



**UNAP**



FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

TESIS

**“PRODUCCIÓN DE OXÍGENO EN PLANTACIONES DE *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” EN CINCO DIFERENTES EDADES EN PUERTO ALMENDRA, IQUITOS-PERÚ”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL

PRESENTADO POR:

WEIDER POOL VÁSQUEZ GUTIERREZ

ASESOR:

ING. ABRAHAN CABUDIVO MOENA, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2014

# ACTA DE SUSTENTACIÓN



Facultad de  
Ciencias Forestales

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

### DE TESIS N° 616

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentada por el Bachiller **WEIDER POOL VÁSQUEZ GUTIERREZ** titulada: **“PRODUCCIÓN DE OXÍGENO EN PLANTACIONES DE *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” EN CINCO DIFERENTES EDADES EN PUERTO ALMENDRA, IQUITOS – PERÚ”**, formuladas las observaciones y analizadas las respuestas, lo

declaramos:

..... APROBADO .....

Con el calificativo de:


..... BUENO .....

En consecuencia queda en condición de ser calificado:

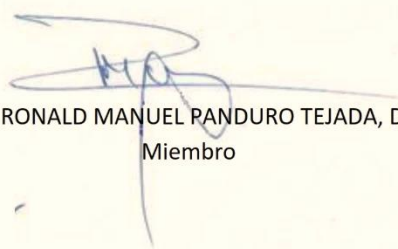
..... A PTO .....

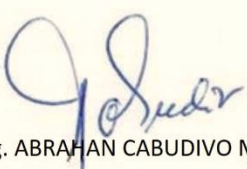
Y, recibir el Título de Ingeniero Forestal.

Iquitos, 19 de Diciembre de 2014.

  
Ing. JORGE LUIS RODRIGUEZ GOMEZ, Dr.  
Presidente

  
Ing. SARON QUINTANA VASQUEZ, Dr.  
Miembro

  
Ing. RONALD MANUEL PANDURO TEJADA, Dr.  
Miembro

  
Ing. ABRAHAM CABUDIVO MOENA, Dr.  
Asesor

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

Ciudad Universitaria “Puerto Almendra”, San Juan, Iquitos – Perú

www.unapiquitos.edu.pe

Teléfono: 065-225303

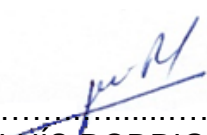
## JURADO Y ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL


TESIS:

“PRODUCCIÓN DE OXÍGENO EN PLANTACIONES DE *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” EN CINCO DIFERENTES EDADES EN PUERTO ALMENDRA, IQUITOS-PERÚ”


**Aprobado el 19 de diciembre de 2014, según Acta de Sustentación N° 616**




.....  
ING. JORGE LUIS RODRIGUEZ GOMEZ, Dr.  
Presidente  
REGISTRO CIP N° 46360



.....  
ING. RONALD MANUEL PANDURO TEJADA, Dr.  
Miembro  
REGISTRO CIP N° 35493



.....  
ING. SARON QUINTANA VÁSQUEZ, Dra.  
Miembro  
REGISTRO CIP N° 71600



.....  
ING. ABRAHAM CABUDIVO MOENA, Dr.  
Asesor  
REGISTRO CIP N° 40295

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis con todo mi amor y cariño a mis padres, don Marco Antonio Vásquez Soplín y doña Amalia Hermelinda Gutiérrez Ramírez de Vásquez, que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se me terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y eterno agradecimiento.*

*A mi hijo Dylan Gabriel Vásquez Del Águila, quien es mi motor y motivo para continuar cuando parece que voy a rendirme.*

*A mis tías Ivone Vásquez Soplín y Gabriela Alamo Mori, quienes desde el cielo me cuidan y guían para no tropezar en mi camino, sé que este momento hubiera sido tan especial para ellas como lo es para mí.*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque, hizo realidad este sueño anhelado.

A mis padres Marco Antonio y Amalia Hermelinda por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A mis amigos por confiar, creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

A todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO Y ASESOR	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Bases teóricas	4
1.3. Definición de términos básicos	6
CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	8
2.1. Formulación de la hipótesis	8
2.2. Variables y su operacionalización	8
CAPITULO III: METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño	9
3.2. Diseño muestral	10
3.3. Procedimientos de recolección de datos	11

3.4.	Procesamiento y análisis de datos	12
3.5.	Aspectos éticos	16
CAPITULO IV: RESULTADOS		17
4.1.	Producción de oxígeno en plantaciones de <i>Simarouba amara</i> (Aublet) "marupa"	17
4.2.	Producción de oxígeno en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) "tornillo"	20
CAPITULO V : DISCUSIÓN		25
CAPITULO VI: CONCLUSIONES		28
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES		30
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN		31
ANEXOS		36

## LISTA DE TABLAS

N°	Descripción	Pág.
1	Población y muestras seleccionadas	10
2	Densidad básica de la madera de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) “tornillo” y <i>Simarouba amara</i> (Aublet) “marupa”	14
3	Diseño para evaluar la producción de oxígeno	16
4	Producción de oxígeno promedio en plantaciones de <i>Simarouba amara</i> (Aublet) “marupa”	17
5	ANOVA de la producción de oxígeno en plantaciones de <i>Simarouba amara</i> (Aublet) “marupa”	19
6	Comparaciones múltiples Tukey - producción de oxígeno en <i>Simarouba amara</i> (Aublet) “marupa”	19
7	Resumen de la significancia estadística de Tukey - <i>Simarouba amara</i> (Aublet) “marupa”	20
8	Producción de oxígeno promedio en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) “tornillo”	21
9	ANOVA - Producción de oxígeno en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) “tornillo”	22
10	Comparaciones múltiples de Tukey - producción de oxígeno en <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) “tornillo”	23
11	Resumen de la significancia estadística de Tukey – <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) “tornillo”	24



## LISTA DE GRÁFICOS

N°	Descripción	Pág.
1	Producción anualizada de oxígeno en plantaciones de <i>Simarouba amara</i> (Aublet) “marupa”	18
2	Producción anualizada de oxígeno en plantaciones de <i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) “tornillo”	22

## RESUMEN

El estudio se realizó en las plantaciones con 6, 17, 27, 34 y 43 años de *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo”, ubicadas en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal-Puerto Almendra de la Facultad de Ciencias Forestales-UNAP, Iquitos-Perú, con el objetivo de evaluar la producción de oxígeno en dichas plantaciones; se inventariaron todos los árboles presentes en cada plantación y la cuantificación de la producción de oxígeno se realizó mediante la diferencia del almacenamiento de carbono en los árboles y su capacidad de secuestro de dióxido de carbono del medio ambiente. Los resultados muestran que en la plantación de *Cedrelinga cateniformis* de 43 años de edad se encontró el mayor valor productivo de oxígeno de 17,04 tO<sub>2</sub>/árbol, con un incremento anual de 0,40 t/O<sub>2</sub>/árbol; seguido de la plantación de 34 años con 15,82 tO<sub>2</sub>/árbol, con un incremento anual de 0,47 t/O<sub>2</sub>/árbol; y finalmente en la plantación de 27, 43 y 34 años de edad en *Simarouba amara*, se ha encontrado la producción de 2,94 tO<sub>2</sub>/árbol y 2,91 tO<sub>2</sub>/árbol respectivamente, siendo el incremento anual de 0,11 tO<sub>2</sub>/árbol, 0,09 tO<sub>2</sub>/árbol y 0,07 tO<sub>2</sub>/árbol; concluyéndose que el valor de producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* “tornillo” está influenciado por la edad de la plantación.

**Palabras claves:** Producción de oxígeno, stock de carbono, secuestro de CO<sub>2</sub>, plantación.

## ABSTRACT

This study was realized in the *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” and *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” plantations of 6, 17, 27, 34 y 43 years old, they are located in the Forestry Research and Education Center Puerto Almendra which belongs to the Faculty of Forestry Sciences –UNAP, Iquitos-Perú, it was given with the purpose to evaluate the oxygen production in those plantations; all the trees were inventoried, which were presented in each plantation and the quantification of the oxygen production was done through the difference of carbon storage in trees and its capacity to sequester carbon dioxide from the environment. The results show that in the plantation of *Cedrelinga cateniformis* of 43 years old, had the highest productive value of oxygen of 17,04 tO<sub>2</sub>/tree, with an annual increase of 0,40 tO<sub>2</sub>/tree; followed by the plantation of 34 years old with 15,82 tO<sub>2</sub>/tree, with an annual increase of 0,47 tO<sub>2</sub>/tree; and finally in the plantation of 27, 43 and 34 years old in *Simarouba amara*, it has been found the production of 2,94 tO<sub>2</sub>/tree y 2,91 tO<sub>2</sub>/tree respectively, having an annual increase of 0,11 tO<sub>2</sub>/tree, 0,09 tO<sub>2</sub>/tree y 0,07 tO<sub>2</sub>/tree; concluding that the oxygen production in the plantations of *Simarouba amara* “marupá tree” y *Cedrelinga cateniformis* “tornillo tree” are influenced by the age of the plantation.

**Key Words:** Oxygen production, carbon stock, CO<sub>2</sub> sequestration, plantation.

## INTRODUCCIÓN

La falta de estudios de los servicios que los recursos naturales proveen a la sociedad, en este caso la producción de oxígeno en plantaciones forestales, es uno de los problemas que hoy en día enfrentan diversos países que manejan sus bosques, por tal razón, conocer este servicio constituye una herramienta para la protección del bosque y del uso sustentable, siendo esto potencialmente una fuente importante para el financiamiento y beneficio social. Es importante realizar investigaciones que ayuden a contribuir en la limpieza ambiental mediante la reducción del CO<sub>2</sub> atmosférico y la producción de oxígeno hacia la atmósfera.

Uno de los problemas más graves que pueden derivarse de la no retención del carbono y la no producción de oxígeno es el calentamiento del planeta debido a los efectos de la alta contaminación de dióxido de carbono que va elevando paulatinamente la temperatura terrestre **(Chambi, 2001, p. 3) y (Cabudivo, et al. 2014, p. 2)**. La captura neta de CO<sub>2</sub> atmosférico y su producción de oxígeno depende principalmente de la productividad de la plantación a través del tiempo **(Ramírez, 2019, p. 55)**.

Es de importancia haber realizado este tipo de investigación debido a la necesidad de conocer los servicios ambientales que realizan los árboles, mediante la producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” de 6, 17, 27, 34 y 43 años de edad del CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos, Perú.

## CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes

Según la **FAO (2007 citado por Céspedes 2017, p 22)**; “Entre los servicios ambientales y sociales que proporcionan los bosques y los árboles figuran la conservación de la diversidad biológica, la captación y almacenamiento del carbono para mitigar el cambio climático mundial, la mejora de las condiciones de vida en los núcleos urbanos y peri-urbanos y la protección del patrimonio natural y cultural”. Captación y Almacenamiento de Carbono. “Se puede mejorar la calidad del aire mediante el uso de árboles, arbustos o césped. Las hojas filtran el aire que respiramos, removiendo el polvo y otras partículas. La lluvia arrastra la contaminación hacia el suelo. Las hojas absorben el dióxido de carbono del aire para formar hidratos de carbono que son utilizados en la estructura y las funciones de la planta.

**Mozombite, (2015, p. 37)** trabajando en plantaciones de aguajal, concluye que la mayor producción de biomasa, stock de carbono, secuestro de dióxido de carbono y oxígeno se ha determinado en la plantación 30 (a) en la clase diamétrica >45-50 cm con promedios de 2,37 t/biomasa, 1,19 tC, 4,35 tCO<sub>2</sub> y 3,16 tO<sub>2</sub> respectivamente.

**Nowak, et al, (2007 citado por Cabudivo, 2017, p. 9 y 10)**, menciona que estudios realizados en diferentes ciudades de Estados Unidos, el número medio de árboles necesarios para compensar el consumo anual de oxígeno de un adulto fue de 30 árboles, pero varió de 17 a 81 árboles. Por lo que la producción de oxígeno depende del tipo de especie, el tamaño, estado fitosanitario, número de individuos y la ubicación del árbol.

**Cabudivo (2017, p. 31)** realizando trabajos en la avenida Abelardo Quiñones concluye en lo siguiente: El mayor secuestro de CO<sub>2</sub> y producción de O<sub>2</sub> lo obtuvo en especies arbóreas con 184 tCO<sub>2</sub> y 134 tO<sub>2</sub> a diferencia de las palmeras con un 16,88 tCO<sub>2</sub> y 12 tO<sub>2</sub> respectivamente. La mayor producción de biomasa y almacenamiento de carbono se ha determinado en la clase diamétrica >30-40 y >40-50 cm con un total de 39,26 y 42,12 t de biomasa, con 19,63 tC y 21,10 tC. de Almacenamiento de carbono respectivamente. La clase diamétrica que tuvo el mayor secuestro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) fue >40-50 cm con 77,36 tCO<sub>2</sub>, y el de menor rendimiento las clases diamétricas de >10-20 y >20-30 con 20,43 tCO<sub>2</sub> y 40,92 tCO<sub>2</sub> respectivamente. La mayor producción de O<sub>2</sub> se determinó en la clase diamétrica >40-50 con 56,26 tO<sub>2</sub>, y el de menor rendimiento las clases diamétricas de >10-20 y >20-30 con 14,85 tCO<sub>2</sub> y 29,76 tCO<sub>2</sub> respectivamente.

