



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

**“DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE BIOMASA AÉREA Y APOORTE EN
SERVICIOS AMBIENTALES DE ESPECIES FORESTALES EN PLANTACIONES
PUERTO ALMENDRA, LORETO-PERÚ, 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL**

PRESENTADO POR:

RENE REATEGUI AMACENAS

ASESORA:

Ing. SARON QUINTANA VASQUEZ, Dra.

IQUITOS, PERÚ

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 022



UNAP

**Facultad de
Ciencias Forestales**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 022-CCGYT-FCF-UNAP-2024

En Iquitos, en la sala de conferencias de la Facultad de Ciencias Forestales, a los 24 días del mes de abril del 2024, a horas 08:00 am., se dio inicio a la sustentación pública de la tesis: **"DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE BIOMASA AÉREA Y APORTE EN SERVICIOS AMBIENTALES DE ESPECIES FORESTALES EN PLANTACIONES PUERTO ALMENDRA, LORETO-PERÚ, 2021"**, aprobado con R.D. N° 0195-2021-FCF-UNAP, presentado por el bachiller **RENÉ REÁTEGUI AMACENAS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante R.D. N° 0339-2023-FCF-UNAP, está integrado por:

Ing. Jorge Elías Alvan Ruiz, Dr. : Presidente
Ing. Rildo Rojas Tuanama, Dr. : Miembro
Ing. Lizardo Manuel Fachin Malaverri, M.Sc. : Miembro

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: Satisfactoriamente

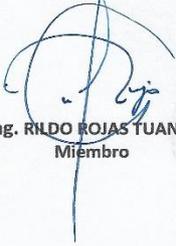
El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis han sido: Aprobadas con la calificación de Buena

Estando el bachiller apto para obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Siendo las 10:30 a.m. Se dio por terminado el acto Académico


Ing. JORGE ELÍAS ALVAN RUIZ, Dr.
Presidente


Ing. RILDO ROJAS TUANAMA, Dr.
Miembro


Ing. LIZARDO MANUEL FACHIN MALAVERRI, M.Sc.
Miembro


Ing. SARON QUINTANA VÁSQUEZ, Dra.
Asesora

Conservar los bosques benefician a la humanidad ¡No lo destruyas!

Ciudad Universitaria "Puerto Almendra", San Juan, Iquitos-Perú

www.unapiquitos.edu.pe

Teléfono: 065-225303

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA
DE BOSQUES TROPICALES**

TESIS

**“DINÁMICA DE CRECIMIENTO DE BIOMASA AÉREA Y APORTE EN
SERVICIOS AMBIENTALES DE ESPECIES FORESTALES EN
PLANTACIONES, PUERTO ALMENDRA, LORETO-PERÚ, 2021”**

JURADO Y ASESOR



ING. JORGE ELÍAS ALVAN RUIZ Dr.

Presidente

Registro CIP N° 28387



ING. RILDO ROJAS TUANAMA Dr.

Miembro

Registro CIP N° 86706



ING. LIZARDO MANUEL FACHIN MALAVERRI M. Sc.

Miembro

Registro CIP N°66065



ING. SARON QUINTANA VASQUEZ Dra.

Asesora

Registro CIP N° 71600

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO	AUTOR
FCF_TESIS_REATEGUI AMACENAS.pdf	RENE REATEGUI AMACENAS

RECuento DE PALABRAS	RECuento DE CARACTERES
8907 Words	39151 Characters

RECuento DE PÁGINAS	TAMAÑO DEL ARCHIVO
41 Pages	446.8KB

FECHA DE ENTREGA	FECHA DEL INFORME
May 20, 2024 10:35 AM GMT-5	May 20, 2024 10:36 AM GMT-5

- **24% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

 - 22% Base de datos de Internet
 - Base de datos de Crossref
 - 12% Base de datos de trabajos entregados
 - 1% Base de datos de publicaciones
 - Base de datos de contenido publicado de Crossref
- **Excluir del Reporte de Similitud**
 - Material bibliográfico
 - Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Resutbea

DEDICATORIA

A Jehová Dios el arquitecto del Universo.

A mis queridos hijos, Isaac, Jazmín y

Mayara, por ser el motor

y motivo de mi superación.

A mi adorada madrecita Agustina

Amacenas Tuesta, por su apoyo
emocional que sin ello no hubiese logrado
culminar esta etapa académica

A la memoria de mi padre Miguel
Reátegui Noriega, que hizo posible
por sacarme adelante y forjar en
mí, buenos valores de mi
personalidad.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Jehová Dios, porque cada logro en mi vida es por su voluntad y sin el nada soy.

A los docentes de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de Ciencias Forestales, por sus sabias enseñanzas, su infinita paciencia y tolerancia y forjar en mí el amor a mi carrera.

Al Director del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal CIEFOR-Puerto Almendra, por las facilidades brindadas.

Además, resalto el gran apoyo de mi Asesora de tesis a mi estimada amiga la Dra. Saron Quintana Vásquez, Docente Asociada de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, que sin su apoyo y motivación no hubiera sido posible la culminación de esta etapa académica.

ÍNDICE GENERAL

	<u>Pág</u>
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR	iii
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	5
1.3. Definición de términos básicos	7
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	8
2.1. Formulación de la hipótesis	8
2.1.1. Hipótesis de la investigación	8
2.2. Variables y definiciones operacionales	9
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño	10
3.2. Diseño muestral	10
3.3. Procedimientos de recolección de datos	11
3.4. Procesamiento y análisis de los datos	12

3.4.1.	Cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP)	12
3.4.2.	Crecimiento de la biomasa aérea de las plantaciones	12
3.4.3.	Cálculo de la biomasa aérea	13
3.4.4.	Cálculo del carbono almacenado	13
3.4.5.	Calculo del secuestro de Dióxido de carbono	13
3.4.6	Calculo de la producción de oxígeno	14
3.4.7	Análisis estadístico	14
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		15
4.1.	Dinámica de la biomasa en plantaciones de Puerto Almendra.	15
4.2.	Carbono almacenado en especies forestales comerciales en plantaciones de Puerto Almendra	19
4.3	Secuestro de Dióxido de carbono (CO ₂) en especies forestales comerciales en plantaciones de Puerto Almendra	22
4.4	Producción de Oxígeno en especies forestales comerciales en plantaciones de Puerto Almendra	25
CAPITULO V: DISCUSIÓN		33
CAPITULO VI: CONCLUSIONES		36
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES		38
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN		39
ANEXOS:		47
Anexo 1.	Mapa de Ubicación de las plantaciones - Puerto Almendras.	48
Anexo 2.	Plantación Tornillo 63 – 14 años.	49
Anexo 3.	Plantación Tornillo 33 – 42 años	49
Anexo 4.	Plantación Tornillo 29 – 51 años	50
Anexo 5.	Plantación Tornillo 17-35 años	50

Anexo 6. Plantación Tornillo 16 - 41 años.	51
Anexo 7. Plantación Tornillo 5 – 25 años.	51
Anexo 8. Plantación Marupa 64 – 14 años.	51
Anexo 9. Plantación Marupa 17 – 35 años.	52
Anexo 10. Plantación Marupa 16 – 41 años.	52
Anexo 11. Plantación de Marupa 18 – 35 años.	53
Anexo 12. Plantación de Marupa 5 – 25 años.	53
Anexo 13. Plantación de Marupa 7 – 25 años.	54
Anexo 14. Cálculo de la dinámica de crecimiento de tornillo de 14 años de edad plantación 63.	55
Anexo 15. Cálculo de la dinámica de crecimiento de tornillo de 25 años de edad plantación 5.	56
Anexo 16. Cálculo de la dinámica de crecimiento de tornillo de 31 años de edad plantación 17.	56
Anexo 17. Cálculo de la dinámica de crecimiento de tornillo de 41 años de edad plantación 16.	57
Anexo 18. Cálculo de la dinámica de crecimiento de tornillo de 42 años de edad plantación 33.	58
Anexo 19. Cálculo de la dinámica de crecimiento de tornillo de 51 años de edad plantación 29.	59

Anexo 20. Cálculo de la dinámica de crecimiento de la plantación de Marupa 64-14 años.	59
Anexo 21. Cálculo de la dinámica de crecimiento de la plantación de Marupa 17–35 años.	60
Anexo 22. Cálculo de la dinámica de crecimiento de la plantación de Marupa 16-41 años.	61
Anexo 23. Cálculo de la dinámica de crecimiento de la plantación de Marupa 18-35 años.	62
Anexo 24. Cálculo de la dinámica de crecimiento de la plantación de Marupa 5-35 años.	63
Anexo 25. Cálculo de la dinámica de crecimiento de la plantación de Marupa 7-52 años.	63
Anexo 26. Galería fotográfica del trabajo de investigación	65

INDICE DE CUADROS

N°	Titulo	Pag
1	Biomasa aérea e Incremento anualizado de <i>C. cateniformis</i>	16
2	Biomasa aérea e Incremento anualizado de <i>Simarouba amara</i>	16
3	Análisis de normalidad de biomasa de <i>Cedrelinga cateniformis</i>	17
4	Análisis de normalidad de biomasa de <i>Simarouba amara</i>	17
5	Prueba de Kruskal-Wallis de la biomasa de <i>C. cateniformis</i>	18
6	Análisis de varianza de la biomasa en plantaciones de <i>S. amara</i>	18
7	Prueba de Tukey de la biomasa en plantaciones de <i>S. amara</i>	19
8	Carbono almacenado en plantaciones de <i>C. cateniformis</i>	20
9	Carbono almacenado en plantaciones de <i>Simarouba amara</i>	21
10	Prueba de Kruskal-Wallis del Carbono almacenado en <i>C. cateniformis</i>	21
11	Análisis de varianza del Carbono almacenado en <i>S. amara</i> .	22
12	Comparación del carbono mediante el método de Tukey	22
13	Dióxido de carbono en plantaciones de <i>C. cateniformis</i>	23
14	Dióxido de carbono en plantaciones de <i>S. amara</i>	24
15	Prueba de Kruskal-Wallis de dióxido de carbono <i>C. cateniformis</i>	24
16	Análisis de varianza de dióxido de carbono <i>S. amara</i>	24
17	Prueba de Kruskal-Wallis de dióxido de carbono en <i>S. amara</i>	25
18	Producción de oxígeno plantación <i>C. cateniformis</i> años	26
19	Incremento anualizado de <i>S. amara</i> de seis años	27
20	Prueba de Kruskal-Wallis de producción de Oxígeno en <i>C. cateniformis</i>	27
21	Biomasa aérea e Incremento anualizado de <i>C. cateniformis</i>	28
22	Prueba de Tukey producción de oxígeno en <i>S. amara</i> :	28

INDICE DE FIGURAS

N°	Título	Pág
1	Dinámica de la biomasa de <i>C. Cateniformis</i> y <i>S. amara</i>	28
2	Incremento de la biomasa en <i>C. cateniformis</i> .	29
3	Incremento de la biomasa en <i>S. amara</i>	29
4	Carbono almacenado en plantaciones <i>C. cateniformis</i> y <i>S. amara</i>	29
5	Incremento de carbono anualizado <i>C. cateniformis</i> en plantaciones	30
6	Incremento de carbono anualizado de <i>S. amara</i> en plantaciones	30
7	Secuestro de CO ₂ en plantaciones de <i>C. Cateniformis</i> y <i>S. amara</i>	30
8	Incremento de CO ₂ en plantaciones de <i>C. cateniformis</i>	31
9	Incremento de CO ₂ en plantaciones de <i>S. amara</i>	31
10	Oxígeno producido por <i>C. cedrelinga</i> y <i>S. amara</i> en plantaciones	31
11	Incremento de Oxígeno en <i>C. cedrelinga</i> en plantaciones	32
12	Incremento de Oxígeno en <i>S. amara</i> en plantaciones	32

RESUMEN

El estudio se realizó en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” y *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” de diferentes edades ubicadas en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal-Puerto Almendra de la Facultad de Ciencias Forestales-UNAP, Iquitos-Perú, con el objetivo de cuantificar la dinámica de crecimiento de la biomasa y su aporte en servicios ambientales de especies forestales comerciales en plantaciones de Puerto Almendra, Se registraron datos de los árboles presentes en cada plantación y se calcularon el crecimiento de biomasa aérea y aporte en servicios ambientales de especies forestales se ha cuantificado el carbono almacenado, secuestro de carbono y la producción de oxígeno. Se reporta que en la plantación de *C. cateniformis* encontró mayor dinamismo de biomasa aérea en la plantación de 41 años y 51 años de instalado con promedio de 1036,95 Kg/árbol y 1293,29 Kg/árbol con incremento de 25,29 Kg/árbol años y 25,36 kg/árbol/año; esto demuestra que las edades de mayor producción están entre 41 años -51 años, mientras que en *S. amara*, la mayor producción de biomasa aérea fue determinado en la plantación de 25 años con 184 Kg/árbol y un incremento de 7,39 Kg/árbol/año. De igual manera en el almacenamiento de carbono, secuestro de CO₂ y O₂ es mayor en las mismas edades anteriormente descritos y sus análisis de varianza para ambas especies es significativo, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante planteada.

Palabras claves: Dinámica, servicios ambientales, crecimiento, edades, plantación

ABSTRACT

The study was carried out in the plantations of *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” and *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” of different ages located in the Forest Research and Teaching Center-Puerto Almendra of the Faculty of Forestry Sciences-UNAP, Iquitos -Peru, with the objective of quantifying the dynamics of biomass growth and its contribution to environmental services of commercial forest species in Puerto Almendra plantations, data on the trees present in each plantation were recorded and the growth of aerial biomass and contribution to environmental services of forest species, stored carbon, carbon sequestration and oxygen production have been quantified. It is reported that in the *C. cateniformis* plantation, greater dynamism of aerial biomass was found in the plantation of 41 years and 51 years of installation with an average of 1036.95 Kg/tree and 1293.29 Kg/tree with an increase of 25.29 Kg /tree years and 25.36 kg/tree/year; This shows that the ages of greatest production are between 41 years -51 years, while in *S. amara*, the greatest production of aerial biomass was determined in the 25-year-old plantation with 184 Kg/tree and an increase of 7.39 Kg /tree/year. Similarly, in carbon storage, sequestration of CO₂ and O₂ is greater at the same ages previously described and their analysis of variance for both species is significant, therefore, the alternative hypothesis proposed is accepted.

Keywords: Dynamics, environmental services, growth, ages, plantation.

INTRODUCCIÓN

La continua elevación de los niveles de toxicidad del CO₂ en la atmósfera constituye uno de los principales contribuyentes al agravamiento de la variación climática. Este fenómeno ha generado un amplio debate sobre las estrategias para reducir la exposición de CO₂ y equilibrar tanto las actuales como las futuras emisiones, destacando la relevancia de métodos naturales como el crecimiento de árboles en bosques y el establecimiento de plantaciones artificiales para la absorción y fijación del carbono atmosférico (Parlamento Europeo 2023, p.1 y Borrero, 2021, p.3). En la década del año 2010-2020 especialmente el año 2016, las exposiciones de este tipo de gases que afectan el cambio climático en el Perú alcanzaron la preocupante cifra de 205,294.17 Gg CO₂ eq (INGE, 2021, p. 17-18).

