



UNAP



**FACULTAD DE AGRONOMIA
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL**

**DINÁMICA PRODUCTIVA DE INCREMENTO DE
BIOMASA, CARBONO Y PRODUCCIÓN DE OXÍGENO
EN PLANTACIONES DE DIFERENTES EDADES
PUERTO ALMENDRA, LORETO-PERÚ-2015**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAGISTER EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

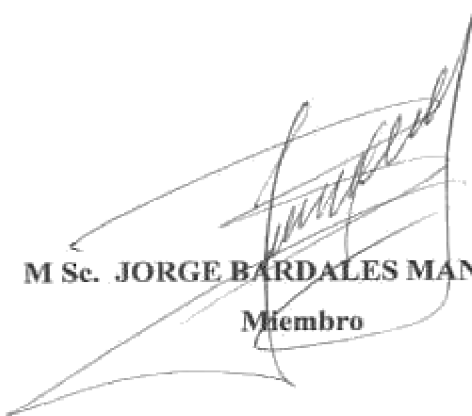
**AUTOR: ALBERTO EDISON ARÉVALO LÓPEZ, M. Sc.
ASESOR: ABRAHAN CABUDIVO MOENA, Dr.**

**IQUITOS – PERU
2017**

**TESIS APROBADA EN SUSTENTACION PÚBLICA DEL DIA 15 DE
ABRIL DEL AÑO 2016 EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA DE
POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA
AMAZONIA PERUANA, EN LA CIUDAD DE
IQUITOS-PERU**



Dra. SARON QUINTANA VASQUEZ
Presidente



M Sc. JORGE BARDALES MANRIQUE
Miembro



M Sc. LUIS ARTURO MACEDO BARDALES
Miembro



Dr. ABRAHAN CABUDIVO MOENA
Asesor



UNAP

Escuela de Post Grado
Oficina de Asuntos Académicos

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Con **Resolución Directoral N° 873-2015-EPG-UNAP**, se designa como Jurado evaluador y dictaminador del proyecto de tesis: **"Dinámica productiva de incremento de biomasa, carbono y Producción de oxígeno en plantaciones de diferentes edades Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015"** a los siguientes profesionales:

Dra. Saron Quintana Vásquez	Presidenta
MSc. Jorge Bardales Manrique	Miembro
MSc. Luis Arturo Macedo Bardales	Miembro

A los Quince días del mes de Abril del 2016, a horas 05:00 p.m., en el Auditorio de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se constituyó el Jurado evaluador y dictaminador, para presenciar y evaluar la exposición de la tesis titulada: **"Dinámica productiva de incremento de biomasa, carbono y Producción de oxígeno en plantaciones de diferentes edades Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015"**, presentado por el egresado: **ALBERTO EDISON ARÉVALO LÓPEZ**, como requisito para optar el Grado Académico de **MAGÍSTER EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria y el Estatuto General de la UNAP.

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron:

..... *Respondidas Satisfactoriamente*


El Jurado, después de la deliberación correspondiente en privado, llegó a las siguientes conclusiones:

1. La Sustentación es: *Aprobado por Unanimitad*
2. Observación :

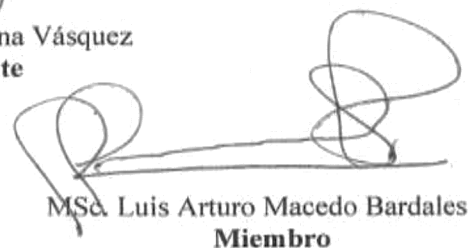
En fe de lo actuado los miembros del Jurado suscriben la presente acta por cuadruplicado.

Seguidamente, el Presidente de jurado dio por concluida la sustentación, siendo las *6:45* p.m.

Con lo cual, se le declara al sustentante *APTO* para recibir el Grado Académico de **MAGÍSTER EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**.


MSc. Jorge Bardales Manrique
Miembro


Dra. Saron Quintana Vásquez
Presidente


MSc. Luis Arturo Macedo Bardales
Miembro

DEDICATORIA

**A Dios por guiarme en las
circunstancias de mi vida,
Porque gracias a la sabiduría
han podido los hombres seguir
el buen camino y aprender lo que
a Él le agrada.**

**A mis padres Carlos y María por
confiar en mi persona y
brindarme con sus esfuerzos la
posibilidad de poder educarme
en las aulas universitarias y de
este modo ser un hombre de
bien.**

**A mis primos Víctor, Segundo y Pierre
por compartir el día a día y ser en el
camino motivo de mi superación.**

**A los docentes, compañeros
de aula, amigos que me
motivaron cada día a
continuar a avanzar y no
dejarme vencer por los
obstáculos de toda índole.**

RECONOCIMIENTO

- Al Ing. Abrahán Cabudivo Moena, Dr., Asesor del presente trabajo de investigación, Docente Principal, adscrito a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, por brindarme los conocimientos técnicos y científicos que permitieron la culminación de mi especialización.
- A los docentes de la Escuela de Post, por esmerarse en impartir cátedras de calidad para ser un especialista competitivo.
- Al centro de Investigación y Enseñanza Forestal, Puerto Almendra-FCF-UNAP.
- Al personal obrero del Centro Poblado de Puerto Almendra.

RESUMEN

Dinámica productiva de incremento de biomasa, carbono y producción de oxígeno en plantaciones de diferentes edades Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015

Alberto E. Arévalo López., Abrahán Cabudivo Moena.

En el presente estudio se evaluó la dinámica productiva de incremento de biomasa, almacenamiento de carbono y producción de oxígeno en árboles de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años de plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) del CIEFOR Puerto Almendra de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNAP, Iquitos, Perú. La información fue obtenida mediante censo de árboles y aplicando formulas establecidas por instituciones internacionales como el Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. Los resultados resaltan que la mayor dinámica productiva de incremento anualizado en biomasa, stock de carbono, secuestro de dióxido de carbono, y producción de oxígeno se determinó en árboles de plantaciones de *C. cateniformis* de 45 años, 36 años y 29 años de edad, respectivamente. El análisis de correlación de Pearson demuestran que la variable edad de árboles con respecto a la dinámica productiva presentan correlación altamente significativa.

Palabras claves: Plantaciones, biomasa, carbono, oxígeno.

ABSTRACT

Productive dynamic of the increasing of biomass carbon and oxygen production in forest plantations of different ages in Puerto Almendra, Loreto-Perú, 2015.

Alberto E. Arévalo López., Abrahán Cabudivo Moena.

This study evaluated the productive dynamic of the increasing of biomass, carbon sequestration and the oxygen production in trees of 9 years, 16 years, 19 years, 22 years, 26 years, 29 years, 33 years, 35 years, years, 44 years and 45 years old from plantations of *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) of the CIEFOR Puerto Almendra of the Faculty of Forest Science in the National University of the Peruvian Amazon-UNAP, Iquitos-Perú. The information was collected through a tree census and applying methods and formulas given by the International Institutions like the Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. The results highlight the high productive dynamic of the increasing in the annualized rate in biomass, carbon stock, the carbon dioxide capture and the oxygen production determined in thee plantations of *Cedrelinga cateniformis* of 45 years, 36 years and 29 years old, respectively. The correlation analysis of Pearson proves that the variable age of tree related to the productive dynamic advances a high significant correlation.

Key words: Plantations, biomass, carbon, oxygen

INDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Reconocimiento.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de cuadros.....	viii
Índice de gráficos.....	x
Índice de ilustraciones.....	xi
Capítulo I.	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Problemas de investigación.....	2
1.3 Objetivos: generales y específicos.....	3
Capítulo II.	4
2.1 Marco teórico.....	4
2.1.1 Antecedentes.....	4
2.1.2 Bases teóricas.....	6
2.1.3 Marco conceptual.....	9
2.2 Definiciones operacionales.....	10
2.3 Hipótesis.....	10
Capítulo III. Metodología	12
3.1 Método de investigación	12
3.2 Diseños de investigación.....	12
3.3 Población y muestra	12
3.4 Técnicas e instrumentos.....	14
3.5 Procedimientos de recolección de datos.....	14
3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	16
3.7 Protección de los derechos humanos.....	16
Capítulo IV. Resultados	17
4.1 Dinámica productiva de biomasa en plantaciones de	

	<i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophylla</i>	17
4.2	Dinámica productiva de almacenamiento de carbono en plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophylla</i>	20
4.3	Dinámica del secuestro de CO ₂ en plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophylla</i>	23
4.4	Dinámica de la producción de oxígeno en plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophylla</i>	27
4.5	Análisis correlacional de la dinámica productiva de plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophylla</i>	31
Capítulo	V. Discusión	36
Capítulo	VI. Propuesta	39
Capítulo	VII. Conclusiones	40
Capítulo	VIII. Recomendaciones	42
Capítulo	IX. Referencias Bibliográficas	43

Anexos

INDICE DE CUADROS

N°	Titulo	Pág.
1	Diseño de toma de datos de la investigación.....	13
2	Plantaciones de diferentes especies y edades.....	14
3	Producción de biomasa en arboles de plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	17
4	Análisis de varianza de la producción de biomasa en árboles de plantaciones <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	19
5	Prueba de tukey de la producción de biomasa en arboles de plantaciones <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	20
6	Almacenamiento de carbono en plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	21
7	Análisis de varianza del almacenamiento de carbono en árboles de plantaciones <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	22
8	Prueba de tukey del almacenamiento de carbono en árboles de plantaciones <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	23
9	Secuestro de CO ₂ en arboles de plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	24
10	Análisis de varianza del secuestro de CO ₂ en arboles de plantaciones <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	26
11	Prueba de tukey del secuestro de CO ₂ en arboles de plantaciones <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	27
12	Producción de oxígeno en arboles de plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	28
13	Análisis de varianza de la produccion de oxígeno en árboles de plantaciones <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	30
14	Prueba de tukey de la producción de oxígeno en árboles de plantaciones <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	30
15	Análisis de correlación de Pearson de la dinámica productiva en plantaciones de <i>S. amara</i>	33
16	Análisis de correlación de Pearson de la dinámica productiva en plantaciones de <i>C. cateniformis</i>	34
17	Análisis de correlación de Pearson de la dinámica productiva en plantaciones de <i>V. lomatophyla</i>	35
18	Cálculo de la dinámica productiva de <i>S. amara</i> de 9 años.....	51
19	Cálculo de la dinámica productiva de <i>S. amara</i> de 19 años	52
20	Cálculo de la dinámica productiva de <i>S. amara</i> de 26 años	53
21	Cálculo de la dinámica productiva de <i>S. amara</i> de 35 años	54
22	Cálculo de la dinámica productiva de <i>S. amara</i> de 44 años	55
23	Calculo de la dinámica productiva de <i>C. cateniformis</i> de 9 años	56
24	Calculo de la dinámica productiva de <i>C. cateniformis</i> de 19 años	57
25	Calculo de la dinámica productiva de <i>C. cateniformis</i> de 29 años	58
26	Calculo de la dinámica productiva de <i>C. cateniformis</i> de 36 años	59
27	Calculo de la dinámica productiva de <i>C. cateniformis</i> de 45 años	60
28	Calculo de la dinámica productiva de <i>V. lomatophyla</i> de 15 años	61

INDICE DE CUADROS

N°	Titulo	Pág.
29	Calculo de la dinámica productiva de <i>V. lomatophyla</i> de 16 años	62
30	Calculo de la dinámica productiva de <i>V. lomatophyla</i> de 22 años	63
31	Calculo de la dinámica productiva de <i>V. lomatophyla</i> de 33 años	64
32	Prueba Estadística de Tukey producción de biomasa de <i>S. amara</i> ...	65
33	Prueba Estadística de Tukey del almacenamiento de carbono de <i>S. amara</i>	66
34	Prueba Estadística de Tukey secuestro de carbono de <i>S. amara</i>	67
35	Prueba Estadística de Tukey producción de oxígeno de <i>S. amara</i>	68
36	Prueba Estadística de Tukey producción de biomasa de <i>C.</i> <i>cateniformis</i>	69
37	Prueba Estadística de Tukey del almacenamiento de carbono de <i>C.</i> <i>cateniformis</i>	70
38	Prueba Estadística de Tukey del secuestro de carbono de <i>C. cateniformis</i>	71
39	Prueba Estadística de Tukey de la producción de oxígeno de <i>C. cateniformis</i>	72
40	Prueba Estadística de Tukey de la producción de biomasa de <i>V.</i> <i>lomatophyla</i>	73
41	Prueba Estadística de Tukey del almacenamiento de carbono de <i>V.</i> <i>lomatophyla</i>	74
42	Prueba Estadística de Tukey del secuestro de carbono de <i>V. lomatophyla</i>	75
43	Prueba Estadística de Tukey de la producción de oxígeno de <i>V.</i> <i>lomatophyla</i>	76

INDICE DE GRAFICOS

Nº	Título	Pág.
1	Producción de biomasa en plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	18
2	Incremento anualizado de biomasa en plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	18
3	Almacenamiento de carbono en plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	21
4	Incremento anualizado de almacenamiento de carbono en plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	22
5	Dinámica del secuestro de carbono <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	25
6	Incremento anualizado de secuestro de carbono en <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	25
7	Producción de oxígeno en plantaciones de <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	29
8	Incremento anualizado de producción de oxígeno en <i>S. amara</i> , <i>C. cateniformis</i> y <i>V. lomatophyla</i>	29

INDICE DE ILUSTRACIONES

Nº	Título	Pág.
1	Ubicación del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal.....	50
2	Etiquetado de árboles inventario.....	77
3	Georreferenciación con GPS.....	77
4	Medición del DAP del fuste-árbol.....	77
5	Medición de la altura del árbol con clinómetro.....	77
6	Tesista escribiendo en el tablero.....	77
7	Medición distancia del árbol-operador.....	77
8	Plantación de <i>Simarouba amara</i> “marupa”.....	78
9	Plantación de <i>Cedrelinga cateniformis</i> “tornillo”.....	78
10	Plantación de <i>Vochysia lomatophyla</i> “quillosa”.....	78

CAPITULO I.

1.1 INTRODUCCION

Desde el año de 1969 cuando se instala la escuela de Peritos Forestales en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) Puerto Almendra, se ha venido estableciendo plantaciones con especies *S. amara* “marupa” *Cedrelinga cateniformis* “tornillo” y otras especies, ahora con aproximadamente 45 años, están siendo evaluadas, en silvicultura, manejo de bosque y de suelos, turno tecnológico de aprovechamiento de las plantaciones, etc. (Cabudivo 2014); pero, es necesario conocer con mayor detalle la dinámica productiva de estas plantaciones, que servirían para aumentar el soporte de productividad de la biomasa de madera de tronco por unidad de área, pues, hoy en día se considera al bosque no sólo como una fuente de madera, para pulpa, para aserrar, o para leña; sino también como servicio ambiental que prestan para secuestrar carbono y producir oxígeno (Stupak *et al.* 2007).

La instalación de plantaciones es una alternativa para reducir la deforestación en amazonia pues desde el año 2000 hasta el 2013 se han deforestado 16000 km² de bosque amazónico, en Áreas Naturales Protegidas (ANP) 1000 km² (7% de los 16000 km²), anterior al año 2000 se han deforestado 4000 km²; territorios indígenas 3000 km², hasta que la agroindustria ha empezado a instalar plantaciones de palmitos según la Red Amazónica de Información Ambiental Georreferenciado (RAISG) citado por (Cabudivo 2014). Además, el cambio climático representa una de las amenazas más preocupantes para el medio ambiente global, debido al gran impacto negativo que está causando en la salud humana, la seguridad alimentaria, la economía mundial, los recursos naturales y la infraestructura física (Ortiz y Riascos 2006). Ésta situación abre un debate sobre las formas de preservar o manejar los bosques de forma sostenible y de acuerdo a la realidad de cada tipo de bosque, y también obviamente de las poblaciones asentadas en ellos, pues los primeros proyectos de captura de carbono se han basado en el sector forestal (Malca 2008).

Además, los bienes y servicios ambientales de los recursos naturales, implica la generación de criterios económicos y ambientales sobre el aprovechamiento de los mismos. Con un manejo apropiado, pueden generar suficientes recursos financieros para que se conviertan en autosostenibles (Barsev 2002; Azqueta 2004 y Pacheco 2011).

1.2 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Problema general

¿Cuánto será la dinámica productiva de incremento de biomasa, carbono y producción de oxígeno en plantaciones de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015?

Específico

¿Cuánto será la dinámica productiva de incremento de biomasa en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015?

¿Cuánto será la dinámica productiva de incremento de almacenamiento de carbono en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015?

¿Cuánto será la dinámica productiva de incremento de secuestro de CO₂ en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015?

¿Cuánto será la dinámica productiva de incremento de la producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015?

1.3 OBJETIVOS

General

Cuantificar la dinámica productiva de incremento de biomasa, carbono y producción de oxígeno en plantaciones de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015.

Objetivo Específico

- Cuantificar la dinámica productiva de incremento de biomasa en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015.
- Cuantificar la dinámica productiva de incremento de almacenamiento de carbono en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015.
- Cuantificar dinámica productiva de incremento de secuestro de CO₂ en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015.
- Cuantificar la dinámica productiva de incremento de la producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) de diferentes edades en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015.

CAPITULO II.

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Antecedentes

Producción de biomasa de los bosques

Los procesos de almacenamiento de carbono y producción de oxígeno están ligadas a la producción de biomasa de los bosques; de acuerdo con datos proporcionados por la FAO (2010), la superficie total de bosques en el mundo es igual a 3,95 billones de hectáreas. La biomasa producida por los bosques del mundo constituye el 60% de la totalidad de biomasa producido por todos los ecosistemas del planeta (Lakyda 2011). Los estudios sobre la producción de biomasa forestal (en Ucrania, Suecia y otros países) se han realizado durante mucho tiempo con el objetivo de aumentar el soporte de productividad de la biomasa de madera de tronco por unidad de área. Hoy en día se considera al bosque no sólo como una fuente de madera y madera para pulpa, sino también para secuestrar carbono y como fuente de energía renovable (Stupak *et al.*, 2007). Basándose en el análisis realizado de los estudios de producción de biomasa, es posible sostener con gran conocimiento y experiencia la productividad de la masa forestal por componentes de fitomasa.

Secuestro de dióxido de carbono por la biomasa arbórea

Mantener la estabilidad del sistema climático es uno de los más importantes temas políticos globales y problemas económicos. El cambio climático es, posiblemente, el más importante y complicado problema de la protección de la naturaleza en el siglo pasado. La firma de la ONU Convención Marco sobre el cambio climático en junio de 1992 por los representantes de 155 países, atestigua que este problema es muy importante para la humanidad. Actualmente la Convención se ha ratificado por 194 partes (UNFCCC, 2010).