Una ha de bosque, con 100 árboles adultos cuyo diámetro de copa es de 14,3 metros y una superficie cubierta de 160 metros cuadrados, de acuerdo a estimaciones realizadas, se comprobó que efectúan las siguientes funciones de suma importancia: a) Funciones físicas: reducción de la velocidad del viento en un 60%, filtración de 1 t, de polvo al año, y esto lleva bacterias, virus y gases de escape, además, diluye las emisiones nocivas entremezclándolas con el aire, amortigua el sonido, es donador de sombra y protege contra los rayos ultravioleta. b) Funciones fisiológicas: consumen 2,55 Kg de CO<sub>2</sub> por hora para lo que son utilizados cerca de 4 mil litros de aire y producen 1,77 Kg de oxígeno por hora. La producción por día de oxígeno es igual a la que necesitan 64 personas (154 m<sup>2</sup> de hojas de un tipo de vegetación, producen O<sub>2</sub> necesario para una persona adulta durante un año), además son un elemento básico para la evaporación, ya que en un día soleado (400 lux) bajo un árbol, aumenta la humedad relativa del aire hasta

un 10%, y disminuye la temperatura hasta 2 °C (**DICSA, 1990; RAPOPORT, 1988, citado por [www.monografias.com](http://www.monografias.com)**).

Se debe poner un mayor énfasis en establecer programas de concientización dirigidos a los niños y jóvenes, ya que son el presente y futuro, enfocándose a que se constituyan en agentes multiplicadores de un nuevo rol social, que conciban al árbol como nuestro compañero inseparable, donde además, de beneficiarnos con la producción de O<sub>2</sub>, equilibrar la temperatura, proporcionar sombra, reducir contaminantes y polvos, nos abastece del recurso con el que se construyó la cuna donde nos meció nuestra madre, el pupitre donde aprendimos nuestras primeras letras y hasta el ataúd que acompañó a nuestros ancestros de regreso a la madre tierra (**DICSA, 1990, p. 3**)

## **1.2 Bases teóricas**

**Nowak et al. 2007; Nowak et al. 2002; Nowak, 1994; Nowak, 1986; Salisbury y Ross, 1978, citado por Mozombite (2015, p. 9)**; indican que la emisión de oxígeno por los árboles está basado en la producción de oxígeno durante la fotosíntesis menos el oxígeno consumido durante la respiración de la planta. Por ello, uno de los métodos para estimar la producción de oxígeno es del carbono secuestrado basado en su peso atómico:  $O_2 \text{ (neto)} = C_s * O_2/C$ , Donde:  $O_2 \text{ (neto)}$ = Producción de oxígeno, en kg;  $C_s$ =Carbono secuestrado, en kg;  $O_2=2*16$  y  $C= 12$ .

El arbolado es parte indispensable de la vida en la tierra, ya que proporcionan oxígeno mediante el consumo de dióxido de carbono, así mismo, la generación de oxígeno es uno de los servicios ecosistémicos más comúnmente citados por el arbolado y a su vez se encuentra dentro de los servicios más representativos prestados por el arbolado (**Mitra, Chaudhuri, Pal, Zaman, & Mitra, 2017 y Nowak**

**D 2007, citado por Cortes y Matías, 2019, p. 29 y 30).** Define que la producción neta de oxígeno por los árboles se basa en la cantidad de oxígeno producido durante la fotosíntesis menos la cantidad de oxígeno producido por la planta y está directamente relacionado con la cantidad de carbono secuestrado por el árbol, que está ligado a la acumulación de biomasa arbórea, demostrado por las reacciones: Fotosíntesis:  $n(\text{CO}_2) + n(\text{H}_2\text{O}) + \text{luz} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O})_n + n\text{O}_2$ ; Respiración:  $(\text{CH}_2\text{O})_n + n\text{O}_2 \rightarrow n(\text{CO}_2) + n(\text{H}_2\text{O}) + \text{energía}$  Por esta razón un método para estimar la producción de oxígeno de un árbol es a partir del carbono secuestrado basado en su peso atómico  $\text{O}_2 \text{ neto} = \text{C neto secuestrado} \times (32/12)$  donde  $\text{O}_2$  es la producción neta de oxígeno por árbol en kg, C es el carbón neto secuestrado en kg (**Nowak, Hoehn, & Crane, 2007, citado por Cortes y Matías, 2019, p. 30).**

El arbolado juega un papel protagónico a la hora de producir oxígeno, en un estudio se determinó que en Estados Unidos los bosques urbanos producen 67 millones de toneladas métricas de oxígeno al año que es suficiente para compensar el consumo de oxígeno humano de aproximadamente dos tercios de la población estadounidense, así mismo, que el promedio de árboles necesarios para compensar el consumo anual de oxígeno de un adulto es de 30 árboles aunque varió de 17 a 81 árboles en distintas ciudades, esta diferencia radica en la diferencia de tamaño de los árboles, condiciones y tasas de crecimiento que se generan en estas ciudades (**Nowak, Hoehn, & Crane, 2007, citado por Cortes y Matías, 2019, p. 30).**). También, regula el microclima, debido a la reducción de la temperatura ambiente y el aumento en la humedad del aire en presencia de vegetación, se debe al efecto de sombra proyectada sobre las diversas superficies y presenta en un rango de escalas, desde un árbol individual hasta todo el arbolado en el ámbito municipal y regional (Nowak, Dwyer, & Childs, 1997, **citado por Cortes**



y Matías, 2019, p. 30) y este beneficio está directamente relacionado con la altura total, la forma de la copa, la densidad del follaje del árbol (Shahidan, Shariff, Jones, Salleh, & Abdullah, 2010, citado por Cortes y Matías, 2019, p. 30).

### 1.3 Definición de términos básicos

**Biomasa:** Se define como la cantidad total de materia orgánica viva sobre el suelo en los árboles expresada como toneladas secas al horno por unidad de área. (<http://www.fao.org/3/W4095E/w4095e05.htm#2.2%20what%20is%20biomass>)

**Densidad de biomasa:** Cuando se expresa como masa por unidad de área  
<http://www.fao.org/3/W4095E/w4095e05.htm#2.2%20what%20is%20biomass>

**Microclima:** Es un conjunto de patrones y procesos atmosféricos que caracterizan un entorno o ámbito reducido. Los factores que lo componen son la topografía, temperatura, humedad, altitud-latitud, luz, la cobertura vegetal y las obras humanas (arquitectura urbana, industria, procesos económicos, etc.) que pueden incidir en las variables atmosféricas (meteorológicas más que climáticas) y que sirven para suavizar los valores extremos (aire acondicionado en época de calor, calefacción en épocas de frío) de un lugar generalmente urbano y que terminan por modificar a escala muy local el clima normal de un lugar (<https://es.wikipedia.org/wiki/Microclima>)

**Control de la contaminación:** Los árboles contribuyen a disminuir la contaminación presente en las ciudades. Ciertas especies pueden absorber contaminantes del aire como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que representa casi la mitad del peso total de los contaminantes emitidos a la atmósfera, así como también los dióxidos de azufre y nitrógeno (SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>) compuestos provenientes fundamentalmente por la combustión de fuentes móviles (vehículos) (Corzo,

**Manejo del arbolado urbano en Bogotá, 2007 citado por Cortes y Matías, 2019, p. 29).**

**Fijación del Dióxido de carbono en un árbol:** se debe multiplicar 3,67 por la cantidad de carbono almacenado **(Rügnitz, Chacón, & R., 2009, citado por Cortes y Matías, 2019, p. 32).**

**Producción de oxígeno:** Se realiza en la fijación de carbono por medio de la fotosíntesis cuando las plantas absorben energía solar y CO<sub>2</sub> de la atmósfera, se forman hidratos de carbono (azúcares como la glucosa), que sirven de base para su crecimiento **(Rügnitz, Chacón, & R., 2009, citado por Cortes y Matías, 2019, p. 32).**

**Servicio ecosistémico:** son “todas aquellas contribuciones directas e indirectas que hacen los ecosistemas al bienestar humano, esto se ve representado en elementos o funciones derivadas de los ecosistemas que son percibidas, capitalizadas y disfrutadas por el ser humano como beneficios que incrementan su calidad de vida” **(Humboldt, 2017 citado por Cortes y Matías, 2019, p. 32).**

**Variables dasométricas:** La dasometría se encarga de la medición, cálculo o estimación de los volúmenes, edad e incremento de las masas forestales, dentro de las características que se pueden medir o estimar de los árboles son: diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal, altura total, volumen total, biomasa aérea y otras **(Torres, 2006 citado por Cortes y Matías, 2019, p. 33)**

## CAPITULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

### 2.1 Formulación de la hipótesis

La producción de oxígeno (O<sub>2</sub>) es mayor en plantaciones de mayores edades de *Simarouba amara* “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* “tornillo” en Puerto Almendra, Iquitos-Perú.

### 2.2 Variables y su operacionalización

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de medición	Unidades de medida
<b>Independiente</b> Plantación - <i>Simarouba amara</i> - <i>Cedrelinga cateniformis</i>	Corresponden a aquellos bosques de árboles de una misma especie o combinaciones con otras, efectuadas por el ser humano.	Cualitativa  Cuantitativa	DAP Altura Densidad básica	Nominal	- N° de ind. - Centímetros - Metros - Kg/m <sup>3</sup>
<b>Dependiente</b> Edad (Plantación) - 6 años - 17 años - 27 años - 34 años - 43 años	Cantidad de años que tiene una determinada plantación realizada por el hombre.	Cuantitativa	➤ Almacenamiento de biomasa ➤ Almacenamiento de carbono ➤ Producción de oxígeno	Nominal	- t/ha  - tC - tO <sub>2</sub>

## CAPITULO III. METODOLOGIA

### Lugar de ejecución

El presente estudio se realizó en las parcelas demostrativas 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 **(Cabudivo et al. 2011, p. 33)**.

### Climatología

Climatológicamente presenta las siguientes características: la 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; la humedad relativa media anual es de 82,1 %. El área de estudio se localiza dentro de la zona de vida denominada Bosque Húmedo Tropical (bh – T), **(Cabudivo et al. 2011, p. 33)**.

### 3.1 Tipo y diseño

La investigación es del tipo descriptivo y cuantitativo, de nivel básico. El diseño utilizado fue un inventario al 100% de todos los individuos de dos plantaciones de especies *Simarouba amara* (Aublet) y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) de cinco diferentes edades.

### 3.2 Diseño muestral

#### Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por todas las plantaciones de diferentes edades de *Simarouba amara* “marupa” y *Cedrelinga cateniformis* “tornillo”, que se encuentran establecidas en el CIEFOR Puerto Almendra, según inventario realizado por **(Gonzalo, 2013, pp. 69-82; Guerra, 2013, pp. 50-56 y Ruiz, 2013, pp. 48-54).**

La muestra representativa fue de 01 plantación seleccionada de modo preferencial según el proyecto “Valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> y su stock de carbono en las plantaciones del CIEFOR- Puerto Almendra, Iquitos-Perú” **(Espíritu et al. 2015, p. 8).**

Tabla N° 01. Población y muestras seleccionadas

Población	Muestras	Especies	Edad	Área total
15; 20; 29; 33; 31; 17; 18,19; 05; 63; 12; 33; 09; 11;15; 34;	P-29	<i>C. cateniformis</i>	43	0,07
	P-34	<i>C. cateniformis</i>	34	0,17
	P-17	<i>C. cateniformis</i>	27	0,18
	P-5T	<i>C. cateniformis</i>	17	0,36
	P-63	<i>C. cateniformis</i>	06	3,50
05; 07; 09; 10; 15; 17; 18; 19; 31; 35; 63	P-07	<i>S. amara</i>	43	0,14
	P-35	<i>S. amara</i>	34	0,34
	P-10	<i>S. amara</i>	27	0,34
	P-5M	<i>S. amara</i>	17	0,36
	P-63	<i>S. amara</i>	06	3,50

### **3.3 Procedimiento de recolección de datos**

#### **3.3.1 Materiales de campo y gabinete**

##### **De campo**

Libreta de campo, Jalones, Wincha, Botas, Machete, Bolsas de plástico, Rafia, Capota, Etiquetas plásticas, Chinchas, Cámara fotográfica, Clinómetro Suunto, GPS Garmin, Plumón indeleble

##### **De Gabinete**

Papel bond A4, Computadora, USB, Calculadora, Impresora, Cartuchos de tinta, Plumón indeleble

##### **a) Fase de pre campo**

En base al procedimiento preliminar antes de visita al campo, se ubicó con la información de imágenes satelitales (SIG) para el reconocimiento del tipo de plantaciones

##### **b) Fase de campo**

Para iniciar los trabajos, se llegó al Centro de Investigación y Enseñanza Forestal-CIEFOR-Puerto Almendra, primero se realizó la identificación en el sitio la ubicación de las plantaciones de *Simarouba amara*, se identificó con los números 05; 07; 09; 10; 15; 17; 18; 19; y también las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis*, con los números 15; 20; 29; 33; 31; 17; 18,19; 05; 63; 12; 33; 09; 11;15; 34; de los cuales se han elegido al azar las plantaciones que se muestran en la tabla N° 1 y en el Anexo 2.

Cada plantación tiene un área y edad diferente los cuales fueron codificados. La técnica de recolección de datos para el censo, fue georreferenciar los árboles para lo cual se utilizaron formatos de toma de datos especialmente diseñados para el estudio, se registraron: número de árbol, nombre común, DAP, se determinó la altura de todos los árboles mediante el Clinómetro Óptico SUUNTO la distancia en metros entre el operador y el árbol y se registró en la libreta de campo y algunas observaciones particulares de cada individuo existente en el área de estudio, se procedió a medir el diámetro a la altura del pecho (DAP), con cinta métrica.

**c) Fase de gabinete**

Se recopiló los datos obtenidos en el campo y se ha calculado hasta tener toda la información que se necesitaba para cumplir los objetivos de la investigación.

### **3.4 Procesamiento y análisis de los datos**

La información que se obtuvo en el campo se organizó en una tabla de datos en Excel, se determinó los siguientes cálculos:

- Se determinó los diámetros de los árboles haciendo uso de la siguiente fórmula propuesta por **(Chambi, 2001, p. 11)**

$$DAP = \frac{c}{\pi}$$

**Donde:**

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (1,30 m)

c = circunferencia

$\pi = 3,1416$

- Se determinó el área basal de los árboles en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) por medio de la siguiente fórmula propuesta por **(Chambi, 2001, p. 11)**

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

**Donde:**

G = área basal en m<sup>2</sup>

$\pi = 3,1416$

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (1,30 m)

- Se determinó el volumen que expresado en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), por medio de la siguiente fórmula propuesta por **(Chambi, 2001, p. 11)**.

$$V = G * f * h$$

**Donde:**

V = volumen en m<sup>3</sup>

G = área basal en m<sup>2</sup>

f = factor de forma (0.65)

h = altura en metro

- **Densidad de la madera**

Se utilizó los valores de densidad básica de la madera de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” y *Simarouba amara* (Aublet) “marupa”, realizado por **(Cabudivo, 2012, p. 26)**.