En este contexto, la vegetación arbórea emerge como un actor clave al ofrecer beneficios significativos que impactan positivamente en la calidad ambiental y la salud, comúnmente denominados servicios ambientales. Sin embargo, la falta de conocimiento acerca de los servicios ecosistémicos que proporciona la vegetación arbórea limita la capacidad de contrarrestar la contaminación ambiental en entornos urbanos (Nowak *et al.*, 2007, p.23; Céspedes, 2007, p. 15). Este vacío de información subraya la importancia de la presente investigación, que tiene como objetivo principal generar datos relevantes sobre el papel crucial del crecimiento de la biomasa de árboles en plantaciones, específicamente en Puerto Almendra, como generadores de servicios ambientales, destacando el secuestro de CO₂, produciendo O₂ y almacenando carbono.

Este proyecto reviste gran importancia y utilidad al enfocarse en dos especies de gran relevancia económica y ecológica: *Cedrelinga cateniformis*, conocida como “tornillo” y *Simarouba amara*, denominada “marupa”. El estudio de estas especies

no solo proporcionará información valiosa sobre su contribución al medio ambiente, sino que también permitirá desarrollar estrategias efectivas para la gestión sostenible de estos recursos forestales en Puerto Almendra.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

Se están degradando enormes áreas de selva tropical, lo que conduce a la disminución de la biodiversidad y a la alteración del clima global. Existe la firme voluntad de recuperar los bosques en América Latina, pero, están restringidos por la falta de financiamiento. Existen, las plantaciones con especies originarias que están emergiendo como un medio para reforestar vastas extensiones de tierra degradada o sin bosques, al mismo tiempo que se abastece a la industria forestal con productos sostenibles. (Barlow *et al.* 2016, Schweizer *et al.* 2018, Ugarte-Guerra y Roman-Dañobeytia, 2020, p. 45).

Se ha evaluado el Incremento Medio Anual (IMA) de cuatro especies nativas en cuatro regiones de la Amazonía Peruana, detectaron diferencias estadísticamente significativas en el IMA en altura y diámetro de las especies estudiadas en San Martín, Ucayali, Huánuco y Pasco. La diferencia significativa encontrada fue en *Guazuma crinita* y *Calycophyllum spruceanum*, especialmente Ucayali y San Martín, mientras, para *Calycophyllum spruceanum* la mayor variación fue en Ucayali y Huánuco. Sigue indicando Ugarte-Guerra y Roman-Dañobeytia, (2020, p. 53) que *Guazuma crinita*, *Calycophyllum spruceanum*, *Simarouba amara*, tiene un IMA en diámetro, en la región de Ucayali de 1,8 \pm 0,9 cm/año; 1,5 \pm 0,6 cm/año; y 2,2 \pm 0,5 cm/año; con turno de aprovechamiento de 14 años, 27 años y 18 años respectivamente. Respecto a *Cedrelinga cateniformis* en la región de Huánuco ha determinado un IMA en diámetro de 1,7 \pm 0,7 cm/año y turno de aprovechamiento de 29 años. (Ugarte-Guerra y Roman-Dañobeytia, (2020, p. 48-50).

Realizando investigación sobre la dinámica de crecimiento de especies establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, determinaron de las 11 especies plantadas en el 2005 presentan altas variaciones en Incremento Medio Anual incremento medio anual en diámetro 1,30 m; y 9 especies en el 2008 tienen mejores incrementos, lo que indica que las condiciones de sitio y la genética de la especie influyen en una mejor tasa de crecimiento. (Jaramillo y Cadena, 2012; Jerez *et al.*, (2012), Aguirre *et al.*, 2014; p. 71-72)

Cabudivo, (2017, p. 34), reportó que la producción de biomasa y de carbono fue en la clase diamétrica > 30-40 cm y > 40-50 cm con un total de 40,50 toneladas biomasa y 45,07 t de biomasa, con 20,27 tC y 22,52 tC. y el secuestro fue de >40-50 cm con un total de 82,31 tCO₂. y la más alta producción de O₂ fue en la clase diamétrica >40 cm- 50 cm, totalizando 60,07 tO₂, en especies arbóreas y especies de palmeras urbanos ubicados a lo largo de la Av. Abelardo Quiñones.

Domínguez (2016, p. 81) reportó que capturó 21,372 t. de CO₂, y encontró 68 especies; y solamente se concentran el 38% de los individuos en dos especies, *Ficus benjamina* y el *Eucalyptus globulus*, en 240 parques de Tijuana

Muñoz y Vásquez, (2020, p. 120) reportaron la captura de CO₂ en 11 418,88 toneladas, de los cuales 669,08 t/CO₂ capturaron las especies nativas y 10 709,8 t/CO₂. las especies exóticas, de esta manera, demostraron que las especies exóticas capturaron el 93,79% del total.

Maylle, (2017, p. 50) en su conclusión manifiesta que el CO₂ almacenado y fijado se ha demostrado que fue en el estrato arbóreo fustal con 1 373,20 kg. siendo el *Ficus* con mayor almacenamiento con 99450 kg/CO₂, seguido de Almendra con 35 697 kg/CO₂, cedro con 13 016 kg/CO₂, palmera africana con 12 356 kg/CO₂, tahuari 10 158 kg/CO₂ y lupuna con 6 629 kg/CO₂.

Según la FAO (2007), citado por Céspedes (2017, p. 22); La preservación de la complejidad biológica, la captura de carbono es para reducir el cambio climático global y otros servicios proporcionados por los bosques.

Mozombite, (2015, p. 37) en un aguajal, la clase diamétrica >45 cm -50 cm es la que produce mayor biomasa, mayor stock de carbono, mayor secuestro de CO₂ y mayor producción de O₂ con promedios de 2,37 toneladas de biomasa, 1,19 toneladas de carbono, 4,35 toneladas de dióxido de carbono, y 3,16 toneladas de Oxígeno.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Dinámica de bosques

Las principales características de la dinámica son la densidad del bosque, la población, crecimiento, mortalidad y la disminución de árboles más altos en el dosel superior. (Aquino 2010, p. 96; Prieto, 2000, p.7-36 y Martínez, 2015, p. 148).

El bosque húmedo es un sistema dinámico porque, existe el desplome de árboles produciendo abertura en el dosel superior, o por la explotación forestal, esto facilita el ingreso de luz y llega al suelo del bosque (Monge, 2012; p. 66).

1.2.2 Funciones y servicios ecosistémicos

Blum, *et al.* (2012, p.5). identifican algunas de las funciones y servicios ecosistémicos que realizan los árboles, como **de regulación**: del clima, hídrica, formación de suelo, retención de nutrientes y dilución de contaminantes y control biológico. **de soporte** de hábitats para la fauna silvestre. **de provisión** de alimentos, materia prima, agua, recursos genéticos.

1.2.3 Caracterización de los servicios ecosistémicos

El término "biomasa arbórea" se refiere al proceso por el cual la vegetación transforma mediante el proceso de fotosíntesis la energía solar en materia orgánica; en consecuencia, los cloroplastos capturan esta energía y transforman CO₂ y el agua del suelo y crean los carbohidratos. (Brown, 1997, p. 15; Quiceno y Tangarife, 2013, p. 34).

Hush, *et al.* 2003, p. 21 citado por Domínguez *et al.* 2009, p. 23) manifiestan que en una molécula de CO₂ existen dos átomos de oxígeno (con peso atómico 2 x 16 = 32) y un átomo de carbono, (con peso atómico de 12). Calculando el peso molecular de CO₂ es 44 (2 x 16 +12). Por lo tanto, se deduce que se necesitan $44/12= 3,667$ t/CO₂ para tener 1 t/C (Nowak, *et al.* 2007, p. 5).

Para la valoración de la biomasa arbórea, se utilizó la ecuación perfeccionada y avanzada por Chave *et al.*, (2005), citado por MINAM, (2015, p. 31); Honorio y Baker, (2010, p. 36) ecuación que se emplea para estimar directamente la biomasa aérea en bosques húmedos tropicales, tomando como parámetros el DAP, densidad básica y altura total bajo el modelo de $pD^2 H$, esta ecuación se usa para árboles con un DAP de 5 cm como mínimo. Con respecto a la densidad básica de la madera se tuvo en cuenta lo que indica (Flores, Coomes, 2011, p. 214-220) y (Cabudivo, 2018, p. 6 y 7).

El secuestro de carbono ocurre solo en su crecimiento del árbol. Los árboles secuestran el CO₂ atmosférico y elementos del suelo y del aire para transformarlos en madera. La cantidad de CO₂ que captura un árbol en un año es solo un pequeño aumento anual en la biomasa del árbol multiplicada por la biomasa del árbol. (Quiñónez, 2010, p. 48).

Peña (2023, p.49), manifiesta que producción de oxígeno está establecido en la expulsión de O₂ como resultado de la fotosíntesis menos el O₂ acabado durante la respiración de la planta. Por tal motivo, (Nowak, 2007 p. 220) indica que uno de los protocolos para determinar la producción de O₂ es a partir del carbono secuestrado basado en su peso atómico: $O_2 \text{ (neto)} = C_s * O_2/C$ Donde: O₂ (neto)= Producción de oxígeno, en kg; C_s=Carbono secuestrado, en kg; O₂=2*16 y C= 12. (Nautino y Ramírez, 2023, p. 103) y (Matías y Cortes 2019, p. 192).

1.3 Definición de términos básicos.

Carbono almacenado: “Cantidad absoluta de carbono actual en un contingente”. (Quiñónez, 2010, p. 13).

Captura de CO₂: consiste en utilizar un conjunto de técnicas que atrapan CO₂ del aire y lo almacenan, a cómo estaba antes de que se quemase. (BBVA, 2023)

Crecimiento del bosque:” son los cambios que ocurren en diámetro y altura en un período de tiempo” (Gauto 1997 citado por Baluarte 2011, p. 23).

Funciones ecosistémicas: “conjunto de procesos físicos, biológicos y geoquímicos que ocurren en un ecosistema y produciendo un servicio” (Blum, *et al.* 2012. p. 3)

Modelos de crecimiento forestal: “son predicciones del desarrollo de las masas forestales” (Baluarte 2011, p. 26)

Modelos de masa: “información sobre el crecimiento en conjunto de todos los árboles, permitiendo algunas modificaciones en sus variables debido a las alteraciones humanas. “(Gadow *et al.* 2001, citado por Baluarte 2011, p. 28, 29).

Optimización de árboles: “es mejorar la regularidad de crecimiento, además, se aumenta la captura de CO₂.”.(Quiñónez, 2010, 47 pág.).

CAPITULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES.

2.1 Formulación de la hipótesis

2.1.1 Hipótesis de la investigación

Ha: La dinámica de crecimiento y su aporte en servicios ambientales varía entre especies forestales en plantaciones de Puerto Almendra, Loreto-Perú, 2021.

Ho: La dinámica de crecimiento y su aporte en servicios ambientales no varía entre especies forestales en plantaciones de Puerto Almendra, Loreto-Perú, 2021.

2.2 Variables y definiciones operacionales.

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Medios de verificación
Plantaciones con especies forestales comerciales	Corresponden a bosques de árboles de la misma especie o combinaciones, efectuadas por el ser humano.	Cuantitativa	<ul style="list-style-type: none"> • Diámetro a la altura el pecho (cm) • Altura (m) 	Nominal	Lista de inventario de la población arbórea por plantación.
Aporte en servicios ambientales.	Son funciones de ecosistemas que generan muchos beneficios y bienestar para personas y comunidades.	Cuantitativa	<ul style="list-style-type: none"> • Kg/Biomasa aérea • Kg/Carbono • Kg/secuestro • Kg/producción de oxígeno 	Nominal	Tabla de rendimiento de servicios ambientales: <ul style="list-style-type: none"> • Biomasa aérea (Ba) • Captura de Carbono (C). • Secuestro de CO₂. • Producción de oxígeno (O²)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño

El presente trabajo es del tipo descriptivo y de nivel básico, el diseño metodológico del estudio es Cuantitativo. Se hizo una cuantificación de las variables de estudio para cuantificar la dinámica del crecimiento de las especies *Cedrelinga cateniformis* y *Simarouba amara* en plantaciones y su aporte en servicio ambiental en Puerto Almendra.

3.2 Diseño muestral

Población y muestra

La población estuvo conformada por todas las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* y *Simarouba amara* de las diferentes edades instaladas en El CIEFOR Puerto Almendra.

Las muestras seleccionadas fueron de las siguientes plantaciones:

Especie	N° de la Parcela	Edad de la plantación (años)
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	63	14
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	05	25
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	17	31
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	16	41
<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke	29	51
<i>Simarouba amara</i>	63	14
<i>Simarouba amara</i>	05	25
<i>Simarouba amara</i>	18	35
<i>Simarouba amara</i>	16	41
<i>Simarouba amara</i>	07	52

3.3 Procedimiento de recolección de datos

Se diseñó un formato para el inventario de campo con formato de toma de datos: N° de árbol, código de la especie, No. ind. por línea, nombre común y científico de la especie, DAP (cm), altura total (m), Georreferenciación.

3.3.1. Materiales y equipo

Materiales de campo

Libretas de campo, 03 sprite color rojo, cinta métrica de 30m, cinta diamétrica, formatos de campo, cámara fotográfica, GPS Garmin y brújula.

Materiales de gabinete

Materiales y papelería en general, equipos de cómputo.

La metodología que se empleó en cada fase se describe a continuación:

a. Fase de pre campo

Se planificó en gabinete y se elaboró las fichas de campo, también se realizó la recopilación de información secundaria referida a las áreas de plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* y *Simarouba amara* en el CIEFOR Puerto Almendra.

b. Fase de campo

Se utilizó el método con fórmulas alométricas para no destruir el bosque con lo cual se determinó la dinámica de crecimiento de biomasa aérea y su aporte de servicio ambiental.

c. Fase de gabinete

Se procesó la información en cuadro y tablas dinámicas de crecimiento de la biomasa y su aporte de servicio ambiental.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

3.4.1 Cálculo del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Para medir la circunferencia del árbol a la altura de la cintura se utilizó una cinta métrica graduada en cm. Y se calculó el DAP

$$DAP=c/\pi$$

Dónde:

DAP = Diámetro a la altura del pecho (1,30 m); **c** = Medida de la circunferencia en metros; **π** = 3,1416

- **Calculo de la altura total de árboles**

Se usó la fórmula del manual del clinómetro óptico Suunto, método aplicado por (Cabudivo, 2017, p. 17)

$$H = (Lc/10 \times d) + ho$$

Donde: H= Altura comercial del árbol (m); Lc = Lectura del clinómetro (%);
d = Distancia entre el operador y el árbol (m) y ho = Altura hasta el ojo del operador (m).

