Facultad de
Ciencias Forestales

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOLOGIA DE BOSQUES TROPICALES

TESIS

"VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE OXÍGENO EN PLANTACIONES DE *Vochysia lomatophylla* "quillosisa" y *Parkia sp.* "pashaco" DE DIFERENTES EDADES EN PUERTO ALMENDRA, IQUITOS-PERÚ-2014"

Tesis para optar el título de:

INGENIERO EN ECOLOGIA DE BOSQUES TROPICALES

Autora

PEPITA ESTELA RAMIREZ YUIMACHI

IQUITOS - PERU
2019

UNAP

Facultad de
Ciencias Forestales

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DE TESIS Nº 871

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis presentada por la bachiller **PEPITA ESTELA RAMIREZ YUIMACHI,** titulada: **"VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE OXIGENO EN PLANTACIONES DE *Vochysia lomatophylla* "quillosisa" y *Parkia sp.* "pashaco" DE DIFERENTES EDADES EN PUERTO ALMENDRA, IQUITOS-PERÚ-2014";** formuladas las observaciones y analizadas las respuestas,

Lo declaramos: APROBADO

Con el calificativo de: BUENO

En consecuencia queda en condición de ser calificada: APTO

Y, recibir el Título de Ingeniera en Ecología de Bosques Tropicales.

Iquitos, 22 de febrero 2019

Ing. JORGE ELIAS ALVAN RUIZ, Dr.
Presidente

Ing. SARON QUINTANA VÁSQUEZ, Dra.
Miembro

Ing. JARLIN ARELLANO VALDERRAMA
Miembro

Ing. ABRAHAN CABUDIVO MOENA, Dr.
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA EN ECOLOGIA DE BOSQUES TROPICLES

"Valoración económica de la producción de oxígeno en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* "quillosisa" y *Parkia sp.* "pashaco" de diferentes edades en Puerto Almendra, Iquitos-Perú-2014"

Tesis sustentada y aprobada el 22 de febrero de 2019, según Acta de Sustentación No. 871

MIEMBROS DEL JURADO

.....

Ing. Jorge Elías Alván Ruiz, Dr.
CIP N° 28387
Presidente

.....

Ing. Saron Quintana Vasquez, Dra.
CIP N° 71600
Miembro

.....

Ing. Jarlin Arellano Valderrama
Miembro
CIP N° 65945

.....

Ing. Abrahán Cabudivo Moena, Dr.
CIP N° 40295
Asesor

DEDICATORIA

JACOB Y JEGMA, mis queridos padres, quienes a pesar de todo sé que siempre confiaron en mí, con los grandes valores y virtudes que me inculcaron, el respeto, disciplina y ante todo la responsabilidad que se ve reflejada en la realización de esta tesis.

JULIAN JACOB, LUZ NAYELI, JAIRO FABRICIO, mis adorados hijos, por motivarme a seguir adelante para ser mejor en el campo profesional, por ser mi gran soporte día a día, por quienes daría todo por verlos sonreír siempre.

A TODOS MIS DEMAS FAMILIARES:
Pareja, hermanos, cuñados, etc., por sus acertados consejos por confiar en mí, y ayudarme a escalar un peldaño más en esta competente sociedad

AGRADECIMIENTO

- Quiero expresar mi sincero agradecimiento, en primer lugar a Dios, por brindarme la vida, salud, fortaleza y capacidad.
- A la Licenciada Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, porque en sus aulas fue donde obtuve las mejores enseñanzas para realizarme como profesional.
- A mis catedráticos, en especial al Ing. Abrahán Cabudivo Moena, Dr., asesor de tesis, quien estuvo guiándome académicamente con su experiencia y profesionalismo.
- A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a que logre mi objetivo.