Tabla 02. Densidad básica de la madera de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” y *Simarouba amara* (Aublet) “marupa”

Plantación	Edad (años)	Densidad básica (kg/m <sup>3</sup> )
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	> 15 - 20	423.02
	> 20 - 30	469.99
	> 30 - 40	470.00
<i>Simarouba amara</i>	> 15 - 20	326.77
	> 20 - 30	365.00
	> 30 - 40	369.66

Fuente: Tesis “Evaluación de las propiedades Físico - Mecánicas de la madera de plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) de diferentes edades. Iquitos-Perú.” (Cabudivo, J. 2012, p. 26)

- **Conversión de volumen de la madera a biomasa leñosa**

Para obtener la biomasa leñosa se utilizó la fórmula propuesta por (IPCC, 2003 citado por Espíritu, *et al* 2015, p. 26).

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

**Donde:**

BF = biomasa del fuste en toneladas (t)

V = volumen de la madera, en m<sup>3</sup>

Db = densidad básica de la madera en kg/m<sup>3</sup>

- **Biomasa**

Posteriormente se procedió a calcular la biomasa, a partir del producto de la biomasa del fuste y el factor de expansión de biomasa (IPCC, 2003 citado por Guerra, p. 31).

$$BT = BF * FEB$$

**Donde:**

BT = Biomasa total en toneladas (t)

BF = biomasa del fuste en toneladas (t)

FEB = factor de expansión de biomasa = 3,4

- **Determinación del carbono almacenado**

Para la estimación indirecta por hectárea del contenido de carbono en la biomasa aérea de las plantaciones, se tiene estimado que aproximadamente el 50% de la biomasa vegetal corresponde al carbono, por lo cual para estimar el carbono almacenado total se multiplicó la biomasa total (BT) por el factor 0,5 (**Quiceno, et al. 2016, p. 185**).

$$\text{CBT} = \text{BT} * 0,5$$

**Dónde:**

CBT = Carbono almacenado (kg/ha)

BT = Biomasa total (kg/ha).

- **Producción de oxígeno en arboles de plantaciones**

Para calcular la producción de oxígeno en los arboles de las plantaciones fue mediante el carbono almacenado, y la relación entre los pesos atómicos de oxígeno con los pesos atómicos de carbono, como lo plantea (**Nowak et al., 2007, p. 220 y Lakyda, 2011, p. 30 y Vilches y Rendon 2002, p. 47**),

$$\text{Produccion O}_2 \text{ (kg)} = \text{C secuestrado (kg)} \times \text{p.a.O}_2/\text{p.a.C}$$

**Donde:**

O<sub>2</sub> (release) = Producción de Oxígeno, kg y/o toneladas.

C(t) = Carbono total almacenado, kg y/o toneladas.

p.a O<sub>2</sub> = Peso atómico de oxígeno

p.a C = Peso atómico de carbono

- **Análisis estadístico**

Para evaluar la producción de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” y *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” de 6; 17; 27; 34 y 43 años de edad en Puerto Almendra, se tuvo el siguiente diseño estadístico:

Tabla 3. Diseño para evaluar la producción de oxígeno

Plantación	Edades (años)					Total
	6	17	27	34	43	
<i>S. amara</i>	1	1	1	1	1	5
<i>C. cateniformis</i>	1	1	1	1	1	5
Total	2	2	2	2	2	10

Los resultados de la evaluación de la producción de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” y *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” de edades 6, 17, 27, 34 y 43 años en Puerto Almendra, se realizó mediante el programa estadístico SPSS 20; se ha efectuado el análisis de varianza al 0,05 y para determinar la significancia de los promedios se realizó la Prueba estadística de Tukey al 0,05.

### 3.5 Aspectos éticos

Esta investigación se realizó respetando los cuatro principios éticos básicos como son la autonomía, la beneficencia, la no maleficencia y la justicia. La participación fue voluntaria, así como el derecho a solicitar toda información relacionada con la investigación y teniendo en cuenta el anonimato. Se ha tenido en cuenta el respeto a no aprear arboles de las plantaciones.

## CAPITULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) "marupa"

Se muestran los resultados de la cuantificación de la producción total y promedio de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* con 6 años, 17 años, 27 años, 34 años y 43 años de edad.

Tabla 4. Producción de oxígeno promedio en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) "marupa"

Edad (Años)	N° Árb	DAP Prom (cm)	Altura Prom (m)	D* Prom (kg/m <sup>3</sup> )	B** Prom (t)	C*** Prom (t)	CO <sub>2</sub> Prom (t)	Oxígeno		
								Total (t)	Prom (t)	Increm. Anual/ árbol
6	27	13,53	11,84	285	0,12	0,07	0,27	5,27	0,20	0,03
17	8	16,74	15,72	327	0,30	0,19	0,69	4,01	0,50	0,03
27	50	32,17	25,14	361	1,78	1,10	4,05	147,16	2,94	0,11
34	20	34,37	22,91	369	1,76	1,09	4,00	58,12	2,91	0,09
43	45	33,54	23,71	370	1,78	1,10	4,04	132,17	2,94	0,07

**D\*** Densidad de la madera **B\*\*** Biomasa **C\*\*\*** Carbono

En la tabla 4 y en el gráfico 1, se observan los valores de las 5 plantaciones de diferentes edades estudiadas, encontrándose mayor producción de oxígeno en las plantaciones de 27, 43 y 34 años con 2,94 tO<sub>2</sub>/árbol y 2,91 tO<sub>2</sub>/árbol en 50, 45 y 20 árboles respectivamente, con un incremento anual de 0,11; 0,07 y 0,09 tO<sub>2</sub>/árbol; y los menores rendimientos se obtuvieron en plantaciones de 17 años y 6 años con 0,50 tO<sub>2</sub>/árbol y 0,20 tO<sub>2</sub>/árbol respectivamente, con incrementos anuales de 0,03 tO<sub>2</sub>/árbol para ambas edades.

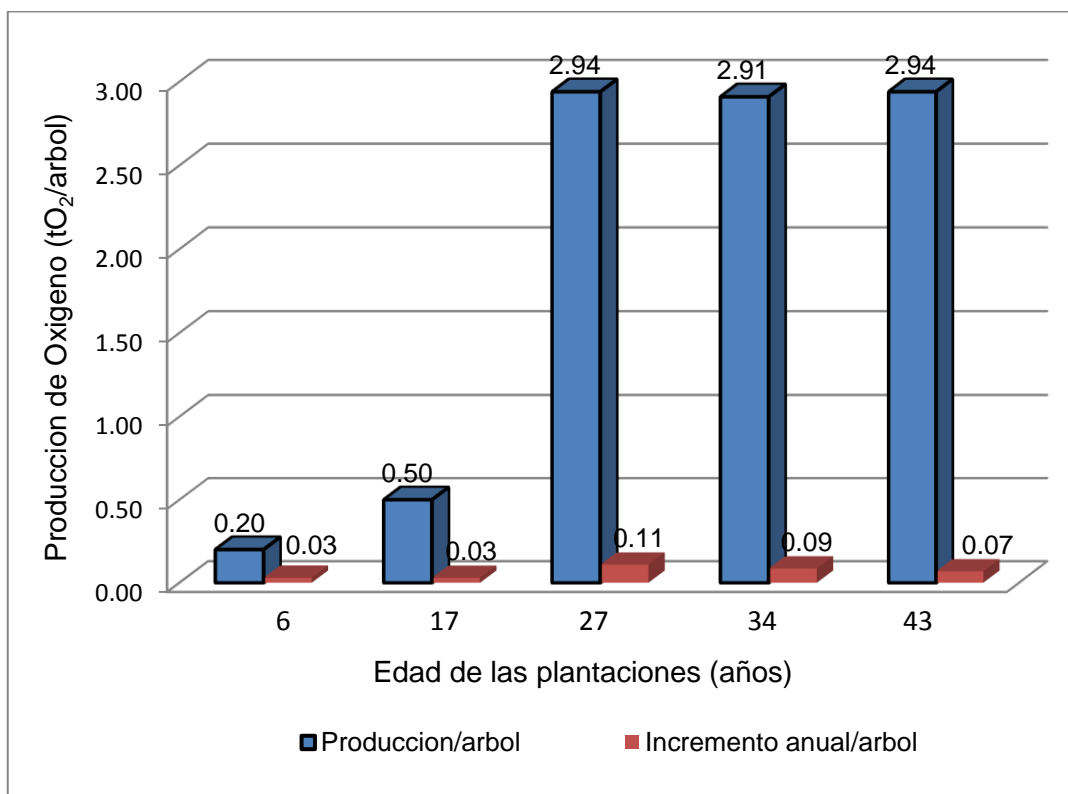


Gráfico 1. Producción anualizada de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) “marupa”

De acuerdo a la prueba de hipótesis:  $H_a$ : Existe diferencia significativa entre la producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* de 6, 17, 27, 34 y 43 años de edad; o la  $H_0$ : No existe diferencia significativa entre la producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* de 6; 17; 27; 34 y 43 años de edad. En la tabla 5 se presenta los resultados del ANOVA de la producción de oxígeno en las plantaciones de *Simarouba amara*, de edades 6 años, 17 años, 27 años, 34 años y 43 años, en la tabla 6 se presenta las comparaciones múltiples de Tukey  $\alpha=0,05$ .

Tabla 5. ANOVA de la producción de oxígeno en plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) "marupa"

F . V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	191,808	4	47,952	33,143	,000
Intra-grupos	209,787	145	1,447		
Total	401,594	149			

Tabla 6. Comparaciones múltiples Tukey-producción de oxígeno en *Simarouba amara* (Aublet) "marupa"

(I) Edades	(J) Edades	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
6	17	-,30644	,48419	,969	-1,6440	1,0311
	27	-2,74819*	,28727	,000	-3,5417	-1,9546
	34	-2,71019*	,35486	,000	-3,6905	-1,7299
	43	-2,74274*	,29281	,000	-3,5516	-1,9339
17	6	,30644	,48419	,969	-1,0311	1,6440
	27	-2,44175*	,45802	,000	-3,7070	-1,1765
	34	-2,40375*	,50318	,000	-3,7937	-1,0138
	43	-2,43631*	,46152	,000	-3,7112	-1,1614
27	6	2,74819*	,28727	,000	1,9546	3,5417
	17	2,44175*	,45802	,000	1,1765	3,7070
	34	,03800	,31824	1,000	-,8411	,9171
	43	,00544	,24716	1,000	-,6773	,6882
34	6	2,71019*	,35486	,000	1,7299	3,6905
	17	2,40375*	,50318	,000	1,0138	3,7937
	27	-,03800	,31824	1,000	-,9171	,8411
	43	-,03256	,32325	1,000	-,9255	,8604

43	6	2,74274*	,29281	,000	1,9339	3,5516
	17	2,43631*	,46152	,000	1,1614	3,7112
	27	-,00544	,24716	1,000	-,6882	,6773
	34	,03256	,32325	1,000	-,8604	,9255
*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.						

Tabla 7. Resumen de la significancia estadística de Tukey- *Simarouba amara* (Aublet) "marupa"

Edad plantación (años)	06	17	27	34	43
Significancia					

Los valores del ANOVA son diferentes (es significativo) para un p=valor 000, que indica una mayor producción de oxígeno para árboles de mayor edad en las plantaciones. Por otro lado, en la tabla 6 se presenta las comparaciones múltiples de Tukey donde se confirma la significancia para  $\alpha = 0,05$  en dos grupos de edades: 06 años - 17 años, con respecto al grupo de 27 años, 34 años y 43 años, como se aprecia también en la tabla 7 de resumen.

#### 4.2. Producción de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) "tornillo"

Se muestran los resultados de la cuantificación de la producción total y promedia de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* de 6 años, 17 años, 27 años, 34 años y 43 años de edad.