3.4.2 Crecimiento de la biomasa aérea de las plantaciones

Se determinó de acuerdo al incremento anual de la biomasa aérea por año de instalación de la plantación, siguiendo el método aplicado por (Espíritu, et al. 2015, p. 29-35)

$$ICp(t)= \frac{\text{Total biomasa aérea}}{N^{\circ} \text{ de árboles}} \\ \text{Edad de la plantación}$$

Donde:

ICp(t) Incremento de crecimiento de biomasa de plantación en toneladas.

3.4.3 Cálculo de la biomasa aérea

Se aplicó la ecuación alométrica desarrollada por Chave *et al.* (2005), citado por MINAM, 2015, p. 31 y Honorio y Baker, 2010, p. 36), considera el DAP, DB (g/cm^3) y altura total (m) bajo el modelo de pD^2H . Con respecto a la densidad básica de la madera se tuvo en cuenta lo que indica (Flores y Coomes, 2011, p. 214-220) y (Cabudivo, 2018, p. 6 y 7).

$$\mathbf{AGBest = p \times \exp (-2,977 + \ln (pD^2 H))}$$

Donde:

AGBest = Biomasa aérea (Above Ground Biomass), Kg; **p** = Densidad básica de la madera de una especie en particular (g/cm^3); **D** = Diámetro a la altura del pecho, cm; **H** = Altura total, m

El valor de la densidad básica de la madera de las especies registradas en el censo fue extraído de la base de datos de densidades realizado por Cabudivo (2011, p. 27, 28).

3.4.4 Cálculo del carbono almacenado (C)

Para estimar el carbono almacenado total se multiplicó la biomasa total (BT) por el factor 0,5 (Quiceno, *et al.* 2016, p. 185).

$$\mathbf{CBT = BT * 0.5}$$

Dónde:

CBT = Carbono almacenado (kg/ha)

BT = Biomasa total (kg/ha).

3.4.5 Cálculo del secuestro de Dióxido de carbono (CO₂)

Se aplicó la fórmula utilizada por Chambi *et al.*, (2001) y el IPCC (2003) ambos citados por Cabudivo 2017, p.19).

$$\mathbf{CO_2 = C_T \times K_r}$$

Dónde

CO₂= Dióxido de carbono secuestrado en kg;

C_T= Carbono total en Kg;

Kr= Factor de conversión a CO₂ (3,667)

3.4.6 Cálculo de la producción de oxígeno

Se realizó a partir del carbono secuestrado basado en su peso atómico (Nowak *et al.*, 2007, p. 220)

$$O_2 \text{ (kg/año)} = C \times O^2 / c$$

Dónde:

O₂= Producción de Oxígeno en Kg;

C= Carbono secuestrado en Kg;

O₂= 32 (Peso atómico del oxígeno 15,9994*2= 31,9988)

C= 12 (Peso atómico del carbono = 12,001115)

3.4.7 Análisis Estadístico

La evaluación del crecimiento de biomasa aérea de los árboles en plantaciones y su aporte en el servicio ambiental se realizó aplicando el programa BioEstat, para contrastar la hipótesis planteada. Se calculó la distribución de la población mediante el p(valor)= >0,05 la población inventariada tiene tendencia no paramétrica, se obtuvo con las plantaciones de *C. cateniformis* de diferentes edades; mientras el p(valor)= < 0.05 la población inventariada tiene tendencia paramétrica, se obtuvo con las plantaciones de *S. amara*. Por lo tanto, la Prueba de Kruskal-Wallis para *C. cateniformis*; y para *S. amara* la prueba estadística de ANVA a un nivel de significancia de α= 0,05; Prueba de Tukey a un nivel de significancia de α= 0,05.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Dinámica de la biomasa en plantaciones de Puerto Almendra

En los cuadros 1, 2 y las figura 1 y 2 se observa la dinámica de la biomasa por cada edad y plantación; para la plantación de *C. cateniformis* se tiene a las edades de 14 años, 25 años, 31 años, 41 años y 51 años. Para el caso de *S. amara* las edades son de 14 años, 25 años, 35 años, 41 años y 52 años.

En la plantación de *C. cateniformis* se ha observado que la edad de mayor incremento de biomasa es a los 41 años con 25,29 Kg/árbol/año; y que actualmente tiene una acumulación 1036,95 Kg/árbol. Mientras que en la plantación 29 de 51 años el incremento de biomasa se ha detenido en 25,36 Kg/ha/árbol, porque posiblemente está llegando a su clímax los árboles sumado a ello la extrema acidez del suelo.

Referente a la plantación de *S. amara* en el cuadro 2., la mayor producción de biomasa aéreo fue determinado en la plantación 5 con 25 años con 184 Kg/árbol y un incremento de 7,39 Kg/árbol/año. La menor producción encontrado fue en la plantación 7 de 52 años con 44,57 Kg/árbol y el incremento fue de 0,86 Kg/árbol/año.

Para realizar el análisis estadístico se ha calculado la distribución de la población los cuales se presentan en los cuadros 3 y 4, teniendo como resultados No paramétricos para la plantación *C. cateniformis*; paramétrico para la plantación de *S. amara*.

Cuadro 1. Biomasa aérea e Incremento anualizado de *C. cateniformis*

N° Plantación	Edad	Muestra	Biomasa (kg)	Biomasa (Kg/árbol)	Incremento (Kg/árbol/año)	Incremento anualizado
63	14	26	4635,22	178,28	12,73	
5	25	10	4668,94	466,89	18,68	5.95
17	31	9	2839,99	315,55	10,18	8.5
16	41	14	14517,31	1036,95	25,29	15.11
29	51	14	18106,07	1293,29	25,36	0.07

Cuadro 2. Biomasa aérea e Incremento anualizado de *Simarouba amara*

N° Plantación	Edad	Muestra	Biomasa (kg)	Biomasa (Kg/árbol)	Incremento (Kg/árbol/año)	Incremento anualizado
63	14	5	285,15	57,03	4,07	
5	25	5	924,29	184,86	7,39	3.32
18	35	12	875,42	72,95	2,08	5.31
16	41	13	2221,95	170,92	4,17	2.09
7	52	37	1649,07	44,57	0,86	3.31

Cuadro 3. Análisis de normalidad de biomasa de *Cedrelinga cateniformis*

Parámetros estadísticos	14 años	25 años	31 años	41 años	51 años
Tamaño de la muestra =	26	10	9	14	14
Media de biomasa	178.27	466.89	315.55	234.15	245.09
Desviación estándar biomasa	82.59	191.65	231.84	876.12	917.06
Prueba de normalidad Shapiro -Wilk					
Biomasa	0.675 > 0.05 Paramétrico	0.855 > 0.05 Paramétrico	0.00 < 0.05 No paramétrico	0.00 < 0.05 No paramétrico	0.00 < 0.05 No paramétrico

Tendencia es No paramétrica cuando son menores < 0.05 (Kruskall Walls)

Cuadro 4. . Análisis de normalidad de biomasa de *Simarouba amara*

Parámetros estadísticos	14 años	25 años	35 años	41 años	52 años
Tamaño de la muestra =	5	5	12	13	37
Media de biomasa	57.03	184.44	92.73	211.18	165.21
Desviación estándar biomasa	54.04	55.16	51.43	49.18	95.79
Prueba de normalidad Shapiro -Wilk					
Biomasa	0.088 > 0.05 Paramétrico	0.979 > 0.05 Paramétrico	0.020 < 0.05 No paramétrico	0.303 > 0.05 Paramétrico	0.014 < 0.05 No paramétrico

Tendencia es Paramétrica cuando son mayores > 0.05 (ANOVA)

En el cuadro 5 se presenta el análisis estadístico mediante la Prueba de Kruskall-Wallis de la biomasa de *C. cateniformis* donde se presenta la no significancia; sin

embargo, al compararse los tratamientos en las edades de entre 14 años-41 años, 14 años-51 años; y 31 años-41 años, presentan significancia.

En el cuadro 6 se presenta el análisis estadístico del análisis de varianza de *S. amara*, donde se presenta la no significancia de los tratamientos al $(p)=0,05$. Pero, al realizar las comparaciones de Tukey en el cuadro 7 existe significancia entre las edades de 14 años-41 años; 14 años-31 años, y, 31 años-41 años.

Cuadro 5. Prueba de Kruskal-Wallis de la biomasa de *C. cateniformis*

H	=	66,6414	---	---	
Grados de libertad	=	4	---	---	
(p) Kruskal-Wallis	=	0,0000	---	---	
Comparaciones (método de Dunn)		Dif. Rangos	z calculado	z crítico	p
Rangos medios	1 y 2	22,5154	2,4806	2,935	ns
Rangos medios	1 y 3	11,5043	1,2195	2,935	ns
Rangos medios	1 y 4	44,7582	5,5352	2,935	< 0,05
Rangos medios	1 y 5	55,9011	6,9133	2,935	< 0,05
Rangos medios	2 y 3	11,0111	0,9825	2,935	ns
Rangos medios	2 y 4	22,2429	2,2024	2,935	ns
Rangos medios	2 y 5	18,9182	1,7750	2,935	ns
Rangos medios	3 y 4	33,2540	3,1908	2,935	< 0,05 si
Rangos medios	3 y 5	29,9293	2,7299	2,935	ns
Rangos medios	4 y 5	11,1429	1,2086	2,935	ns

Cuadro 6. Análisis de varianza de la biomasa en plantaciones de *S. amara*

F. V.	GL	SQ	QM	F	(p)	Sig.
Tratamientos	4	151,98 e+03	37994,334	6,2564	0,0004	Significativo.
Error	67	406,89 e+03	6072,931			

Cuadro 7. Prueba de Tukey de la biomasa en plantaciones de *S. amara*

Tukey:	Dif. Medias	Q	(p)	Significancia
Medias (1 y 2) =	135,4980	3,8879	> 0,05	N. S
Medias (1 y 3) =	43,7935	1,4931	> 0,05	N. S
Medias (1 y 4) =	162,2345	5,5947	< 0,01	Sig
Medias (1 y 5) =	116,2736	4,4285	< 0,05	Sig.
Medias (2 y 3) =	91,7045	3,1265	> 0,05	N. S
Medias (2 y 4) =	26,7365	0,9220	> 0,05	N. S
Medias (2 y 5) =	19,2244	0,7322	> 0,05	N. S
Medias (3 y 4) =	118,4410	5,3692	< 0,01	Sig.
Medias (3 y 5) =	72,4801	3,9594	> 0,05	N. S
Medias (4 y 5) =	45,9609	2,5870	> 0,05	N. S

4.2 Carbono almacenado en especies forestales comerciales en plantaciones de Puerto Almendra

En los cuadros 8, 9 y en las figuras 4, 5 y 6 se observa el carbono almacenado en plantaciones de *C. cateniformes* de 14 años, 25 años, 31 años, 41 años y 51 años y *S. amara* con 14 años, 25 años, 35 años, 41 años y 52 años.

En las plantaciones de *C. cateniformis* la edad de mayor almacenamiento fue a la edad de 41 años con 518,48 Kg/árbol con 12,65 Kg/árbol/año. El menor almacenamiento de carbono fue en la plantación 17 de 31 años con 157,78 Kg/árbol con 5,09 Kg/árbol/año.

Referente a las plantaciones de *S. amara* el mayor carbono almacenado en la plantación 5 de 25 años con 92,43 Kg/árbol con incremento de 3,70 Kg/árbol/año; y el menor carbono almacenado fue en la plantación 18 de 35 años con 36,48 Kg/árbol con incremento de 1,04 Kg/árbol/año y en la

plantación 7 de 52 años con 22,28 Kg/árbol e incremento de 0,43 Kg/árbol/año porque posiblemente está llegando al clímax del crecimiento en este tipo de suelo extremadamente ácido.

En el cuadro 10 estadísticamente es significativo mediante la Prueba de Kruskal-Wallis para *C. cateniformis*; comparando los tratamientos es significativo para $(p)=0,05$ 14 años-41 años; 14 años-51 años; 25 años-51 años; 31 años-41 años; 31 años- 51 años. Mientras en el cuadro 11 se presenta el ANVA de *S. amara*, también es no significativo, comparando con la Prueba de Tukey cuadro 12, 14 años con 25 años y 35 años es significativo, también es significativo la plantación de 25 años con 41 años y 52 años.

Cuadro 8 Carbono almacenado en plantaciones de *C. cateniformis*

N° Plantación	Edad	Muestra	Carbono (kg)	Carbono (Kg/árbol)	Incremento (Kg/árbol/año)	Incremento anualizado
63	14	26	2317,61	89,14	6,37	
5	25	10	2334,47	233,45	9,34	2,97
17	31	9	1420,00	157,78	5,09	4,25
16	41	14	7258,65	518,48	12,65	7,56
29	51	14	9053,03	646,65	12,68	0,03

Cuadro 9. Carbono almacenado en plantaciones de *Simarouba amara*

N° Plantación	Edad	Muestra	Carbono (kg)	Carbono (Kg/árbol)	Incremento (Kg/árbol/año)	Incremento anualizado
63	14	5	142,58	28,52	2,04	
5	25	5	462,15	92,43	3,70	1.66
18	35	12	437,71	36,48	1,04	2.66
16	41	13	1110,97	85,46	2,08	1.04
7	52	37	824,53	22,28	0,43	1.65

Cuadro 10. Prueba de Kruskal-Wallis del Carbono almacenado en *C. cateniformis*

H = 58,7550 --- ---

Grados de libertad = 4 --- ---

(p) Kruskal-Wallis = 0,0000 --- ---

Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	p
Rangos medios 1 y 2	20,8923	2,6463	2,807	ns
Rangos medios 1 y 3	10,9145	1,3301	2,807	ns
Rangos medios 1 y 4	38,5495	5,4809	2,807	< 0,05
Rangos medios 1 y 5	47,4066	6,7402	2,807	< 0,05
Rangos medios 2 y 3	9,9778	1,0235	2,807	ns
Rangos medios 2 y 4	17,6571	2,0100	2,807	ns
Rangos medios 2 y 5	26,5143	3,0182	2,807	< 0,05
Rangos medios 3 y 4	27,6349	3,0485	2,807	< 0,05
Rangos medios 3 y 5	36,4921	4,0256	2,807	< 0,05
Rangos medios 4 y 5	8,8571	1,1045	2,807	ns

Cuadro 11. Análisis de varianza del Carbono almacenado en *S. amara*.