Pues, los principales mecanismos de mantenimiento de la estabilidad relativa de la temperatura del aire en la tierra son la radiación solar y el efecto invernadero. Sin embargo, muchas proyecciones muestran marcada tendencia hacia una mayor temperatura media anual. Destacados científicos conectan este fenómeno con aumento de la concentración de gases de efecto invernadero

o (GEI) en la atmósfera CO₂, CH₄, N₂O y los gases antropogénicos HFC, PFC, SF₆. Las estimaciones muestran que CO₂ es responsable de cerca del 80% del efecto invernadero antropogénico; metano añade otro 18-19% y el resto de gases de efecto invernadero 1-2% (Lakyda 2011). Del inventario de las emisiones del gas CO₂ demuestra que los países desarrollados son responsables en gran parte de las emisiones por el uso de combustibles fósiles; además participan de forma reducida en la reducción de las emisiones de estos gases. (Victoria *et al.* 1994).

La captación de CO₂ por los ecosistemas vegetales terrestres constituye un componente importante en el balance global de Carbono (C). A escala mundial se considera que la biosfera terrestre fija cerca de 2000000 toneladas/año (IPCC, 2003).

Por otro lado, Higuchi y Carbalho (1994) estudiando la fitomasa y el contenido de carbono de especies arbóreas de la amazonia concluyen que del peso total de un árbol la contribución de cada compartimiento es la siguiente: tronco 65%, ramas 31% y hojas 4%; mientras que el peso seco representa el 60% del peso fresco, esto es del peso total de un árbol en pie o sea el 40% es agua. El peso total de fitomasa en peso seco total obtenida por el método directo es de 436 tn/ha.

La recomendación actual teniendo en vista la realidad socio-económico de la región, es que sean introducidos proyectos que permitan producciones agrícolas económicas anuales al mismo tiempo que se desarrollen los recursos forestales (sistemas agro-silvo-pastoriles) de carbono. La oportunidad de negocio con subsidio internacional para este tipo de proyectos reside en la capacidad que posee para disminuir los contenidos de gas carbónico en la atmosfera y serán más atractivos cuanto mayor sean las tasas de fijación y los estoques finales (Salati 1994).

Por lo manifestado, la comunidad científica está mayormente de acuerdo, al menos en las bases cualitativas, en que los ecosistemas forestales del trópico han sido fuentes netas de Carbono y que los bosques templados del norte y boreales son un importante sumidero de Carbono (Lakida 2011). Una adecuada cuantificación del carbono almacenado en estos bosques es un requisito clave para desarrollar la línea base de estos proyectos.

Producción de oxígeno por los árboles

La producción de oxígeno en los bosques Pre-Urbano y Urbano de la ciudad de Kiev-Ucrania, se determinó que los bosques de conífera: 55667 tO₂/año; latifoliadas de hoja dura 3413 tO₂/año; latifoliadas de hoja suave 4244 tO₂/año haciendo un total de 61884 tO₂/año; mientras que en la ciudad de Estocolmo-Suecia determinó para el bosque de conífera en 3434 tO₂/año; latifoliadas de hojas suave 1734 tO₂/año y concluye que los bosques urbanos de la ciudad de Kiev son altamente productivo y son más eficientes en el secuestro de carbono y en términos de producción de oxígeno, esta diferencia se explica por las condiciones de crecimiento de los bosques y las prácticas forestales (Lakida, 2011).

Por su parte Nowak *et al.* (2007) Nowak *et al.* (2006a); Nowak and O'Connor (2001). Kenney *et al.* (2001); y Nowak *et al.* (2006b) realizando estudios sobre la emisión anual de oxígeno de bosques urbanos de las ciudades de 13 ciudades de EE.UU; determinaron que la mayor producción de oxígeno encontraron en la ciudad de Atlanta, Georgia con una producción de 94800 toneladas seguido por Freehold, New Jersey con 1100 toneladas, además, manifiestan que la variación encontrados por cada ciudad se debe principalmente por la especie y el tamaño de los árboles. Además, estimaron que los bosques urbanos en los Estados Unidos producen 61 millones de toneladas métricas de oxígeno anualmente, suficiente oxígeno para compensar el consumo anual de cerca de 2/3 partes de la población de los Estados Unidos; mientras que los árboles en Bogotá liberan aproximadamente 126 millones de kilogramos diarios de oxígeno para el consumo (IDPC, 2010). En un estudio realizado por tipos de bosque inundable y no inundable en la zona de Puerto Almendra, Nina rumi y Llanchama, se ha estimado un total de 148950,76 toneladas de biomasa, 74475,38 toneladas de Carbono almacenado 273101,20 toneladas de Dióxido de carbono secuestrado y 198625,83 toneladas de Oxígeno; (Cabudivo *et al.* 2011).

2.1.2 Bases teóricas

Las plantas absorben agua del suelo a través de las raíces y CO₂ a través de las hojas gracias a la luz solar y a la clorofila, transforman el agua y el CO₂ en azúcares, que después se transforman, al menos en parte, en celulosa (en madera) y

producen el oxígeno que respiramos; este proceso es llamado fotosíntesis y es la base de prácticamente toda la vida en la Tierra tal y como la conocemos. (Vilches y Rendón 2002). Los bosques que tienen crecimiento neto son capaces de capturar CO₂ mientras que los bosques maduros que crecen poco retienen el carbono ya fijado pero son incapaces de almacenar más Carbono y los bosques que experimentan una pérdida neta de biomasa por la mortalidad debido a la decadencia de la masa forestal se convierten en emisores de CO₂ (Gonzalo 2013).

El CO₂ secuestrado por las plantas es el resultado de las diferencias entre el CO₂ atmosférico absorbido durante el proceso de la fotosíntesis y el O₂ emitido a la atmósfera durante la respiración. Esta diferencia es convertida en biomasa y suele oscilar entre el 45-50% del peso seco de la planta. Por lo tanto, mientras el crecimiento sea alto, la vegetación natural y los cultivos agrícolas se convierten en los sumideros de carbono. Teniendo esto en cuenta, la agricultura se puede convertir en un mecanismo efectivo para mitigar el incremento del CO₂ atmosférico (Carbajal 2009).

Para calcular la captura de carbono es necesario conocer el período que el bosque alcanzará su madurez. Los índices de captura de carbono varían de acuerdo al tipo de árboles, suelos, topografía y prácticas de manejo en el bosque. La acumulación de carbono en los bosques, llega eventualmente a un punto de saturación, a partir del cual la captura de carbono resulta imposible. El punto de saturación se presenta cuando los árboles alcanzan su madurez y desarrollo completo. El carbono almacenado en un bosque se encuentra en los troncos, ramas, follaje, raíces, hojarasca, madera muerta y suelos (Vallejo 2009) Manzano y Hernández, (2008). Salati (1994) indica que la biomasa de un sistema boscosa puede ser medida en forma directa o estimada por procesos indirectos.

Según Sato (1966) y Sato (1962) existen tres métodos de medición de la biomasa, entre ellos son: 1) método de un árbol promedio, que no es lo suficientemente precisa, especialmente al evaluar fitomasa; 2) Método de la relación de las áreas basales de árboles modelo y un soporte, que es más preciso que el anterior caso de que en cuidadosa selección de modelo de árboles de diámetro y altura del tallo, longitud, densidad y el diámetro de la corona; 3) método de regresión, que ahora se considera como la más universal y preciso. Según este método, se seleccionan

árboles que representan principalmente a la población modelo de árboles de diámetro en una forma proporcional y, más raramente, por la altura. Después, el conjunto de datos inicial se iguala analíticamente por los medios de análisis de regresión. Por otra parte Manzano y Hernández (2008) manifiestan que la medición de la biomasa arbórea se basa en la medición directa, y esto implica el corte de parte de los árboles del bosque midiendo el volumen y la masa de los individuos. Mientras que las medidas indirectas son utilizadas para ser estimadas la biomasa de grandes aéreas forestales; son usadas las relaciones empíricas entre la biomasa y algunos otros parámetros determinándose así el valor de la biomasa seca por hectárea; los parámetros comúnmente disponibles en los inventarios son: diámetros, los arboles medidos a la altura del pecho (DAP), las alturas de los árboles y los volúmenes comerciales de madera.

Por otro lado, la producción de oxígeno neto de árboles se basa en la cantidad de oxígeno producido durante la fotosíntesis, menos la cantidad de oxígeno consumido durante la respiración de las plantas (Salisbury y Ross 1978). Si la captación de dióxido de carbono durante la fotosíntesis excede la liberación de dióxido de carbono por la respiración durante el año, el árbol se acumulará carbono (secuestro de carbono). De este modo, un árbol que tiene una acumulación neta de carbono durante un año (crecimiento de los árboles) también tiene una producción neta de oxígeno. La cantidad de oxígeno producido se estima a partir de la captura de carbono en base a los pesos atómicos.

Por lo tanto, es necesario desarrollar Mecanismo para un Desarrollo más Limpio (MDL) en la zona de selva baja de la amazonia peruana, mecanismo creado por el Protocolo de Kyoto a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático despierta gran expectativa en vista de su potencial para contribuir a financiar proyectos de desarrollo productivo que permitan reducir emisiones de gases de efecto invernadero (Chambi 2001).

Cuando deseamos estudiar el ciclo del carbono debemos tener en claro la diferencia entre stock y flujo del carbono, donde el stock es todo aquello que se encuentra almacenado en los componentes del bosque y los flujos son todos aquellos procesos que afectan el stock (Honorio 2009).

La cuantificación del stock de carbono debe ser suficientemente precisa y eficiente para minimizar los costos y tiempos de evaluación; pues, los estudios sobre el stock de carbono en diferentes formaciones vegetales de la Amazonia Peruana son aún limitados pero con un análisis estadístico adecuado de los datos existentes ayuda a desarrollar una estrategia de monitoreo futuro del carbono en los bosques (Honorio & Baker 2009).

2.1.3 Marco conceptual

Bosque: Espacio cubierto por árboles que aparecen de forma natural o artificial, donde su presencia no se ve impedida por condiciones externas de frío, aridez, vientos, agua y suelo, etc. (Instituto Nacional de Ecología 2007)

Biomasa aérea: Es la vegetación herbácea, arbustiva y árboles. El componente más importante de estas fuentes son los árboles. (Álvarez 2006)

Bioproductividad; es una producción, que está siendo creado sobre el suelo y partes superficiales de la biocenosis forestal durante la fotosíntesis en unidad de tiempo y de área (Bazilevich 1993).

Carbono: Constituye la base de la química orgánica, y es de gran importancia biológica debido a la gran variedad de usos y aplicaciones en sus distintas formas (Instituto Nacional de Ecología 2007)

Dióxido de carbono: Gas producido naturalmente, también es derivado de la combustibles fósiles y de la biomasa, así como de los cambios de uso de suelo y otros procesos industriales. (Pérez *et al.* 2005)

Energía de la Biomasa: Energía renovable originada, gracias a la luz del sol y mediante la fotosíntesis por la materia vegetal y los hidratos de carbono sintetizados por las plantas. (Instituto Nacional de Ecología 2007)

Fotosíntesis: Elaboración de sustancias orgánicas (alimento) a partir de bióxido de carbono y del agua, en presencia de clorofila y utilizando la energía solar; durante el proceso se libera oxígeno (Enciclopedia Lexus-Ecología 1997).

Fitomasa: es una masa total de materia orgánica en vivo sobre el suelo y partes subterráneos de soporte, que se mide en toneladas de materia orgánica seca por hectárea de superficie (Nowak *et al.* 2007).

Existencias de carbono: es una cantidad de carbono presente en el ecosistema forestal en un solo punto de tiempo

Oxígeno. Elemento químico muy abundante en la corteza terrestre, constituye casi una quinta parte del aire atmosférico en su forma molecular O₂. Forma parte del agua, de los óxidos, de casi todos los ácidos y sustancias orgánicas, y está presente en todos los seres vivos. (Instituto Nacional de Ecología 2007).

2.2 DEFINICIONES OPERACIONALES

Variables	Indicadores	Índices
A. Plantaciones B. Edades C. Dinámica productiva	➤ Diámetro altura del pecho	cm
	➤ Volumen arbóreo	m ³
	➤ Biomasa arbórea	t/árbol
	➤ Densidad de la madera	Kg/m ³
	➤ Almacenamiento de carbono	tC/árbol
	➤ Secuestro de dióxido de carbono	tCO ₂ /árbol
	➤ Producción de oxígeno	tO ₂ /árbol

2.3 HIPÓTESIS

General

La dinámica productiva de incremento de biomasa, carbono y producción de oxígeno en plantaciones es mayor en especies de mayor edad en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015.

Específicos

- La dinámica productiva de incremento de biomasa en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) es mayor en especies de mayor edad en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015
- La dinámica productiva de incremento de almacenamiento de carbono en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke)

y *Vochysia lomatophyla* (Standl) es mayor en especies de mayor edad en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015.

- La dinámica productiva de incremento de secuestro de CO₂ en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) es mayor en especies de mayor edad en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015.
- La dinámica productiva de incremento de la producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet), *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) y *Vochysia lomatophyla* (Standl) es mayor en especies de mayor edad en Puerto Almendra, Loreto-Perú-2015.

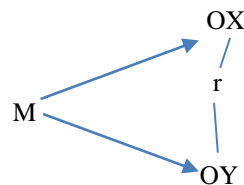
CAPITULO III. METODOLOGIA

3.1 Método de Investigación

El método aplicado para obtener información referente al diámetro del fuste (DAP) y la altura total (HT) de los árboles de las plantaciones de *S. amara* de 9 años, 19 años, 26 años, 35 años y 45 años; *C. cateniformis* de 9 años, 19 años, 29 años, 36 años y 45 años; y *V. lomatophyla* de 15 años, 16 años, 12 años, y 33 años fue mediante un censo al 100%, para ello se utilizó formatos elaborados para tal fin, los datos fueron procesados sobre la base del software BioEstat (Ayres *et al.* 2004); los mismos fueron analizados estadísticamente y presentados los resultados los que fueron interpretados y elaboradas las conclusiones

3.2 Diseño de la investigación

Corresponde a una investigación correlacional, porque se correlacionan las especies (plantaciones)-edad (años) y la dinámica productiva (biomasa arbórea, almacenamiento de carbono, secuestro de dióxido de carbono y la producción de oxígeno) de las plantaciones a evaluar (Vásquez 2011 y Alvitres 2004).



Dónde:

M = Muestra en estudio

OX= Observación variable independiente

OY= Observación variable dependiente

r = Coeficiente de correlación

3.3 Población y muestra

El estudio se realizó en las plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla* instaladas en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR)–Puerto Almendra, ubicado al margen derecho del río Nanay a 22 Km de distancia en dirección Sur-Oeste desde la ciudad de Iquitos; geográficamente se encuentra ubicado en las coordenadas 3° 49′ 40″ Latitud Sur y 73° 22′ 30″ Longitud Oeste, a una altitud aproximada de 122 msnm (Quintana 2006).

Climatológicamente presenta: precipitación media anual está en 2979,3 mm; la temperatura media anual es de 26,4 °C; las temperaturas máximas y mínimas

promedio anuales alcanzan 31,6 °C y 21,6 °C, respectivamente. El área de estudio se localiza dentro de la zona de vida denominada Bosque Húmedo Tropical (bh – T) (Quintana 2006).

El universo poblacional fueron árboles de plantaciones de *S. amara*, *C. cedrelinga* y *V. lomatophyla* de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años establecidas en el centro de Investigación y Enseñanza Forestal-Puerto Almendra.

Los datos se obtuvo del inventario de árboles de las plantaciones de *Simarouba amara* “marupa” *Cedrelinga cateniformis* “tornillo” y *Vochysia lomatophyla* “quillosa” que se realizó durante el año 2015 que se muestra a continuación:

Cuadro 1. Diseño de toma de datos de la investigación

A. Plantacion	B. Edad	C. Dinámica productiva (Numero de árboles)			
	(Años)	Biomasa Arbórea	Almacenamiento Carbono	Secuestro CO ₂	Producción O ₂
<i>S. amara</i>	9	20	20	20	20
	19	8	8	8	8
	26	20	20	20	20
	35	20	20	20	20
	44	20	20	20	20
<i>C. cateniformis</i>	9	14	14	14	14
	19	9	9	9	9
	29	20	20	20	20
	36	13	13	13	13
	45	20	20	20	20
<i>V. lomatophyla</i>	15	20	20	20	20
	16	20	20	20	20
	22	10	10	10	10
	33	20	20	20	20

3.4 Técnicas e instrumentos

Para la recolección de datos se empleó el método del censo de árboles por plantación y edades, enumeradas y etiquetadas ordenadamente, con los instrumentos de medición como el clinómetro Sunnto y wincha, se determinó la

altura comercial de los árboles, empleando la forcípula a una altura de 1,30 m desde la base del árbol se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP) y para establecer la ubicación geográfica de cada árbol se utilizó el GPS de marca Garmin.