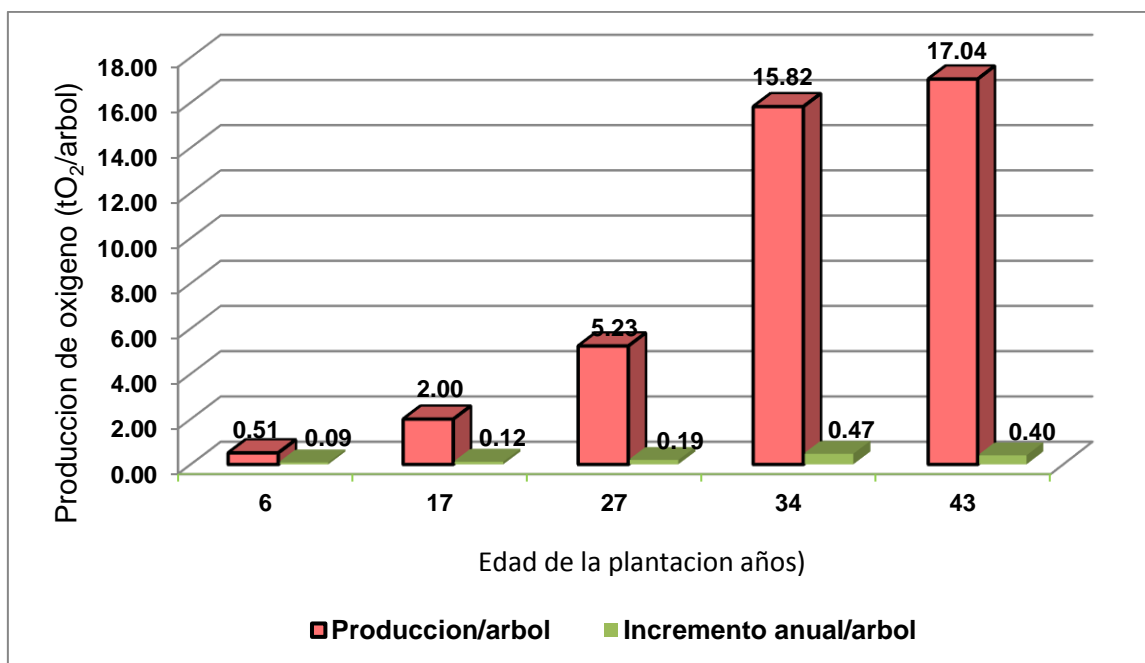
Tabla 8. Producción de oxígeno promedio en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo”

Edad	N°	DAP	Altura	D*	B**	C***	CO <sub>2</sub>	Oxígeno		
								total	Prom	Increment. Anual/ árbol
(Años)	Árbol	Prom (cm)	Prom (m)	(kg/m <sup>3</sup> )	Prom (t)	Prom (t)	Prom (t)	(t)	(t)	(t)
6	14	18,63	12,97	380	0,31	0,19	0,71	7,20	0,51	0,09
17	9	26,21	22,69	423	1,21	0,75	2,75	17,99	2,00	0,12
27	30	36,47	27,79	473	3,16	1,96	7,19	156,82	5,23	0,19
34	12	58,33	31,83	470	9,57	5,93	21,75	189,82	15,82	0,47
43	43	60,07	31,40	470	10,31	6,39	23,43	732,67	17,04	0,40

D\* Densidad de la madera B\*\* Biomasa C\*\*\* Carbono

En la tabla 8 y en el gráfico 2, se observan los valores de las cinco plantaciones de diferentes edades estudiadas, encontrándose mayor producción de oxígeno en la plantación de 43 años de edad con 17,04 tO<sub>2</sub>/árbol, seguido de la plantación de 34 años de edad con 15,82 tO<sub>2</sub>/árbol con un incremento promedio anual de 0,40 tO<sub>2</sub>/árbol y 0,47 tO<sub>2</sub>/árbol respectivamente. Siendo los de menor producción las plantaciones de 27 años, 17 años y 6 años de edad con 5,23 tO<sub>2</sub>/árbol, 2,00 tO<sub>2</sub>/árbol, y 0,51 tO<sub>2</sub>/árbol respectivamente; además, de su incremento anual de 0,19 tO<sub>2</sub>/árbol, 0,12 tO<sub>2</sub>/árbol y 0,09 tO<sub>2</sub>/árbol.





**Gráfico 2.** Producción anualizada de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo”

De acuerdo a la prueba de hipótesis:  $H_a$ : Existe diferencia significativa entre la producción de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* de 6, 17, 27, 34 y 43 años de edad; o la  $H_0$ : No existe diferencia significativa entre la producción de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* de 6; 17; 27; 34 y 43 años de edad.

En la tabla 9 se presenta los resultados del ANOVA de la producción de oxígeno en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis*, de edades 6 años, 17 años, 27 años, 34 años y 43 años, en la tabla 10 se presenta las comparaciones múltiples de Tukey  $\alpha = 0,05$ .

Tabla 9. ANOVA -producción de oxígeno en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo”

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	5050,413	4	1262,603	23,571	,000

Intra-grupos	5517,407	103	53,567		
Total	10567,820	107			

Tabla 10. Comparaciones múltiples Tukey- producción de oxígeno - *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo”

(I) Edades	(J) Edades	Diferencia de medias (I - J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
6	17	-1,48349	3,12700	,989	-10,1662	7,1992
	27	-4,71371	2,36892	,278	-11,2915	1,8641
	34	-15,30488*	2,87926	,000	-23,2997	-7,3101
	43	-16,52455*	2,25210	,000	-22,7779	-10,2712
17	6	1,48349	3,12700	,989	-7,1992	10,1662
	27	-3,23022	2,78163	,773	-10,9540	4,4935
	34	-13,82139*	3,22735	,000	-22,7828	-4,8600
	43	-15,04106*	2,68284	,000	-22,4905	-7,5916
27	6	4,71371	2,36892	,278	-1,8641	11,2915
	17	3,23022	2,78163	,773	-4,4935	10,9540
	34	-10,59117*	2,49990	,000	-17,5326	-3,6497
	43	-11,81084*	1,74107	,000	-16,6452	-6,9764
34	6	15,30488*	2,87926	,000	7,3101	23,2997
	17	13,82139*	3,22735	,000	4,8600	22,7828
	27	10,59117*	2,49990	,000	3,6497	17,5326
	43	-1,21967	2,38949	,986	-7,8546	5,4152
43	6	16,52455*	2,25210	,000	10,2712	22,7779
	17	15,04106*	2,68284	,000	7,5916	22,4905
	27	11,81084*	1,74107	,000	6,9764	16,6452
	34	1,21967	2,38949	,986	-5,4152	7,8546

\*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.

Tabla 11. Resumen de la significancia estadística de Tukey- *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo”

Edad plantación años)	06	17	27	34	43
Significancia					

En la tabla 10 se observa el análisis de varianza de la producción de oxígeno de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis*, de edades 6 años, 17 años, 27 años, 34 años y 43 años, estos valores promedios son diferentes (es significativo) para un  $p$ -valor 000, que indica una mayor producción de oxígeno de los árboles a mayor edad de las plantaciones. En el cuadro 10 muestra las comparaciones múltiples de Tukey y en el resumen de la tabla 11 se muestra que entre las edades 06 años, 17 años y 27 años muestran no significancia; sin embargo, es significativo con respecto al grupo de 34 años y 43 años de edad.

## CAPITULO V. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos de la producción de oxígeno ( $O_2$ ) se encontró mayor producción promedio de oxígeno para las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* en todas las edades con respecto a las plantaciones de *Simarouba amara*; de 17, 04 toneladas por cada árbol en la plantación de 43 años de edad; seguido de la plantación de 34 años de edad con 15,82 toneladas por árbol; también, de la plantación de 27 años de edad con 5,23 toneladas; plantación de 17 años de edad con 2,00 toneladas por árbol y por ultimo de plantación de 6 años de edad con 0,51 toneladas por árbol; además de un incremento anual de 0,40 t/ $O_2$ /árbol, 0,47 t/ $O_2$ /árbol; 0,19 t/ $O_2$ /árbol, 0,12 t/ $O_2$ /árbol y 0,09 t/ $O_2$ /árbol respectivamente; estos resultados se deben principalmente a la edad de la plantación y a las características de cada parcela; es decir, a mayor edad de la plantación tienen mayor volumen, mayor densidad de la madera, por lo tanto, tienen buena capacidad de incrementar mayor biomasa y por ende alta capacidad de almacenar Carbono (C), alta capacidad de secuestrar el dióxido de carbono atmosférico ( $CO_2$ ) y por ultimo mayor producción de oxígeno ( $O_2$ ), las características de cada parcela y sobre todo, se conoce, que a esta edad (43 años) existe un mínimo crecimiento de los árboles de la especie y con un diámetro de fuste de 60,07 cm y altura de 31,40 m; como lo manifiesta **(Gonzalo, 2013, p. 17)**, realizando estudios de biomasa, almacenamiento de carbono y secuestro de dióxido de carbono se incrementa a medida que aumenta las edades en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* de >15-20 años, >20-30 años y >30-40 años respectivamente,; además, Ruiz (2013) concluye que existe una relación directa en cuanto al valor económico de la madera en pie por edad de la plantación

de *Cedrelinga cateniformis*, presentándose valores más altos en la madera de plantaciones de mayor edad, con promedios que varían de 9975,26\$/ha, 44716,61\$/ha, 60061,88\$/ha, 115636,76\$/ha y 126676,87\$/ha en edades de 6; 17; 27; 34 y 43 años respectivamente. Por su parte **Cabudivo (2012, p. 26 y Cabudivo, et al. 2011, p. 56)** manifiesta que la edad de la madera de *Cedrelinga cateniformis* tiene una relación directa con la densidad básica, es decir, a mayor edad de la plantación mayor es la densidad de la madera.

Referente a las plantaciones de *Simarouba amara*, también existe la tendencia que a mayor edad existe mayor producción de Oxígeno, de acuerdo a los resultados encontrados la mayor producción se ha determinado en las plantaciones de 27 años, 43 años y 34 años de edad con 2,94 tO<sub>2</sub>/árbol y 2,91 tO<sub>2</sub>/árbol en 50, 45 y 20 árboles respectivamente, con un incremento anual de 0,11; 0,07 y 0,09 tO<sub>2</sub>/árbol; respectivamente; y los menores rendimientos se obtuvieron en plantaciones de 17 años y 6 años de edad con 0,50 tO<sub>2</sub>/árbol y 0,20 tO<sub>2</sub>/árbol respectivamente, con incrementos anuales de 0,03 tO<sub>2</sub>/árbol para ambas edades. Estos resultados muestran también que a mayor edad de las plantaciones existen mayor volumen de la madera, mayor densidad por lo tanto, mayor incremento de biomasa y por consiguiente alto almacenamiento de carbono (C) y alto secuestro de dióxido de carbono atmosférico (CO<sub>2</sub>), como concluye **(Gonzalo 2013, p. 44)**, realizando estudios sobre la producción de biomasa, carbono almacenado y secuestro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en plantaciones de *Simarouba amara* con edades de >15-20 años, >20-30 años y >30-40 años, concluye que la producción se incrementa a medida que aumenta la edad de la plantación.

El análisis de varianza de la producción de oxígeno en la plantación de *Simarouba amara* se obtuvo que el valor de  $p$  es  $0,000 < \alpha = 0,05$ ; indica que existe diferencia significativa entre las edades 6 años, 17 años, 27 años, 34 años y 43 años de las plantaciones estudiadas. Aplicando su comparador múltiple de Tukey se observa que existe dos grupos de edades que hay significancia estadística entre 6 años-17 años con respecto a 27 años, 34 años y 43 años, la razón principal se debe que las edades comparadas son diferentes entre sí, también en cuanto a las características de sitio de las parcelas. De esta manera el que presenta mayor edad genera mayor cantidad de oxígeno, los individuos de estas plantaciones se encuentran bien establecidas dentro de su área, en donde han ganado altura y grosor de sus diámetros, donde existe la misma cantidad de biomasa, stock de carbono, secuestro de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y producción de oxígeno entre estos dos grupos de edades de la plantación. Similarmente, se aprecia en la plantación de *Cedrelinga cateniformis*, el ANOVA muestra alta significancia entre las edades de las plantaciones estudiadas; aplicando el comparador múltiple de Tukey muestra que el grupo de edades 6 años, 17 años y 27 años no son significativos estadísticamente; sin embargo, existe significancia con respecto al grupo de plantaciones de 34 años y 43 años de edad; por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante.

## CAPITULO VI. CONCLUSIONES

1. La mayor producción de oxígeno se determinó en la plantación de *Cedrelinga cateniformis* de 43 años de edad con 17,04 tO<sub>2</sub>/árbol, seguido de la plantación de 34 años de edad con 15,82 tO<sub>2</sub>/árbol. También en las plantaciones de *Simarouba amara* de 27; 43 y 34 años edad con 2,94 tO<sub>2</sub>/árbol y 2,91 tO<sub>2</sub>/árbol respectivamente.
2. La menor producción de oxígeno se ha determinado en las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* de 27; 17 y 6 años de edad con 5,23 tO<sub>2</sub>/árbol, 2,00 tO<sub>2</sub>/árbol y 0,51 tO<sub>2</sub>/árbol respectivamente. Además, las plantaciones de *Simarouba amara* de 17 y 6 años de edad con 0,50 tO<sub>2</sub>/árbol y 0,20 tO<sub>2</sub>/árbol respectivamente.
3. El mayor incremento anualizado de la producción de oxígeno se ha determinado en las plantaciones de 34 y 43 años de edad de *Cedrelinga cateniformis* con 0,47 t/O<sub>2</sub>/árbol y 0,40 t/O<sub>2</sub>/árbol respectivamente. Mientras para la *Simarouba amara* de 27; 34 y 43 años fue de 0,11 tO<sub>2</sub>/árbol, 0,09 tO<sub>2</sub>/árbol y 0,07 tO<sub>2</sub>/árbol.
4. El menor incremento anualizado de oxígeno en *Simarouba amara* fue en la plantación de 17 y 6 años de edad con 0,03 t/O<sub>2</sub>/árbol; seguido de la plantación de 6; 17 y 27 años de edad de *Cedrelinga cateniformis* con 0,09 t/O<sub>2</sub>/árbol; 0,12 t/O<sub>2</sub>/árbol y 0,19 t/O<sub>2</sub>/árbol respectivamente.
5. De acuerdo al análisis estadístico se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna, existiendo diferencia significativa en la producción de oxígeno (O<sub>2</sub>) en el grupo de plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* de 6;17 y 27 años con respecto a las plantaciones de 34 y 43 años; mientras que en la plantación

de *Simarouba amara* el grupo de 6 y 17 años es significativo con respecto al grupo de 27; 34 y 43 años en el CIEFOR Puerto Almendra.



## CAPITULO VII. RECOMENDACIONES

1. Seguir con este tipo de investigación, pero con otras especies forestales que existen dentro del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) - Puerto Almendra, Rio Nanay, para tener una estimación de su producción de oxígeno como servicio ambiental.
2. Realizar investigaciones referentes al valor económico de la producción de oxígeno de las plantaciones del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) - Puerto Almendra, para conocer el valor real que brinda como servicio ambiental.
3. Dar un sistema de manejo a las parcelas de 27 años, 34 años y 43 años de edad de las especies *Simarouba amara* y *Cedrelinga cateniformis*, por considerarse que tienen volúmenes maderables para ser aprovechados.