F. V.	GL	SQ	QM	F	(p)	Sig.
Tratamientos	4	37997,192	9499,298	6,2564	0,0004	Sig.
Error	67	101,73 e+03	1518,301			

Cuadro 12. Comparación del carbono mediante el método de Tukey

Tukey:	Dif. Medias	Q	(p)
Medias (1 y 2) =	67,7520	3,8880	> 0,05 NS
Medias (1 y 3) =	21,8975	1,4931	> 0,05 NS
Medias (1 y 4) =	81,1200	5,5948	< 0,01 sig
Medias (1 y 5) =	58,1392	4,4286	< 0,05 sig
Medias (2 y 3) =	45,8545	3,1266	> 0,05 NS
Medias (2 y 4) =	13,3680	0,9220	> 0,05 NS
Medias (2 y 5) =	9,6128	0,7322	> 0,05 NS
Medias (3 y 4) =	59,2225	5,3693	< 0,01 sig
Medias (3 y 5) =	36,2417	3,9595	> 0,05 Ns
Medias (4 y 5) =	22,9808	2,5870	> 0,05 NS

4.3 Secuestro de Dióxido de carbono (CO₂) en especies forestales comerciales en plantaciones de Puerto Almendra

En el cuadro 13 y las figuras 7 y 8 se observa el dióxido de carbono secuestrado en plantaciones de *C. cateniformes* de 14 años, 25 años, 31 años, 41 años y 51 años. El mayor secuestro de CO₂ fue en la plantación 16 de 41 años con 1901,25 Kg/árbol con incremento de 46,37 Kg/árbol/año. El menor secuestro de CO₂ fue en la plantación 17 de 31 años con 578,57 Kg/árbol con incremento de 18,66 Kg/árbol/año.

En el cuadro 14 y la figura 9 referente a las plantaciones de *S. amara* el mayor CO₂ secuestrado en la plantación 5 de 25 años con 338,94 Kg/árbol e incremento de 13,56 Kg/árbol/año; y el menor CO₂ secuestrado fue en la plantación 18 de 35 años con 133,76 Kg/árbol e incremento de 3,82 Kg/árbol/año, seguido de la plantación 7 con 52 años con 81,72 Kg/árbol e incremento de 1,57 Kg/árbol/año, porque está llegando al clímax del crecimiento de la plantación en biomasa este tipo de suelo extremadamente ácido.

En el cuadro 15 estadísticamente es significativo mediante la Prueba de Kruskal-Wallis para *C. cateniformis*; comparando los tratamientos es significativo para (p)=0,05 14 años-25 años; 14 años-41 años; 14 años-51 años; 31 años-41 años; 31 años- 51 años. Mientras en el cuadro 16 se presenta el ANVA de *S. amara*, también es no significativo, comparando con la Prueba de Tukey cuadro 17, 14 años con 41 años y 52 años es significativo, también es significativo la plantación de 25 años con 41 años.

Cuadro 13. Dióxido de carbono en plantaciones de *C. cateniformis*

N° Plantación	Edad (años)	Muestra	CO ₂ (kg)	CO ₂ (Kg/árbol)	Incremento (Kg/árbol/año)	Incremento anualizado
63	14	26	8498,68	326,87	23,35	
5	25	10	8560,51	856,05	34,24	10,89
17	31	9	5207,12	578,57	18,66	15,58
16	41	14	26617,48	1901,25	46,37	27,71
29	51	14	33197,48	2371,25	46,50	0,13

Cuadro 14. Dióxido de carbono en plantaciones de *S. amara*

N° Plantación	Edad	Muestra	CO ₂ (kg)	CO ₂ (Kg/árbol)	Incremento (Kg/árbol/año)	Incremento anualizado
63	14	5	522,83	104,57	7,47	
5	25	5	1694,69	338,94	13,56	6.09
18	35	12	1605,09	133,76	3,82	9.74
16	41	13	4073,94	313,38	7,64	3.82
7	52	37	3023,57	81,72	1,57	6.07

Cuadro 15. Prueba de Kruskal-Wallis de dióxido de carbono *C. cateniformis*

H =	65,2117	---	---
Grados de libertad =	4	---	---
(p) Kruskal-Wallis =	0,0000	---	---

Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	p
Rangos medios 1 y 2	25,7973	2,9673	2,807	< 0,05
Rangos medios 1 y 3	14,2973	1,5770	2,807	ns
Rangos medios 1 y 4	44,1544	5,7689	2,807	< 0,05
Rangos medios 1 y 5	53,0116	6,9262	2,807	< 0,05
Rangos medios 2 y 3	11,5000	1,0261	2,807	ns
Rangos medios 2 y 4	18,3571	1,8176	2,807	ns
Rangos medios 2 y 5	27,2143	2,6946	2,807	ns
Rangos medios 3 y 4	29,8571	2,8649	2,807	< 0,05
Rangos medios 3 y 5	38,7143	3,7148	2,807	< 0,05
Rangos medios 4 y 5	8,8571	0,9607	2,807	ns

Cuadro 16. Análisis de varianza de dióxido de carbono *S. amara*

F. V.	GL	SQ	QM	F	(p)	Sig.
Tratamientos	4	510,92 e+03	127,73 e+03	6,2564	0,0004	No Sig.
Error	67	136,79 e+04	20415,887			

Cuadro 17. Prueba de Kruskal Wallis de dióxido de carbono en *S. amara*

Tukey:	Dif. Medias	Q	(p)	Significancia
Medias (1 y 2) =	248,4360	3,8879	> 0,05	N. S
Medias (1 y 3) =	80,2965	1,4931	> 0,05	N. S
Medias (1 y 4) =	297,4609	5,5948	< 0,01	Sig
Medias (1 y 5) =	213,1902	4,4285	< 0,05	Sig
Medias (2 y 3) =	168,1395	3,1265	> 0,05	N. S
Medias (2 y 4) =	49,0249	0,9221	> 0,05	N. S
Medias (2 y 5) =	35,2458	0,7321	> 0,05	N. S
Medias (3 y 4) =	217,1644	5,3692	< 0,01	Sig
Medias (3 y 5) =	132,8937	3,9594	> 0,05	N. S
Medias (4 y 5) =	84,2707	2,5870	> 0,05	N. S

4.4 Producción de Oxígeno en especies forestales comerciales en plantaciones de Puerto Almendra

En el cuadro 18 y las figuras 10 y 11 se presenta la producción de oxígeno en plantaciones de *C. cateniformes* de 14 años, 25 años, 31 años, 41 años y 51 años. El mayor secuestro de O² fue en la plantación 16 de 41 años con 1382,77 Kg/árbol con 33,73 Kg/árbol/año con un incremento de 20,16 Kg durante 10 años. La menor producción de O² fue en la plantación 17 de 31 años con 420,79 Kg/árbol con 13,57 Kg/árbol/año y con -11,33 Kg. causado por una menor biomasa.

En el cuadro 19 y la figura 12 referente a las plantaciones de *S. amara* la mayor producción de O² está en la plantación 5 con 25 años con 246,51 Kg/árbol y 9,86 Kg/árbol/año y un incremento anualizado de 4,43 Kg en 9 años; y la menor producción de O² fue en la plantación 18 de 35 años con 97,28 Kg/árbol y 2,78 Kg/árbol/año y un incremento de negativo de -7,08 Kg,

seguido de la plantación 7 con 52 años con 59,43 Kg/árbol y 1,14 Kg/árbol/año con un incremento negativo de -4,46 Kg, porque está llegando al clímax del crecimiento de la plantación en biomasa este tipo de suelo extremadamente ácido.

En el cuadro 20 estadísticamente es significativo mediante la Prueba de Kruskal-Wallis para *C. cateniformis*; comparando los tratamientos es significativo para (p)=0,05 14 años-41 años; 14 años-51 años; 31 años-41 años; 31 años- 51 años. Mientras en el cuadro 21 se presenta el ANVA de *S. amara*, también es significativo, comparando con la Prueba de Tukey cuadro 22, 14 años con 41 años y 52 años es significativo, también es significativo la plantación de 31 años con 41 años.

Cuadro 18. Producción de Oxígeno en plantaciones de *C. cateniformis*

N° Plantación	Edad	Muestra	O ² (kg)	O ² (Kg/árbol)	Incremento (Kg/árbol/año)	Incremento anualizado
63	14	26	6181,07	237,73	16,98	
5	25	10	6226,04	622,60	24,90	7,92
17	31	9	3787,13	420,79	13,57	11,33
16	41	14	19358,83	1382,77	33,73	20,16
29	51	14	24144,44	1724,60	33,82	0,09

Cuadro 19. Incremento anualizado de Oxígeno de *Simarouba amara*

N° Plantación	Edad	Muestra	O ² (kg)	O ² (Kg/árbol)	Incremento (Kg/árbol/año)	Incremento anualizado
63	14	5	380,25	76,05	5,43	
5	25	5	1232,54	246,51	9,86	4,43
18	35	12	1167,38	97,28	2,78	7,08
16	41	13	2962,97	227,92	5,56	2,78
7	52	37	2199,03	59,43	1,14	4,46

Cuadro 20. Prueba de Kruskal-Wallis de producción de Oxígeno en *C. cateniformis*

H = 63,6053

Grados de libertad = 4

(p) Kruskal-Wallis = 0,0000 Significativo

Comparaciones (método de Dunn)	Dif. Rangos	z calculado	z crítico	ρ
Rangos medios 1 y 2	24,1216	2,7746	2,807	ns
Rangos medios 1 y 3	12,0661	1,3309	2,807	ns
Rangos medios 1 y 4	43,4073	5,6713	2,807	< 0,05
Rangos medios 1 y 5	52,3359	6,8379	2,807	< 0,05
Rangos medios 2 y 3	12,0556	1,0757	2,807	ns
Rangos medios 2 y 4	19,2857	1,9096	2,807	ns
Rangos medios 2 y 5	28,2143	2,7936	2,807	ns
Rangos medios 3 y 4	31,3413	3,0073	2,807	< 0,05
Rangos medios 3 y 5	40,2698	3,8641	2,807	< 0,05
Rangos medios 4 y 5	8,9286	0,9684	2,807	ns

Cuadro 21. Análisis de varianza de la producción de oxígeno en *S. amara*

F. V.	GL	SQ	QM	F	(p)	Sig.
Tratamientos	4	270,26 e+03	67564,067	6,2564	0,0004	Sig.
Error	67	723,55 e+03	10799,214			

Cuadro 22. Prueba de Tukey producción de oxígeno en *S. amara*

Tukey:	Dif. Medias	Q	(p)	Significancia
Medias (1 y 2) =	180,6880	3,8879	> 0,05	N. S
Medias (1 y 3) =	58,4002	1,4931	> 0,05	N. S
Medias (1 y 4) =	216,3429	5,5948	< 0,01	Sig
Medias (1 y 5) =	155,0536	4,4286	< 0,05	Sig
Medias (2 y 3) =	122,2878	3,1265	> 0,05	N. S
Medias (2 y 4) =	35,6549	0,9221	> 0,05	N. S
Medias (2 y 5) =	25,6344	0,7322	> 0,05	N. S
Medias (3 y 4) =	157,9428	5,3692	< 0,01	Sig
Medias (3 y 5) =	96,6534	3,9594	> 0,05	N. S
Medias (4 y 5) =	61,2894	2,5870	> 0,05	N. S