Cuadro 2. Plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

N°	Nombre Común	Nombre Científica	Plantación	Área	Edad	Arboles Muestras
			N°	(ha)	(años)	N°
1	Marupa	<i>S. amara</i>	P-7	0,14	44	20
2	Marupa	<i>S. amara</i>	P-35	0,34	35	20
3	Marupa	<i>S. amara</i>	P-10	0,34	26	20
4	Marupa	<i>S. amara</i>	P-5	0,36	19	8
5	Marupa	<i>S. amara</i>	P-63	3,50	9	20
6	Tornillo	<i>C. cateniformis</i>	P-29	0.66	45	20
7	Tornillo	<i>C. cateniformis</i>	P-36	0,75	36	13
8	Tornillo	<i>C. cateniformis</i>	P-17	0,18	29	20
9	Tornillo	<i>C. cateniformis</i>	P-5	0.45	19	9
10	Tornillo	<i>C. cateniformis</i>	P-63	3.50	9	14
11	Quillosa	<i>V. lomatophyla</i>	P-15	0,03	33	20
12	Quillosa	<i>V. lomatophyla</i>	P-3	1.52	22	10
13	Quillosa	<i>V. lomatophyla</i>	P-12	0.45	16	20
14	Quillosa	<i>V. lomatophyla</i>	P-64	0.50	15	20

3.5 Procedimientos de recolección de datos

3.5.1 Inventario de los árboles de las plantaciones

El inventario de los arboles por cada plantación se realizó de acuerdo a los lineamientos del inventario realizados por (Espiritu *et al.*, 2014)

3.5.2 Calculo del volumen maderable.

Fórmula utilizada por (Chambi 2001)

$$V= AB * Ff * Hc$$

Donde:

V = volumen en m³

AB = área basal en m²

Ff = factor de forma (0.65)

h = altura en metros

3.5.3 Producción de biomasa de las coberturas arbóreas

Conversión de volumen a biomasa del fuste

Para obtener la biomasa se utilizó la fórmula propuesta por (Brown 1997)

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

Donde:

BF = Biomasa fuste en toneladas (t)

V = Volumen en m³

Db = Densidad básica de la madera en kg/m³

Cálculo de biomasa total

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

$$BT = BF * FEB$$

Donde:

BT = Biomasa total en toneladas (t)

BF = Biomasa del fuste en toneladas (t)

FEB = Factor de expansión de biomasa = 1,4

3.5.4 Calculo del almacenamiento de carbono

La biomasa total se multiplico por 0,5 debido a que la materia seca contiene en promedio un 50% de carbono almacenado (IPCC 2003).

$$CAT = BT * 0,5$$

Donde:

CT = Carbono total en toneladas de carbono (tC)

BT = Biomasa total en tonelada (t)

3.5.5 Calculo del secuestro de dióxido de carbono

Para realizar el cálculo del secuestro de CO₂ se empleó la fórmula utilizada por Gonzalo (2013); Guerra (2013); Vallejo (2009); Alegre (2008); Gamarra (2001) e IPCC (2003).

$$CO_2 = C_T * p.a CO_2/p.aC$$

Donde:

CO_2 = Dióxido de carbono, en toneladas

C_T = Carbono total almacenado, en toneladas

p.a CO_2 = Peso atómico del dióxido de carbono, en toneladas

p.a C = Peso atómico del Carbono, en toneladas

3.5.6 Calculo de la producción de oxígeno

Para calcular la producción de oxígeno, fue a partir del carbono secuestrado basado en su peso atómico (Nowak *et al.* 2007; Salisbury and Ross 1978), Barone y Fernández, 1983).

$$O_2 \text{ (neto)} = C_s * p.aO_2 / p.aC$$

Dónde:

O_2 = Producción de Oxígeno en toneladas;

C_s = Carbono secuestrado en toneladas;

p.a O_2 = Peso atómico del Oxígeno, en toneladas

p.c C = Peso atómico del Carbono, en toneladas

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizó con el software BioEstat aplicando la correlación de Pearson comparando la significancia de las variables: Plantaciones-Edad-Dinámica productiva con respecto a la producción de biomasa arbórea, almacenamiento de carbono, secuestro de CO_2 y producción de oxígeno (Ayres *et al.* 2004). Además, se realizó el análisis de varianza al 0.05 de significancia y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

3.7 Protección de los derechos humanos

Para la ejecución de los trabajos de campo en la toma de datos del censo de árboles, se han tenido que tener en cuenta los aspectos de bioseguridad, para el personal de apoyo, mediante el uso de cascos para proteger la cabeza; botas y camisa manga larga, para la protección de las extremidades inferiores y superiores respectivamente, y llevar una dotación de suero antiofídico, además de repelentes contra cualquier insecto. No se trabajó con humanos como muestra por lo tanto, no se ha presentado el consentimiento informado.

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1 Dinámica productiva de biomasa en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

Se muestran los resultados de la dinámica productiva de biomasa en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla* de diferentes edades. En el cuadro 3 y en las gráficas 1 y 2, se presentan los valores de la producción de biomasa de plantaciones de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*, encontrándose mayor producción en arboles de plantaciones de *C. cateniformis* de 45 años, 36 años y 29 años de edad, con 10,774 t/árbol; 6,312 t/árbol y 2,572 t/árbol respectivamente; paralelamente, los mayores incrementos anualizados se han determinado en la misma especie y edades de las plantaciones en 0,239 t/árbol; 0,175 t/árbol y 0,089 t/árbol respectivamente.

Cuadro 3. Producción de biomasa en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

Especie	Edad plantación (años)	DAP (cm)	Altura total (m)	Densidad madera (kg/m ³)	Biomasa Árbol (t)	Incremento anualizado (t/árbol)
<i>S. amara</i>	9	14,21	12,29	300	0,055	0,006
	19	16,74	15,97	327	0,126	0,007
	26	26,70	20,26	369	0,677	0,026
	35	30,98	21,58	370	0,995	0,028
	44	36,27	23,82	370	1,475	0,034
<i>C. cateniformis</i>	9	17,91	12,97	373	0,113	0,013
	19	26,21	22,69	423	0,640	0,034
	29	38,90	28,54	470	2,572	0,089
	36	56,23	31,56	470	6,312	0,175
	45	71,95	34,87	470	10,774	0,239
<i>V. lomatophylla</i>	15	15,66	18,05	400	0,137	0,009
	15	21,70	20,04	400	0,304	0,020
	22	24,86	22,07	440	0,748	0,034
	33	27,52	24,12	449	1,036	0,031

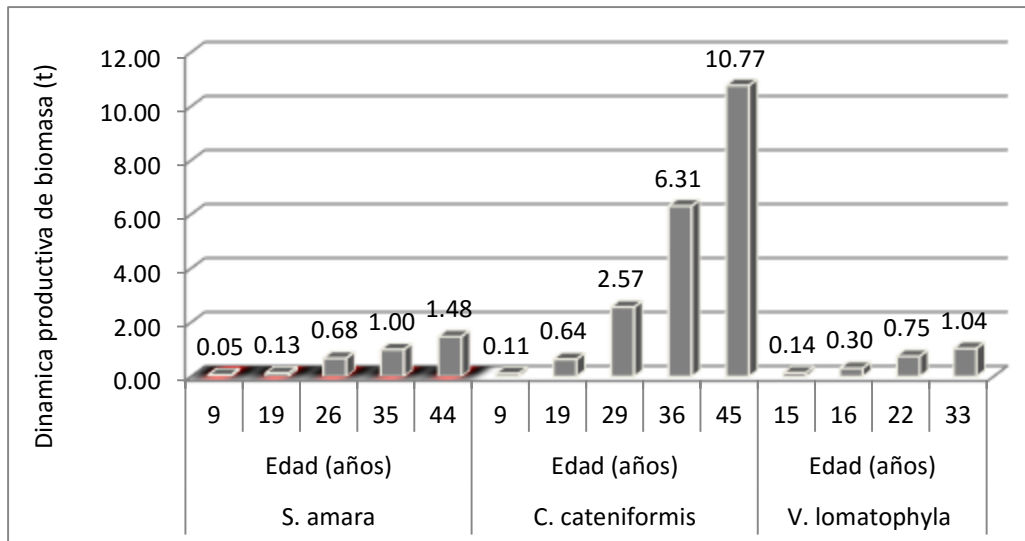


Grafico 1. Producción de biomasa en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

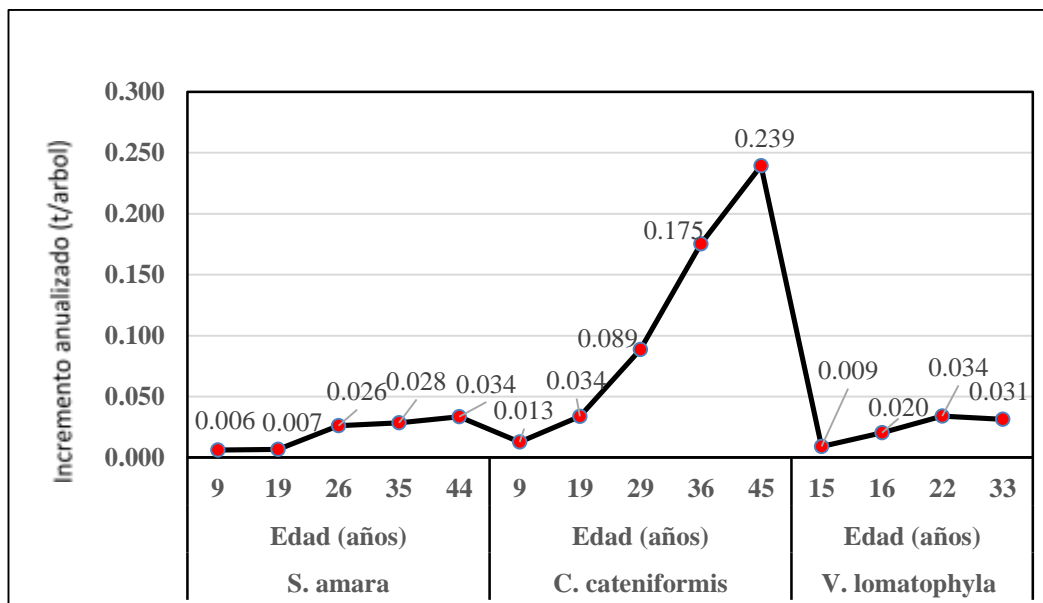


Grafico 2. Incremento anualizado de biomasa en *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

En el cuadro 4 se presentan los resultados del análisis estadístico mediante el análisis de varianza de la dinámica productiva de la biomasa donde los resultados en las plantaciones de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años el nivel crítico ($0,00000$) es menor $\alpha=0,05$;

por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante del ANOVA ($H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$) y puede indicarse que existen diferencias significativas en la producción de biomasa en las plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*. Mientras que el cuadro 5 se puede observar las comparaciones múltiples de Tukey, mediante la diferencia entre las medias del valor de la producción de biomasa de las plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla* en cada uno de los pares de grupos definidos por la variable edad. Se incluye el error típico de la diferencia de medias, también, el nivel crítico asociado a dicha diferencia (Sig.) y los límites del intervalo de confianza. Como se puede ver, los resultados indican que no existen diferencias significativas entre los grupos comparados de 9 años – 19 años y 26 años -35 años en arboles de plantaciones de *S. amara* a un nivel de $\alpha= 0,05$. Con referencia a plantaciones de *C. cateniformis* no existen diferencias significativas entre los grupos de edades entre 9 años - 19 años -29 años a un nivel de $\alpha= 0,05$. Con respecto a las plantaciones de *V. lomatophyla* no existen significancia entre las edades de 16 años-22 años y entre 22 años – 33 años a un nivel de $\alpha= 0,05$.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la producción de biomasa en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

F. V.		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig _(0,05)
Biomasa <i>S. amara</i>	Inter-grupos	24,608	4	6,152	45,202	0,000
	Intra-grupos	11,296	83	0,136		
	Total	35,904	87			
Biomasa <i>C. cateniformis</i>	Inter-grupos	1305,128	4	326,282	47,472	0,000
	Intra-grupos	487,996	71	6,873		
	Total	1793,124	75			
Biomasa <i>V. lomatophyla</i>	Inter-grupos	8,017	3	2,672	33,917	0,000
	Intra-grupos	5,042	64	0,079		
	Total	13,059	67			

Cuadro 5. Prueba de tukey de la producción de biomasa en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

Especies	Edad (Edad)	Significancia
<i>S. amara</i>	9	
	19	
	26	
	35	
	44	
<i>C. cateniformis</i>	9	
	19	
	29	
	36	
	45	
<i>V. lomatophylla</i>	15	
	16	
	22	
	33	

4.2 Dinámica productiva de almacenamiento de carbono en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

En el cuadro 6 y en las gráficas 3 y 4, se presentan los valores de almacenamiento de carbono en plantaciones de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*, encontrándose mayor almacenamiento en arboles de plantaciones de *C. cateniformis* de 45 años, 36 años y 29 años de edad, con 5,387 t/árbol; 3,156 t/árbol y 1,286 t/árbol respectivamente; paralelamente, los mayores incrementos anualizados en 0,120 t/árbol; 0,088 t/árbol y 0,044 t/árbol respectivamente. Sin embargo, el menor almacenamiento de carbono se ha determinado en las plantaciones de 9 años y 19 años de *S. amara* con 0,027 t/árbol y 0,063 t/árbol respectivamente; a la vez, el menor incremento anualizado con 0.003 t/árbol respectivamente.

Cuadro 6. Almacenamiento de carbono en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

Especie	Edad plantación (años)	DAP (cm)	Altura total (m)	Densidad madera (kg/m ³)	Carbono Árbol (t)	Incremento anualizado (t/árbol)
<i>S. amara</i>	9	14,21	12,29	300	0,027	0,003
	19	16,74	15,97	327	0,063	0,003
	26	26,70	20,26	369	0,338	0,013
	35	30,98	21,58	370	0,498	0,014
	44	36,27	23,82	370	0,738	0,017
<i>C. cateniformis</i>	9	17,91	12,97	373	0,057	0,006
	19	26,21	22,69	423	0,320	0,017
	29	38,90	28,54	470	1,286	0,044
	36	56,23	31,56	470	3,156	0,088
	45	71,95	34,87	470	5,387	0,120
<i>V. lomatophyla</i>	15	15,66	18,05	400	0,068	0,005
	15	21,70	20,04	400	0,152	0,010
	22	24,86	22,07	440	0,374	0,017
	33	27,52	24,12	449	0,518	0,016

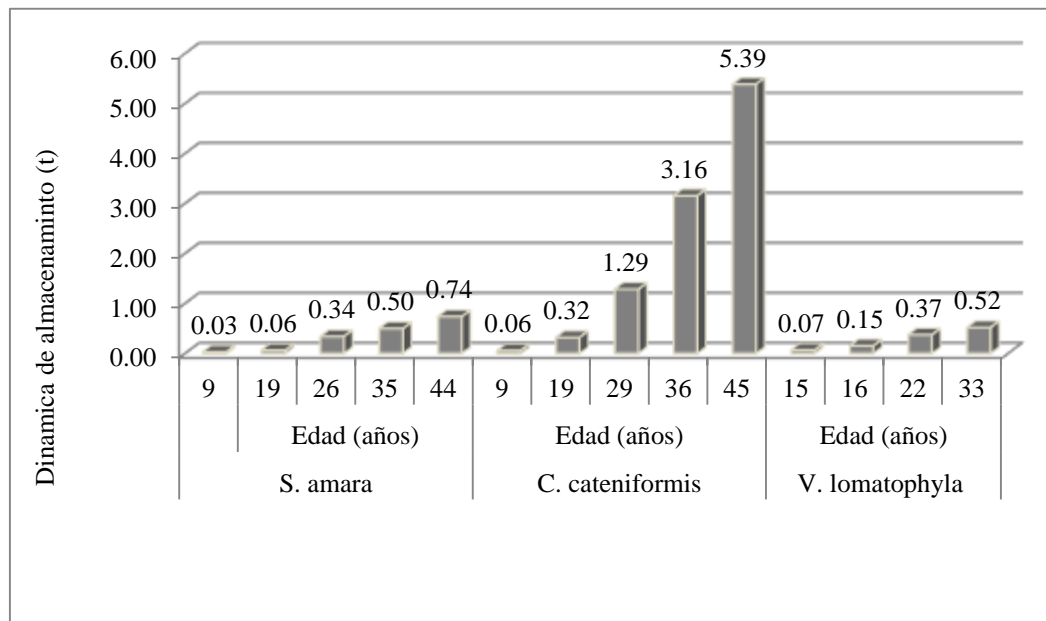


Grafico 3. Almacenamiento de carbono en arboles de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

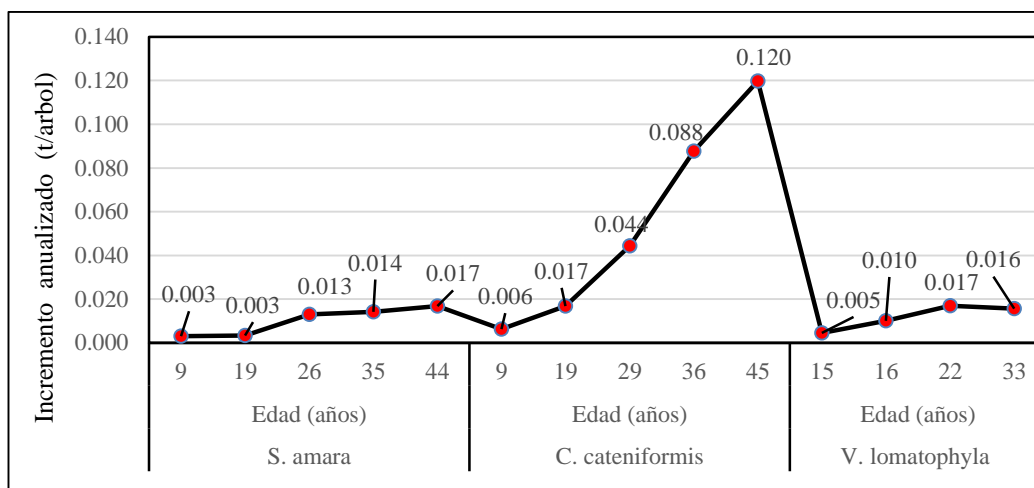


Grafico 4. Incremento anualizado de carbono en *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

En el cuadro 7 se presentan los resultados del análisis estadístico mediante el análisis de varianza de almacenamiento de carbono donde los resultados en las plantaciones de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años el nivel crítico (0,00000) es menor $\alpha= 0,05$, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante del ANOVA ($H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$) y puede indicarse que existen diferencias significativas en el almacenamiento de carbono en las plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*. Mientras que el cuadro 8 se puede observar las comparaciones múltiples de Tukey, mediante la diferencia entre las medias del valor del almacenamiento de carbono en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla* en cada uno de los pares de grupos definidos por la variable edad. Se incluye el error típico de la diferencia de medias, también, el nivel crítico asociado a dicha diferencia (Sig.) y los límites del intervalo de confianza. Como se puede ver, los resultados indican que no existen diferencias significativas entre los grupos comparados de 9 años – 19 años y 26 años -35 años en arboles de plantaciones de *S. amara* a un nivel de $\alpha= 0,05$. Con referencia a plantaciones de *C. cateniformis* no existen diferencias significativas entre los grupos de edades entre 9 años - 19 años -29 años a un nivel de $\alpha= 0,05$. Con respecto a las plantaciones de *V. lomatophyla* no existen significancia entre las edades de 16 años-22 años y entre 22 años – 33 años a un nivel de $\alpha= 0,05$.

Cuadro 7. Análisis de varianza de almacenamiento de carbono en arboles de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

F. V.		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig _(0,05)
Almacenamiento carbono <i>S. amara</i>	Inter-grupos	6,153	4	1,538	45,226	0,000
	Intra-grupos	2,823	83	0,034		
	Total	8,976	87			
Almacenamiento carbono <i>C. cateniformis</i>	Inter-grupos	326,255	4	81,564	47,473	0,000
	Intra-grupos	121,986	71	1,718		
	Total	448,241	75			
Almacenamiento carbono <i>V. lomatophylla</i>	Inter-grupos	2,003	3	0,668	33,904	0,000
	Intra-grupos	1,260	64	0,020		
	Total	3,263	67			

Cuadro 8. Prueba de tukey de almacenamiento de carbono en arboles de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

Especies	Edad (Edad)	Significancia
<i>S. amara</i>	9	
	19	
	26	
	35	
	44	
<i>C. cateniformis</i>	9	
	19	
	29	
	36	
	45	
<i>V. lomatophylla</i>	15	
	16	
	22	
	33	

4.3 Dinámica del secuestro de CO₂ en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

En el cuadro 9 y en las gráficas 5 y 6, se presentan los valores del secuestro de CO₂ en arboles de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*, encontrándose mayor secuestro de CO₂ en arboles de plantaciones de *C.*

cateniformis de 45 años, 36 años y 29 años de edad, con 19,752 t/árbol; 11,572 t/árbol y 4,715 t/árbol respectivamente; paralelamente, los mayores incrementos anualizados se han determinado en la misma especie y edades de las plantaciones en 0,439 t/árbol; 0,321 t/árbol y 0,163 t/árbol respectivamente. Sin embargo, el menor secuestro de dióxido de carbono se ha determinado en las plantaciones de 9 años y 19 años de *S. amara* con 0,101 t/árbol y 0,230 t/árbol respectivamente; a la vez, el menor incremento anualizado en la misma especie y edades con 0,011 y 0,012 t/árbol respectivamente.