## CAPITULO VIII. FUENTES DE INFORMACION

- CABUDIVO, A.; TELLO, R.; PANDURO, R. M.; PEZO, E.; ESCUDERO, C. A. Y QUINTANA, S. 2014. "Valoración del servicio ambiental del secuestro de CO<sub>2</sub>, 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 pág.
- CABUDIVO, K. 2017. Secuestro de CO<sub>2</sub> y producción de oxígeno en árboles y palmeras urbanos de la av. Abelardo Quiñones - distrito San Juan Bautista, Loreto – Perú, 2016. Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 70 pág.
- CABUDIVO J. M. 2012. Evaluación de las propiedades Físico - Mecánicas de la madera de plantaciones de *Simarouba amara* (Aublet) y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) de diferentes edades, Iquitos-Perú." Tesis (Ingeniero Forestal). Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de formación Profesional de Ingeniería Forestal. Iquitos-Perú. 83 pág.
- CABUDIVO, A.; VALDERRAMA, H.; PANDURO, R. M.; ESPÍRITU, J. M.; ÁNGULO, P. A.; VASQUEZ, C. L.; MEDER, B. M.; ARELLANO, J.; MORI, W.; ESCOBAR, J. A.; SORIA, B.; REATEGUI, V. V.; QUINTANA, S.; CÓRDOVA, S.; Y ROJAS, R. 2011. Turno tecnológico de aprovechamiento de la madera de *Simarouba amara* "marupa" y *Cedrelinga cateniformis* "tornillo" de diferentes edades en Puerto Almendra, Iquitos-Perú. Universidad Nacional

de la Amazonia Peruana. Oficina General de Investigación. Artículo Científico. Iquitos, Perú. 81 pág.

CÉSPEDES, T. 2017. Evaluación de los servicios ecosistémicos prestados por los árboles al campus de la Pontificia Universidad Javeriana, (Bogotá, Colombia). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Carrera de Ecología. Bogotá. 88 pág.

CHAMBI, P. 2001. Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicando a la Zona Boscosa del Rio Inambari y Madre de Dios. Instituto de Investigación y Capacitación para el Fomento de Oportunidades Económicas con Bases en la Conservación de Recursos Naturales (IICFOE). Simposio internacional medición y monitorea de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Chile. 20 p. [Fecha de consulta: 01 de febrero del 2013]. Disponible en:  
[http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio\\_carbono/25\\_Chambi.PDF](http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/25_Chambi.PDF).

CORTES, J. H. Y MATÍAS, E. V. 2019. Estimación de la capacidad potencial de fijación de CO<sub>2</sub> y producción de O<sub>2</sub>, como servicio ecosistémico suministrado por el arbolado del parque Los Fundadores y la Alameda de la avenida 40 en el municipio de Villavicencio (Meta). Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental. Universidad Santo Tomás. Facultad de Ingeniería Ambiental Villavicencio. 92 pág.

DICSA, 1990. Las Funciones de un Árbol. Departamento de Investigación Científica y Superación Académica. Universidad de Guadalajara. Guadalajara-México. 60 pág.

ESPÍRITU, J. E.; REÁTEGUI; R.; ÁNGULO, P. Á.; MACEDO, L. A.; DONAYRE, M. R.; QUINTANA, S.; PANDURO, R. M.; Y ARELLANO, J. 2015. Valoración

económica del secuestro de CO<sub>2</sub> y su stock de carbono en las plantaciones del CIEFOR- Puerto Almendra, Iquitos-Perú. Informe final. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Oficina General de Investigación. Iquitos-Perú. 64 pág.

GONZALO, S. J. 2013. Valoración económica del CO<sub>2</sub> 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. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos. 85 pág.

GUERRA, N. U. 2013. Valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> 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. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos. 54 pág.

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. 58 pág.

MOZOMBITE, M. A. 2015. Valoración económica del secuestro de CO<sub>2</sub> y de la producción de oxígeno en plantaciones de *Mauritia flexuosa* L. f. en Puerto Almendra, Iquitos-Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 87 pág.

NOWAK, D.; HOEHN, R. AND CRANE, D. E. 2007. Oxigen Production by Urban Trees in United States. *Arboriculture & Urban forestry* 2007. 33(3): 200-226.

QUINCENO, N., TANGARIFE, G., Y ÁLVAREZ, R. 2016. Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chigüiro-Chátare de Barracominas, departamento de Guinía (Colombia). Artículo Científico. Universidad de Caldas. *Revista Luna Azul*. 2016; 43: 171-202. Nro. 43, Julio – Diciembre. Colombia.

RAMÍREZ, P. E. 2019. Valoración económica de la producción de oxígeno en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* “quillosa” y *Parkia sp.* “pashaco” de diferentes edades en Puerto Almendra, Iquitos-Perú-2014. Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos. 80 pág.

RUIZ, J. J. 2013. Valoración económica del volumen maderable de árboles en pie en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” de cinco edades diferentes en el CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos – Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela Profesional de Ingeniería en Bosques Tropicales. Artículo científico. Iquitos-Perú. 13 pág.

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

[www.monografias.com](http://www.monografias.com). Visitado el 8 de junio de 2021.

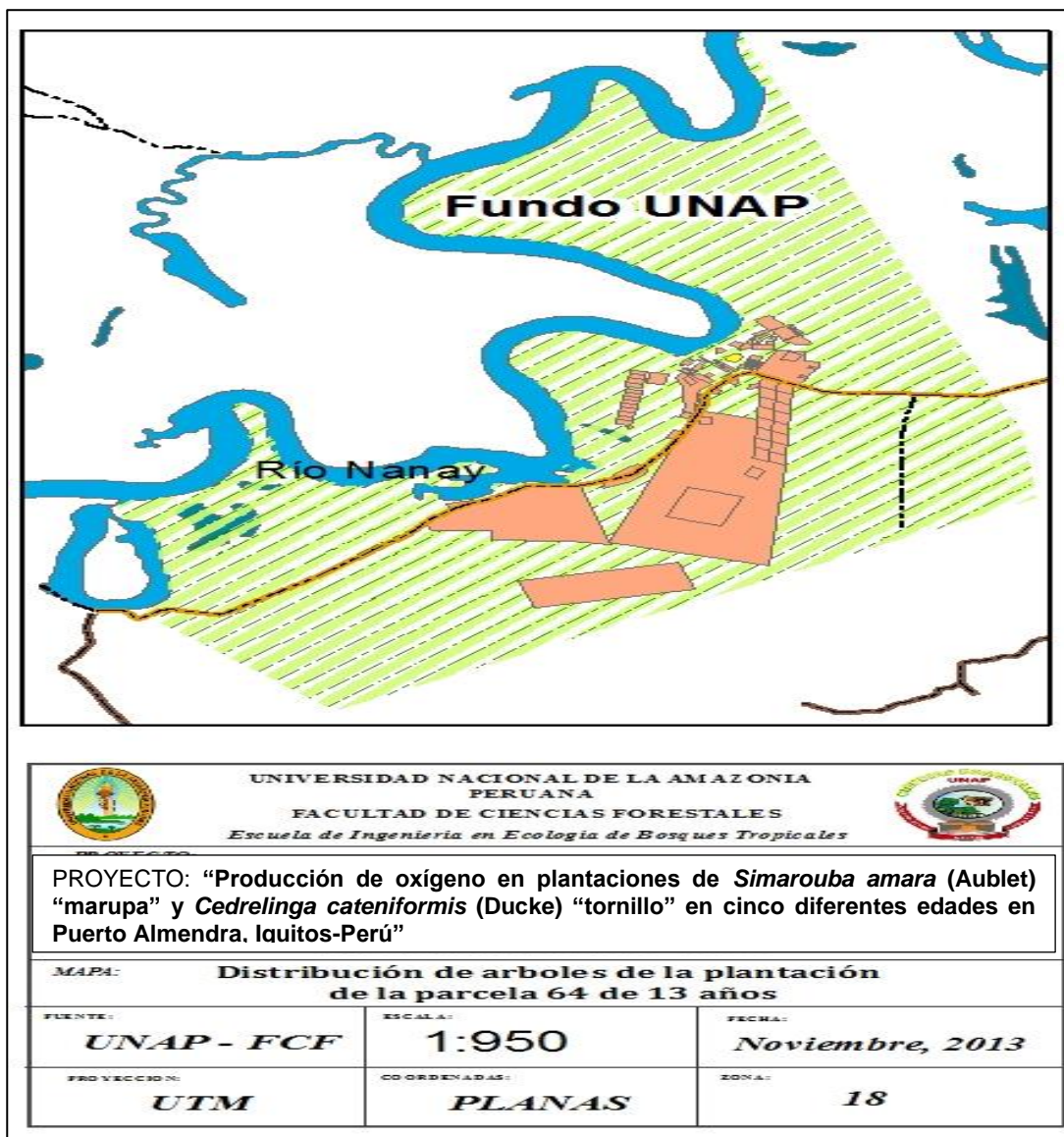
<https://es.wikipedia.org/wiki/Microclima>. Visitado el 10 de junio de 2021.

<http://www.fao.org/3/W4095E/w4095e05.htm#2.2%20what%20is%20biomass>).

Visitado el 11 de junio de 2021.

## ANEXOS

Anexo N° 01. Ubicación del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) – Puerto Almendra



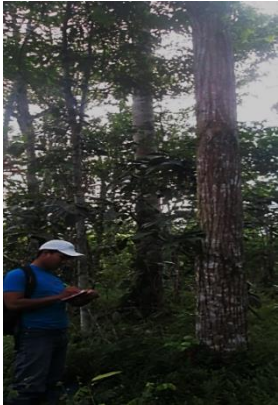



Anexo N° 02. Ubicación de las parcelas de estudio de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) "tornillo" y de *Simarouba amara* (Aublet) "marupa"





Anexo N° 03. Galería de Fotos de diferentes acciones realizadas en las plantaciones

<p><b>Ilustración 1</b></p>	<p><b>Ilustración 2</b></p>
 <p>Marupa con 6 años de edad</p>	 <p>Marupa con 17 años de edad</p>
<p><b>Ilustración 3</b></p>	<p><b>Ilustración 4</b></p>
 <p>Marupa con 27 años de edad</p>	 <p>Marupa con 34 años de edad</p>
<p><b>Ilustración 5</b></p>	<p><b>Ilustración 6</b></p>
 <p>Marupa con 43 años de edad</p>	 <p>Tornillo con 6 años de edad</p>

<p align="center"><b>Ilustración 7</b></p>	<p align="center"><b>Ilustración 8</b></p>
 <p align="center">Tornillo con 17 años de edad</p>	 <p align="center">Tornillo con 27 de edad</p>
<p align="center"><b>Ilustración 9</b></p>	<p align="center"><b>Ilustración 10</b></p>
 <p align="center">Tornillo con 34 de edad</p>	 <p align="center">Tornillo con 43 años de edad</p>

Anexo N° 04. Toma de datos de las plantaciones de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) "tornillo"

Plantación de tornillo																					
Edad plantación (Años)																					
		6				17				27				34				43			
N°	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	
Árbol	total				total				total				total				total				
	(cm)	(m)			(cm)	(m)			(cm)	(m)			(cm)	(m)			(cm)	(m)			
1	18.30	12.23	0680158	9575998	18.20	18.12	680538	9577032	42.00	29.55	679760	9576242	72.00	34.75	680131	9576162	73.00	34.40	680188	9576302	
2	18.90	10.13	0680127	9575962	29.00	27.66	680537	9577016	29.00	25.17	679759	9576246	68.00	34.11	680136	9576160	69.00	32.50	680192	9576294	
3	19.30	14.46	0680117	9575956	29.50	19.88	680525	9577010	33.00	22.32	679748	9576240	50.00	31.75	680141	9576152	51.00	27.50	680199	9576290	
4	18.20	13.82	0680109	9575924	18.40	20.54	680518	9577018	35.00	23.38	679726	9576244	81.00	37.06	680147	9576154	63.00	36.25	680205	9576280	
5	21.80	14.82	0680118	9575906	31.40	24.84	680496	9576998	34.00	29.96	679732	9576242	53.00	30.13	680154	9576150	58.00	33.12	680218	9576278	
6	19.10	11.84	0680109	9575910	24.70	22.90	680493	9576990	33.00	25.09	679730	9576240	36.00	23.82	680156	9576144	56.00	25.11	680242	9576268	
7	17.90	13.54	0680067	9575828	27.10	22.68	680490	9576998	36.00	26.72	679733	9576238	51.00	25.24	680156	9576138	67.00	38.54	680246	9576266	
8	14.50	14.49	0680048	9575724	28.30	21.95	680488	9576976	41.00	25.02	679749	9576234	45.00	33.06	680152	9576130	88.00	37.22	680229	9576268	
9	21.90	12.37	0680075	9575810	29.30	25.62	680477	9576964	34.00	27.92	679761	9576230	56.00	32.67	680147	9576126	38.00	29.54	680222	9576268	
10	21.90	12.71	0680067	9575828					39.00	24.35	679755	9576228	62.00	30.40	680133	9576126	41.00	27.17	680216	9576276	
11	14.00	14.08	0680065	9575688					33.00	22.41	679759	9576224	70.00	35.81	680129	9576140	49.00	22.19	680216	9576274	
12	15.00	11.35	0680048	9575724					34.00	29.77	679751	9576228	56.00	33.20	680127	9576144	57.00	35.01	680213	9576272	
13	15.00	9.51	0680052	9575740					31.00	29.64	679750	9576224					56.00	31.14	680204	9576278	
14	25.00	16.23	0680094	9575778					42.00	32.98	679756	9576220					68.00	32.47	680200	9576284	
15									42.00	29.82	679752	9576220					76.00	37.43	680198	9576284	
16									44.00	28.16	679770	9576220					46.00	34.26	680192	9576286	
17									35.00	29.09	679771	9576224					67.00	30.30	680193	9576288	
18									33.00	27.56	679773	9576222					66.00	32.15	680198	9576278	
19									36.00	28.65	679733	9576222					66.00	29.87	680191	9576286	
20									36.00	27.38	679730	9576218					54.00	22.85	680185	9576292	
21									41.00	27.39	679726	9576228					60.00	35.57	680183	9576282	
22									31.00	26.06	679727	9576228					58.00	34.84	680189	9576284	
23									57.00	34.37	679765	9576196					77.00	39.03	680183	9576270	
24									42.00	30.78	679760	9576192					56.00	34.71	680189	9576270	
25									37.00	30.06	679753	9576186					43.00	23.01	680190	9576270	
26									31.00	26.88	679747	9576188					55.00	33.12	680192	9576272	
27									37.00	30.52	679755	9576196					62.00	29.21	680198	9576270	
28									32.00	27.97	679755	9576198					43.00	32.73	680227	9576266	
29									30.00	29.93	679751	9576196					61.00	38.16	680226	9576260	
30									34.00	24.93	679748	9576194					38.00	23.13	680277	9576260	
31																		48.00	23.80	680236	9576264
32																		66.00	31.37	680236	9576254
33																		42.00	22.13	680235	9576252
34																		51.00	25.54	680231	9576252
35																		56.00	23.82	680220	9.6E+07
36																		61.00	29.51	680200	9576260
37																		35.00	23.32	680202	9576260
38																		77.00	38.19	680199	9576260
39																		76.00	37.27	680195	9576258
40																		98.00	42.82	680186	9576256
41																		77.00	35.96	680185	9576248
42																		53.00	29.23	680178	9576242
43																		81.00	34.78	680173	9576236