ÍNDICE

		Pág
Acta de sustentación		
Dedicatoria		
Agradecimiento		
Índice		i
Lista de cuadros		iii
Lista de figuras		iiii
Lista de fotos		v
Resumen		vi
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	EL PROBLEMA	2
	2.1. Descripción del problema	2
	2.2. Definición del problema	2
III.	HIPÓTESIS	3
	3.1. Hipótesis de la investigación	3
IV.	OBJETIVOS	4
	4.1. Objetivo general	4
	4.2. Objetivo específicos	4
V.	VARIABLES	5
	5.1. Identificación de variables, indicadores e índices	5
VI	REVISION DE LITERATURA	6
VII.	MARCO TEÓRICO	10
VIII.	MARCO CONCEPTUAL	17
IX.	MATERIALES Y MÉTODOS	211

9.1. Lugar de ejecución 21

9.2. Materiales y equipo 21

9.3. Método 23

9.3.1. Tipo y nivel de investigación 23

9.3.2. Población y muestra 23

9.3.3. Diseño estadístico 24

9.3.4. Análisis estadístico 24

9.3.5. Procedimiento 25

9.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 29

9.5 Técnica de presentación de resultados 29

X. RESULTADOS 30

10.1. Producción de oxígeno y su valoracion economica en plantaciones de *Vochisia lomatophylla* 30

10.2. Producción de oxígeno y su valoracion economica en plantaciones de *Parkia sp* . 35

XI. DISCUSIÓN 41

XII. CONCLUSIONES 44

XIII. RECOMENDACIONES 45

XIV. BIBLIOGRAFÍA 46

ANEXO

LISTA DE CUADROS

N°	Titulo	Pág
1	Población y muestra seleccionadas.	23
2	Diseño para evaluación económica de la producción de oxígeno	24
3	Producción de oxígeno y su valoración económica en plantaciones	30
4	ANOVA de producción de oxígeno en plantaciones *V. lomatophylla*	32
5	Prueba de Tukey- producción de oxígeno en *V. lomatophylla*	33
6	ANOVA valor económico de producción de oxígeno *V.lomatophylla*	34
7	Prueba de Tukey-valor económico producción de oxígeno	34
8	Producción de oxígeno y su valor económico en *Parkia sp* .	35
9	ANOVA de la producción de oxígeno en plantaciones de *Parkia sp*	37
10	Prueba de Tukey-producción de oxígeno en *Parkia sp*	38
11	ANOVA-Valor económico de producción de oxígeno en *Parkia sp.*	39
12	Prueba de Tukey valor económico de producción de O_2 *Parkia sp.*	40
13	Cálculo de producción y valoración económica de oxigeno *V. lomatophylla* de 13 años.	58
14	Cálculo de la producción y valoración económica de Oxigeno en de *V. lomatophylla* de 22 años.	59
15	Cálculo de valoración económica de O_2 V*. lomatophylla* de 33 años	60
16	Cálculo de la valoración económica de O_2 en *Parkia sp* de 6 años.	61
17	Cálculo de la valoración económica de O_2 en *Parkia sp* de 22 años.	62
18	Cálculo de la valoración económica de O_2 en *Parkia sp* de 27 años.	63
19	Inventario de la plantación de *V. lomatophylla* de 13 años.	64
20	Inventario de la plantación de *V. lomatophylla* de 22 años	65
21	Inventario de la plantación de *V. lomatophylla* de 33 años	66
22	Inventario de la plantación de 6 años de *Parkia sp.*	67
23	Inventario de la plantación de 22 años de *Parkia sp*	68
24	Inventario de la plantación de 27 años de *Parkia sp*	69

LISTA DE FIGURAS

N°	Titulo	Pág
1	Producción de oxígeno en plantaciones de *V. lomatophylla*	31
2	Valor económico de la producción de oxígeno en plantaciones de *V. lomatophylla*	31
3	Producción de oxígeno en plantaciones de *Parkia sp*	36
4	Valor económico de la producción de oxígeno en plantaciones de *Parkia sp*	36
5	Ubicación del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal-Pto. Almendra	54
6	Ubicación de las plantaciones de *V. lomatophylla* en el CIEFOR-Pto. Almendra	55
7	Ubicación de las plantaciones de *Parkia sp* de diferentes edades	56

LISTA DE FOTOS

N°	Titulo	Pág
1	*V. lomatophylla* de 13 años	57
2	*V. lomatophylla* de 22 años	57
3	*V. lomatophylla* de 33 años	57
4	*Parkia sp* de 6 años	57
5	*Parkia sp* de 22 años	57
6	*Parkia sp* de 27 años	57