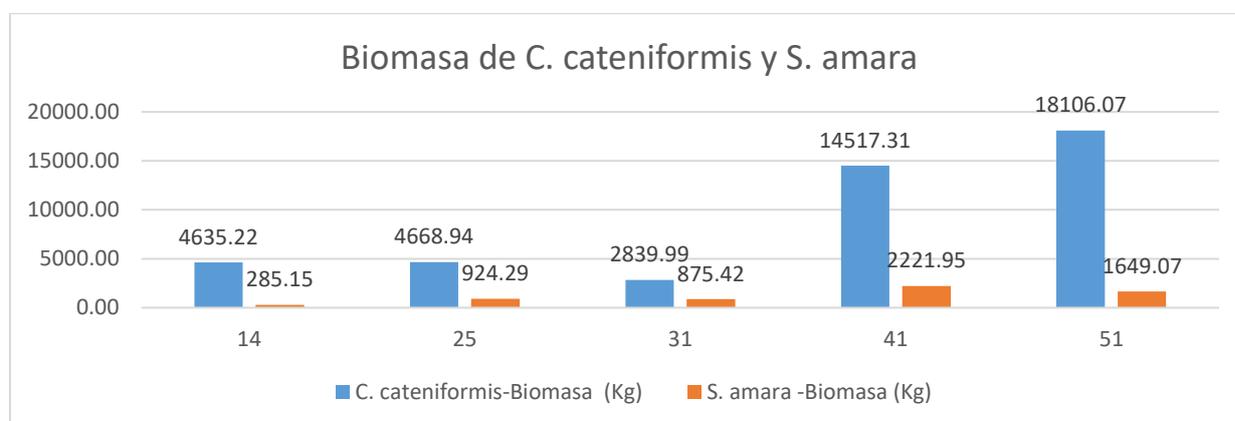


Figura 1. Dinámica de la biomasa de *C. Cateniformis* y *S. amara*

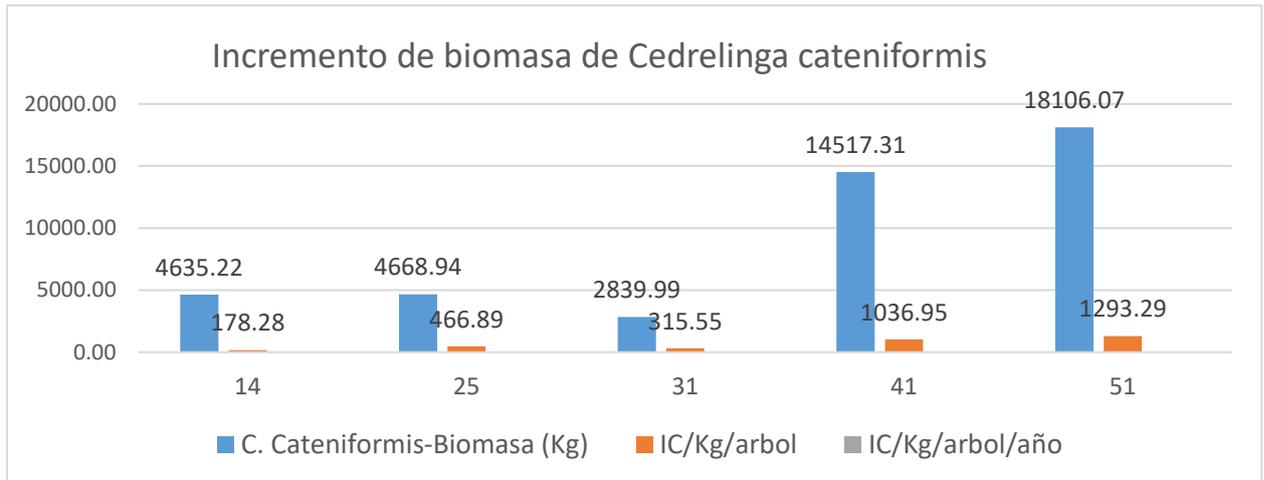


Figura 2. Incremento de la biomasa en *C. cateniformis*

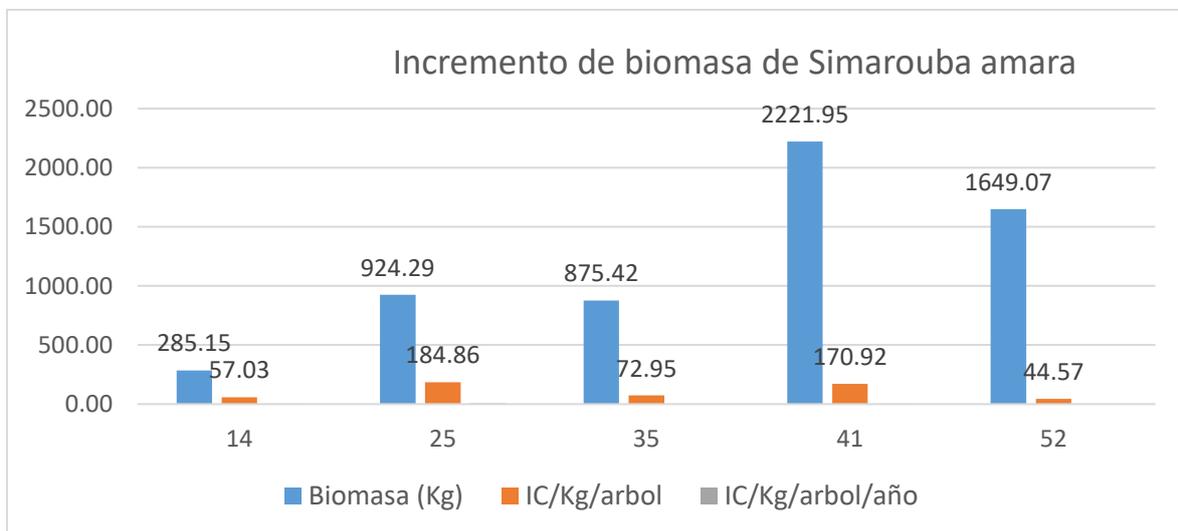


Figura 3. Incremento de la biomasa en *S. amara*

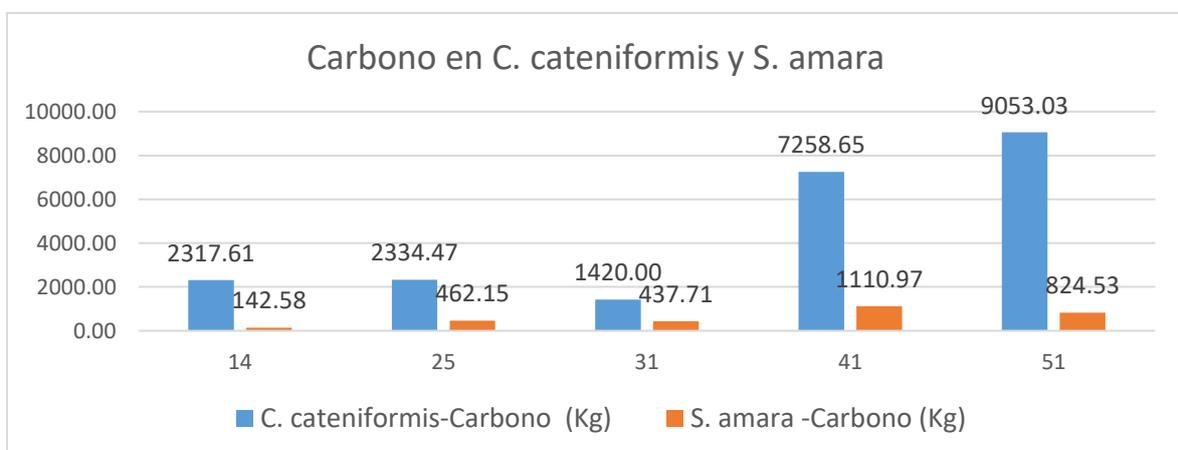


Figura 4. Carbono almacenado en plantaciones de *C. cateniformis* y *S. amara*

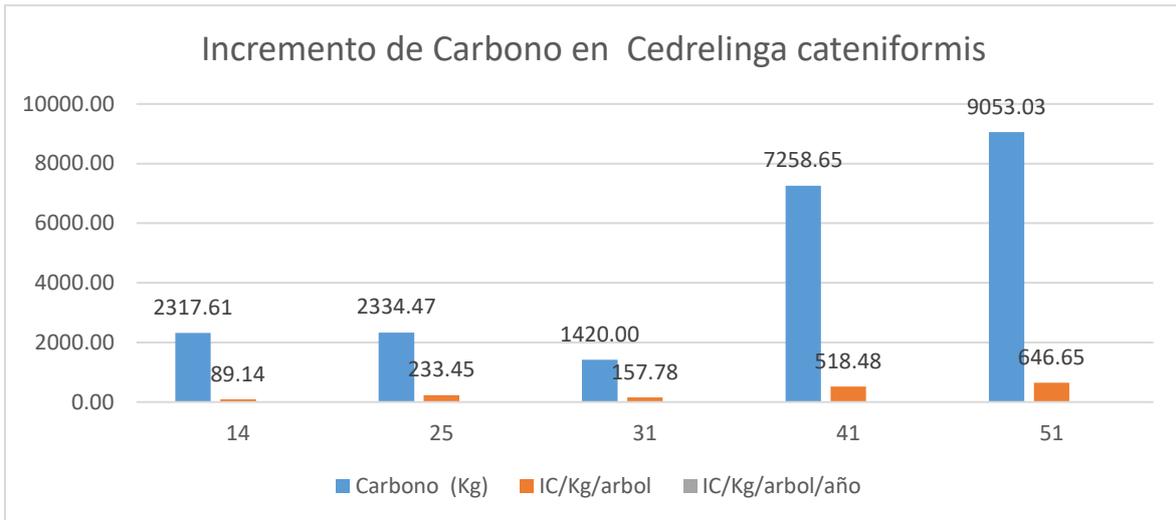


Figura 5. Incremento de carbono anualizado de *C. cateniformis* en plantaciones

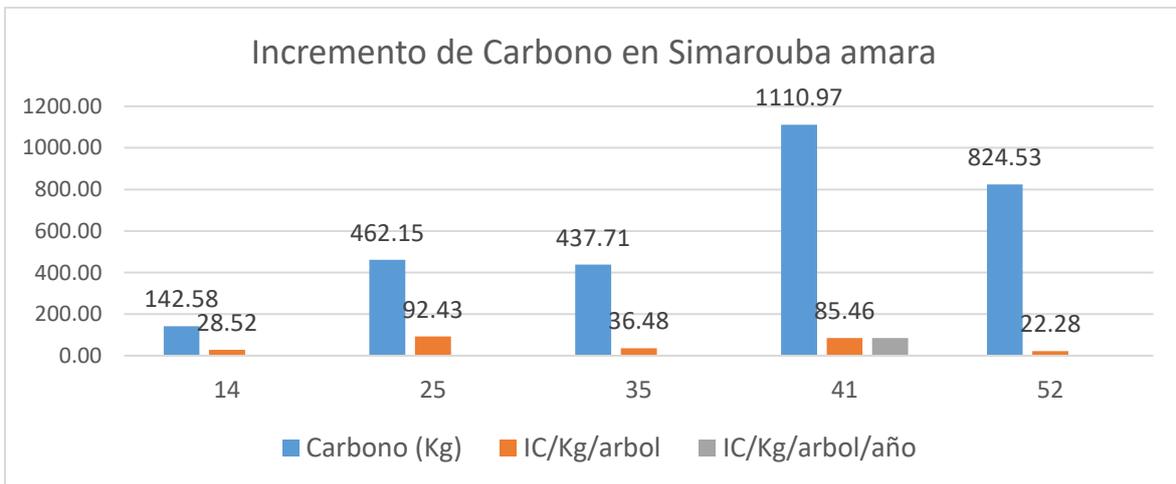


Figura 6. Incremento de carbono anualizado de *S. amara* en plantaciones

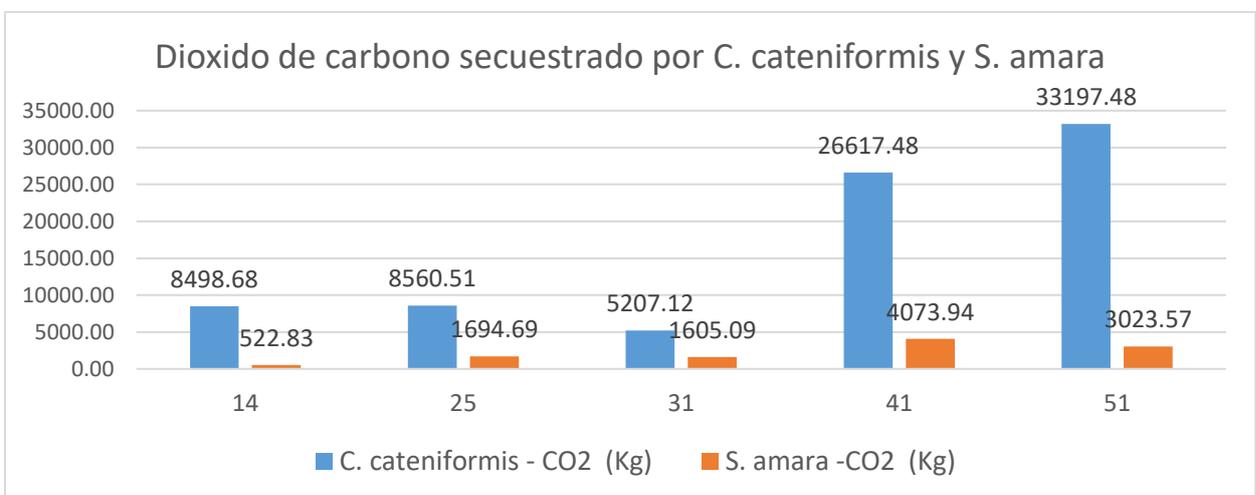


Figura 7. Secuestro de CO₂ en plantaciones de *C. Cateniformis* y *S. amara*

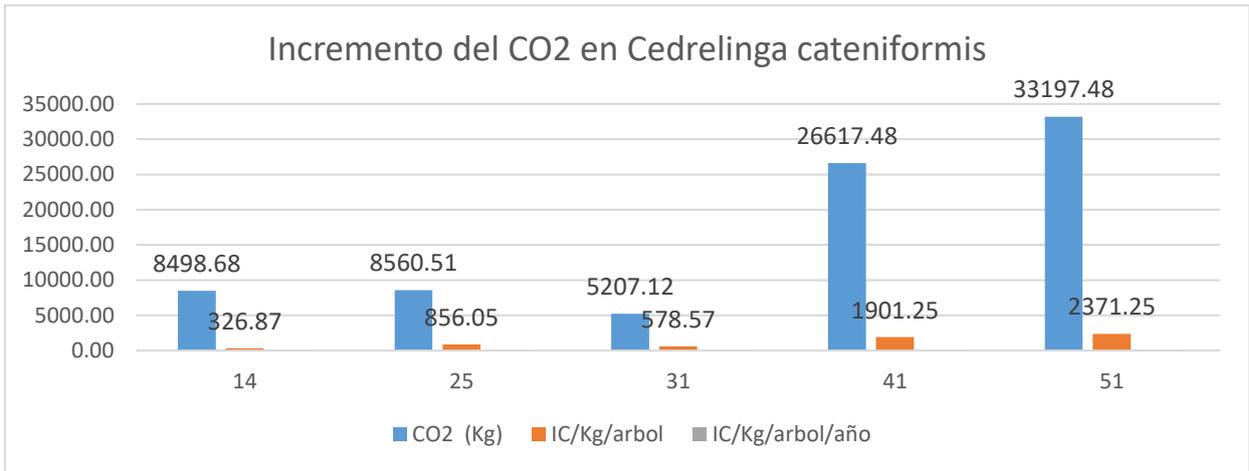


Figura 8. Incremento de CO₂ en plantaciones de *C. cateniformis*

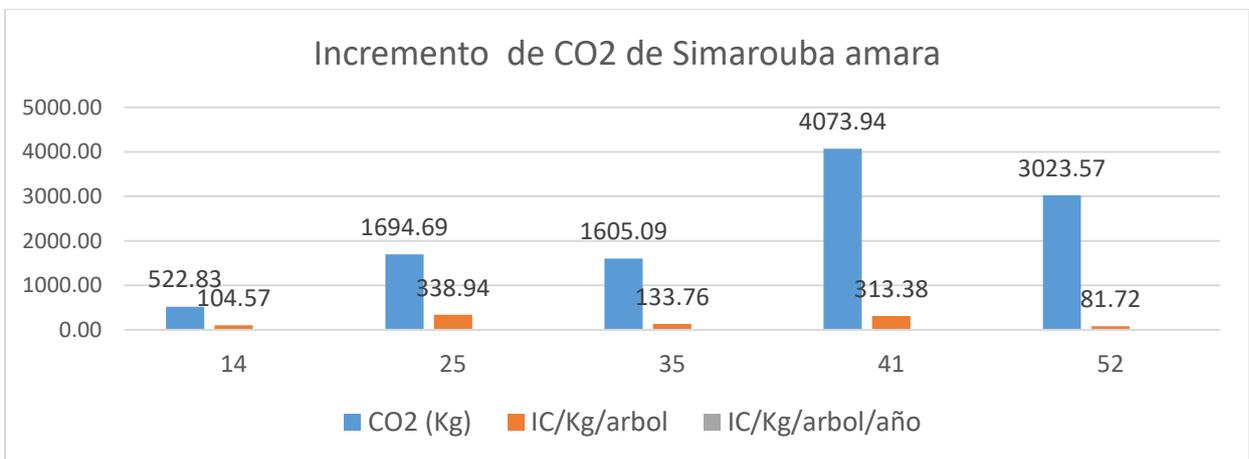


Figura 9. Incremento de CO₂ en plantaciones de *S. amara*

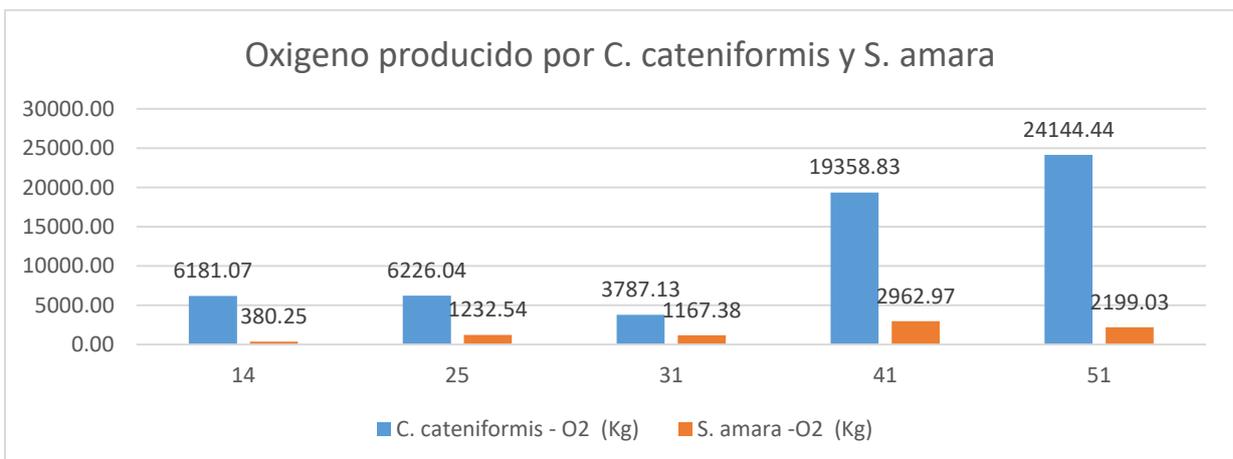


Figura 10. Oxigeno producido por *C. cateniformis* y *S. amara* en plantaciones

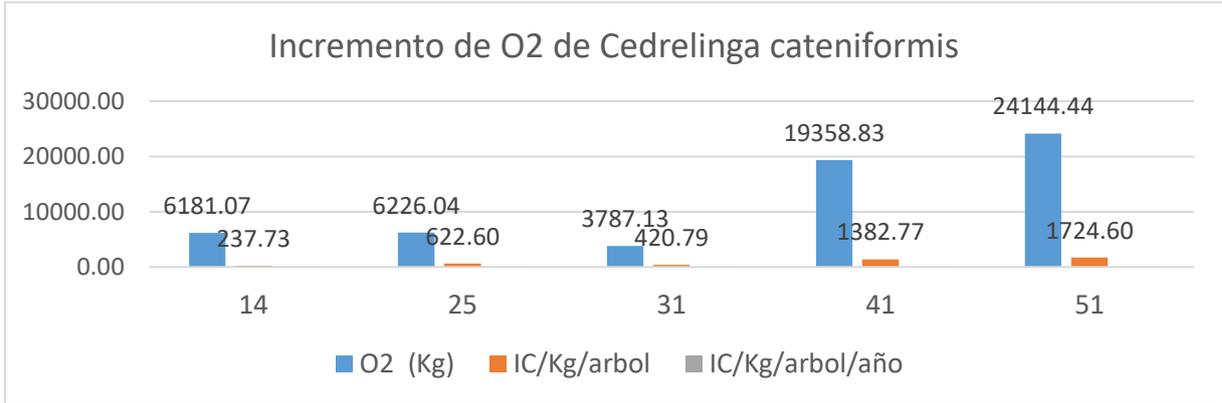


Figura 11. Incremento de Oxígeno en *C. cateniformis* en plantaciones

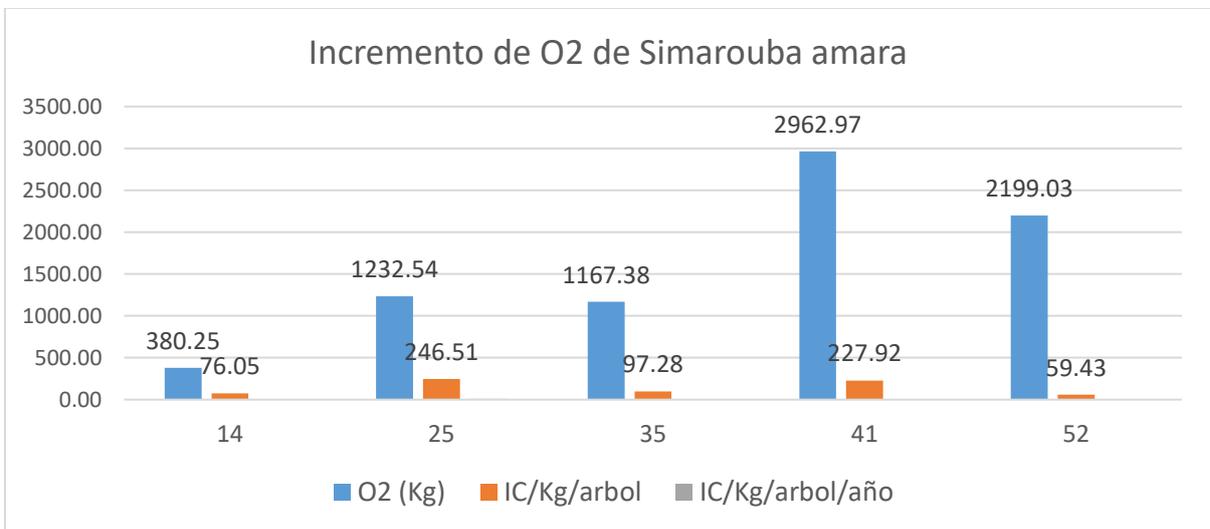


Figura 12. Incremento de Oxígeno por *S. amara* en plantaciones

CAPITULO V. DISCUSIÓN

La dinámica productiva de la biomasa aérea de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis*, de diferentes edades, se encontró mayor dinamismo de biomasa aérea en la plantación de 41 años y 51 años de instalado con promedio de 1036,95 Kg/árbol y 1293,29 Kg/árbol con incremento de 25,29 Kg/árbol años y 25,36 kg/árbol/año; esto demuestra que las edades de mayor producción están entre 41 años -51 años, confirma lo encontrado por Del Águila (2014, p. 17) realizando trabajos en *C. cateniformis* de tres edades diferentes: 27 años, 35 años y 43 años en Puerto Almendra encontrando que el máximo rendimiento de biomasa y carbono almacenado en 43 años, obteniendo que la existencia significancia mediante la prueba de Kruskal-Wallis para la biomasa.

Los resultados obtenidos son confirmados por (Gavino 2012 citado por Del Águila 2014, p. 23, 24) donde ellos mencionan que el sitio de establecimiento de la plantación, la edad y factores ambientales, son los que influyen en la cantidad de carbono almacenado.

Por otro lado (Vega y Martiarena 2010 citado por Del Águila 2014, p. 24), quienes afirman a mayor edad, mayor almacenamiento de carbono tendrán las plantaciones forestales por lo que se constituye una alternativa mantenerlo en pie para que puedan seguir realizando actividades de fotosíntesis y por lo tanto, servicio ambiental por su gran potencial para el secuestro de carbono.

Con mayor producción promedio de biomasa arbórea de *S. amara* fue la plantación de 25 años con 184,86 Kg/árbol con incremento de 7,39 Kg/árbol/año con respecto a las plantaciones de mayor edad como de 35 años (72,95 Kg/árbol) y 41 años (170,92 Kg/árbol); estos resultados se han obtenidos posiblemente porque el suelo de la plantación de 25 años tiene mayor pH (4,51) y mayor distanciamiento de

sembrío de planta a planta (10 m x 10 m) por lo tanto, existe menos competencia por nutrientes (Guerra, 2013, p. 35); además, es una plantación de enriquecimiento de un bosque natural; lo que no ocurre con las plantaciones de 35 años (pH 3,76) y de 44 años (pH 3,63) y el sembrío fue de 5m x 5m de planta a planta y de faja a faja como lo manifiesta (Cabudivo 2005 citado por Guerra, 2013, p. 35). La cantidad de carbono almacenado y dióxido de carbono secuestrado en las plantaciones, están influenciados por la edad de la plantación, la relación entre la altura y los diámetros de los árboles como lo menciona Gómez *et al.*, (2000 citado por Guerra, 2013. P. 34); en un estudio realizado en los sitios quinta Buenos Aires, Estelí y Aurora, Nueva Segovia, encontraron que los árboles con mayor altura y diámetro van a secuestrar mayor Dióxido de Carbono en su biomasa aérea, en comparación con los de menor altura y diámetro. Además, Guerra (2013, p. 36) manifiesta que para la *Simarouba amara* la mayor producción de biomasa de la plantación de 25 años estaría influenciado por el mayor pH 4,51 del suelo y el mayor distanciamiento 10m x 10m al momento del sembrío de las plántulas.

Con referencia al dinamismo de los servicios ambientales que prestan *Cedrelinga cateniformis* y *Simarouba amara*, las edades más dinámicas para la especie *C. cateniformis* es en las edades de 25 años, 41 años y 51 años donde se observa mayor actividad tanto, en almacenamiento de carbono, secuestro de dióxido de carbono y producción de oxígeno, lo que no ocurre en *Simarouba amara* que solo tiene mayor dinamismo a los 25 años y 41 años, Como menciona Castillo *et al.*, (2007) citado por Quesada *et al.*, (2012, p. 67) que el desarrollo de las especies en el bosque está afectado por muchas variables, sin embargo, al evaluar bosques manejados, se incorpora la variable de la intervención y cómo esta provoca cambios en el comportamiento de la masa remanente, la cual se ve afectada por la