Cuadro 9. Secuestro de CO₂ en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

Especie	Edad plantación (años)	DAP (cm)	Altura total (m)	Densidad madera (kg/m ³)	CO ₂ Árbol (t)	Incremento anualizado (t/árbol)
<i>S. amara</i>	9	14,21	12,29	300	0,101	0,011
	19	16,74	15,97	327	0,230	0,012
	26	26,70	20,26	369	1,241	0,048
	35	30,98	21,58	370	1,825	0,052
	44	36,27	23,82	370	2,705	0,061
<i>C. cateniformis</i>	9	17,91	12,97	373	0,208	0,023
	19	26,21	22,69	423	1,174	0,062
	29	38,90	28,54	470	4,715	0,163
	36	56,23	31,56	470	11,572	0,321
	45	71,95	34,87	470	19,752	0,439
<i>V. lomatophyla</i>	15	15,66	18,05	400	0,251	0,017
	15	21,70	20,04	400	0,558	0,037
	22	24,86	22,07	440	1,371	0,062
	33	27,52	24,12	449	1,898	0,058

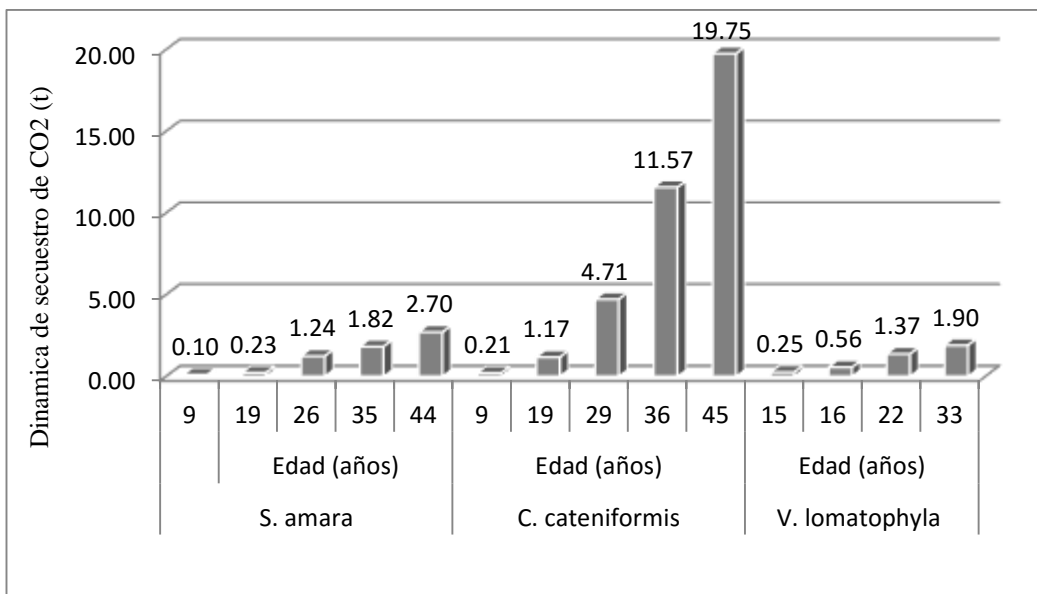


Grafico 5. Secuestro de carbono en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. Lomatophyla*

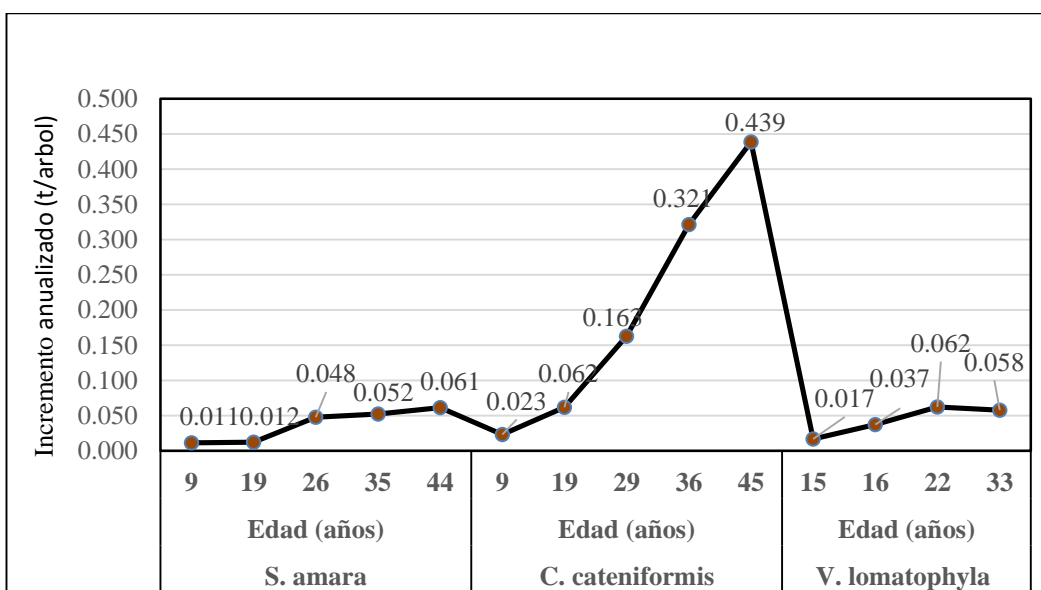


Grafico 6. Incremento de secuestro de carbono en *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

En el cuadro 10 se presentan los resultados del análisis estadístico mediante el análisis de varianza de secuestro de dióxido de carbono donde los resultados en las plantaciones de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años el nivel crítico (0,00000) es menor $\alpha = 0,05$; por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante del ANOVA ($H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$) y

puede indicarse que existen diferencias significativas en el almacenamiento de carbono en las plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*.

Mientras que el cuadro 11 se puede observar las comparaciones múltiples de Tukey, mediante la diferencia entre las medias del valor del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla* en cada uno de los pares de grupos definidos por la variable edad. Se incluye el error típico de la diferencia de medias, también, el nivel crítico asociado a dicha diferencia (Sig.) y los límites del intervalo de confianza. Como se puede ver, los resultados indican que no existen diferencias significativas entre los grupos comparados de 9 años – 19 años y 26 años -35 años en arboles de plantaciones de *S. amara* a un nivel de $\alpha=0,05$.

Con referencia a plantaciones de *C. cateniformis* no existen diferencias significativas entre los grupos de edades entre 9 años - 19 años -29 años a un nivel de $\alpha=0,05$. Con respecto a las plantaciones de *V. lomatophyla* no existen significancia entre las edades de 16 años-22 años y entre 22 años – 33 años a un nivel de $\alpha=0,05$.

Cuadro 10. Análisis de varianza del secuestro de CO₂ en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

F. V.		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig _(0,05)
Secuestro de carbono <i>S. amara</i>	Inter-grupos	82,722	4	20,681	45,201	0,000
	Intra-grupos	37,975	83	0,458		
	Total	120,697	87			
Secuestro de carbono <i>C. cateniformis</i>	Inter-grupos	4386,577	4	1096,644	47,472	0,000
	Intra-grupos	1640,153	71	23,101		
	Total	6026,730	75			
Secuestro de carbono <i>V. lomatophyla</i>	Inter-grupos	26,939	3	8,980	33,907	0,000
	Intra-grupos	16,950	64	0,265		
	Total	43,889	67			

Cuadro 11. Prueba de tukey del secuestro de CO₂ en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

Especies	Edad (Edad)	Significancia
<i>S. amara</i>	9	
	19	
	26	
	35	
	44	
<i>C. cateniformis</i>	9	
	19	
	29	
	36	
	45	
<i>V. lomatophylla</i>	15	
	16	
	22	
	33	

4.4 Dinámica de la producción de oxígeno en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

En el cuadro 12 y en las gráficas 7 y 8, se presentan los valores de la producción de oxígeno (O₂) en plantaciones de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*, encontrándose mayor producción de oxígeno en arboles de plantaciones de *C. cateniformis* de 45 años, 36 años y 29 años de edad, con 14,365 t/árbol; 8,416 t/árbol y 3,429 t/árbol respectivamente; paralelamente, los mayores incrementos anualizados de la producción de oxígeno (O₂) se han determinado en la misma especie y edades de las plantaciones en 0,319 t/árbol; 0,234 t/árbol y 0,118 t/árbol respectivamente. Sin embargo, la menor producción de oxígeno se ha determinado en las plantaciones de 9 años y 19 años de *S. amara* con 0,073 t/árbol y 0,167 t/árbol respectivamente; a la vez, el menor incremento anualizado con 0,0081 t/árbol y 0,009 t/árbol respectivamente. En el cuadro 13 se presentan los resultados del análisis de varianza de producción de oxígeno, donde los resultados en las plantaciones de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años el nivel crítico (0,00000) es menor $\alpha=0,05$, por lo tanto, se acepta la hipótesis

alternante del ANOVA ($H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$) y puede indicarse que existen diferencias significativas en la producción de oxígeno en las plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*. Mientras que el cuadro 14 se puede observar las comparaciones múltiples de Tukey, mediante la diferencia entre las medias del valor de producción de oxígeno en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla* en cada uno de los pares de grupos definidos por la variable edad. Los resultados indican que no existen diferencias significativas entre los grupos comparados de 9 años – 19 años y 26 años -35 años en arboles de plantaciones de *S. amara* a un nivel de $\alpha=0,05$. Con referencia a plantaciones de *C. cateniformis* no existen diferencias significativas entre los grupos de edades entre 9 años - 19 años -29 años a un nivel de $\alpha=0,05$. Con respecto a las plantaciones de *V. lomatophyla* no existen significancia entre las edades de 16 años-22 años y entre 22 años – 33 años a un nivel de $\alpha=0,05$.

Cuadro 12. Producción de oxígeno en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

Especie	Edad plantación (años)	DAP (cm)	Altura total (m)	Densidad madera (kg/m^3)	Oxígeno Árbol (t)	Incremento anualizado (t/árbol)
<i>S. amara</i>	9	14,21	12,29	300	0,073	0,008
	19	16,74	15,97	327	0,167	0,009
	26	26,70	20,26	369	0,902	0,035
	35	30,98	21,58	370	1,327	0,038
	44	36,27	23,82	370	1,967	0,045
<i>C. cateniformis</i>	9	17,91	12,97	373	0,151	0,017
	19	26,21	22,69	423	0,853	0,045
	29	38,90	28,54	470	3,429	0,118
	36	56,23	31,56	470	8,416	0,234
	45	71,95	34,87	470	14,365	0,319
<i>V. lomatophyla</i>	15	15,66	18,05	400	0,182	0,012
	15	21,70	20,04	400	0,406	0,027
	22	24,86	22,07	440	0,997	0,045
	33	27,52	24,12	449	1,381	0,042

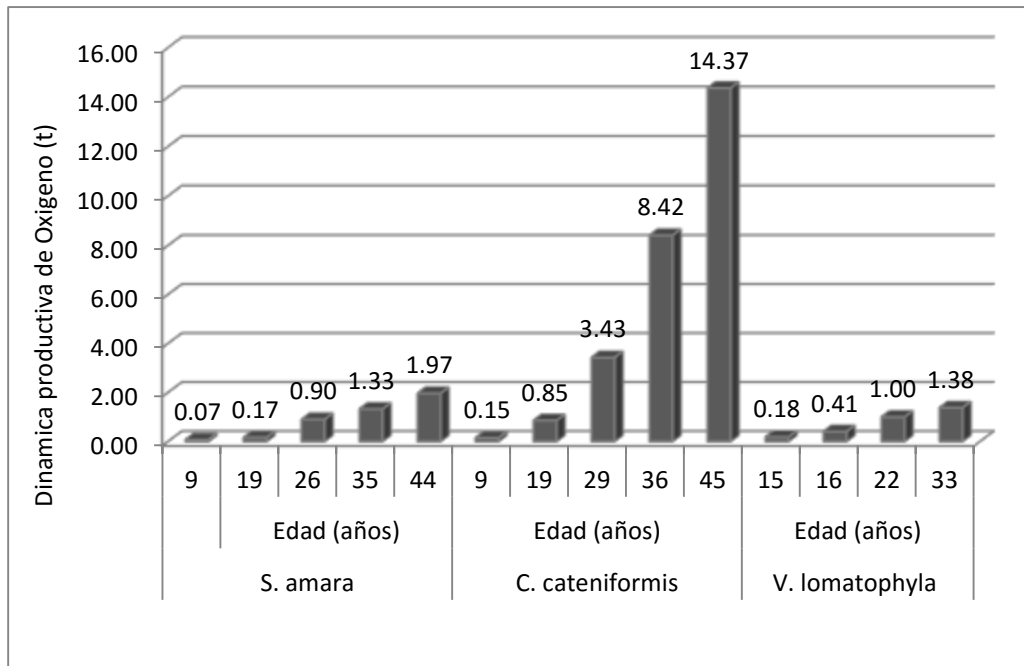


Grafico 7. Producción de oxígeno en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

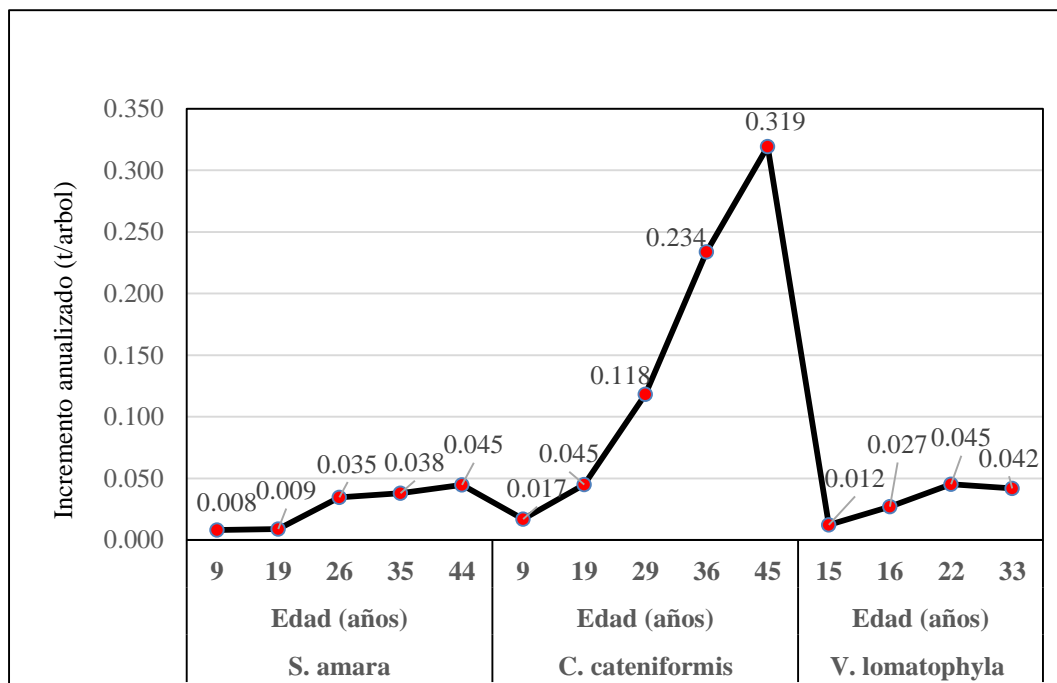


Grafico 8. Incremento anualizado de oxígeno en *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophyla*

Cuadro 13. Análisis de varianza de la producción de oxígeno en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

F. V.		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig _(0,05)
Producción oxígeno <i>S. amara</i>	Inter-grupos	43,746	4	10,936	45,194	0,000
	Intra-grupos	20,085	83	0,242		
	Total	63,831	87			
Producción oxígeno <i>C. cateniformis</i>	Inter-grupos	2320,147	4	580,037	47,471	0,000
	Intra-grupos	867,524	71	12,219		
	Total	3187,671	75			
Producción oxígeno <i>V. lomatophylla</i>	Inter-grupos	14,251	3	4,750	33,912	0,000
	Intra-grupos	8,965	64	0,140		
	Total	23,215	67			

Cuadro 14. Análisis estadístico de la Prueba de tukey de la producción de O₂ en plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

Especies	Edad (años)	Significancia
<i>S. amara</i>	9	
	19	
	26	
	35	
	44	
<i>C. cateniformis</i>	9	
	19	
	29	
	36	
	45	
<i>V. lomatophylla</i>	15	
	16	
	22	
	33	

4.4 Análisis correlacional de la dinámica productiva de plantaciones de *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*

En el cuadro 15 se presenta el análisis de correlación de Pearson, para la plantación de *S. amara* los resultados muestran que las variables de las columnas 1 y 2 (Edad-Biomasa), 1 y 3 (Edad-almacenamiento de carbono), 1 y 4 (Edad-secuestro de CO₂), 1 y 5 (Edad-producción de O₂); presentan una correlación altamente significativa ($p=0,0046$) con coeficiente de Pearson igual a $r = 0,9753$; mientras, que las columnas 2 y 3 (Biomasa-almacenamiento de carbono), 2 y 4 (Biomasa-secuestro de CO₂), 2 y 5 (Biomasa-producción de O₂); 3 y 4 (Almacenamiento de carbono-secuestro de CO₂), 3 y 5 (Almacenamiento de carbono-producción de O₂); 4 y 5 (Secuestro de CO₂-producción de O₂) también, estas variables presentan correlación altamente significativa ($p=0,0000$); $r=1,0000$; es decir, a medida que aumentan una de las variables, la otra variable aumenta en valor.

En el cuadro 16 se presenta el análisis de correlación de Pearson, para la plantación de *C. cateniformis*, los resultados muestran que las variables de las columnas 1 y 2 (Edad-Biomasa), 1 y 3 (Edad-almacenamiento de carbono), 1 y 4 (Edad-secuestro de CO₂), 1 y 5 (Edad-producción de O₂); presentan una correlación altamente significativa ($p=0,0176$) con coeficiente de Pearson igual a $r = 0,9397$; mientras, que las columnas 2 y 3 (Biomasa-almacenamiento de carbono), 2 y 4 (Biomasa-secuestro de CO₂), 2 y 5 (Biomasa-producción de O₂); 3 y 4 (Almacenamiento de carbono-secuestro de CO₂), 3 y 5 (Almacenamiento de carbono-producción de O₂); 4 y 5 (Secuestro de CO₂-producción de O₂) también, estas variables presentan correlación altamente significativa ($p=0,0000$); $r=1,0000$; es decir, a medida que aumentan una de las variables, la otra variable aumenta en valor.