RESUMEN

El estudio se realizó en las plantaciones de 6 años, 13 años, 22 años, 27 años y 33 años de *Vochysia lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia sp.* “pashaco”, ubicadas en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) Puerto Almendra de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) de la UNAP, Iquitos-Perú, con el objetivo de valorar económicamente el servicio ambiental de la producción de oxígeno (O_2). La metodología seguida fue el inventario de todos los árboles presentes en cada plantación; el cálculo de la producción de (O_2) se realizó mediante el carbono (C) almacenado en los árboles por la relación del peso atómico de O_2 entre el peso atómico del (C); mientras que la evaluación económica del O_2 fue calculado por el precio referencial en el mercado dado por La Bolsa Española de derechos de Emisiones de Dióxido de Carbono (SENDECO$_2$). Los resultados muestran que en la plantación de *V. lomatophylla* de 33 años de edad se encontró la mayor producción promedio de oxigeno con 1,14 tO_2/árbol, con incremento anualizado de 0,030 tO_2/árbol; valorizado en 6,25 \$/tO_2 con incremento de 0,19 \$/tO_2; mientras que en *Parkia sp* se calculó la mayor producción de O_2 en plantación de 27 años con 0,791 tO_2/árbol con incremento de 0,029 tO_2/árbol equivalente a 4,35 \$/t/O_2 y 0,160 \$/t/O_2 respectivamente.

Palabras claves: Producción de oxígeno, valoración económica, plantaciones, stock de carbono, secuestro de CO_2

I. INTRODUCCIÓN

Los pocos estudios de los servicios que las plantaciones proveen a la sociedad, en este caso la producción de oxígeno y su valoración económica, es uno de los problemas que hoy en día enfrentan diversos países que manejan sus bosques, por tal razón, conocer el valor que brinda este servicio constituye una herramienta para el 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_2 atmosférico y la emisión de oxigeno (O_2) hacia la atmosfera.

Otro de los problemas más grave que pueden derivarse de la no retención del carbono y la no producción de oxigeno es el recalentamiento del planeta debido a los efectos de la alta contaminación de dióxido de carbono que va elevando paulatinamente la temperatura terrestre (Chambi, 2001) y (Cabudivo *et al*., 2014). La captura neta de CO_2 atmosférico y su producción de oxigeno (O_2) depende principalmente de la productividad de la plantación a través del tiempo (Seppänen, 2002) y (Cabudivo *et al.,* 2014).

Es de importancia este tipo de investigación debido a la necesidad de conocer el valor económico del servicio ambiental que realizan los árboles, mediante la producción de oxígeno (O_2) en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia sp.* “pashaco” de 6, 22, 27 y 33 años de edad del CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos, Perú.

II. EL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

En el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), existen plantaciones de diferentes especies y edades; sin embargo, existen pocos estudios con certeza científica referentes a la cuantificación de los servicios ambientales especialmente en la producción de oxígeno y su valor económico. La no cuantificación del servicio ambiental de estas plantaciones traería como efecto la tardanza y/o freno en la toma de decisiones para impulsar inversiones de negocios en servicios ambientales por parte de los responsables y como consecuencia la pérdida de valor de las plantaciones.

Actualmente, cerca del 60% de las funciones de los ecosistemas están siendo degradadas de manera más rápida que la que pueden recuperarse. Para que estos servicios se mantengan, el manejo tiene que volverse más rentable que los usos alternativos de la tierra (Prince y Waage, 2007); por eso es necesario que la UNAP y las comunidades rurales puedan obtener beneficios de los emergentes mercados de servicios de los ecosistemas con la finalidad de financiar la conservación y el desarrollo sostenible a nivel local.

1.2 Definición del problema

Problema general

¿Cuánto será el valor económico de la producción de oxígeno (O_2) en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia sp.* “pashaco” de diferentes edades en Puerto Almendra, Iquitos, Perú-2014?

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

Mayor será el valor económico de la producción de oxígeno (O_2) cuanto mayor edad tenga las plantaciones de *Vochysia lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia sp.* “pashaco”.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Valorar económicamente la producción de oxígeno (O_2) en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia sp.* “pashaco” de diferentes edades.

4.2 Objetivo Específico

- Calcular la producción de oxígeno (O_2) en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia sp.* “pashaco” de 06, 13, 22, 27 y 33 años de edad.
- Calcular el valor económico de la producción de oxígeno (O_2) de plantaciones de *Vochysia lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia sp.* “pashaco” de 06, 13, 22, 27 y 33 años de edad.