capacidad de crecimiento de cada especie, donde la tolerancia tiene un rol importante, por eso el análisis de la dinámica del bosque se realiza con base en el crecimiento, tasas de mortalidad, de reclutamiento y de recambio; además, de ,la competencia, suelo, edad, especie, genéticos, madurez, estado fitosanitario, entre otras.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

1. El mayor dinamismo de biomasa aérea se da en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* de 41 años y 51 años de edad con 1036,95 Kg/árbol y 1293,29 Kg/árbol, con incremento de 25,29 Kg/árbol años y 25,36 kg/árbol/año, mientras que para *S. amara* la mayor producción de biomasa aéreo fue en la plantación de 25 años con 184 Kg/árbol y un incremento de 7,39 Kg/árbol/año. La menor producción encontrado fue en la plantación de 52 años con 44,57 Kg/árbol y el incremento fue de 0,86 Kg/árbol/año.
2. El mayor almacenamiento de carbono fue para *C. cateniformis* de 41 años con 518,48 Kg/árbol con 12,65 Kg/árbol/año, mientras que el menor almacenamiento de carbono fue en la plantación de 31 años con 157,78 Kg/árbol y 5,09 Kg/árbol/año, mientras que para *S. amara* el mayor carbono almacenado en la plantación de 25 años con 92,43 Kg/árbol con incremento de 3,70 Kg/árbol/año.
- 3.- El mayor secuestro de CO₂ fue en la plantación *C. cateniformis* de 41 años con 1901,25 Kg/árbol con incremento de 46,37 Kg/árbol/año. El menor secuestro de CO₂ fue en la plantación de 31 años con 578,57 Kg/árbol con incremento de 18,66 Kg/árbol/año, mientras que la *S. amara* el mayor CO₂ secuestrado en la plantación de 25 años con 338,94 Kg/árbol e incremento de 13,56 Kg/árbol/año; y el menor CO₂ secuestrado fue en la plantación de 52 años con 81,72 Kg/árbol e incremento de 1,57 Kg/árbol/año.
- 4.- La mayor producción de O² fue en *C. cateniformis* de 41 años con 1382,77 Kg/árbol con un incremento de 33,73 Kg/árbol/año y el menor es la plantación de 31 años de edad con 420.79 kg/ árbol, con incremento anualizado de 13.57

kg/árbol/año; para la *S. Amara* mayor producción de O² es a los 25 años con 246,51 Kg/árbol y 9,86 Kg/árbol/año y un incremento anualizado de 4,43 Kg, el menor es la plantación de 52 años 59,43 kg/árbol y 1.14 Kg/árbol /año.

5. Estadísticamente es significativo mediante la Prueba de Kruskal-Wallis para *C. cateniformis*; comparando los tratamientos es significativo para $(p)=0,05$ 14 años-41 años; 14 años-51 años; 31 años-41 años; 31 años- 51 años. Mientras en el ANVA de *S. amara*, también es no significativo, comparando con la Prueba de Tukey es significativo, también es significativo la plantación de 31 años con 41 años.

CAPITULO VII. RECOMENDACIONES

Al gobierno regional de Loreto, Municipalidades Distritales y Provinciales y GERFOR, utilizar la especie *C. cateniformis* (Ducke) Ducke y *S. amara*, en los proyectos de reforestación y enriquecimiento de áreas degradadas por presentar mayor dinámica de crecimiento de biomasa aérea y aporte en servicios ambientales.

El Gobierno Regional de Loreto y la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana debe incentivar este tipo de investigaciones para diferentes especies de nuestra gran diversidad biológica en flora que posee nuestra región para lograr algunos incentivos de los mercados de servicios ambientales basados en el secuestro de carbono, este tipo de investigación debe expandirse para aumentar la información sobre el crecimiento de los árboles, brindándonos una mejor comprensión de la dinámica y el aumento de carbono.

CAPITULO VIII. FUENTES DE INFORMACION

- Aguirre, Z, Gaona, T., Palacios B. 2014. Dinámica de crecimiento de especies forestales establecidas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador. Universidad Nacional de Loja. Loja Ecuador. CEDAMAZ 2014 . Vol. 4, No. 1, p. 62–75.
- Aquino Yaringaño, S. (2010). Impactos humanos en la provisión de servicios ecosistémicos por bosques tropicales muy húmedos: un enfoque de ecología funcional.
- Barlow, J., Lennox, G., Ferreira, J. *et al* (2016). Las perturbaciones antropogénicas en los bosques tropicales pueden duplicar la pérdida de biodiversidad debido a la deforestación. *Naturaleza* **535** ,144-147, <https://doi.org/10.1038/nature18326>
- BBVA, 2023, ¿Es la captura de CO2 una alternativa real (y barata) contra el cambio climático?, Sostenibilidad y banca responsable, disponible en:
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/es-la-captura-de-co2-una-alternativa-real-y-barata-contra-el-cambio-climatico/>
- Blum, A., Brazeiro, A., Ceroni, M., Gutiérrez, O., Panario, D. y Rodríguez-Gallego, L. 2012. Valoración no económica de Servicios Ecosistémicos en Uruguay. Taller de Restauración y Conservación de Ecosistemas Linhares, Brasil. Evaluación y mapeo de servicios ecosistémicos en Uruguay. Convenio del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, a través del Proyecto de Producción Responsable con la Universidad de la República y las

Organizaciones de la Sociedad Civil: CIEDUR, Vida Silvestre Uruguay y Sociedad Zoológica del Uruguay. Linhares, Brasil. 14 pág.

Baluart, J. R. 2011. Modelización del crecimiento de quince especies forestales comerciales del bosque aluvial inundable de la Amazonía Peruana. Tesis Doctoral. Universidade de Santiago de Compostela. Escola Politécnica Superior. Departamento de Enxeñaría Agroforestal. Lugo, España. 245 pág.