En el cuadro 17 se presenta el análisis de correlación de Pearson, para la plantación de *V. lomatophylla*, los resultados muestran que las variables de las columnas 1 y 2 (Edad-Biomasa), 1 y 3 (Edad-almacenamiento de carbono), 1 y 4 (Edad-secuestro de CO₂), 1 y 5 (Edad-producción de O₂); presentan una correlación Positiva con ($p=0,0176$) y con coeficiente de Pearson igual a $r = 0,9397$; mientras, que las columnas 2 y 3 (Biomasa-almacenamiento de carbono), 2 y 4 (Biomasa-secuestro de CO₂), 2 y 5 (Biomasa-producción de O₂); 3 y 4 (Almacenamiento de carbono-

secuestro de CO₂), 3 y 5 (Almacenamiento de carbono-producción de O₂); 4 y 5 (Secuestro de CO₂-producción de O₂), estas variables presentan correlación altamente significativa ($p=0,0000$); $r=1,0000$; es decir, a medida que aumentan una de las variables, la otra variable aumenta en valor.

Cuadro 15. Análisis de correlación de Pearson de la dinámica productiva en plantaciones de *S. amara* de diferentes edades

Columnas	1 y 2	1 y 3	1 y 4	1 y 5	2 y 3	2 y 4	2 y 5	3 y 4	3 y 5	4 y 5
N (pares) =	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
r (Pearson) =	0,9753	0,9754	0,9753	0,9753	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
IC 95% =	0,67 a 1,00	0,67 a 1,00	0,67 a 1,00	0,67 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00
IC 99% =	0,35 a 1,00	0,35 a 1,00	0,35 a 1,00	0,35 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00	1,00 a 1,00
R2 =	0,9513	0,9515	0,9511	0,9512	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
t =	7,6545	7,6687	7,6412	7,6430	1509,5101	3773,4077	3718,7933	1394,8556	1575,0949	11468,5525
GL =	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
(p) =	0,0046	0,0046	0,0046	0,0046	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Matriz de Correlación (marupa)	Columna 1 (Edad)	Columna 2 (Biomasa)	Columna 3 (Carbono)	Columna 4 (CO ₂)	Columna 5 (O ₂)					
Columna 1 (Edad)	1,0000	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Columna 2 (Biomasa)	0,9753	1,0000	---	---	---	---	---	---	---	---
Columna 3 (Carbono)	0,9754	1,0000	1,0000	---	---	---	---	---	---	---
Columna 4 (CO ₂)	0,9753	1,0000	1,0000	1,0000	---	---	---	---	---	---
Columna 5 (O ₂)	0,9753	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	---	---	---	---	---

Cuadro 16. Análisis de correlación de Pearson de dinámica productiva en plantaciones de *C. cateniformis* de diferentes edades

Columnas	1 y 2	1 y 3	1 y 4	1 y 5	2 y 3	2 y 4	2 y 5	3 y 4	3 y 5	4 y 5
N (pares) =	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
r (Pearson) =	0,9397	0,9397	0,9397	0,9397	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
IC 95% =	0,34 a 1,00	0,34 a 1,00	0,34 a 1,00	0,34 a 1,00	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0
IC 99% =	-0,09 a 1,00	-0,09 a 1,00	-0,09 a 1,00	-0,09 a 1,00	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0
R2 =	0,8831	0,8831	0,8831	0,8831	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
t =	4,7608	4,7596	4,7602	4,7603	19917,51	38291,48	37008,77	23397,80	33037,60	38346,58
GL =	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
(p) =	0,0176	0,0176	0,0176	0,0176	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Matriz de Correlación (tornillo)	Columna 1 (Edad)	Columna 2 (Biomasa)	Columna 3 (Carbono)	Columna 4 (CO ₂)	Columna 5 (O ₂)					
Columna 1 (Edad)	1,0000	---	---	---	---	---				
Columna 2 (Biomasa)	0,9397	1,0000	---	---	---	---				
Columna 3 (Carbono)	0,9397	1,0000	1,0000	---	---	---				
Columna 4 (CO ₂)	0,9397	1,0000	1,0000	1,0000	---	---				
Columna 5 (O ₂)	0,9397	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	---				

Cuadro 17. Análisis de correlación de Pearson de dinámica productiva en plantaciones de *V. lomatophylla* de diferentes edades

	1 y 2	1 y 3	1 y 4	1 y 5	2 y 3	2 y 4	2 y 5	3 y 4	3 y 5	4 y 5
N (pares) =	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
r (Pearson) =	0,9065	0,9058	0,9061	0,9062	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
IC 95% =	-0,42 a 1,0	-0,43 a 1,0	-0,43 a 1,0	-0,43 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0
IC 99% =	-0,79 a 1,0	-0,79 a 1,0	-0,79 a 1,0	-0,79 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0	1,0 a 1,0
R2 =	0,8217	0,8204	0,8209	0,8212	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
t =	3,0356	3,0225	3,0280	3,0304	722,4878	1389,0336	1743,824	1429,5046	1228,8564	4138,1663
GL =	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
(p) =	0,0935	0,0942	0,0939	0,0938	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Matriz de Correlación (quillosa)	Columna 1 (Edad)	Columna 2 (Biomasa)	Columna 3 (Carbono)	Columna 4 (CO ₂)	Columna 5 (O ₂)					
Columna 1 (Edad)	1,0000	---	---	---	---	---				
Columna 2 (Biomasa)	0,9065	1,0000	---	---	---	---				
Columna 3 (Carbono)	0,9058	1,0000	1,0000	---	---	---				
Columna 4 (CO ₂)	0,9061	1,0000	1,0000	1,0000	---	---				
Columna 5 (O ₂)	0,9062	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	---				

CAPITULO V. DISCUSION

Los resultados presentan que existe mayor producción de biomasa arbórea en la plantación de *Cedrelinga cateniformis* “tornillo” a partir de los 29 años, 36 años hasta alcanzar los 45 años que es el límite del estudio con 2,57 t/árbol; 6,31 t/árbol y 10,77 t/árbol respectivamente, con un incremento anualizado de 0,089 t/árbol; 0,175 t/árbol; 0,239 t/árbol; con respecto a las plantaciones de *Simarouba amara* “marupa” y *Vochysia lomatophylla* “quillosa” dentro de este mismo rango de edades; estos resultados se dan porque, el “tornillo” fija nitrógeno atmosférico al suelo, con el aporte nutricional del Nitrógeno, tiene tendencia normal – alto en su nivel crítico con respecto al bosque natural; a pesar que el pH del suelo en Puerto Almendra se encuentra en un rango de 3,5-4,0 que representa un nivel muy ácido, esta especie es la que mejor se ha adaptado a este tipo de suelo, además, presenta alta concentración de materia orgánica sobresaliendo las de mayor edad esto influencia en la acumulación de reservas de nutrientes en los suelos, como este ciclo es casi cerrado, es decir, el ciclaje de biomasa foliar cae al suelo se descompone y las raíces vuelven absorber los nutrientes (Tang 2011; Quintana 2006 y Cabudivo 2005). El análisis de varianza del cuadro 4 muestra alta significancia estadística, es decir, que la variable edad es la que influencia en la producción de biomasa arbórea en cada una de las especies estudiadas. Sin embargo, al realizar la prueba de Tukey en el cuadro 5 comparando todos los tratamientos se tiene la no significancia en las edades de 9 años -19 años y 26 años – 35 años en *S. amara* “marupa”. En las edades de 9 años, 19 años y 29 años es no significativo en arboles de “tornillo” y en la plantación de 16 años a 22 años y 22 años a 33 años, también es no significativo.

El mayor almacenamiento de Carbono, secuestro de dióxido de carbono y producción de oxígeno se ha obtenido en los arboles de la plantación de *C. cateniformis* “tornillo” a partir de los 29 años, 36 años hasta alcanzar los 45 años que es el límite del estudio con densidad media de 470 kg/m³ respecto a las plantaciones de *S. amara* y *V. lomatophylla*; que tienen densidades de 370 kg/m³ y 400 kg/m³ respectivamente; la mayor cantidad de biomasa arbórea, la densidad de

la madera y la relación entre la altura y los diámetros de los árboles tal como lo indica Gómez y Oviedo (2000); en su estudio realizado en los sitios quinta Buenos Aires, Estelí y Aurora, Nueva Segovia, que los árboles presentan, van a almacenar mayor carbono, secuestrar mayor dióxido de carbono en su biomasa aérea, comparados con los de menor altura y diámetro. Siu y Ordeñana (2001), menciona sobre la estimación y almacenamiento de carbono en el refugio de visa silvestre de Chacocente, con la finalidad de estimar el contenido de carbono y almacenamiento en el bosque en diferentes niveles de edades; de cero, doce, veinte y cincuenta años. Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron estimación de carbono en el nivel cero año de 212,05 tC/ha, nivel doce años 216,4 – 297,4 tC/ha, nivel de veinte años 231,2 – 312,1 tC/ha y el nivel de cincuenta años 244,9 – 306,4 tC/ha. En relación a reservas de carbono encontradas en la biomasa aérea de diferentes sistemas de uso de la tierra, se cuenta con la tesis de Lapeyre, (2004); quien realizó su evaluación en San Martín, entre dichos sistemas, evaluó un sistema de cacao en la localidad de Cachiyacu, cerca al río Cumbaza, en la ciudad de Tarapoto, la edad promedio del sistema fue de 15 años, con especies de sombra de edades entre 15 y 20 años, como lo son la guaba (*Inga edulis*), pumaquiro (*Simirasp*), bolaina blanca (*Guazuma crinita*), bolaina negra (*Guazuma ulmifolia*), shimbillo blanco (*Inga sp*), el cacao presentó un distanciamiento del 4 X 4 metros, dicho sistema acumulo una reserva de 47 tC/ha, los cuales arrojaron valores superiores a los sistemas agrícolas que evaluó (arroz, maíz, pastos, café – guaba).

Según el estudio de Alegre *et al.*, (2001), el sistema de 20 años de cacao localizado en Pucallpa fijó 200 tC/ha con un flujo encontrado de 2,3 tC/ ha/año, valor inferior al promedio de los flujos encontrados en la presente tesis, 4.04 tC/ ha/año.

El trabajo de Ortiz y Riascos (2006), llevado a cabo en la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica y tuvo como fin simular la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao – laurel *Cordia alliodora*, en un período de 25 años. Esta simulación incluyó el carbono almacenado promedio de los compartimientos suelo, necromasa y vegetación herbácea del sistema. La cantidad promedio de carbono almacenado en el sistema agroforestal con cacao y laurel (SAF-CL) fue de 126,4 tC/ha en valle y de 114,5 tC/ha en loma bajo la

densidad 6x6 m. El carbono promedio almacenado en las densidades 9 x 9 m y 12 x 12 m, fue de 109,7 y 97,9 tC/ha, respectivamente, en un período de 25 años.

El análisis estadístico se presenta en los cuadros 15, 16 y 17, mediante el análisis de correlación de Pearson, para las plantaciones de *S. amara*; *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*, los resultados muestran que las variables de la matriz de correlación muestran las columnas (Edad-Biomasa), (Edad-almacenamiento de carbono), (Edad- secuestro de CO₂), (Edad-producción de O₂); presentan una correlación altamente significativa; mientras, que las columnas (Biomasa-almacenamiento de carbono), (Biomasa-secuestro de CO₂), (Biomasa-producción de O₂); (Almacenamiento de carbono-secuestro de CO₂), (Almacenamiento de carbono-producción de O₂); (Secuestro de CO₂-produccion de O₂) también, estas variables presentan correlación altamente significativa ($p=0,0000$); $r=1,0000$; es decir, a medida que aumentan una de las variables, la otra variable aumenta en valor.

CAPITULO VI. PROPUESTA

Objetivos	Metas/ indicadores	Proyecto estudios	Organismo responsable	Observac.
Desarrollar estudios sobre la rentabilidad económica de la dinámica productiva de la biomasa y almacenamiento de carbono en plantaciones de diferentes especies, densidades, edades y comparar con árboles de bosque natural	Involucrar a los productores, silvicultores y usuarios de los recursos arbóreos en las áreas naturales protegidas y bosques privados; conocer la rentabilidad de sus bosques mediante la gestión de la venta de bonos de carbono.	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar censos forestales con fines de conocer el stock de carbono. • Implementar la venta de bonos de carbono que genera el bosque. 	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas privadas. • Concesionarios forestales. • Municipalidades. • Gobierno Regional 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso sustentable de los bosques. • implementar ordenanzas municipales, regionales. • Capacitación a los diferentes usuarios.

CAPITULO VII. CONCLUSIONES

- La mayor producción de biomasa se determinó en arboles de plantaciones de *C. cateniformis* de 45 años, 36 años y 29 años de edad, con 10,774 t/árbol; 6,312 t/árbol y 2,572 t/árbol respectivamente; a la vez, los mayores incrementos anualizados 0,239 t/árbol; 0,175 t/árbol y 0,089 t/árbol respectivamente.
- La menor producción de biomasa se han determinado en las plantaciones de 9 años y 19 años de *S. amara* con 0,055 t/árbol y 0,126 t/árbol respectivamente; a la vez, el menor incremento en la misma especie y edades con 0,006 t/árbol y 0,007 t/árbol respectivamente.
- El mayor almacenamiento de carbono se ha encontrado en arboles de plantaciones de *C. cateniformis* de 45 años, 36 años y 29 años de edad, con 5,387 tC/árbol; 3,156 tC/árbol y 1,286 tC/árbol respectivamente; paralelamente, los mayores incrementos anualizados se han determinado en la misma especie y edades de las plantaciones en 0,120 tC/árbol; 0,088 tC/árbol y 0,044 tC/árbol respectivamente.
- El menor almacenamiento de carbono se ha determinado en las plantaciones de 9 años y 19 años de *S. amara* con 0,027 tC/árbol y 0,063 tC/árbol respectivamente; a la vez, el menor incremento anualizado en la misma especie y edades con 0,003 tC/árbol respectivamente.
- El mayor secuestro de CO₂ se determinó en arboles de plantaciones de *C. cateniformis* de 45 años, 36 años y 29 años de edad, con 19,752 tCO₂/árbol; 11,572 tCO₂/árbol y 4,715 tCO₂/árbol respectivamente; mientras que los mayores incrementos anualizados se han determinado en la misma especie y edades de las plantaciones en 0,439 tCO₂/árbol; 0,321 tCO₂/árbol y 0,163 tCO₂/árbol respectivamente.
- El menor secuestro de CO₂ se ha determinado en arboles de plantaciones de 9 años y 19 años de *S. amara* con 0,101 tCO₂/árbol y 0,230 tCO₂/árbol respectivamente; a la vez, el menor incremento anualizado en la misma especie y edades fue de 0,011 tCO₂/árbol y 0,012 tCO₂/árbol respectivamente.

- La mayor producción de oxígeno se ha obtenido en arboles de plantaciones de *C. cateniformis* de 45 años, 36 años y 29 años de edad, con 14,365 tO₂/árbol; 8,416 tO₂/árbol y 3,429 tO₂/árbol respectivamente; mientras que los mayores incrementos anualizados de la producción de oxígeno (O₂) se han determinado en la misma especie y edades de las plantaciones en 0,319 tO₂/árbol; 0,234 tO₂/árbol y 0,118 tO₂/árbol respectivamente.
- La menor producción de oxígeno se ha determinado en las plantaciones de 9 años y 19 años de *S. amara* con 0,073 tO₂/árbol y 0,167 tO₂/árbol respectivamente; a la vez, el menor incremento anualizado en la misma especie y edades con 0,0081 tO₂/árbol y 0,009 tO₂/árbol respectivamente.
- Los valores del ANOVA son diferentes (es significativo) para un p=valor 000, para todas las fuentes de variabilidad propuestos: biomasa, almacenamiento de carbono, secuestro de CO₂, producción de oxígeno para árboles de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años de plantaciones *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla*.
- El análisis de correlación de Pearson demuestran que las variables edad para árboles de 9 años, 16 años, 19 años, 22 años, 26 años, 29 años, 33 años, 35 años, 36 años, 44 años y 45 años de plantaciones *S. amara*, *C. cateniformis* y *V. lomatophylla* con respecto a la producción de biomasa, almacenamiento de carbono, secuestro de CO₂, producción de oxígeno presentan correlación altamente significativa (p=0,0000); r=1,0000

CAPITULO VIII. RECOMENDACIONES

- A los concesionarios forestales, comunidades rurales y silvicultores realizar plantaciones con la especie *Cedrelinga cateniformis* “tornillo” por su alto incremento de biomasa, almacenamiento de carbono, secuestro de CO₂ y producción de oxígeno.
- Continuar con este tipo de investigaciones evaluando variables como la densidad de la madera, de esta manera se estaría identificando a las especies de mayor producción de biomasa arbórea, mayor secuestro de CO₂ y producción de oxígeno.
- Realizar inventarios con fines de cuantificar los servicios ambientales que realizan los bosques de Areas Naturales Protegidas.
- Que la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana en convenio con el GORELORETO, realicen gestiones para que entidades privadas adquieran bonos de captura de carbono de los bosques de las áreas naturales protegidas.

CAPITULO IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ P. y VARONA J.C. (2006). *Silvicultura*, Editorial Félix Valera, La Habana. 90 pp.
- AYRES M., AYRES M. J., LIMA D., Y SANTOS A. DE A. (2004). *BioEstat. Aplicaciones estadísticas para Ciencias biológicas y médicas*. Belem-Para-Brasil. 275 pp.
- ALEGRE J. (2008). *Manejo de Sistemas Agroforestales para la recuperación de los suelos degradados de la Amazonía y generación de servicios medio ambientales*. En: XI congreso Nacional y IV Internacional de la Ciencia del Suelo. “Suelos: Agricultura Sustentable, Biodiversidad y Agroforestería para el Desarrollo Rural”. Tarapoto – Perú, pp 34-50.
- ALVITRES V. R. (2004). *Metodología de la investigación científica*. Universidad Católica. Lima-Perú. 200 pp.
- AZQUETA D. (2004). *El valor económico de los servicios recreativos de los espacios naturales*, Mc-Graw Hill, Madrid. 273 pp.
- BARONE L. R. y FERNANDEZ J. (1993). *El mundo de la química. Curso Teórico-práctico*. Ediciones Océano S. A. Barcelona. 96 pp.
- BARSEV R. (2002). *Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales*. Serie técnica N. 04. Oficina Regional de Coordinación, Managua – Nicaragua, 147 pp.
- BAZILEVICH N. I. (1993). *Biological productivity of ecosystems of Northern Eurasia*. Moscow, (in Russian).
- BROWN S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer: FAO forestry paper – 134* (en línea). Roma. Disponible en www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htm
- CABUDIVO A.; TELLO R.; PANDURO R. M.; PEZO E.; ESCUDERO C. A. y QUINTANA S. (2014). “*Valoración del servicio ambiental del secuestro de CO₂, metales pesados y producción de Oxígeno del arbolado urbano en el área metropolitana de la ciudad de Iquitos-Perú*”. Oficina General de Investigación.

Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Proyecto de investigación. Iquitos-Perú. 25 pp.

CABUDIVO A. y col. (2011). Valoración económica de bienes y servicios ambientales de bosques inundables y no inundables de la zona Puerto Almendra, Nina rumi y Lllanchama, rio Nanay, Loreto-Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Oficina General de Investigación. Artículo Científico. Iquitos, Perú. 15 pp.

CABUDIVO A., ALVAN J.E.; MAURY A. E.; BARDALES J.; ANGULO P. A. QUINTANA S. (2005). Cuantificación del efecto del ciclaje de biomasa en la concentración de nutrientes en suelos de plantaciones forestales, Pto. Almendra-Loreto. Oficina General de Investigación. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Informe Final. Iquitos, Perú. 50 pp.

CARBAJAL M. (2009). Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más Representativos en Murcia. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Murcia-España. 43 p. 12 de Abril 2012. Disponible en: www.lessco2.es

CHAMBI C. P. (2001). Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari y Madre de Dios, de, Perú. Instituto de investigación y capacitación para el fomento de oportunidades económicas con base en la conservación de los recursos naturales (IICFOE). Tacna-Perú.

ENCICLOPEDIA LEXUS. (1997). Ecología. Edit. Lexus Editores S.A., Barcelona- España. 10 pp.

ESPIRITU J. M., y col. (2014). “Valoración económica del secuestro de CO₂ y su stock de carbono en las plantaciones del CIEFOR- Puerto Almendra, Iquitos-Perú”, Resolución Rectoral de aprobación: N° 0053-2014-UNAP, 02 Enero de 2014. Iquitos-Perú. 30 pp.

FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales. Informe nacional. Roma. 32 pp.

GAMARRA J. (2001). Estimación del contenido de carbono en plantaciones de *Eucaliptus globulus* Labill en Junín, Perú. En Simposio Internacional de Medición y captura de carbono en ecosistemas forestales del 18-21 de Octubre. Valdivia-Chile. 21pp.

http://www.chilepaisforestal.cl/_file/file_367_3457pf_ficha%20n%C2%BA15_la%20captura%20de%20carbono.pdf.

GÓMEZ V. Y OVIEDO S. (2000). Estudio sobre Sobre Fijación de Carbono en Plantaciones de Pinus oocarpa, de 11 años de edad de los Sitios Quinta Buenos Aires, Estelí y aurora, Managua, Nicaragua. UNA 57 pp.

GONZALO S. J. (2013). Valoración económica del CO₂ secuestrado y su cuantificación del carbono almacenado en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” en el CIEFOR, Puerto Almendra, Iquitos – Perú. . (Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal). Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

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). Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

HIGUCHI N., Y CARBALHO J. A. (1994). Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: Anais do seminário Emissão por sequestro de CO₂ uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Rio de Janeiro. pp.125-153.

HONORIO E. (2009). Taller de mediciones integradas de los flujos de carbono en la amazonia; Iquitos, Peru 23-26 agosto y Jenaro Herrera 27-31 agosto. IIAP, University Oxford, rainfor y University of Ledss. 16 pp.

HONORIO E. & BAKER, T. (2009). Taller de analisis estadístico para apoyar el diseño de los inventarios de carbono; Iquitos, Peru 15-17 mayo. IIAP y University of Ledss. 13 pp.

INE. (2007). Glosario ecológico. Instituto Nacional de Ecología. Andalucía. 132pp.

INSTITUTO DISTRITAL DE PATRIMONIO CULTURAL-IDPC. (2010). Árboles ciudadanos: en la memoria y en el paisaje cultural de Bogotá. Bogotá. IDPC.35 pp.

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change. (2003). Good practice guidance for land use. land-use change and forestry. Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES) – IPCC. 628 pp.

KENNEY W. A., and ASSOCIATES. (2001). The Role of Urban Forests in Greenhouse Gas Reduction. W.A. Kenney and Associates, ON ENV (99) 4691, Toronto, Canada. 202 pp.

LAKYDA I. (2011). Carbon-sequestering and oxygen-producing functions of urban forests of Kyiv city and pre-urban forests of Stockholm city. Swedish University of Agricultural Sciences. Southern Swedish Forest Research Centre. Master Thesis N°. 165 in Forest Management, Euroforester master program. Alnarp.

LAPEYRE D. (2004). Determinación de las Reservas de Carbono en la biomasa aérea de diferentes sistemas de Uso de la Tierra en San Martín, Perú. Tesis de Maestría.

MALCA S.G.A. (2008). Estimación de la capacidad de captura de CO₂ en bosques secundarios del trópico amazónico como indicador de Valoración Económica, Loreto-Perú 130 pp.

MANZANO M. G.; Y HERNANDEZ J. C. (2008). Estimación de la captura y almacenamiento de carbono en Ecosistemas de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. (Tesis Programa de Maestría en Sistemas Ambientales). Campus Universidad de Monterrey. Monterrey-México.

NOWAK D. J.; HOEHN R.; and CRANE D. E. (2007). Oxygen production by Urban Trees in the United States. International Society Arboriculture. Arboriculture Urban Forestry. Scientific Journal of the International Society Arboriculture. Arboriculture & Urban Forestry 33(3): 220-226.

NOWAK D. J., HOEHN R.; CRANE D.E.; STEVENS J.C. and WALTON J.T. (2006)(a). Assessing Urban Forest Effects and Values: Minneapolis' Urban Forest. Resource Bulletin NE- 166. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North- eastern Research Station, Newtown Square, PA. 20 pp.

NOWAK D. J., HOEHN R.; CRANE D.E.; STEVENS J.C. and WALTON J.T. (2006) (b). Assessing Urban Forest Effects and Values: Washington DC's Urban Forest. Resource Bulletin NRS- 1. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North- ern Research Station, Newtown Square, PA. 24 pp.

NOWAK D.J., and O'CONNOR P. (2001). Syracuse Urban Forest Master Plan: Guiding the City's Forest Resource in the 21st Century. General Technical Report

- NE-287. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, Newtown Square, PA. 50 pp.
- PACHECO A. M. J. (2011). “Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los bosques de la zona de Puerto Almendra–Nina Rumi-Llanchama, río Nanay, Loreto-Perú”. (Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales). Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- QUINTANA S. (2006). Influencia de los nutrientes de biomasa foliar en las propiedades químicas del suelo en plantaciones forestales. (Tesis Magíster en Ciencias con mención en Ecología y Desarrollo Sostenible). Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- SALATI E. (1994). Emissao por seqüestro de CO₂ uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. Resumen ejecutivo. Rio de Janeiro. pp13-37.
- SALISBURY F.B., and C.W. ROSS. (1978). Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA. 422 pp.
- SATOO T. (1962). Notes on Kittredge’s method of estimation of amount of leaves of forest stand / T. Satoo // Japan Forestry Soc., Vol. 44.
- SATOO T. (1966). Production and distribution of dry matter in forest ecosystems / T. Satoo // Tokio Univ. Forests., № 16.
- SIU Y.; Y ORDEÑANA W. (2001). Estimación del contenido de Carbono en el bosque seco Secundario de vida Silvestre Chacocente. Tesis, Managua, Nicaragua, UNA pp 5,12, 77.
- STUPAK I., *et al.* (2007). Sustainable utilization of forest biomass for energy- Possibilities and problems: Policy, legislation, certification, and recommendations and guidelines in the Nordic, Baltic, and other European countries. Biomass and Bioenergy, Vol. 31, Issue 10, pp. 665-746.
- TANG M. (2011). Producción de biomasa vegetal y concentración de macronutrientes de la cobertura boscosa y suelo de las parcelas II, IV y VI del arboretum “El huayo” Puerto Almendra, Loreto-Perú. (Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales). Iquitos. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

UNFCCC. (2007). Status of Ratification of the Convention. Available at: http://unfccc.int/essential_background/convention/status_of_ratification/items/2631txt.php – date of review: 15.08.2014.

VALLEJO Á. (2009). Cambio climático, bosques y uso de la tierra. Curso Formulación de Proyectos MDL Forestal y Bioenergía. Carbón Decisiones. Buenos Aires, Argentina, 16-20 de febrero. 29 pp.

VASQUEZ A. (2011). Investigación Científica. Aplicaciones. Enfoque ambiental. Iquitos-Perú. 43 pp.

VICTORIA R. L.; MARTINELLI L. A.; MOREIRA M. Z.; y SALATI E. (1994). O ciclo do carbono e sua importância nas mudanças climáticas globais. In Workshop Emissao por seqüestro de CO₂: Uma Nova Oportunidade de Negócios para o Brasil-CVRD/FBDS. Rio de Janeiro, 12 y 13 de maio.

VILCHES J. y RENDON J. L. (2002). Las plantas y las personas. Consejería del medio ambiente. Junta de Andalucía. Equipo de red de jardines botánicos en espacios naturales. Andalucía. 60 pp.

A n e x o s



Ilustración 1. Ubicación del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal

Cuadro 18. Cálculo de la dinámica productiva de la plantación de *S. amara* “marupa” de 9 años de edad

Arbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen Fuste (m ³)	Densidad Básica (Kg/m ³)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	Árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	16,0	14,21	0,020	0,186	300	55,704	0,078	0,039	0,143	0,104	680147	9576020
2	15,9	11,80	0,020	0,152	300	45,669	0,064	0,032	0,117	0,085	680136	9575920
3	12,3	10,08	0,012	0,078	300	23,356	0,033	0,016	0,060	0,044	680132	9575924
4	16,7	12,84	0,022	0,183	300	54,854	0,077	0,038	0,141	0,102	680107	9575884
5	16,9	11,81	0,022	0,172	300	51,637	0,072	0,036	0,133	0,096	680110	9575866
6	11,4	12,42	0,010	0,082	300	24,728	0,035	0,017	0,063	0,046	680113	9576850
7	13,5	11,14	0,014	0,104	300	31,094	0,044	0,022	0,080	0,058	680099	9576850
8	11,9	11,52	0,011	0,083	300	24,985	0,035	0,017	0,064	0,047	680096	9576848
9	14,4	12,40	0,016	0,131	300	39,380	0,055	0,028	0,101	0,074	680091	9576842
10	12,9	10,56	0,013	0,090	300	26,907	0,038	0,019	0,069	0,050	680102	9576836
11	11,2	12,18	0,010	0,078	300	23,400	0,033	0,016	0,060	0,044	680104	9575826
12	16,0	15,14	0,020	0,198	300	59,340	0,083	0,042	0,152	0,111	680063	9575692
13	14,0	10,08	0,015	0,101	300	30,258	0,042	0,021	0,078	0,056	680053	9575722
14	17,0	16,25	0,023	0,240	300	71,927	0,101	0,050	0,185	0,134	680072	9575722
15	16,0	12,42	0,020	0,162	300	48,695	0,068	0,034	0,125	0,091	680071	9575734
16	15,0	12,26	0,018	0,141	300	42,247	0,059	0,030	0,108	0,079	680086	9575758
17	13,0	13,66	0,013	0,118	300	35,356	0,049	0,025	0,091	0,066	680087	9575758
18	11,0	14,08	0,010	0,087	300	26,092	0,037	0,018	0,067	0,049	680087	9575760
19	17,0	10,16	0,023	0,150	300	44,969	0,063	0,031	0,115	0,084	680091	9575764
20	12,0	10,75	0,011	0,079	300	23,697	0,033	0,017	0,061	0,044	680086	9575770
Prom	14,21	12,29	0,016	0,131	300	39,215	0,055	0,027	0,101	0,073		

Cuadro 19. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *S. amara* “marupa” de 19 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen Fuste (m ³)	Densidad Básica (Kg/m ³)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	Árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	19,4	21,17	0,030	0,407	327	133,01	0,186	0,093	0,341	0,248	680535	9577018
2	18,0	22,33	0,025	0,369	327	120,78	0,169	0,085	0,310	0,225	680525	9577000
3	23,6	17,39	0,044	0,494	327	161,69	0,226	0,113	0,415	0,302	680521	9577006
4	24,8	17,68	0,048	0,555	327	181,53	0,254	0,127	0,466	0,339	680509	9576996
5	13,5	13,72	0,014	0,128	327	41,74	0,058	0,029	0,107	0,078	680452	9576948
6	10,9	13,14	0,009	0,080	327	26,06	0,036	0,018	0,067	0,049	680468	9576964
7	13,1	10,62	0,013	0,093	327	30,42	0,043	0,021	0,078	0,057	680449	9576984
8	10,6	11,72	0,009	0,067	327	21,98	0,031	0,015	0,056	0,041	680443	9576978
Prom	16,74	15,97	0,024	0,274	327	89,651	0,126	0,063	0,230	0,167		

Cuadro 20. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *S. amara* “marupa” de 26 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen Fuste (m ³)	Densidad Básica (Kg/m ³)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	Árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	20,1	13,32	0,032	0,275	369	101,37	0,243	0.122	0,446	0,324	680387	9576808
2	23,6	18,70	0,044	0,532	369	196,20	0,471	0.235	0,863	0,628	680404	9576808
3	28,3	22,41	0,063	0,916	369	338,10	0,811	0.406	1,488	1,082	680416	9576806
4	26,7	26,13	0,056	0,951	369	350,91	0,842	0.421	1,544	1,123	680427	9576806
5	24,3	15,62	0,046	0,471	369	173,75	0,417	0.208	0,764	0,556	680430	9576803
6	22,9	22,14	0,041	0,593	369	218,72	0,525	0.262	0,962	0,700	680426	9576808
7	30,8	27,46	0,075	1,330	369	490,72	1,178	0.589	2,159	1,570	680426	9576808
8	33,4	23,24	0,088	1,324	369	488,38	1,172	0.586	2,149	1,563	680417	9576806
9	28,1	18,37	0,062	0,741	369	273,25	0,656	0.328	1,202	0,874	680407	9576808
10	29,6	20,66	0,069	0,924	369	340,99	0,818	0.409	1,500	1,091	680402	9576808
11	27,4	22,62	0,059	0,867	369	319,91	0,768	0.384	1,408	1,024	680397	9576812
12	26,0	18,62	0,053	0,643	369	237,11	0,569	0.285	1,043	0,759	680389	9576810
13	30,5	20,34	0,073	0,966	369	356,44	0,855	0.428	1,568	1,141	680382	9576816
14	26,3	19,48	0,054	0,688	369	253,82	0,609	0.305	1,117	0,812	680394	9576816
15	23,9	17,79	0,045	0,519	369	191,43	0,459	0.230	0,842	0,613	680407	9576814
16	23,1	19,87	0,042	0,541	369	199,73	0,479	0.240	0,879	0,639	680409	9576814
17	28,2	20,25	0,062	0,822	369	303,36	0,728	0.364	1,335	0,971	680426	9576812
18	24,6	17,10	0,048	0,528	369	194,94	0,468	0.234	0,858	0,624	680416	9576818
19	28,0	20,62	0,062	0,825	369	304,53	0,731	0.365	1,340	0,975	680394	9576822
20	28,2	20,49	0,062	0,832	369	306,95	0,737	0.368	1,351	0,982	680413	9576860
Prom	26,7	20,26	0,057	0,764	369	282,030	0,677	0.338	1,241	0,902		

Cuadro 21. Cálculo de la dinámica productiva de la plantación de *S. amara* “marupa” de 35 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen Fuste (m ³)	Densidad Básica (Kg/m ³)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	Árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	39,4	26,37	0,122	2,090	370	773,23	1,856	0,928	3,402	2,474	680056	9575982
2	34,7	18,34	0,095	1,127	370	417,12	1,001	0,501	1,835	1,335	680044	9575986
3	27,4	18,16	0,059	0,696	370	257,49	0,618	0,309	1,133	0,824	680044	9575982
4	24,2	21,83	0,046	0,653	370	241,49	0,580	0,290	1,063	0,773	680039	9575982
5	32,6	19,62	0,083	1,064	370	393,86	0,945	0,473	1,733	1,260	680017	9575988
6	42,1	23,08	0,139	2,088	370	772,69	1,854	0,927	3,400	2,473	680017	9575982
7	36,1	28,68	0,102	1,908	370	705,93	1,694	0,847	3,106	2,259	680048	9575976
8	40,9	22,90	0,131	1,955	370	723,42	1,736	0,868	3,183	2,315	680050	9575986
9	32,9	26,12	0,085	1,443	370	534,04	1,282	0,641	2,350	1,709	680055	9575968
10	26,5	17,82	0,055	0,639	370	236,36	0,567	0,284	1,040	0,756	680050	9575960
11	29,4	18,95	0,068	0,836	370	309,31	0,742	0,371	1,361	0,990	680046	9575968
12	31,9	18,18	0,080	0,944	370	349,45	0,839	0,419	1,538	1,118	680035	9575974
13	27,2	20,30	0,058	0,767	370	283,72	0,681	0,340	1,248	0,908	680039	9575970
14	23,9	17,32	0,045	0,505	370	186,85	0,448	0,224	0,822	0,598	680052	9575964
15	24,5	21,68	0,047	0,664	370	245,81	0,590	0,295	1,082	0,787	680049	9575962
16	22,9	23,22	0,041	0,622	370	230,01	0,552	0,276	1,012	0,736	680040	9575962
17	32,6	23,56	0,083	1,278	370	472,90	1,135	0,567	2,081	1,513	680018	9575964
18	24,3	20,67	0,046	0,623	370	230,55	0,553	0,277	1,014	0,738	680045	9575958
19	35,1	23,32	0,097	1,467	370	542,69	1,302	0,651	2,388	1,737	680046	9575954
20	30,9	21,51	0,075	1,048	370	387,89	0,931	0,465	1,707	1,241	680045	9575954
Promedio	30,98	21,58	0,078	1,121	370	414,74	0,995	0,498	1,825	1,327		