Anexo N° 05. Toma de datos de las plantaciones de *Simarouba. amara* (Aublet)  
“marupa”

Edad plantacion (Años)																					
		6				17				27				34				43			
N°	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	DAP	Altura	UTM X	UTM Y	
Arbol		total				total				total				total				total			
	(cm)	(m)			(cm)	(m)			(cm)	(m)			(cm)	(m)			(cm)	(m)			
1	16.00	14.21	680147	9576020	19.40	21.2	680535	9577018	40.00	28.40	0679667	9576240	39.40	26.37	680056	9575982	38.40	23.62	680551	9576962	
2	22.90	11.80	680136	9575920	18.00	22.3	680525	9577000	36.00	21.97	0679665	9576224	34.70	18.34	680044	9575986	27.20	19.62	680556	9576958	
3	12.30	10.08	680132	9575924	23.60	17.4	680521	9577006	35.00	23.62	0679667	9576218	27.40	18.16	680044	9575982	36.50	26.92	680559	9576958	
4	8.50	11.63	680115	9575908	24.80	17.7	680509	9576996	37.00	26.92	0679664	9576210	24.20	21.83	680039	9575982	33.70	26.62	680562	9576958	
5	19.70	12.84	680107	9575884	13.50	13.7	680452	9576948	33.00	23.75	0679665	9576202	32.60	19.62	680017	9575988	45.90	22.62	680600	9576948	
6	18.90	11.81	680110	9575866	10.90	13.1	680468	9576964	44.00	29.52	0679666	9576204	42.10	23.08	680017	9575982	32.90	22.32	680596	9576946	
7	9.30	9.61	680111	9575852	13.10	10.6	680449	9576984	31.00	19.62	0679669	9576224	36.10	28.68	680048	9575976	33.60	28.02	680592	9576944	
8	11.40	12.42	680113	9576850	10.60	9.72	680443	9576978	21.50	25.32	0679673	9576236	40.90	22.90	680050	9575986	39.50	24.72	680587	9576946	
9	13.50	11.14	680099	9576850					21.00	19.79	0679673	9576236	32.90	26.12	680055	9575968	26.50	23.22	680580	9576948	
10	11.90	11.52	680096	9576848					36.00	29.52	0679679	9576246	26.50	17.82	680050	9575960	35.40	24.12	680571	9576948	
11	14.40	12.40	680091	9576842					45.00	26.82	0679678	9576244	29.40	18.95	680046	9575968	42.80	23.12	680554	9576950	
12	12.90	10.56	680102	9576836					33.00	23.72	0679677	9576240	31.90	18.18	680035	9575974	25.70	25.54	680560	9576946	
13	11.20	12.18	680104	9575826					29.00	31.37	0679677	9576232	27.20	20.30	680039	9575970	29.40	23.22	680562	9576946	
14	10.50	6.44	680081	9575806					34.00	21.25	0679677	9576224	23.90	17.32	680052	9575964	26.90	23.62	680567	9576946	
15	22.00	6.14	680063	9575692					20.00	28.22	0679677	9576220	24.50	21.68	680049	9575962	30.80	26.62	680575	9576946	
16	14.00	10.08	680053	9575722					25.00	29.62	0679674	9576212	22.90	23.22	680040	9575962	26.60	24.30	680575	9576946	
17	21.00	17.25	680072	9575722					41.00	22.14	0679671	9576198	32.60	23.56	680018	9575964	30.60	24.16	680587	9576944	
18	6.00	10.89	680077	9575740					31.50	27.50	0679676	9576202	24.30	20.67	680045	9575958	47.50	26.62	680592	9576944	
19	16.00	12.42	680071	9575734					35.00	26.04	0679681	9576210	35.10	23.32	680046	9575954	32.50	18.34	680597	9576942	
20	8.00	15.68	680086	9575758					28.00	20.52	0679682	9576216	30.90	21.51	680045	9575954	27.20	26.70	680588	9576946	
21	15.00	12.26	680086	9575758					36.00	23.22	0679684	9576220	22.90	19.54	680032	9575956	36.80	26.70	680576	9576944	
22	9.00	13.45	680086	9575758					21.50	19.32	0679683	9576226	39.20	20.14	680026	9575960	40.30	28.50	680570	9576944	
23	13.00	13.66	680087	9575758					24.00	27.15	0679684	9576232	33.90	21.05	680023	9575958	29.30	28.92	680563	9576944	
24	11.00	14.08	680087	9575760					22.00	19.32	0679685	9576238	33.50	25.06	680026	9575966	37.30	22.32	680547	9576952	
25	8.00	14.32	680087	9575758					25.00	22.05	0679633	9576244	21.50	24.26	680027	9575956	29.80	20.86	680547	9576950	
26	17.00	10.16	680091	9575764					32.50	26.12	0679690	9576242	28.60	23.42	680017	9575956	32.50	27.84	680578	9576934	
27	12.00	10.75	680086	9575770					27.00	22.62	0679689	9576238	24.50	31.06	680015	9575950	33.70	26.06	680593	9576938	
28									37.00	34.86	0679639	9576232	28.30	19.14	680025	9575942	28.80	19.62	680596	9576928	
29									21.00	16.02	0679689	9576226	21.20	25.02	680030	9575940	34.40	26.06	680593	9576930	
30									24.00	18.50	0679688	9576222	20.40	23.57	680035	9575935	32.70	21.86	680580	9576936	
31									34.50	27.62	0679688	9576214	29.10	24.12	680021	9575940	39.90	24.62	680565	9576936	
32									47.00	27.53	0679687	9576208	27.50	22.42	680016	9575946	25.50	20.52	680559	9576938	
33									35.00	29.62	0679684	9576202	36.70	24.19	680007	9575946	28.10	22.42	680547	9576940	
34									33.00	24.37	0679689	9576200	33.20	24.42	680006	9575946	34.30	26.56	680541	9576942	
35									21.50	20.32	0679689	9576206	32.50	20.07	680002	9575950	36.10	24.58	680540	9576933	
36									31.00	21.12	0679692	9576210	30.90	22.80	680019	9575940	34.10	23.22	680546	9576938	
37									37.00	27.87	0679699	9576232	32.50	19.40	680033	9575932	35.20	17.46	680571	9576932	
38									35.00	22.58	0679699	9576236	21.90	19.96	680032	9575932	45.80	21.42	680590	9576928	
39									28.50	28.62	0679695	9576246	27.80	23.42	680025	9575934	26.70	17.9	680585	9576924	
40									33.00	23.82	0679699	9576246					33.40	20.82	680585	9576924	
41									22.00	20.37	0679700	9576232					31.90	24.66	680584	9576924	
42									38.50	25.65	0679696	9576216					30.30	24.50	680569	9576928	
43									34.00	23.36	0679696	9576206					30.80	21.12	680565	9576928	
44									32.00	25.62	0679701	9576198					47.20	21.42	680544	9576934	
45									34.00	29.62	0679707	9576204					28.70	25.62	680543	9576932	
46									35.00	37.62	0679713	9576228									
47									27.00	24.02	0679713	9576222									
48									39.00	35.62	0679711	9576206									
49									54.47	29.97	0679712	9576202									
50									31.00	17.01	0679709	9576196									

Anexo N° 06. Producción de oxígeno en plantación de *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” con seis años de edad

N° Arbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Area Basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa Total (t)	Carbono aereo (t)	Carbono radicular (t)	Carbono Total (t)	Dioxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)
1	18.30	12.23	0.03	0.21	380	0.08	0.27	0.14	0.03	0.17	0.61	0.45
2	18.90	10.13	0.03	0.18	380	0.07	0.24	0.12	0.03	0.15	0.54	0.39
3	19.30	14.46	0.03	0.27	380	0.10	0.36	0.18	0.04	0.22	0.81	0.59
4	18.20	13.82	0.03	0.23	380	0.09	0.30	0.15	0.04	0.19	0.69	0.50
5	21.80	14.82	0.04	0.36	380	0.14	0.46	0.23	0.06	0.29	1.06	0.77
6	19.10	11.84	0.03	0.22	380	0.08	0.28	0.14	0.03	0.18	0.65	0.47
7	17.90	13.54	0.03	0.22	380	0.08	0.29	0.14	0.03	0.18	0.65	0.47
8	14.50	14.49	0.02	0.16	380	0.06	0.20	0.10	0.02	0.12	0.46	0.33
9	21.90	12.37	0.04	0.30	380	0.12	0.39	0.20	0.05	0.24	0.89	0.65
10	21.90	12.71	0.04	0.31	380	0.12	0.40	0.20	0.05	0.25	0.91	0.66
11	14.00	14.08	0.02	0.14	380	0.05	0.18	0.09	0.02	0.11	0.41	0.30
12	15.00	11.35	0.02	0.13	380	0.05	0.17	0.08	0.02	0.10	0.38	0.28
13	15.00	9.51	0.02	0.11	380	0.04	0.14	0.07	0.02	0.09	0.32	0.23
14	25.00	16.23	0.05	0.52	380	0.20	0.67	0.33	0.08	0.41	1.52	1.11

Anexo N° 07. Producción de oxígeno plantación *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” con diecisiete años de edad

N° Arbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Area Basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad madera (kg/m <sup>3</sup> )	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa Total (t)	Carbono aereo (t)	Carbono radicular (t)	Carbono Total (t)	Dioxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)
1	18.20	18.12	0.03	0.31	423	0.13	0.44	0.22	0.05	0.27	1.00	0.73
2	29.00	27.66	0.07	1.19	423	0.50	1.71	0.85	0.20	1.06	3.88	2.82
3	29.50	19.88	0.07	0.88	423	0.37	1.27	0.64	0.15	0.79	2.89	2.10
4	18.40	20.54	0.03	0.36	423	0.15	0.51	0.26	0.06	0.32	1.16	0.84
5	31.40	24.84	0.08	1.25	423	0.53	1.80	0.90	0.22	1.11	4.09	2.97
6	24.70	22.90	0.05	0.71	423	0.30	1.03	0.51	0.12	0.64	2.33	1.70
7	27.10	22.68	0.06	0.85	423	0.36	1.22	0.61	0.15	0.76	2.78	2.02
8	28.30	21.95	0.06	0.90	423	0.38	1.29	0.65	0.15	0.80	2.93	2.13
9	29.30	25.62	0.07	1.12	423	0.47	1.61	0.81	0.19	1.00	3.67	2.67

Anexo N° 08. Producción de oxígeno plantación *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” con veintisiete años de edad

N°	DAP	Altura	Area	Volumen	Densidad	Biomasa de	Biomasa	Carbono	Carbono	Carbono	Dioxido de	Oxigeno
Arbol	(cm)	total	Basal	(m³)	madera	Fuste	Total	aereo	radicular	Total	Carbono	(t)
	(cm)	(m)	(m²)	(m³)	(kg/m³)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
1	42.00	29.55	0.14	2.66	473	1.26	4.28	2.14	0.51	2.65	9.73	7.08
2	29.00	25.17	0.07	1.08	473	0.51	1.74	0.87	0.21	1.08	3.95	2.87
3	33.00	22.32	0.09	1.24	473	0.59	2.00	1.00	0.24	1.24	4.54	3.30
4	35.00	23.38	0.10	1.46	473	0.69	2.35	1.18	0.28	1.46	5.35	3.89
5	34.00	29.96	0.09	1.77	473	0.84	2.84	1.42	0.34	1.76	6.46	4.70
6	33.00	25.09	0.09	1.39	473	0.66	2.24	1.12	0.27	1.39	5.10	3.71
7	36.00	26.72	0.10	1.77	473	0.84	2.84	1.42	0.34	1.76	6.46	4.70
8	41.00	25.02	0.13	2.15	473	1.02	3.45	1.73	0.41	2.14	7.85	5.71
9	34.00	27.92	0.09	1.65	473	0.78	2.65	1.33	0.32	1.64	6.02	4.38
10	39.00	24.35	0.12	1.89	473	0.89	3.04	1.52	0.36	1.89	6.91	5.03
11	33.00	22.41	0.09	1.25	473	0.59	2.00	1.00	0.24	1.24	4.55	3.31
12	34.00	29.77	0.09	1.76	473	0.83	2.83	1.41	0.34	1.75	6.42	4.67
13	31.00	29.64	0.08	1.45	473	0.69	2.34	1.17	0.28	1.45	5.32	3.87
14	42.00	32.98	0.14	2.97	473	1.40	4.78	2.39	0.57	2.96	10.86	7.90
15	42.00	29.82	0.14	2.69	473	1.27	4.32	2.16	0.52	2.68	9.82	7.14
16	44.00	28.16	0.15	2.78	473	1.32	4.48	2.24	0.54	2.78	10.18	7.40
17	35.00	29.09	0.10	1.82	473	0.86	2.93	1.46	0.35	1.81	6.65	4.84
18	33.00	27.56	0.09	1.53	473	0.72	2.46	1.23	0.30	1.53	5.60	4.07
19	36.00	28.65	0.10	1.90	473	0.90	3.05	1.52	0.37	1.89	6.93	5.04
20	36.00	27.38	0.10	1.81	473	0.86	2.91	1.46	0.35	1.81	6.62	4.82
21	41.00	27.39	0.13	2.35	473	1.11	3.78	1.89	0.45	2.34	8.59	6.25
22	31.00	26.06	0.08	1.28	473	0.60	2.06	1.03	0.25	1.27	4.67	3.40
23	57.00	34.37	0.26	5.70	473	2.70	9.17	4.58	1.10	5.68	20.84	15.16
24	42.00	30.78	0.14	2.77	473	1.31	4.46	2.23	0.53	2.76	10.13	7.37
25	37.00	30.06	0.11	2.10	473	0.99	3.38	1.69	0.41	2.09	7.68	5.59
26	31.00	26.88	0.08	1.32	473	0.62	2.12	1.06	0.25	1.31	4.82	3.51
27	37.00	30.52	0.11	2.13	473	1.01	3.43	1.72	0.41	2.13	7.80	5.67
28	32.00	27.97	0.08	1.46	473	0.69	2.35	1.18	0.28	1.46	5.35	3.89
29	30.00	29.93	0.07	1.38	473	0.65	2.21	1.11	0.27	1.37	5.03	3.66
30	34.00	24.93	0.09	1.47	473	0.70	2.37	1.18	0.28	1.47	5.38	3.91

