8,38	12,69	5,96	20,28	4,06	24,34	14,60	7,30	26,77
29	37	Tornillo	0,67	24,72	0,35	8,72	13,21	6,21	21,10	4,22	25,32	15,19	7,60	27,85
29	38	Tornillo	0,77	42,62	0,47	19,85	30,07	14,13	48,05	9,61	57,66	34,60	17,30	63,43
29	39	Tornillo	0,76	41,87	0,45	18,99	28,78	13,53	45,99	9,20	55,19	33,11	16,56	60,70
29	40	Tornillo	0,98	49,75	0,75	37,52	56,85	26,72	90,85	18,17	109,02	65,41	32,71	119,92
29	41	Tornillo	0,77	39,87	0,47	18,57	28,13	13,22	44,95	8,99	53,94	32,36	16,18	59,34
29	42	Tornillo	0,53	31,11	0,22	6,86	10,40	4,89	16,62	3,32	19,94	11,97	5,98	21,94
29	43	Tornillo	0,81	35,65	0,52	18,37	27,83	13,08	44,47	8,89	53,37	32,02	16,01	58,71
SUMATORIA						472.0	715.28	336.17	1142.99	228.60	1371.59	822.95	411.48	1508.75