Cuadro 22. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *S. amara* “ marupa” de 44 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen Fuste (m ³)	Densidad Básica (Kg/m ³)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	Árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	38,4	23,62	0,116	1,778	370	657,88	1,579	0,789	2,895	2,105	680551	9576962
2	27,2	19,62	0,058	0,741	370	274,18	0,658	0,329	1,206	0,877	680556	9576958
3	36,5	26,92	0,105	1,831	370	677,43	1,626	0,813	2,981	2,168	680559	9576958
4	33,7	26,62	0,089	1,543	370	571,05	1,371	0,685	2,513	1,827	680562	9576958
5	45,9	22,62	0,165	2,433	370	900,17	2,160	1,080	3,961	2,881	680600	9576948
6	32,9	22,32	0,085	1,233	370	456,34	1,095	0,548	2,008	1,460	680596	9576946
7	33,6	28,02	0,089	1,615	370	597,52	1,434	0,717	2,629	1,912	680592	9576944
8	39,5	24,72	0,123	1,969	370	728,53	1,748	0,874	3,206	2,331	680587	9576946
9	35,4	24,12	0,098	1,543	370	570,94	1,370	0,685	2,512	1,827	680571	9576948
10	27,1	16,74	0,058	0,628	370	232,22	0,557	0,279	1,022	0,743	680566	9576950
11	42,8	23,12	0,144	2,162	370	799,98	1,920	0,960	3,520	2,560	680554	9576950
12	29,4	23,22	0,068	1,025	370	379,11	0,910	0,455	1,668	1,213	680562	9576946
13	30,8	26,62	0,075	1,289	370	477,00	1,145	0,572	2,099	1,526	680575	9576946
14	30,6	24,16	0,074	1,155	370	427,31	1,026	0,513	1,880	1,367	680587	9576944
15	47,5	26,62	0,177	3,066	370	1134,49	2,723	1,361	4,992	3,630	680592	9576944
16	32,5	18,34	0,083	0,989	370	365,91	0,878	0,439	1610	1,171	680597	9576942
17	36,8	26,70	0,106	1,846	370	682,99	1,639	0,820	3,005	2,186	680576	9576944
18	40,3	28,50	0,128	2,363	370	874,30	2,098	1,049	3,847	2,798	680570	9576944
19	37,3	22,32	0,109	1,585	370	586,57	1,408	0,704	2,581	1,877	680547	9576952
20	47,2	21,42	0,175	2,436	370	901,38	2,163	1,082	3,966	2,884	680544	9576934
Prom	36,27	23,82	0,106	1,662	370	614,77	1,475	0,738	2,705	1,967		

Cuadro 23. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *C. cateniformis* “tornillo” de 9 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m2)	Volumen fuste (m3)	Densidad básica (Kg/m3)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO2 Árbol (t)	O2 Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	18,0	12,23	0,026	0,209	373	77,99	0,109	0,055	0,200	0,146	680158	9575998
2	18,90	10,13	0,028	0,185	373	68,90	0,096	0,048	0,177	0,129	680127	9575962
3	19,30	14,46	0,029	0,275	373	102,56	0,144	0,072	0,263	0,191	680117	9575956
4	18,20	13,82	0,026	0,234	373	87,17	0,122	0,061	0,224	0,163	680109	9575924
5	21,80	14,82	0,037	0,360	373	134,11	0,188	0,094	0,344	0,250	680118	9575906
6	19,10	11,84	0,029	0,221	373	82,25	0,115	0,058	0,211	0,154	680109	9575910
7	17,90	13,54	0,025	0,221	373	82,61	0,116	0,058	0,212	0,154	680067	9575828
8	14,50	14,49	0,017	0,156	373	58,01	0,081	0,041	0,149	0,108	680048	9575724
9	21,90	12,37	0,038	0,303	373	112,97	0,158	0,079	0,290	0,211	680075	9575810
10	21,90	12,71	0,038	0,311	373	116,08	0,163	0,081	0,298	0,217	680067	9575828
11	14,00	14,08	0,015	0,141	373	52,55	0,074	0,037	0,135	0,098	680065	9575688
12	15,00	11,35	0,018	0,130	373	48,63	0,068	0,034	0,125	0,091	680048	9575724
13	15,00	9,51	0,018	0,109	373	40,75	0,057	0,029	0,105	0,076	680052	9575740
14	15,00	16,23	0,018	0,186	373	69,54	0,097	0,049	0,178	0,130	680094	9575778
Prom	17,91	12,97	0,03	0,22	373	81,01	0,113	0,057	0,208	0,151		

Cuadro 24. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *C. cateniformis* “tornillo” de 19 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen fuste (m ³)	Densidad básica (Kg/m ³)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO2 Árbol (t)	O2 Árbol (t)	Georeferenciación	
						Fuste (kg)	árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	18,2	18,12	0,026	0,306	423	129,612	0,233	0,117	0,428	0,311	680538	9577032
2	29,0	27,66	0,066	1,188	423	502,334	0,904	0,452	1,658	1,206	680537	9577016
3	29,5	19,88	0,068	0,883	423	373,598	0,672	0,336	1,233	0,897	680525	9577010
4	18,4	20,54	0,027	0,355	423	150,169	0,270	0,135	0,496	0,360	680518	9577018
5	31,4	24,84	0,077	1,250	423	528,878	0,952	0,476	1,745	1,269	680496	9576998
6	24,7	22,90	0,048	0,713	423	301,699	0,543	0,272	0,996	0,724	680493	9576990
7	27,1	22,68	0,058	0,850	423	359,688	0,647	0,324	1,187	0,863	680490	9576998
8	28,3	21,95	0,063	0,897	423	379,623	0,683	0,342	1,253	0,911	680488	9576976
9	29,3	25,62	0,067	1,123	423	474,962	0,855	0,427	1,567	1,140	680477	9576964
Prom	26,2	22,69	0,056	0,841	423	355,62	0,640	0,320	1,174	0,853		

Cuadro 25. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *C. cateniformis* “tornillo” de 29 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m2)	Volumen fuste (m3)	Densidad básica (Kg/m3)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	42,0	29,55	0,139	2,661	470	1250,71	3,002	1,501	5,503	4,002	679760	9576242
2	35,0	23,38	0,096	1,462	470	687,20	1,649	0,825	3,024	2,199	679732	9576242
3	34,0	29,96	0,091	1,768	470	830,89	1,994	0,997	3,656	2,659	679730	9576240
4	36,0	26,72	0,102	1,768	470	830,83	1,994	0,997	3,656	2,659	679749	9576234
5	41,0	25,02	0,132	2,147	470	1009,15	2,422	1,211	4,440	3,229	679755	9576228
6	34,0	27,92	0,091	1,648	470	774,53	1,859	0,929	3,408	2,478	679759	9576224
7	39,0	24,35	0,119	1,891	470	888,76	2,133	1,067	3,911	2,844	679751	9576228
8	34,0	29,77	0,091	1,757	470	825,68	1,982	0,991	3,633	2,642	679770	9576220
9	42,0	32,98	0,139	2,970	470	1395,89	3,350	1,675	6,142	4,467	679773	9576222
10	42,0	29,82	0,139	2,685	470	1262,14	3,029	1,515	5,553	4,039	679733	9576222
11	44,0	28,16	0,152	2,783	470	1308,24	3,140	1,570	5,756	4,186	679730	9576218
12	35,0	29,09	0,096	1,819	470	854,97	2,052	1,026	3,762	2,736	679726	9576228
13	36,0	28,65	0,102	1,896	470	890,97	2,138	1,069	3,920	2,851	679753	9576186
14	36,0	27,38	0,102	1,812	470	851,54	2,044	1,022	3,747	2,725	679755	9576196
15	41,0	27,39	0,132	2,351	470	1104,87	2,652	1,326	4,861	3,536	679751	9576196
16	57,0	34,37	0,255	5,701	470	2679,36	6,430	3,215	11,789	8,574	679743	9576196
17	42,0	30,78	0,139	2,772	470	1302,77	3,127	1,563	5,732	4,169	679737	9576200
18	37,0	30,06	0,108	2,101	470	987,24	2,369	1,185	4,344	3,159	679740	9576208
19	37,0	30,52	0,108	2,133	470	1002,48	2,406	1,203	4,411	3,208	679723	9576208
20	34,0	24,93	0,091	1,471	470	691,48	1,660	0,830	3,043	2,213	679733	9576202
Prom	38,9	28,54	0,121	2,280	470	1071,48	2,572	1,286	4,715	3,429		

Cuadro 26. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *C. cateniformis* “tornillo” de 36 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen fuste (m ³)	Densidad básica (Kg/m ³)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	72,0	34,7	0,407	9,196	470	4322,00	10,373	5,186	19,017	13,830	680131	9576162
2	68,0	34,1	0,363	8,051	470	3783,89	9,081	4,541	16,649	12,108	680136	9576160
3	50,0	31,8	0,196	4,052	470	1904,64	4,571	2,286	8,380	6,095	680141	9576152
4	81,0	35,1	0,515	11,744	470	5519,46	13,247	6,623	24,286	17,662	680147	9576154
5	53,0	30,1	0,221	4,321	470	2030,87	4,874	2,437	8,936	6,499	680154	9576150
6	36,0	28,8	0,102	1,907	470	896,19	2,151	1,075	3,943	2,868	680156	9576144
7	51,0	25,2	0,204	3,351	470	1574,94	3,780	1,890	6,930	5,040	680156	9576138
8	45,0	33,1	0,159	3,418	470	1606,26	3,855	1,928	7,068	5,140	680152	9576130
9	56,0	32,7	0,246	5,230	470	2458,26	5,900	2,950	10,816	7,866	680147	9576126
10	62,0	30,4	0,302	5,966	470	2804,06	6,730	3,365	12,338	8,973	680133	9576126
11	70,0	35,8	0,385	8,957	470	4209,96	10,104	5,052	18,524	13,472	680129	9576140
12	56,0	33,2	0,246	5,315	470	2497,91	5,995	2,997	10,991	7,993	680127	9576144
13	31,0	25,3	0,075	1,240	470	582,93	1,399	0,700	2,565	1,865	680114	9576144
Prom	56,2	31,6	0,263	5,596	470	2630,11	6,312	3,156	11,572	8,416		

Cuadro 27. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *C. cateniformis* “tornillo” de 45 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m2)	Volumen fuste (m3)	Densidad básica (Kg/m3)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación GPS	
						Fuste (kg)	árbol (t)				UTM X	UTM Y
						1	73,00					
2	69,00	32,50	0,374	7,898	470	3712,08	8,909	4,454	16,333	11,879	680192	9576294
3	63,00	36,25	0,312	7,344	470	3451,69	8,284	4,142	15,187	11,045	680205	9576280
4	67,00	38,54	0,353	8,833	470	4151,53	9,964	4,982	18,267	13,285	680246	9576266
5	88,00	37,22	0,608	14,713	470	6914,89	16,596	8,298	30,426	22,128	680229	9576268
6	68,00	32,47	0,363	7,664	470	3602,26	8,645	4,323	15,850	11,527	680200	9576284
7	76,00	37,43	0,454	11,036	470	5186,70	12,448	6,224	22,821	16,597	680198	9576284
8	67,00	30,30	0,353	6,943	470	3263,04	7,831	3,916	14,357	10,442	680193	9576288
9	66,00	32,15	0,342	7,148	470	3359,72	8,063	4,032	14,783	10,751	680198	9576278
10	66,00	29,87	0,342	6,642	470	3121,94	7,493	3,746	13,737	9,990	680191	9576286
11	77,00	39,03	0,466	11,813	470	5552,13	13,325	6,663	24,429	17,767	680183	9576270
12	62,00	29,21	0,302	5,732	470	2694,12	6,466	3,233	11,854	8,621	680198	9576270
13	61,00	38,16	0,292	7,249	470	3406,98	8,177	4,088	14,991	10,902	680226	9576260
14	66,00	31,37	0,342	6,976	470	3278,72	7,869	3,934	14,426	10,492	680236	9576254
15	61,00	29,51	0,292	5,605	470	2634,25	6,322	3,161	11,591	8,430	680200	9576260
16	77,00	38,19	0,466	11,560	470	5433,20	13,040	6,520	23,906	17,386	680199	9576260
17	76,00	37,27	0,454	10,990	470	5165,22	12,397	6,198	22,727	16,529	680195	9576258
18	98,00	42,82	0,754	20,992	470	9866,21	23,679	11,839	43,411	31,572	680186	9576256
19	77,00	35,96	0,466	10,884	470	5115,68	12,278	6,139	22,509	16,370	680185	9576248
20	81,00	34,78	0,515	11,648	470	5474,44	13,139	6,569	24,088	17,518	680173	9576236
Prom	71,95	34,87	0,413	9,551	470	4489,135	10,774	5,387	19,752	14,365		

Cuadro 28. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *V. lomatophyla* “quillosa” de 15 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m2)	Volumen Fuste (m3)	Densidad Básica (Kg/m3)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	Árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	12,0	15,91	0,011	0,12	400	46,79	0,066	0,033	0,120	0,087	680371	9576852
2	10,3	17,00	0,008	0,09	400	36,83	0,052	0,026	0,095	0,069	680370	9576858
3	11,8	16,63	0,011	0,12	400	47,27	0,066	0,033	0,121	0,088	680375	9576872
4	17,9	17,39	0,025	0,28	400	113,78	0,159	0,080	0,292	0,212	680389	9576882
5	16,1	16,26	0,020	0,22	400	86,08	0,121	0,060	0,221	0,161	680387	9576880
6	11,2	14,34	0,010	0,09	400	36,73	0,051	0,026	0,094	0,069	680393	9576884
7	16,9	18,57	0,022	0,27	400	108,32	0,152	0,076	0,278	0,202	680395	9576882
8	13,2	16,50	0,014	0,15	400	58,71	0,082	0,041	0,151	0,110	680399	9576884
9	18,1	19,34	0,026	0,32	400	129,37	0,181	0,091	0,332	0,241	680401	9576886
10	15,5	17,10	0,019	0,21	400	83,89	0,117	0,059	0,215	0,157	680401	9576882
11	19,3	20,84	0,029	0,40	400	158,52	0,222	0,111	0,407	0,296	680404	9576888
12	11,8	18,25	0,011	0,13	400	51,89	0,073	0,036	0,133	0,097	680399	9576894
13	22,9	22,56	0,041	0,60	400	241,59	0,338	0,169	0,620	0,451	680308	9576808
14	11,2	22,87	0,010	0,15	400	58,58	0,082	0,041	0,150	0,109	680402	9576904
15	14,9	15,46	0,017	0,18	400	70,09	0,098	0,049	0,180	0,131	680396	9576924
16	15,7	16,90	0,019	0,21	400	85,06	0,119	0,060	0,218	0,159	680401	9576928
17	18,5	20,21	0,027	0,35	400	141,26	0,198	0,099	0,363	0,264	680398	9576942
18	15,8	17,94	0,020	0,23	400	91,44	0,128	0,064	0,235	0,171	680414	9576932
19	18,2	17,19	0,026	0,29	400	116,24	0,163	0,081	0,298	0,217	680427	9576926
20	21,8	19,68	0,037	0,48	400	190,94	0,267	0,134	0,490	0,356	680411	9576930
PROMEDIO	15,66	18,05	0,02	0,24	400	97,67	0,137	0,068	0,251	0,182		

Cuadro 29. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *V. lomatophyla* “quillosa” de 16 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m2)	Volumen Fuste (m3)	Densidad Básica (Kg/m3)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	Árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	18,7	22,01	0,027	0,393	400	157,17	0,220	0,110	0,403	0,293	680331	9576794
2	28,0	22,88	0,062	0,916	400	366,30	0,513	0,256	0,940	0,684	680327	9576796
3	34,4	22,86	0,093	1,381	400	552,28	0,773	0,387	1,418	1,031	680325	9576794
4	34,2	27,57	0,092	1,646	400	658,59	0,922	0,461	1,690	1,229	680282	9576802
5	20,2	21,68	0,032	0,452	400	180,65	0,253	0,126	0,464	0,337	680286	9576810
6	20,5	19,63	0,033	0,421	400	168,42	0,236	0,118	0,432	0,314	680273	9576814
7	23,0	18,97	0,042	0,512	400	204,87	0,287	0,143	0,526	0,382	680255	9576816
8	24,8	20,78	0,048	0,652	400	260,98	0,365	0,183	0,670	0,487	680237	9576814
9	20,4	19,34	0,033	0,411	400	164,35	0,230	0,115	0,422	0,307	680288	9576820
10	16,2	17,69	0,021	0,237	400	94,79	0,133	0,066	0,243	0,177	680289	9576818
11	16,8	16,22	0,022	0,234	400	93,48	0,131	0,065	0,240	0,175	680301	9576812
12	24,3	23,07	0,046	0,695	400	278,12	0,389	0,195	0,714	0,519	680306	9576806
13	18,3	23,38	0,026	0,400	400	159,89	0,224	0,112	0,410	0,298	680313	9576808
14	15,2	13,96	0,018	0,165	400	65,86	0,092	0,046	0,169	0,123	680318	9576810
15	20,1	25,36	0,032	0,523	400	209,18	0,293	0,146	0,537	0,390	680320	9576802
16	19,8	14,38	0,031	0,288	400	115,12	0,161	0,081	0,295	0,215	680338	9576812
17	19,5	17,45	0,030	0,339	400	135,50	0,190	0,095	0,348	0,253	680328	9576814
18	14,0	13,21	0,015	0,132	400	52,87	0,074	0,037	0,136	0,099	680323	9576814
19	24,6	18,56	0,048	0,573	400	229,33	0,321	0,161	0,589	0,428	680311	9576818
20	21,0	21,92	0,035	0,493	400	197,35	0,276	0,138	0,507	0,368	680350	9576802
PROMEDIO	21,70	20,04	0,04	0,54	400	217,25	0,304	0,152	0,558	0,406		

Cuadro 30. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *V. lomatophyla* “quillosa” de 22 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen Fuste (m ³)	Densidad Básica (Kg/m ³)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	Árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	23,30	21,25	0,04	0,59	440	259,136	0,622	0,311	1,140	0,829	680559	9577000
2	23,00	19,42	0,04	0,52	440	230,761	0,554	0,277	1,015	0,738	680636	9576964
3	29,90	23,42	0,07	1,07	440	470,312	1,129	0,564	2,069	1,505	680605	9576964
4	22,00	20,05	0,04	0,50	440	217,980	0,523	0,262	0,959	0,698	680604	9576962
5	20,70	22,74	0,03	0,50	440	218,871	0,525	0,263	0,963	0,700	680613	9576942
6	24,40	22,68	0,05	0,69	440	303,305	0,728	0,364	1,335	0,971	680619	9576948
7	25,20	29,53	0,05	0,96	440	421,232	1,011	0,505	1,853	1,348	680619	9576952
8	26,80	18,27	0,06	0,67	440	294,758	0,707	0,354	1,297	0,943	680623	9576952
9	25,40	19,21	0,05	0,63	440	278,389	0,668	0,334	1,225	0,891	680624	9576950
10	27,90	24,15	0,06	0,96	440	422,262	1,013	0,507	1,858	1,351	680621	9576948
Promedio	24,86	22,07	0,05	0,71	440	311,70	0,748	0,374	1,371	0,997		

Cuadro 31. Calculo de la dinámica productiva de la plantación de *V. lomatophyla* “quillosa” de 33 años de edad