Anexo N° 09. Producción de oxígeno plantación *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) “tornillo” con treinta y cuatro años de edad

N°	DAP	Altura	Area	Volumen	Densidad	Biomasa del	Biomasa	Carbono	Carbono	Carbono	Dioxido de	Oxigeno
Arbol		total	Basal		madera	Fuste	Total	aereo	radicular	Total	Carbono	
	(cm)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
1	72.00	34.75	0.41	9.20	470	4.32	14.69	7.35	1.76	9.11	33.41	24.30
2	68.00	34.11	0.36	8.05	470	3.78	12.87	6.43	1.54	7.98	29.25	21.27
3	50.00	31.75	0.20	4.05	470	1.90	6.48	3.24	0.78	4.01	14.72	10.71
4	81.00	37.06	0.52	12.41	470	5.83	19.84	9.92	2.38	12.30	45.10	32.80
5	53.00	30.13	0.22	4.32	470	2.03	6.90	3.45	0.83	4.28	15.70	11.42
6	36.00	23.82	0.10	1.58	470	0.74	2.52	1.26	0.30	1.56	5.73	4.16
7	51.00	25.24	0.20	3.35	470	1.57	5.35	2.68	0.64	3.32	12.17	8.85
8	45.00	33.06	0.16	3.42	470	1.61	5.46	2.73	0.66	3.39	12.42	9.03
9	56.00	32.67	0.25	5.23	470	2.46	8.36	4.18	1.00	5.18	19.00	13.82
10	62.00	30.40	0.30	5.97	470	2.80	9.53	4.77	1.14	5.91	21.67	15.76
11	70.00	35.81	0.38	8.96	470	4.21	14.31	7.16	1.72	8.87	32.54	23.67
12	56.00	33.20	0.25	5.31	470	2.50	8.49	4.25	1.02	5.27	19.31	14.04

Anexo N° 10. Producción de oxígeno plantación *Cedrelinga cateniformis* (Ducke)  
 “tornillo” con cuarenta y tres años de edad

N° Arbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Area Basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad madera (kg/m <sup>3</sup> )	Biomasa de Fuste (t)	Biomasa Total (t)	Carbono aereo (t)	Carbono radicular (t)	Carbono Total (t)	Dioxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)
1	73.00	34.40	0.42	9.36	470	4.40	14.95	7.48	1.79	9.27	33.99	24.72
2	69.00	32.50	0.37	7.90	470	3.71	12.62	6.31	1.51	7.83	28.69	20.87
3	51.00	27.50	0.20	3.65	470	1.72	5.84	2.92	0.70	3.62	13.27	9.65
4	63.00	36.25	0.31	7.34	470	3.45	11.74	5.87	1.41	7.28	26.68	19.40
5	58.00	33.12	0.26	5.69	470	2.67	9.09	4.54	1.09	5.64	20.66	15.03
6	56.00	25.11	0.25	4.02	470	1.89	6.42	3.21	0.77	3.98	14.60	10.62
7	67.00	38.54	0.35	8.83	470	4.15	14.12	7.06	1.69	8.75	32.09	23.34
8	88.00	37.22	0.61	14.71	470	6.91	23.51	11.76	2.82	14.58	53.45	38.87
9	38.00	29.54	0.11	2.18	470	1.02	3.48	1.74	0.42	2.16	7.91	5.75
10	41.00	27.17	0.13	2.33	470	1.10	3.73	1.86	0.45	2.31	8.47	6.16
11	49.00	22.19	0.19	2.72	470	1.28	4.35	2.17	0.52	2.69	9.88	7.19
12	57.00	35.01	0.26	5.81	470	2.73	9.28	4.64	1.11	5.75	21.10	15.34
13	56.00	31.14	0.25	4.99	470	2.34	7.97	3.98	0.96	4.94	18.11	13.17
14	68.00	32.47	0.36	7.66	470	3.60	12.25	6.12	1.47	7.59	27.84	20.25
15	76.00	37.43	0.45	11.04	470	5.19	17.63	8.82	2.12	10.93	40.09	29.16
16	46.00	34.26	0.17	3.70	470	1.74	5.91	2.96	0.71	3.67	13.44	9.78
17	67.00	30.30	0.35	6.94	470	3.26	11.09	5.55	1.33	6.88	25.22	18.34
18	66.00	32.15	0.34	7.15	470	3.36	11.42	5.71	1.37	7.08	25.97	18.89
19	66.00	29.87	0.34	6.64	470	3.12	10.61	5.31	1.27	6.58	24.13	17.55
20	54.00	22.85	0.23	3.40	470	1.60	5.44	2.72	0.65	3.37	12.36	8.99
21	60.00	35.57	0.28	6.54	470	3.07	10.45	5.22	1.25	6.48	23.75	17.27
22	58.00	34.84	0.26	5.98	470	2.81	9.56	4.78	1.15	5.93	21.73	15.81
23	77.00	39.03	0.47	11.81	470	5.55	18.88	9.44	2.27	11.70	42.91	31.21
24	56.00	34.71	0.25	5.56	470	2.61	8.88	4.44	1.07	5.51	20.19	14.68
25	43.00	23.01	0.15	2.17	470	1.02	3.47	1.74	0.42	2.15	7.89	5.74
26	55.00	33.12	0.24	5.12	470	2.40	8.17	4.09	0.98	5.07	18.58	13.51
27	62.00	29.21	0.30	5.73	470	2.69	9.16	4.58	1.10	5.68	20.82	15.14
28	43.00	32.73	0.15	3.09	470	1.45	4.94	2.47	0.59	3.06	11.22	8.16
29	61.00	38.16	0.29	7.25	470	3.41	11.58	5.79	1.39	7.18	26.33	19.15
30	38.00	23.13	0.11	1.70	470	0.80	2.72	1.36	0.33	1.69	6.19	4.50
31	48.00	23.80	0.18	2.80	470	1.32	4.47	2.24	0.54	2.77	10.17	7.40
32	66.00	31.37	0.34	6.98	470	3.28	11.15	5.57	1.34	6.91	25.34	18.43
33	42.00	22.13	0.14	1.99	470	0.94	3.18	1.59	0.38	1.97	7.24	5.27
34	51.00	25.54	0.20	3.39	470	1.59	5.42	2.71	0.65	3.36	12.32	8.96
35	56.00	23.82	0.25	3.81	470	1.79	6.09	3.05	0.73	3.78	13.85	10.07
36	61.00	29.51	0.29	5.60	470	2.63	8.96	4.48	1.07	5.55	20.36	14.81
37	35.00	23.32	0.10	1.46	470	0.69	2.33	1.17	0.28	1.44	5.30	3.85
38	77.00	38.19	0.47	11.56	470	5.43	18.47	9.24	2.22	11.45	42.00	30.54
39	76.00	37.27	0.45	10.99	470	5.17	17.56	8.78	2.11	10.89	39.92	29.04
40	98.00	42.82	0.75	20.99	470	9.87	33.55	16.77	4.03	20.80	76.26	55.46
41	77.00	35.96	0.47	10.88	470	5.12	17.39	8.70	2.09	10.78	39.54	28.76
42	53.00	29.23	0.22	4.19	470	1.97	6.70	3.35	0.80	4.15	15.23	11.07
43	81.00	34.78	0.52	11.65	470	5.47	18.61	9.31	2.23	11.54	42.31	30.77



Anexo N° 11. Producción de oxígeno en plantación de *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” con seis años de edad

N° Arbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Area Basal (m²)	Volumen (m³)	Densidad madera (kg/m³)	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa Total (t)	Carbono aereo (t)	Carbono radicular (t)	Carbono Total (t)	Dioxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)
1	16.00	14.21	0.02	0.19	285	0.05	0.18	0.09	0.02	0.11	0.41	0.30
2	22.90	11.80	0.04	0.32	285	0.09	0.31	0.15	0.04	0.19	0.70	0.51
3	12.30	10.08	0.01	0.08	285	0.02	0.08	0.04	0.01	0.05	0.17	0.12
4	8.50	11.63	0.01	0.04	285	0.01	0.04	0.02	0.00	0.03	0.09	0.07
5	19.70	12.84	0.03	0.25	285	0.07	0.25	0.12	0.03	0.15	0.56	0.41
6	18.90	11.81	0.03	0.22	285	0.06	0.21	0.10	0.03	0.13	0.47	0.34
7	9.30	9.61	0.01	0.04	285	0.01	0.04	0.02	0.00	0.03	0.09	0.07
8	11.40	12.42	0.01	0.08	285	0.02	0.08	0.04	0.01	0.05	0.18	0.13
9	13.50	11.14	0.01	0.10	285	0.03	0.10	0.05	0.01	0.06	0.23	0.17
10	11.90	11.52	0.01	0.08	285	0.02	0.08	0.04	0.01	0.05	0.18	0.13
11	14.40	12.40	0.02	0.13	285	0.04	0.13	0.06	0.02	0.08	0.29	0.21
12	12.90	10.56	0.01	0.09	285	0.03	0.09	0.04	0.01	0.05	0.20	0.14
13	11.20	12.18	0.01	0.08	285	0.02	0.08	0.04	0.01	0.05	0.17	0.12
14	10.50	6.44	0.01	0.04	285	0.01	0.04	0.02	0.00	0.02	0.08	0.06
15	22.00	6.14	0.04	0.15	285	0.04	0.15	0.07	0.02	0.09	0.33	0.24
16	14.00	10.08	0.02	0.10	285	0.03	0.10	0.05	0.01	0.06	0.22	0.16
17	21.00	17.25	0.03	0.39	285	0.11	0.38	0.19	0.05	0.23	0.86	0.62
18	6.00	10.89	0.00	0.02	285	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.04	0.03
19	16.00	12.42	0.02	0.16	285	0.05	0.16	0.08	0.02	0.10	0.36	0.26
20	8.00	15.68	0.01	0.05	285	0.01	0.05	0.02	0.01	0.03	0.11	0.08
21	15.00	12.26	0.02	0.14	285	0.04	0.14	0.07	0.02	0.08	0.31	0.23
22	9.00	13.45	0.01	0.06	285	0.02	0.05	0.03	0.01	0.03	0.12	0.09
23	13.00	13.66	0.01	0.12	285	0.03	0.11	0.06	0.01	0.07	0.26	0.19
24	11.00	14.08	0.01	0.09	285	0.02	0.08	0.04	0.01	0.05	0.19	0.14
25	8.00	14.32	0.01	0.05	285	0.01	0.05	0.02	0.01	0.03	0.10	0.07
26	17.00	10.16	0.02	0.15	285	0.04	0.15	0.07	0.02	0.09	0.33	0.24
27	12.00	10.75	0.01	0.08	285	0.02	0.08	0.04	0.01	0.05	0.17	0.13

Anexo N° 12. Producción de oxígeno en plantación de *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” con diecisiete años de edad

N° Arbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Area Basal (m²)	Volumen (m³)	Densidad madera (kg/m³)	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa Total (t)	Carbono aereo (t)	Carbono radicular (t)	Carbono Total (t)	Dioxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)
1	19.40	21.17	0.03	0.41	327	0.13	0.45	0.23	0.05	0.28	1.03	0.75
2	18.00	22.33	0.03	0.37	327	0.12	0.41	0.21	0.05	0.25	0.93	0.68
3	23.60	17.39	0.04	0.49	327	0.16	0.55	0.27	0.07	0.34	1.25	0.91
4	24.80	17.68	0.05	0.56	327	0.18	0.62	0.31	0.07	0.38	1.40	1.02
5	13.50	13.72	0.01	0.13	327	0.04	0.14	0.07	0.02	0.09	0.32	0.23
6	10.90	13.14	0.01	0.08	327	0.03	0.09	0.04	0.01	0.05	0.20	0.15
7	13.10	10.62	0.01	0.09	327	0.03	0.10	0.05	0.01	0.06	0.24	0.17
8	10.60	9.72	0.01	0.06	327	0.02	0.06	0.03	0.01	0.04	0.14	0.10

Anexo N° 13. Producción de oxígeno en plantación de *Simarouba amara* (Aublet)  
 “marupa” con veintisiete años de edad

N° Arbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Area Basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad madera (kg/m <sup>3</sup> )	Biomasa de Fuste (t)	Biomasa Total (t)	Carbono aereo (t)	Carbono radicular (t)	Carbono Total (t)	Dioxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)
1	40.00	28.40	0.13	2.32	361	0.84	2.85	1.42	0.34	1.76	6.47	4.71
2	36.00	21.97	0.10	1.45	361	0.52	1.78	0.89	0.21	1.11	4.06	2.95
3	35.00	23.62	0.10	1.48	361	0.53	1.81	0.91	0.22	1.12	4.12	3.00
4	37.00	26.92	0.11	1.88	361	0.68	2.31	1.15	0.28	1.43	5.25	3.82
5	33.00	23.75	0.09	1.32	361	0.48	1.62	0.81	0.19	1.00	3.68	2.68
6	44.00	29.52	0.15	2.92	361	1.05	3.58	1.79	0.43	2.22	8.14	5.92
7	31.00	19.62	0.08	0.96	361	0.35	1.18	0.59	0.14	0.73	2.69	1.95
8	21.50	25.32	0.04	0.60	361	0.22	0.73	0.37	0.09	0.45	1.67	1.21
9	21.00	19.79	0.03	0.45	361	0.16	0.55	0.27	0.07	0.34	1.24	0.90
10	36.00	29.52	0.10	1.95	361	0.71	2.40	1.20	0.29	1.49	5.45	3.96
11	45.00	26.82	0.16	2.77	361	1.00	3.40	1.70	0.41	2.11	7.74	5.63
12	33.00	23.72	0.09	1.32	361	0.48	1.62	0.81	0.19	1.00	3.68	2.68
13	29.00	31.37	0.07	1.35	361	0.49	1.65	0.83	0.20	1.02	3.76	2.73
14	34.00	21.25	0.09	1.25	361	0.45	1.54	0.77	0.18	0.95	3.50	2.54
15	20.00	28.22	0.03	0.58	361	0.21	0.71	0.35	0.08	0.44	1.61	1.17
16	25.00	29.62	0.05	0.95	361	0.34	1.16	0.58	0.14	0.72	2.64	1.92
17	41.00	22.14	0.13	1.90	361	0.69	2.33	1.17	0.28	1.45	5.30	3.86
18	31.50	27.50	0.08	1.39	361	0.50	1.71	0.85	0.21	1.06	3.89	2.83
19	35.00	26.04	0.10	1.63	361	0.59	2.00	1.00	0.24	1.24	4.54	3.30
20	28.00	20.52	0.06	0.82	361	0.30	1.01	0.50	0.12	0.62	2.29	1.67
21	36.00	23.22	0.10	1.54	361	0.55	1.89	0.94	0.23	1.17	4.29	3.12
22	21.50	19.32	0.04	0.46	361	0.16	0.56	0.28	0.07	0.35	1.27	0.93
23	24.00	27.15	0.05	0.80	361	0.29	0.98	0.49	0.12	0.61	2.23	1.62
24	22.00	19.32	0.04	0.48	361	0.17	0.59	0.29	0.07	0.36	1.33	0.97
25	25.00	22.05	0.05	0.70	361	0.25	0.86	0.43	0.10	0.54	1.96	1.43
26	32.50	26.12	0.08	1.41	361	0.51	1.73	0.86	0.21	1.07	3.93	2.86
27	27.00	22.62	0.06	0.84	361	0.30	1.03	0.52	0.12	0.64	2.35	1.71
28	37.00	34.86	0.11	2.44	361	0.88	2.99	1.50	0.36	1.85	6.80	4.94
29	21.00	16.02	0.03	0.36	361	0.13	0.44	0.22	0.05	0.27	1.01	0.73
30	24.00	18.50	0.05	0.54	361	0.20	0.67	0.33	0.08	0.41	1.52	1.10
31	34.50	27.62	0.09	1.68	361	0.61	2.06	1.03	0.25	1.28	4.68	3.41
32	47.00	27.53	0.17	3.10	361	1.12	3.81	1.90	0.46	2.36	8.66	6.30
33	35.00	29.62	0.10	1.85	361	0.67	2.27	1.14	0.27	1.41	5.17	3.76
34	33.00	24.37	0.09	1.35	361	0.49	1.66	0.83	0.20	1.03	3.78	2.75
35	21.50	20.32	0.04	0.48	361	0.17	0.59	0.29	0.07	0.36	1.34	0.97
36	31.00	21.12	0.08	1.04	361	0.37	1.27	0.64	0.15	0.79	2.89	2.10
37	37.00	27.87	0.11	1.95	361	0.70	2.39	1.20	0.29	1.48	5.43	3.95
38	35.00	22.58	0.10	1.41	361	0.51	1.73	0.87	0.21	1.07	3.94	2.86
39	28.50	28.62	0.06	1.19	361	0.43	1.46	0.73	0.17	0.90	3.31	2.41
40	33.00	23.82	0.09	1.32	361	0.48	1.63	0.81	0.20	1.01	3.70	2.69
41	22.00	20.37	0.04	0.50	361	0.18	0.62	0.31	0.07	0.38	1.40	1.02
42	38.50	25.65	0.12	1.94	361	0.70	2.38	1.19	0.29	1.48	5.42	3.94
43	34.00	23.36	0.09	1.38	361	0.50	1.69	0.85	0.20	1.05	3.85	2.80
44	32.00	25.62	0.08	1.34	361	0.48	1.64	0.82	0.20	1.02	3.74	2.72
45	34.00	29.62	0.09	1.75	361	0.63	2.15	1.07	0.26	1.33	4.88	3.55
46	35.00	37.62	0.10	2.35	361	0.85	2.89	1.44	0.35	1.79	6.56	4.77
47	27.00	24.02	0.06	0.89	361	0.32	1.10	0.55	0.13	0.68	2.49	1.81
48	39.00	35.62	0.12	2.77	361	1.00	3.39	1.70	0.41	2.10	7.72	5.61
49	54.47	29.97	0.23	4.54	361	1.64	5.57	2.79	0.67	3.45	12.67	9.21
50	31.00	17.01	0.08	0.83	361	0.30	1.02	0.51	0.12	0.64	2.33	1.69

Anexo N° 14. Producción de oxígeno plantación *Simarouba amara* (Aublet)  
 “marupa” con treinta y cuatro años de edad

N° Arbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Area Basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad madera (kg/m <sup>3</sup> )	Biomasa de Fuste (t)	Biomasa Total (t)	Carbono aereo (t)	Carbono radicular (t)	Carbono Total (t)	Dioxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)
1	39.40	26.37	0.12	2.09	369	0.77	2.62	1.31	0.31	1.63	5.96	4.33
2	34.70	18.34	0.09	1.13	369	0.42	1.41	0.71	0.17	0.88	3.22	2.34
3	32.60	19.62	0.08	1.06	369	0.39	1.34	0.67	0.16	0.83	3.04	2.21
4	42.10	23.08	0.14	2.09	369	0.77	2.62	1.31	0.31	1.62	5.96	4.33
5	36.10	28.68	0.10	1.91	369	0.70	2.39	1.20	0.29	1.48	5.44	3.96
6	40.90	22.90	0.13	1.96	369	0.72	2.45	1.23	0.29	1.52	5.58	4.06
7	32.90	26.12	0.09	1.44	369	0.53	1.81	0.91	0.22	1.12	4.12	2.99
8	32.60	23.56	0.08	1.28	369	0.47	1.60	0.80	0.19	0.99	3.65	2.65
9	35.10	23.32	0.10	1.47	369	0.54	1.84	0.92	0.22	1.14	4.18	3.04
10	30.90	21.51	0.07	1.05	369	0.39	1.32	0.66	0.16	0.82	2.99	2.17
11	39.20	20.14	0.12	1.58	369	0.58	1.98	0.99	0.24	1.23	4.51	3.28
12	33.90	21.05	0.09	1.23	369	0.46	1.55	0.77	0.19	0.96	3.52	2.56
13	33.50	25.06	0.09	1.44	369	0.53	1.80	0.90	0.22	1.12	4.09	2.98
14	28.60	23.42	0.06	0.98	369	0.36	1.23	0.61	0.15	0.76	2.79	2.03
15	29.10	24.12	0.07	1.04	369	0.38	1.31	0.65	0.16	0.81	2.97	2.16
16	36.70	24.19	0.11	1.66	369	0.61	2.09	1.04	0.25	1.29	4.74	3.45
17	33.20	24.42	0.09	1.37	369	0.51	1.72	0.86	0.21	1.07	3.92	2.85
18	32.50	20.07	0.08	1.08	369	0.40	1.36	0.68	0.16	0.84	3.09	2.24
19	30.90	22.80	0.07	1.11	369	0.41	1.39	0.70	0.17	0.86	3.17	2.30
20	32.50	19.40	0.08	1.05	369	0.39	1.31	0.66	0.16	0.81	2.98	2.17

Anexo N° 15. Producción de oxígeno plantación *Simarouba amara* (Aublet) “marupa” con cuarenta y tres años de edad

N° Arbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Area Basal (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad madera (kg/m <sup>3</sup> )	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa Total (t)	Carbono aereo (t)	Carbono radicular (t)	Carbono Total (t)	Dioxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)
1	38.40	23.62	0.12	1.78	370	0.66	2.24	1.12	0.27	1.39	5.08	3.70
2	27.20	19.62	0.06	0.74	370	0.27	0.93	0.47	0.11	0.58	2.12	1.54
3	36.50	26.92	0.10	1.83	370	0.68	2.30	1.15	0.28	1.43	5.24	3.81
4	33.70	26.62	0.09	1.54	370	0.57	1.94	0.97	0.23	1.20	4.41	3.21
5	45.90	22.62	0.17	2.43	370	0.90	3.06	1.53	0.37	1.90	6.96	5.06
6	32.90	22.32	0.09	1.23	370	0.46	1.55	0.78	0.19	0.96	3.53	2.57
7	33.60	28.02	0.09	1.61	370	0.60	2.03	1.02	0.24	1.26	4.62	3.36
8	39.50	24.72	0.12	1.97	370	0.73	2.48	1.24	0.30	1.54	5.63	4.10
9	35.40	24.12	0.10	1.54	370	0.57	1.94	0.97	0.23	1.20	4.41	3.21
10	42.80	23.12	0.14	2.16	370	0.80	2.72	1.36	0.33	1.69	6.18	4.50
11	25.70	25.54	0.05	0.86	370	0.32	1.08	0.54	0.13	0.67	2.46	1.79
12	29.40	23.22	0.07	1.02	370	0.38	1.29	0.64	0.15	0.80	2.93	2.13
13	26.90	23.62	0.06	0.87	370	0.32	1.10	0.55	0.13	0.68	2.50	1.81
14	30.80	26.62	0.07	1.29	370	0.48	1.62	0.81	0.19	1.01	3.69	2.68
15	26.60	24.3	0.06	0.88	370	0.32	1.10	0.55	0.13	0.68	2.51	1.83
16	30.60	24.16	0.07	1.15	370	0.43	1.45	0.73	0.17	0.90	3.30	2.40
17	47.50	26.62	0.18	3.07	370	1.13	3.86	1.93	0.46	2.39	8.77	6.38
18	32.50	18.34	0.08	0.99	370	0.37	1.24	0.62	0.15	0.77	2.83	2.06
19	27.20	26.7	0.06	1.01	370	0.37	1.27	0.63	0.15	0.79	2.88	2.10
20	36.80	26.7	0.11	1.85	370	0.68	2.32	1.16	0.28	1.44	5.28	3.84
21	40.30	28.5	0.13	2.36	370	0.87	2.97	1.49	0.36	1.84	6.76	4.91
22	29.30	28.92	0.07	1.27	370	0.47	1.59	0.80	0.19	0.99	3.62	2.64
23	37.30	22.32	0.11	1.59	370	0.59	1.99	1.00	0.24	1.24	4.53	3.30
24	29.80	20.86	0.07	0.95	370	0.35	1.19	0.59	0.14	0.74	2.70	1.97
25	32.50	27.84	0.08	1.50	370	0.56	1.89	0.94	0.23	1.17	4.29	3.12
26	33.70	26.06	0.09	1.51	370	0.56	1.90	0.95	0.23	1.18	4.32	3.14
27	28.80	19.62	0.07	0.83	370	0.31	1.05	0.52	0.13	0.65	2.38	1.73
28	34.40	26.06	0.09	1.57	370	0.58	1.98	0.99	0.24	1.23	4.50	3.27
29	32.70	21.86	0.08	1.19	370	0.44	1.50	0.75	0.18	0.93	3.41	2.48
30	39.90	24.62	0.13	2.00	370	0.74	2.52	1.26	0.30	1.56	5.72	4.16
31	28.10	22.42	0.06	0.90	370	0.33	1.14	0.57	0.14	0.70	2.58	1.88
32	34.30	26.56	0.09	1.60	370	0.59	2.01	1.00	0.24	1.24	4.56	3.32
33	36.10	24.58	0.10	1.64	370	0.61	2.06	1.03	0.25	1.28	4.68	3.40
34	34.10	23.22	0.09	1.38	370	0.51	1.73	0.87	0.21	1.08	3.94	2.87
35	25.40	22.14	0.05	0.73	370	0.27	0.92	0.46	0.11	0.57	2.09	1.52
36	35.20	17.46	0.10	1.10	370	0.41	1.39	0.69	0.17	0.86	3.16	2.30
37	22.60	18.84	0.04	0.49	370	0.18	0.62	0.31	0.07	0.38	1.40	1.02
38	45.80	21.42	0.16	2.29	370	0.85	2.89	1.44	0.35	1.79	6.56	4.77
39	26.70	17.90	0.06	0.65	370	0.24	0.82	0.41	0.10	0.51	1.86	1.35
40	33.40	20.82	0.09	1.19	370	0.44	1.49	0.75	0.18	0.92	3.39	2.47
41	31.90	24.66	0.08	1.28	370	0.47	1.61	0.81	0.19	1.00	3.66	2.66
42	30.30	24.50	0.07	1.15	370	0.42	1.44	0.72	0.17	0.90	3.28	2.39
43	30.80	21.12	0.07	1.02	370	0.38	1.29	0.64	0.15	0.80	2.93	2.13
44	47.20	21.42	0.17	2.44	370	0.90	3.06	1.53	0.37	1.90	6.97	5.07
45	28.70	25.62	0.06	1.08	370	0.40	1.36	0.68	0.16	0.84	3.08	2.24