Borrero, J. C. 2012. Biomasa Aérea y contenido de carbono en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogota. Trabajo de investigación (Ecólogo). Bogota-Colombia. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Carrera de Ecología. Bogota. 63 Pág. Obtenido de <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/8987/1/BorreroBenavidesJuanCamilo2012.pdf>. Fecha de visita 18 de abril de 2021.

Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest: a Primer: FAO forestrypaper-134. Roma. Obtenido de www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm. Fecha de visita 22 de diciembre de 2019.

Cabudivo, A. 2018. Guía de prácticas de Química y Energía de Productos Forestales. Departamento Académico de Industrias y Productos Forestales. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos. 32 pág.

Cabudivo, K. 2017. Secuestro de CO₂ y producción de oxígeno en árboles y palmeras urbanos de la av. Abelardo Quiñones - distrito San Juan Bautista, Loreto – Perú, 2016. Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 70. pág.

- Cabudivo, J. M. 2011. Evaluación de las propiedades físico- mecánicas de la madera de plantaciones de *Simarouba amara* (Aubl) y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke), de diferentes edades, Iquitos-Perú, 2011. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos. 84 pág.
- Céspedes, T. 2017. Evaluación de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles al campus de la Pontificia Universidad Javeriana, (Bogotá, Colombia). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Carrera de Ecología. Bogotá. 88 pág.
- Chambi, P., Glave, M., & Pizarro, R. (2001). Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del Río Inambari y Madre de Dios. *IICFOE, Perú*.
- Del Águila, C. 2014. Secuestro de CO₂ y almacenamiento de carbono en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* Ducke “tornillo” en tres edades diferentes en el CIEFOR - Puerto Almendra, río Nanay, Iquitos – Perú. Título de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 66 pp.
- Domínguez, A. Y., 2016. Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO₂ vehicular en Tijuana, B.C. Tesis para obtener el grado de Maestra en Administración Integral del Ambiente Tijuana, B. C., Colegio de la Frontera Norte. México. Tijuana. pág. 120 pág.
- Espíritu, J. M.; Quintana, S.; Reátegui, R.; Angulo, P. A.; Macedo, L. A.; Donayre, M. R.; Panduro, R. M.; Arellano, J.; y Cabudivo, C. E. 2015. Valoración económica del secuestro de CO₂ y su stock de carbono en las plantaciones del CIEFOR-Puerto Almendra, Iquitos-Perú. Informe final. Proyecto de

investigación. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 64 pág.

Flores, O.; Coomes, D. A. 2011. Estimación de la densidad de la madera de especies para evaluaciones de existencias de carbono. *Métodos en ecología y evolución*. Volumen 2, Numero 2. Pág. 214-220. British Ecological Society. Londres. En: <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00068.x>. Fecha de visita 10 de mayo 2021.

Guerra, N. U. 2013. Valoración económica del secuestro de CO₂ y stock de carbono en plantaciones de *Simarouba amara* (aublet) “marupa” en cinco edades diferentes en el CIEFOR-Puerto Almendra, Iquitos Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 54 p.

Honorio, E., Baker T. 2010. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana / Universidad de Leeds. Lima, 54 pág.

INGEI. (2021). Resumen del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2016. Ministerio del Ambiente, 19.

Jaramillo, C. y Cadena, T. 2012. Evaluación del crecimiento de cuatro especies forestales con y sin asocio con uvilla *Physalis peruviana*. Otavalo Ecuador.

Jerez, M., Quintero, M., Quevedo, A. 2012. Simulación del Crecimiento de Plantaciones de Teca *Tectona grandis* L, mediante el enfoque de espacio de estados. 17 p.

Martínez, M. (2015). *Diagnóstico del estado actual de Swietenia macrophylla King (caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: perspectivas*

- para su manejo* (Doctoral dissertation, Tesis de doctorado). Universidad Veracruzana, México). P. 14877
- Matías Barrientos, E. V., & Cortes Cagüño, J. H., 2019; Estimación de la capacidad potencial de fijación de CO₂ y producción de O₂, Como servicio ecosistémico brindado por el arbolado del parque los fundadores y la alameda de la avenida 40 en el Municipio de Villavicencio (Meta) (Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás). P. 192
- Maylle, E. 2017. Determinación de cantidades de carbono secuestrado por las áreas verdes del distrito de Callería, provincia de coronel Portillo, Ucayali 2015. Tesis para optar el grado académico de Maestro en medio ambiente, Gestión sostenible y responsabilidad social. Pucallpa. Universidad Nacional de Ucayali. Escuela de Posgrado. 156 pág.
- MINAM, 2015. Ministerio del Ambiente Inventario y evaluación de los bosques de las cuencas de los ríos Itaya, Nanay y Tahuayo en el departamento de Loreto / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural -- Lima: Perú. 136 pág.
- Monge, R. Q., Vargas, L. G. A., Chavarría, M. G., & Ugalde, M. C. (2012). Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 25(5), 55-66.
- Mozombite, M. A. 2015. Valoración económica del secuestro de CO₂ y de la producción de oxígeno en plantaciones de *Mauritia flexuosa* L. f. en Puerto Almendra, Iquitos-Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 87 pág.

- Muñoz, M. E. y Vásquez, E. G. 2020. Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emisiones de CO₂ vehicular en Cuenca, Ecuador. Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Salesiana. Cuenca. Ecuador. Pág. 148.
- Nautino Salas, G., & Ramirez Cornejo, E. T. S. (2023). Servicio ambiental de secuestro de co₂ y producción de O² en un bosque varillal seco zona de nina rumi, rio nanay, Loreto-Peru-2022. p. 103.
- Nowak, D. J., Hoehn, R., & Crane, D. E. 2007. Oxygen Production by Urban Trees in the United States. *Arboriculture & Urban Forestry*. 33(3):220–226.
Obtenido: http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2007/nrs_2007_nowak_001.pdf
- Parlamento Europeo 2023, Cambio climático: “*cómo gestionar mejor los bosques como sumideros de carbono*”, 13 de septiembre de 2017 y se actualizó por última vez en marzo de 2023. Noticias del Parlamento Europeo. Disponible en:
<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20170711STO79506/cambio-climatico-como-gestionar-mejor-los-bosques-como-sumideros-de-carbono>
- Prieto, R. L. (2000). Bases ecológicas para la silvicultura del bosque natural estudio de caso del catival (*Prioretum copaiferae*). *Colombia forestal*, 6(13), 7-36.
- Peña González, S. (2023). La importancia del oxígeno atmosférico como servicio ecosistémico global y variable biometeorológica.
- Quiceno, N. J., & Tangarife, G. M. 2013. Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un area de bosque primario en el resguardo indigena Piapoco Chiguirochatare de Barrancominas, Departamento del Guainía. Trabajo de grado (Magister en desarrollo

- sostenible y medio Ambiente). Barrancominas-Colombia. Universidad de Manizales. Maestría en desarrollo Sostenible y Medio Ambiente 84 Pág.
http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1639/1/402_Quiceno_Urbina_Nubia_Janeth_2013.pdf. Fecha de consulta 30 de enero 2021.
- Quiñónez, J. Y. 2010. Gestión forestal urbana como mecanismo de captura de carbono en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana sede Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de estudios ambientales y rurales. Maestría en Gestión Ambiental. Bogotá. 161 pág.
- 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. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos–Perú. 68 pag.
- Schweizer, D., Meli, P., Brancalion, P. H., & Guariguata, M. R. (2018). *Oportunidades y desafíos para la gobernanza de la restauración del paisaje forestal en América Latina* (Vol. 182, p. 14). CIFOR.
- SENAMHI. 2020. Datos meteorológicos. Estación ordinaria de Puerto Almendra. Ministerio del Ambiente. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrografía. Iquitos. 4 p.
- Ugarte-Guerra, J. y Roman-Dañobeytia, F. 2020. Tasas de crecimiento de cuatro especies nativas en plantaciones forestales comerciales en cuatro regiones de la Amazonía Peruana. *Revista Forestal del Perú*, 35 (3, Número Especial): 44 – 55. Facultad Ciencias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima.-Perú.DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v35i3.1600>. Fecha de consulta 18-05- 2021.

Zanne, A. E., López-González, G., Coomes, D. A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L.,
Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C. & Chave, J. 2009. Global wood
density database. dryad. Identifier. Obtenido de:
<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>. Fecha de consulta 12-05-2021

ANEXOS

Anexo 1: Mapa de ubicación de las plantaciones-Puerto Almendra



Anexo 2. Plantación tornillo 63 - 14 años

N°	DAP	HC	HT
1	19	7	14
2	21	4	13
3	35	6	18
4	38	11	20
5	31	10	17
6	27	6.5	12
7	42	6	16
8	45	25	16
9	33	6	12
10	32	7	12
11	41	8	15
12	24	7	10
13	41	5	16
14	48	4	16
15	37	8	16
16	35	5	15
17	32	4	15
18	37	3	14
19	29	7	13
20	38	7	15
21	34	6	14.5
22	37	6	14.5
23	30	7	15
24	42	5	15
25	42	2.5	11
27	47	12	17

Anexo 3. Plantación tornillo 33- 42 años

N°	DAP	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	55	8	22
2	77	14	28
3	47	11	23
4	74	7	25
5	53	14	22
6	78	20	23
7	72	10	23
8	35	9	24
9	58	11	22
10	48	7	23
11	79	5	23

Anexo 4. Plantación tornillo 29-51 años

N°	DAP	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	105	10	33
2	65	12	32
3	62	12	33
4	68	16	35
5	79	8	29
6	62	14	29
7	74	16	30
8	67	9	27
9	58	8	33
10	62	17	34
11	74	15	29
12	82	10	26
13	98	12	36
14	65	10	26

Anexo 5. Plantación tornillo 17-35 años

N°	DAP	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	61	7	22
2	32	6	17
3	27	14	23
4	19	10	20
5	31	8	23
6	31	12	24
7	26	12	23
8	32	11	22
9	32	5.5	24
10	36	7	22

Anexo 6. Plantación tornillo 16-41 años

N°	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	53	14	36
2	54	9	33
3	62	14	34
4	62	8	29
5	62	6	28
6	39	7	31
7	55	14	34
8	59	14	34
9	105	3	34
10	64	6	30
11	70	5	34
12	59	10	29
13	52	10	22
14	52	9	33

Anexo 7. Plantación tornillo 5-25 años

N°	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)
1	40	6	19
2	46	13	26
3	40	8	24
4	41	16	25
5	36	16	24
6	49	12	24
7	45	14	20
8	22	16	24
9	52	14	27
10	40	13	22

Anexo 8 Plantación de Marupa 64- 14 años

N° Orden	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	34	6	13
2	18	4	10
3	20	4	11
4	17	7	13
5	36	14	20

Anexo 9. Plantación de Marupa 17- 35 años

N° Orden	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	32	5	17
2	36	14	22
3	21	11	21
4	25	10	22
5	28	7	17
6	38	10	19
7	36	14	23
8	27	10	19
9	39	14	23
10	26	14	20
11	37	6	16
12	18	3	12
13	17	7	19
14	21	6	18
15	27	6	16
16	26	16	23
17	30	8	22
18	16	7	16
19	28	7	17
20	23	11	16
21	29	12	22
22	31	16	22
23	33	16	21
24	40	12	21
25	22	9	15
26	25	13	22
27	30	16	23

Anexo 10. Plantación de Marupa 16- 41 años

N° Orden	DAP	Altura comercial	Altura total
1	33	3	15
2	36	8	23
3	39	12	19
4	36	12	22
5	37	10	20
6	39	16	23
7	32	12	25
8	28	14	25
9	34	14	27
10	37	9	28
11	41	11	23
12	35	13	30
13	47	7	17

Anexo 11. Plantación de Marupa 18- 35 años

N° Orden	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	33	14	23
2	23	12	17
3	40	10	16
4	26	6	16
5	24	7	15
6	31	7	16
7	37	11	17
8	25	9	14
9	29	11	16
10	22	14	15
11	23	10	12
12	20	11	15

Anexo 12. Plantación de Marupa 5- 25 años

N° Orden	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	26	12	26
2	47	4	14
3	44	7	14
4	41	7	14
5	47	12	18

Anexo 13. Plantación de Marupa 7- 52 años

N° Orden	DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
1	50	10	22
2	35	11	23
3	21	11	14
4	35	10	22
5	30	10	22
6	50	11	22
7	42	14	23
8	34	12	23
9	32	10	23
10	32	10	20
11	41	11	20
12	26	11	22
13	26	8	19
14	25	10	18
15	35	11	23
16	30	12	23
17	33	7	19
18	28	8	23
19	34	11	23
20	31	10	23
21	20	10	14
22	25	10	16
23	34	9	22
24	18	8	12
25	20	10	13
26	44	11	22
27	40	12	22
28	27	12	23
29	39	14	26
30	29	12	16
31	42	16	32
32	28	10	19
33	26	8	16
34	26	12	23
35	30	11	24
36	25	12	24
37	34	14	28

Anexo 14. Cálculo de la dinámica del crecimiento de tornillo de 14 años de edad plantación 63

N° Orden	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción Carbono (kg)	Secuestro CO ₂ (kg)	Producción O ² (kg)
1	19.00	7.00	14.00	0.42	46.07	23.04	84.48	61.44
2	21.00	4.00	13.00	0.42	52.26	26.13	95.83	69.70
3	35.00	6.00	18.00	0.42	201.02	100.51	368.57	268.06
4	38.00	11.00	20.00	0.42	263.28	131.64	482.73	351.09
5	31.00	10.00	17.00	0.42	148.94	74.47	273.07	198.61
6	27.00	6.50	12.00	0.42	79.75	39.88	146.22	106.35
7	42.00	6.00	16.00	0.42	257.30	128.65	471.77	343.11
8	45.00	25.00	16.00	0.42	295.37	147.69	541.57	393.88
9	33.00	6.00	12.00	0.42	119.13	59.57	218.43	158.87
10	32.00	7.00	12.00	0.42	112.02	56.01	205.39	149.38
11	41.00	8.00	15.00	0.42	229.87	114.94	421.47	306.53
12	24.00	7.00	10.00	0.42	52.51	26.26	96.28	70.02
13	41.00	5.00	16.00	0.42	245.20	122.60	449.57	326.97
14	48.00	4.00	16.00	0.42	336.07	168.03	616.18	448.15
15	37.00	8.00	16.00	0.42	199.69	99.84	366.13	266.28
16	35.00	5.00	15.00	0.42	167.52	83.76	307.14	223.38
17	32.00	4.00	15.00	0.42	140.03	70.01	256.74	186.73
18	37.00	3.00	14.00	0.42	174.73	87.36	320.36	233.00
19	29.00	7.00	13.00	0.42	99.67	49.84	182.75	132.91
20	38.00	7.00	15.00	0.42	197.46	98.73	362.05	263.32
21	34.00	6.00	14.50	0.42	152.81	76.41	280.18	203.77
22	37.00	6.00	14.50	0.42	180.97	90.48	331.80	241.32
23	30.00	7.00	15.00	0.42	123.07	61.54	225.65	164.12
24	42.00	5.00	15.00	0.42	241.22	120.61	442.28	321.67
25	42.00	2.50	11.00	0.42	176.90	88.45	324.34	235.89
26	47.00	12.00	17.00	0.42	342.35	171.18	627.70	456.53