Árbol N°	DAP (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ²)	Volumen Fuste (m ³)	Densidad Básica (Kg/m ³)	Biomasa		Carbono Árbol (t)	CO ₂ Árbol (t)	O ₂ Árbol (t)	Georreferenciación	
						Fuste (kg)	Árbol (t)				GPS	
											UTM X	UTM Y
1	24,30	23,20	0,046	0,70	449	314,016	0,754	0,377	1,382	1,005	680340	9576542
2	26,40	24,45	0,055	0,87	449	390,605	0,937	0,469	1,719	1,250	680342	9576538
3	25,20	24,16	0,050	0,78	449	351,681	0,844	0,422	1,547	1,125	680329	9576534
4	30,70	26,44	0,074	1,27	449	571,201	1,371	0,685	2,513	1,828	680323	9576530
5	22,80	21,00	0,041	0,56	449	250,230	0,601	0,300	1,101	0,801	680319	9576524
6	28,20	25,01	0,062	1,02	449	455,893	1,094	0,547	2,006	1,459	680319	9576522
7	33,70	27,04	0,089	1,57	449	703,910	1,689	0,845	3,097	2,253	680310	9576510
8	27,60	22,81	0,060	0,89	449	398,285	0,956	0,478	1,752	1,275	680318	9576534
9	20,20	19,32	0,032	0,40	449	180,701	0,434	0,217	0,795	0,578	680333	9576548
10	30,20	22,65	0,072	1,05	449	473,514	1,136	0,568	2,083	1,515	680340	9576552
11	29,20	27,28	0,067	1,19	449	533,164	1,280	0,640	2,346	1,706	680342	9576550
12	24,70	23,62	0,048	0,74	449	330,312	0,793	0,396	1,453	1,057	680337	9576554
13	26,30	24,70	0,054	0,87	449	391,615	0,940	0,470	1,723	1,253	680332	9576552
14	34,00	27,31	0,091	1,61	449	723,653	1,737	0,868	3,184	2,316	680333	9576558
15	31,50	21,10	0,078	1,07	449	479,904	1,152	0,576	2,112	1,536	680326	9576560
16	25,70	25,89	0,052	0,87	449	391,966	0,941	0,470	1,725	1,254	680319	9576552
17	28,80	24,52	0,065	1,04	449	466,183	1,119	0,559	2,051	1,492	680311	9576544
18	25,80	23,57	0,052	0,80	449	359,625	0,863	0,432	1,582	1,151	680309	9576548
PROMEDIO	27,52	24,12	0,06	0,96	449	431,47	1,036	0,518	1,898	1,381		

Cuadro 32. Prueba Estadística de Tukey de la producción de biomasa de *S. amara*

Variable dependiente	(I) Edad Plantación de <i>S. amara</i>	(J) Edad Plantación de <i>S. amara</i>	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Dinámica productiva de biomasa	9	19	-,070425	,154328	,991	-,50079	,35994
		26	-,621850*	,116661	,000	-,94718	-,29652
		35	-,940350*	,116661	,000	-1,26568	-,61502
		44	-1,420450*	,116661	,000	-1,74578	-1,09512
	19	9	,070425	,154328	,991	-,35994	,50079
		26	-,551425*	,154328	,005	-,98179	-,12106
		35	-,869925*	,154328	,000	-1,30029	-,43956
		44	-1,350025*	,154328	,000	-1,78039	-,91966
	26	9	,621850*	,116661	,000	,29652	,94718
		19	,551425*	,154328	,005	,12106	,98179
		35	-,318500	,116661	,058	-,64383	,00683
		44	-,798600*	,116661	,000	-1,12393	-,47327
	35	9	,940350*	,116661	,000	,61502	1,26568
		19	,869925*	,154328	,000	,43956	1,30029
		26	,318500	,116661	,058	-,00683	,64383
		44	-,480100*	,116661	,001	-,80543	-,15477
	44	9	1,420450*	,116661	,000	1,09512	1,74578
		19	1,350025*	,154328	,000	,91966	1,78039
		26	,798600*	,116661	,000	,47327	1,12393
		35	,480100*	,116661	,001	,15477	,80543

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 33. Prueba Estadística de Tukey del almacenamiento de carbono de *S. amara*

Variable dependiente	(I) Edad Plantación S. amara	(J) Edad Plantación S. amara	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Dinámica de almacenamiento de carbono	9	19	-,035225	,077151	,991	-,25037	,17992
		26	-,311050*	,058321	,000	-,47369	-,14841
		35	-,470250*	,058321	,000	-,63289	-,30761
		44	-,710300*	,058321	,000	-,87294	-,54766
	19	9	,035225	,077151	,991	-,17992	,25037
		26	-,275825*	,077151	,005	-,49097	-,06068
		35	-,435025*	,077151	,000	-,65017	-,21988
		44	-,675075*	,077151	,000	-,89022	-,45993
	26	9	,311050*	,058321	,000	,14841	,47369
		19	,275825*	,077151	,005	,06068	,49097
		35	-,159200	,058321	,058	-,32184	,00344
		44	-,399250*	,058321	,000	-,56189	-,23661
	35	9	,470250*	,058321	,000	,30761	,63289
		19	,435025*	,077151	,000	,21988	,65017
		26	,159200	,058321	,058	-,00344	,32184
		44	-,240050*	,058321	,001	-,40269	-,07741
44	9	,710300*	,058321	,000	,54766	,87294	
	19	,675075*	,077151	,000	,45993	,89022	
	26	,399250*	,058321	,000	,23661	,56189	
	35	,240050*	,058321	,001	,07741	,40269	

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 34. Prueba Estadística de Tukey del secuestro de CO₂ de *S. amara*

Variable dependiente	(I) Edad Plantación S. amara	(J) Edad Plantación S. amara	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Dinámica de secuestro de CO ₂	9	19	-,129350	,282961	,991	-,91843	,65973
		26	-1,140250*	,213899	,000	-1,73674	-,54376
		35	-1,724250*	,213899	,000	-2,32074	-1,12776
		44	-2,604400*	,213899	,000	-3,20089	-2,00791
	19	9	,129350	,282961	,991	-,65973	,91843
		26	-1,010900*	,282961	,005	-1,79998	-,22182
		35	-1,594900*	,282961	,000	-2,38398	-,80582
		44	-2,475050*	,282961	,000	-3,26413	-1,68597
	26	9	1,140250*	,213899	,000	,54376	1,73674
		19	1,010900*	,282961	,005	,22182	1,79998
		35	-,584000	,213899	,058	-1,18049	,01249
		44	-1,464150*	,213899	,000	-2,06064	-,86766
	35	9	1,724250*	,213899	,000	1,12776	2,32074
		19	1,594900*	,282961	,000	,80582	2,38398
		26	,584000	,213899	,058	-,01249	1,18049
		44	-,880150*	,213899	,001	-1,47664	-,28366
	44	9	2,604400*	,213899	,000	2,00791	3,20089
		19	2,475050*	,282961	,000	1,68597	3,26413
		26	1,464150*	,213899	,000	,86766	2,06064
		35	,880150*	,213899	,001	,28366	1,47664

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 35. Prueba Estadística de Tukey de la producción de oxígeno en plantaciones de *S. amara*

Variable dependiente	(I)Edad Plantación S. amara	(J) Edad Plantación S. amara	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Producción de O ₂	9	19	-,094175	,205788	,991	-,66805	,47970
		26	-,829350*	,155561	,000	-1,26316	-,39554
		35	-1,254000*	,155561	,000	-1,68781	-,82019
		44	-1,893950*	,155561	,000	-2,32776	-1,46014
	19	9	,094175	,205788	,991	-,47970	,66805
		26	-,735175*	,205788	,005	-1,30905	-,16130
		35	-1,159825*	,205788	,000	-1,73370	-,58595
		44	-1,799775*	,205788	,000	-2,37365	-1,22590
	26	9	,829350*	,155561	,000	,39554	1,26316
		19	,735175*	,205788	,005	,16130	1,30905
		35	-,424650	,155561	,058	-,85846	,00916
		44	-1,064600*	,155561	,000	-1,49841	-,63079
	35	9	1,254000*	,155561	,000	,82019	1,68781
		19	1,159825*	,205788	,000	,58595	1,73370
		26	,424650	,155561	,058	-,00916	,85846
		44	-,639950*	,155561	,001	-1,07376	-,20614
	44	9	1,893950*	,155561	,000	1,46014	2,32776
		19	1,799775*	,205788	,000	1,22590	2,37365
		26	1,064600*	,155561	,000	,63079	1,49841
		35	,639950*	,155561	,001	,20614	1,07376

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 36. Prueba Estadística de Tukey de la producción de biomasa en plantaciones de *C. cateniformis*

Variable dependiente	(I) Edad Plantación <i>C. cateniformis</i>	(J) Edad Plantación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite	Límite
Dinámica productiva de biomasa	9	19	,526460	1,120102	,990	-2,60883	3,66175
		29	-1,931711	1,052305	,362	-4,87723	1,01381
		36	-5,672419*	1,136834	,000	-8,85455	-2,49029
		45	-10,134111*	1,052305	,000	-13,07963	-7,18859
	19	9	-,526460	1,120102	,990	-3,66175	2,60883
		29	-2,458171	,913564	,065	-5,01534	,09900
		36	-6,198879*	1,009776	,000	-9,02536	-3,37240
		45	-10,660571*	,913564	,000	-13,21774	-8,10340
	29	9	2,458171	,913564	,065	-,09900	5,01534
		19	1,931711	1,052305	,362	-1,01381	4,87723
		36	-3,740708*	,934005	,001	-6,35510	-1,12632
		45	-8,202400*	,829046	,000	-10,52300	-5,88180
	36	9	6,198879*	1,009776	,000	3,37240	9,02536
		19	5,672419*	1,136834	,000	2,49029	8,85455
		29	3,740708*	,934005	,001	1,12632	6,35510
		45	-4,461692*	,934005	,000	-7,07608	-1,84730
	45	9	10,660571*	,913564	,000	8,10340	13,21774
		19	10,134111*	1,052305	,000	7,18859	13,07963
		29	8,202400*	,829046	,000	5,88180	10,52300
		36	4,461692*	,934005	,000	1,84730	7,07608

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 37. Prueba Estadística de Tukey del almacenamiento de carbono en plantaciones de *C. cateniformis*

Variable dependiente	(I) Edad Plantación <i>C. cateniformis</i>	(J) Edad Plantación <i>C. cateniformis</i>	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Almacenamiento de carbono	9	19	-,263187	,560021	,990	-1,83075	1,30438
		29	-1,228993	,456758	,065	-2,50751	,04953
		36	-3,099297*	,504861	,000	-4,51246	-1,68613
		45	-5,330043*	,456758	,000	-6,60856	-4,05152
	19	9	,263187	,560021	,990	-1,30438	1,83075
		29	-,965806	,526124	,362	-2,43849	,50688
		36	-2,836109*	,568387	,000	-4,42709	-1,24513
		45	-5,066856*	,526124	,000	-6,53954	-3,59417
	29	9	1,228993	,456758	,065	-,04953	2,50751
		19	,965806	,526124	,362	-,50688	2,43849
		36	-1,870304*	,466978	,001	-3,17743	-,56318
		45	-4,101050*	,414501	,000	-5,26129	-2,94081
	36	9	3,099297*	,504861	,000	1,68613	4,51246
		19	2,836109*	,568387	,000	1,24513	4,42709
		29	1,870304*	,466978	,001	,56318	3,17743
		45	-2,230746*	,466978	,000	-3,53787	-,92362
	45	9	5,330043*	,456758	,000	4,05152	6,60856
		19	5,066856*	,526124	,000	3,59417	6,53954
		29	4,101050*	,414501	,000	2,94081	5,26129
		36	2,230746*	,466978	,000	,92362	3,53787

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 38. Prueba Estadística de Tukey del secuestro de CO₂ en plantaciones de *C. cateniformis*

Variable dependiente	(I) Edad Plantación <i>C. cateniformis</i>	(J) Edad Plantación <i>C. cateniformis</i>	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						L. inferior	L. superior
Secuestro de CO ₂	9	19	-,965627	2,053486	,990		
		29	-4,506621	1,674841	,065	-9,19470	,18145
		36	-11,364610*	1,851225	,000	-16,54640	-6,18282
		45	-19,544271*	1,674841	,000	-24,23235	-14,85620
	19	9	,965627	2,053486	,990	-4,78232	6,71357
		29	-3,540994	1,929194	,362	-8,94103	1,85904
		36	-10,398983*	2,084162	,000	-16,23279	-4,56517
		45	-18,578644*	1,929194	,000	-23,97868	-13,17861
	29	9	4,506621	1,674841	,065	-,18145	9,19470
		19	3,540994	1,929194	,362	-1,85904	8,94103
		36	-6,857988*	1,712314	,001	-11,65095	-2,06502
		45	-15,037650*	1,519893	,000	-19,29201	-10,78329
	36	9	11,364610*	1,851225	,000	6,18282	16,54640
		19	10,398983*	2,084162	,000	4,56517	16,23279
		29	6,857988*	1,712314	,001	2,06502	11,65095
		45	-8,179662*	1,712314	,000	-12,97263	-3,38670
	45	9	19,544271*	1,674841	,000	14,85620	24,23235
		19	18,578644*	1,929194	,000	13,17861	23,97868
		29	15,037650*	1,519893	,000	10,78329	19,29201
		36	8,179662*	1,712314	,000	3,38670	12,97263

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 39. Prueba Estadística de Tukey de la producción de oxígeno en plantaciones de *C. cateniformis*

Variable dependiente	(I) Edad Plantación <i>C. cateniformis</i>	(J) Edad Plantación <i>C. cateniformis</i>	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Producción de oxígeno	9	19	-,702159	1,493448	,990	-4,88249	3,47818
		29	-3,277464	1,218069	,065	-6,68698	,13205
		36	-8,264945*	1,346349	,000	-12,03353	-4,49636
		45	-14,213914*	1,218069	,000	-17,62343	-10,80440
	19	9	,702159	1,493448	,990	-3,47818	4,88249
		29	-2,575306	1,403054	,362	-6,50262	1,35200
		36	-7,562786*	1,515758	,000	-11,80557	-3,32000
		45	-13,511756*	1,403054	,000	-17,43907	-9,58445
	29	9	3,277464	1,218069	,065	-,13205	6,68698
		19	2,575306	1,403054	,362	-1,35200	6,50262
		36	-4,987481*	1,245322	,001	-8,47328	-1,50168
		45	-10,936450*	1,105380	,000	-14,03054	-7,84236
	36	9	8,264945*	1,346349	,000	4,49636	12,03353
		19	7,562786*	1,515758	,000	3,32000	11,80557
		29	4,987481*	1,245322	,001	1,50168	8,47328
		45	-5,948969*	1,245322	,000	-9,43477	-2,46317
	45	9	14,213914*	1,218069	,000	10,80440	17,62343
		19	13,511756*	1,403054	,000	9,58445	17,43907
		29	10,936450*	1,105380	,000	7,84236	14,03054
		36	5,948969*	1,245322	,000	2,46317	9,43477

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 40. Prueba Estadística de Tukey de la producción de biomasa en plantaciones de *V. lomatophylla*

Variable dependiente	(I) Edad plantación <i>V. lomatophylla</i>	(J) Edad plantación <i>V. lomatophylla</i>	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Producción de biomasa	15	16	-,384550*	,088762	,000	-,61869	-,15041
		22	-,611250*	,108711	,000	-,89801	-,32449
		33	-,898861*	,091194	,000	-1,13942	-,65831
	16	15	,384550*	,088762	,000	,15041	,61869
		22	-,226700	,108711	,169	-,51346	,06006
		33	-,514311*	,091194	,000	-,75487	-,27376
	22	15	,611250*	,108711	,000	,32449	,89801
		16	,226700	,108711	,169	-,06006	,51346
		33	-,287611	,110706	,055	-,57963	,00441
	33	15	,898861*	,091194	,000	,65831	1,13942
		16	,514311*	,091194	,000	,27376	,75487
		22	,287611	,110706	,055	-,00441	,57963

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 41. Prueba Estadística de Tukey del almacenamiento de carbono en plantaciones de *V. lomatophylla*

Variable dependiente	(I) Edad Plantacion <i>V. lomatophylla</i>	(J) Edad Plantacion <i>V. lomatophylla</i>	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Almacenamiento de carbono	15	16	-,192300*	,044375	,000	-,30935	-,07525
		22	-,305650*	,054348	,000	-,44901	-,16229
		33	-,449272*	,045591	,000	-,56953	-,32901
	16	15	,192300*	,044375	,000	,07525	,30935
		22	-,113350	,054348	,169	-,25671	,03001
		33	-,256972*	,045591	,000	-,37723	-,13671
	22	15	,305650*	,054348	,000	,16229	,44901
		16	,113350	,054348	,169	-,03001	,25671
		33	-,143622	,055345	,055	-,28961	,00237
	33	15	,449272*	,045591	,000	,32901	,56953
		16	,256972*	,045591	,000	,13671	,37723
		22	,143622	,055345	,055	-,00237	,28961

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 42. Prueba Estadística de Tukey del secuestro de CO₂ en plantaciones de *V. lomatophylla*

Variable dependiente	(I) Edad plantación <i>V. lomatophylla</i>	(J) Edad plantación <i>V. lomatophylla</i>	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Secuestro de CO ₂	15	16	-,705250*	,162739	,000	-1,13453	-,27597
		22	-1,120750*	,199314	,000	-1,64651	-,59499
		33	-1,647739*	,167199	,000	-2,08878	-1,20670
	16	15	,705250*	,162739	,000	,27597	1,13453
		22	-,415500	,199314	,169	-,94126	,11026
		33	-,942489*	,167199	,000	-1,38353	-,50145
	22	15	1,120750*	,199314	,000	,59499	1,64651
		16	,415500	,199314	,169	-,11026	,94126
		33	-,526989	,202971	,055	-1,06239	,00842
	33	15	1,647739*	,167199	,000	1,20670	2,08878
		16	,942489*	,167199	,000	,50145	1,38353
		22	,526989	,202971	,055	-,00842	1,06239

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

Cuadro 43. Prueba Estadística de Tukey de la producción de oxígeno en plantaciones de *V. lomatophylla*

Variable dependiente	(I) Edad Plantación <i>V. lomatophylla</i>	(J) Edad Plantación <i>V. lomatophylla</i>	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Producción de O ₂	15	16	-,512850*	,118352	,000	-,82504	-,20066
		22	-,815050*	,144951	,000	-1,19741	-,43269
		33	-1,198428*	,121595	,000	-1,51918	-,87768
	16	15	,512850*	,118352	,000	,20066	,82504
		22	-,302200	,144951	,169	-,68456	,08016
		33	-,685578*	,121595	,000	-1,00633	-,36483
	22	15	,815050*	,144951	,000	,43269	1,19741
		16	,302200	,144951	,169	-,08016	,68456
		33	-,383378	,147611	,055	-,77275	,00600
	33	15	1,198428*	,121595	,000	,87768	1,51918
		16	,685578*	,121595	,000	,36483	1,00633
		22	,383378	,147611	,055	-,00600	,77275

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.*

PANEL DE FOTOGRAFIAS



Ilustración 1. Etiquetado de árboles-inventario



Ilustración 2. Georreferenciación con GPS



Ilustración 3. Medición del DAP del fuste-árbol



Ilustración 4. Medición de altura con clinómetro



Ilustración 5. Tesista escribiendo en el tablero



Ilustración 6. Medición distancia árbol-operador



Ilustración 7. Plantación de *Simarouba amara* “marupa”



Ilustración 8. Plantación de *Cedrelinga cateniformis* “tornillo”



Ilustración 9. Plantación de *Vochysia lomatophyla* “quillosa”