Anexo 15. Cálculo de la dinámica del crecimiento de tornillo de 25 años de edad plantación 5

N° Orden	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción Carbono (kg)	Secuestro CO ₂ (kg)	Producción O ² (kg)
1	40	6	19	0.47	342.10	171.05	627.24	456.19
2	46	13	26	0.47	619.12	309.56	1135.15	825.59
3	40	8	24	0.47	432.13	216.06	792.31	576.24
4	41	16	25	0.47	472.92	236.46	867.10	630.64
5	36	16	24	0.47	350.02	175.01	641.77	466.76
6	49	12	24	0.47	648.46	324.23	1188.96	864.73
7	45	14	20	0.47	455.76	227.88	835.64	607.76
8	22	16	24	0.47	130.72	65.36	239.67	174.31
9	52	14	27	0.47	821.59	410.79	1506.38	1095.58
10	40	13	22	0.47	396.12	198.06	726.28	528.22

Anexo 16. Calculo de la dinámica del crecimiento de tornillo de 31 años de edad plantación 17

N° Orden	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción Carbono (kg)	Secuestro CO ₂ (kg)	Producción O ² (kg)
1	61.00	7.00	22	0.47	921.22	460.61	1689.06	1228.45
2	32.00	6.00	17	0.47	195.90	97.95	359.18	261.23
3	27.00	14.00	23	0.47	188.69	94.34	345.95	251.61
4	31.00	8.00	23	0.47	248.73	124.37	456.05	331.69
5	31.00	12.00	24	0.47	259.55	129.77	475.88	346.11
6	26.00	12.00	23	0.47	174.97	87.48	320.80	233.32
7	32.00	11.00	22	0.47	253.52	126.76	464.82	338.06
8	32.00	5.50	24	0.47	276.56	138.28	507.08	368.80
9	36.00	7.00	22	0.47	320.86	160.43	588.29	427.86

Anexo 17. Calculo de la dinámica del crecimiento de tornillo de 41 años de edad plantación

N° Orden	DAP (cm) (cm)	HC (m)	HT (m) (m)	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción Carbono (kg)	Secuestro CO ₂ (kg)	Producción O ² (kg)
1	53	14	36	0.47	1138.03	569.02	2086.59	1517.57
2	54	9	33	0.47	1082.94	541.47	1985.56	1444.09
3	62	14	34	0.47	1470.83	735.42	2696.77	1961.36
4	62	8	29	0.47	1254.53	627.27	2300.19	1672.92
5	62	6	28	0.47	1211.27	605.64	2220.87	1615.23
6	39	7	31	0.47	530.63	265.32	972.91	707.60
7	55	14	34	0.47	1157.46	578.73	2122.20	1543.47
8	59	14	34	0.47	1331.94	665.97	2442.11	1776.14
9	105	3	34	0.47	4218.50	2109.25	7734.63	5625.38
10	64	6	30	0.47	1382.87	691.44	2535.50	1844.06
11	70	5	34	0.47	1874.89	937.45	3437.61	2500.17
12	59	10	29	0.47	1136.06	568.03	2082.97	1514.94
13	52	10	22	0.47	669.47	334.73	1227.47	892.74
14	52	9	33	0.47	1004.20	502.10	1841.21	1339.11

Anexo 18. Cálculo de la dinámica del crecimiento de tornillo de 42 años de edad plantación 33

N° Orden	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción Carbono (kg)	Secuestro CO ₂ (kg)	Producción O ² (kg)
1	55,00	8,00	22,00	0,47	748,94	374,47	1373,19	998,72
2	77,00	14,00	28,00	0,47	1868,27	934,14	3425,48	2491,34
3	47,00	11,00	23,00	0,47	571,77	285,89	1048,35	762,46
4	74,00	7,00	25,00	0,47	1540,65	770,33	2824,79	2054,46
5	53,00	14,00	22,00	0,47	695,47	347,73	1275,14	927,40
6	78,00	20,00	23,00	0,47	1574,77	787,39	2887,35	2099,96
7	72,0	10,0	23,0	0,47	1341,82	670,91	2460,22	1789,32
8	35,0	9,0	24,0	0,47	330,86	165,43	606,64	441,21
9	58,0	11,0	22,0	0,47	832,87	416,44	1527,08	1110,64
10	48,0	7,0	23,0	0,47	596,36	298,18	1093,43	795,25
11	79,0	5,0	23,0	0,47	1615,41	807,705	2961,85625	2154,1507

Anexo 19. Calculo de la dinámica del crecimiento de tornillo de 51 años de edad plantación 29

N° Orden	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción Carbono (kg)	Secuestro CO ₂ (kg)	Producción O ² (kg)
1	105,00	10,00	33	0,47	4094,43	2047,22	7507,14	5459,92
2	65,00	12,00	32	0,47	1521,52	760,76	2789,71	2028,95
3	62,00	12,00	33	0,47	1427,57	713,79	2617,46	1903,67
4	68,00	16,00	35	0,47	1821,32	910,66	3339,40	2428,73
5	79,00	7,00	29	0,47	2036,82	1018,41	3734,51	2716,10
6	62,00	14,00	29	0,47	1254,53	627,27	2300,19	1672,92
7	74,00	16,00	30	0,47	1848,78	924,39	3389,74	2465,35
8	67,00	9,00	27	0,47	1364,00	682,00	2500,89	1818,89
9	58,00	7,00	33	0,47	1249,31	624,66	2290,61	1665,96
10	62,00	17,00	34	0,47	1470,83	735,42	2696,77	1961,36
11	74,00	15,00	29	0,47	1787,16	893,58	3276,75	2383,17
12	82,00	9,00	26	0,47	1967,44	983,72	3607,31	2623,58
13	98,00	12,00	36	0,47	3890,95	1945,48	7134,06	5188,58
14	65,00	10,00	26	0,47	1236,24	618,12	2266,64	1648,52

Anexo 20. Calculo de la dinámica del crecimiento de Marupa 64- 14 años

N° Orden	DAP	Altura comercial	Altura total	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción	Secuestro	Producción
						Carbono (kg)	CO ₂ (kg)	O ² (kg)
1	34	6	13	0,33	81,87	40,93	150,10	109,17
2	18	4	10	0,33	17,65	8,83	32,36	23,54
3	20	4	11	0,33	23,97	11,98	43,95	31,96
4	17	7	13	0,33	20,47	10,23	37,53	27,29
5	36	14	20	0,33	141,20	70,60	258,89	188,29

Anexo 21. Calculo de la dinámica del crecimiento de la plantación de Marupa 17- 35 años

N° Orden	DAP	A. Comercial	Altura total	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Carbono (Kg)	CO ₂ (kg)	O ² (kg)
1	32	5	17	0,37	121,41	60,71	222,61	161,90
2	36	14	22	0,37	198,85	99,43	364,60	265,17
3	21	11	21	0,37	64,59	32,30	118,43	86,13
4	25	10	22	0,37	95,90	47,95	175,83	127,88
5	28	7	17	0,37	92,96	46,48	170,43	123,96
6	38	10	19	0,37	191,35	95,68	350,84	255,17
7	36	14	23	0,37	207,89	103,95	381,17	277,23
8	27	10	19	0,37	96,60	48,30	177,12	128,82
9	39	14	23	0,37	243,99	121,99	447,35	325,36
10	26	14	20	0,37	94,29	47,15	172,89	125,74
11	37	6	16	0,37	152,77	76,38	280,10	203,72
12	18	3	12	0,37	27,12	13,56	49,72	36,16
13	17	7	19	0,37	38,30	19,15	70,22	51,07
14	21	6	18	0,37	55,36	27,68	101,51	73,83
15	27	6	16	0,37	81,35	40,67	149,15	108,48
16	26	16	23	0,37	108,44	54,22	198,82	144,60
17	30	8	22	0,37	138,09	69,05	253,19	184,15
18	16	7	16	0,37	28,57	14,28	52,38	38,09
19	28	7	17	0,37	92,96	46,48	170,43	123,96
20	23	11	16	0,37	59,03	29,52	108,23	78,72
21	29	12	22	0,37	129,04	64,52	236,60	172,08
22	31	16	22	0,37	147,45	73,73	270,36	196,63
23	33	16	21	0,37	159,50	79,75	292,44	212,69
24	40	12	21	0,37	234,34	117,17	429,66	312,49
25	22	9	15	0,37	50,63	25,32	92,84	67,52
26	25	13	22	0,37	95,90	47,95	175,83	127,88
27	30	16	23	0,37	144,37	72,19	264,70	192,52

Anexo 22. Calculo de la dinámica del crecimiento de la Plantación de Marupa 16- 41 años

N° Orden	DAP	Altura comercial	Altura total	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción	Secuestro	Producción
						Carbono (kg)	CO ₂ (kg)	O ² (kg)
1	33	3	15	0,37	113,93	56,96	208,89	151,92
2	36	8	23	0,37	207,89	103,95	381,17	277,23
3	39	12	19	0,37	201,55	100,78	369,55	268,77
4	36	12	22	0,37	198,85	99,43	364,60	265,17
5	37	10	20	0,37	190,96	95,48	350,13	254,65
6	39	16	23	0,37	243,99	121,99	447,35	325,36
7	32	12	25	0,37	178,55	89,27	327,36	238,09
8	28	14	25	0,37	136,70	68,35	250,64	182,29
9	34	14	27	0,37	217,69	108,84	399,13	290,28
10	37	9	28	0,37	267,34	133,67	490,18	356,50
11	41	11	23	0,37	269,65	134,83	494,41	359,58
12	35	13	30	0,37	256,31	128,16	469,94	341,79
13	47	7	17	0,37	261,91	130,96	480,21	349,26

Anexo 23. Cálculo de la dinámica del crecimiento de la Plantación de Marupa 18- 35 años

N° Orden	DAP	Altura comercial	Altura total	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción	Secuestro	Producción
						Carbono (kg)	CO ₂ (kg)	O ² (kg)
1	33	14	23	0,37	174,69	87,34	320,29	232,95
2	23	12	17	0,37	62,72	31,36	115,00	83,64
3	40	10	16	0,37	178,55	89,27	327,36	238,09
4	26	6	16	0,37	75,44	37,72	138,31	100,59
5	24	7	15	0,37	60,26	30,13	110,49	80,36
6	31	7	16	0,37	107,24	53,62	196,62	143,00
7	37	11	17	0,37	162,32	81,16	297,61	216,45
8	25	9	14	0,37	61,03	30,51	111,89	81,38
9	29	11	16	0,37	93,85	46,92	172,07	125,15
10	22	14	15	0,37	50,63	25,32	92,84	67,52
11	23	10	12	0,37	44,27	22,14	81,18	59,04
12	20	11	15	0,37	41,85	20,92	76,73	55,80

Anexo 24. Calculo de la dinámica del crecimiento de la Plantación de Marupa 5- 25 años

N° Orden	DAP	Altura comercial	Altura total	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción	Secuestro	Producción
						Carbono (kg)	CO ₂ (kg)	O ² (kg)
1	26	12	26	0,36	116,69	58,35	213,95	155,61
2	47	4	14	0,36	205,33	102,66	376,46	273,80
3	44	7	14	0,36	179,95	89,98	329,94	239,96
4	41	7	14	0,36	156,25	78,12	286,48	208,36
5	47	12	18	0,36	263,99	132,00	484,03	352,03

Anexo 25. Calculo de la dinámica del crecimiento de la Plantación de Marupa 7- 52 años

N° Orden	DAP	Altura comercial	Altura total	DB (g/cm ³)	Biomasa (kg/árbol)	Producción	Secuestro	Producción
						Carbono (kg)	CO ₂ (kg)	O ² (kg)
1	50	10	22	0,37	383,59	191,80	703,32	511,52
2	35	11	23	0,37	196,50	98,25	360,29	262,04
3	21	11	14	0,37	43,06	21,53	78,95	57,42
4	35	10	22	0,37	187,96	93,98	344,63	250,65
5	30	10	22	0,37	138,09	69,05	253,19	184,15
6	50	11	22	0,37	383,59	191,80	703,32	511,52
7	42	14	23	0,37	282,97	141,48	518,82	377,34
8	34	12	23	0,37	185,44	92,72	340,00	247,28
9	32	10	23	0,37	164,26	82,13	301,17	219,04
10	32	10	20	0,37	142,84	71,42	261,89	190,47
11	41	11	20	0,37	234,48	117,24	429,92	312,68
12	26	11	22	0,37	103,72	51,86	190,18	138,32
13	26	8	19	0,37	89,58	44,79	164,24	119,45
14	25	10	18	0,37	78,46	39,23	143,86	104,63
15	35	11	23	0,37	196,50	98,25	360,29	262,04
16	30	12	23	0,37	144,37	72,19	264,70	192,52

17	33	7	19	0,37	144,31	72,15	264,59	192,43
18	28	8	23	0,37	125,76	62,88	230,59	167,70
19	34	11	23	0,37	185,44	92,72	340,00	247,28
20	31	10	23	0,37	154,16	77,08	282,64	205,57
21	20	10	14	0,37	39,06	19,53	71,61	52,08
22	25	10	16	0,37	69,74	34,87	127,88	93,00
23	34	9	22	0,37	177,37	88,69	325,21	236,53
24	18	8	15	0,37	33,90	16,95	62,15	45,20
25	20	10	13	0,37	36,27	18,13	66,50	48,36
26	44	11	22	0,37	297,05	148,53	544,65	396,12
27	40	12	22	0,37	245,50	122,75	450,12	327,37
28	27	12	23	0,37	116,94	58,47	214,41	155,94
29	39	14	26	0,37	275,81	137,91	505,70	367,79
30	29	12	16	0,37	93,85	46,92	172,07	125,15
31	42	16	32	0,37	393,69	196,85	721,84	524,99
32	28	10	19	0,37	103,89	51,95	190,48	138,54
33	26	8	16	0,37	75,44	37,72	138,31	100,59
34	26	12	23	0,37	108,44	54,22	198,82	144,60
35	30	11	24	0,37	150,65	75,32	276,21	200,89
36	25	12	24	0,37	104,62	52,31	191,81	139,51
37	34	14	28	0,37	225,75	112,87	413,91	301,04

Anexo 26. Galería fotográfica del trabajo de investigación.



Figura 01. Toma de datos dasométricos



Figura 02. Evaluación de la altura



Figura 03. Evaluación del diámetro



Figura 04. Georreferenciación



Figura 05. Plantaciones de *C. cateniformis*



Figura 06. Plantaciones de *S. Amara*