.

V. VARIABLES

5.1 Identificación de variables, indicadores e índices

Las variables del presente estudio son plantaciones de *Vochysia lomatophylla* "quillosisa" y *Parkia sp.* "pashaco" con edades de 6, 13, 22, 27 y 33 años instaladas en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal Puerto Almendra. Teniendo los siguientes indicadores: diámetro a la altura del pecho (cm), altura del árbol (m), la determinación del volumen del fuste (m^3), la densidad de la madera (Kg/m^3), el cálculo de la biomasa arbórea (toneladas), secuestro de dióxido de carbono (tCO_2), producción de oxígeno (tO_2/árbol) y el valor económico de (S//. tO_2/árbol)

5.2 Operacionalización de las variables

VARIABLES	INDICADORES	INDICES
Plantas de quillosisa y de pashaco	➢ Diámetro del fuste	cm
	➢ Altura arbórea	m
Diferentes edades	➢ Volumen del árbol	m^3
	➢ Densidad de la madera	Kg/m^3
Valoración económica de	➢ Biomasa arbórea	t/árbol
producción de Oxigeno	➢ Secuestro de CO_2	tCO_2/árbol
	➢ Producción de O_2	tO_2/árbol
	➢ Valor económico de O_2	S//. tO_2/árbol

VI. REVISION DE LITERATURA

Descripción de las especies

Vásquez (1997), describe a “quillosisa” como de la Familia Vochysiaceae; Género *Vochysia;* Especie *lomatophylla;* Nombre científico: *Vochysia lomatophylla;* Nombre comunes: quillosisa, sacha casho. Árbol hasta 30 m de altura; ramitas aristadas, surcadas, pubérulas, glabrescentes. Hojas: 4 por verticilo, obovado-espatuladas, ápice redondeado a obtuso, base atenuado-truncada, haz glabra, envés pubérulo disperso; emergentes en el envés; estípulas subuladas, marrón pubérulas. Panículas axilares a subterminales, estrechas, densifloras; pétalos subiguales, elípticos, agudos; estilo cilíndrico, estigma lateral. Cápsulas obovado-oblongas, glabras, verruculosas; su hábitat es el bosque primario de la Amazonia Peruana y Brasileña. Habita las proximidades de los cuerpos de agua de poco caudal, principalmente en bosques amazónicos inundados por ríos de aguas negras, llamados igapó. Vásquez (1989), menciona que la especie se utiliza para madera aserrada, los individuos de diámetro menores se usan para madera redonda en la construcción de vivienda: vigas y soleras.

Ayala (2003), describe a “pashaco” con nombre científico *Parkia* sp. de la familia Fabaceae. Esta especie se encuentra en los departamentos de Huánuco, Loreto y Pasco, entre 0 y 1000 msnm. Existe en cantidades altas en la Amazonía Central y en cantidades medias en la Amazonía Sur del Perú. Alcanza una altura de 30 m; tronco cilíndrico de 100 cm de diámetro; sin aletones. La corteza superficial del tronco es agrietada, la corteza muerta se exfolia de modo similar al de la *Swietenia macrophylla*, en pedazos leñosos alargados de 3 a 4 mm de espesor. Corteza viva con dos capas la externa de 8 mm, rosada, laminar; y otra interna de 2 mm, de color

pardo amarillento, compuesta de laminillas. La madera medianamente pesada, presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media. Se utiliza para carpintería de interiores, cajonería, puertas, muebles, juguetes, maquetas; es adecuada para fabricación de pulpa de papel.

Biomasa arbórea

La biomasa arbórea es la cantidad total de materia orgánica viva aérea de los árboles expresada en peso seco (árbol, ha, región, país); también, es la cantidad de Carbono almacenado en el bosque (Brown, 1997; FAO, 1998). La biomasa del suelo es la que está compuesta por las raíces de la vegetación, la materia orgánica y otros materiales. Según, el muestreo de raíces en plantaciones forestales es costoso y provee información importante para mejorar la calidad de los estimados (Alvarez y Varona, 2003).

Pues, el balance de carbono y la productividad de oxígeno de los rodales están estrechamente conectados con la producción de biomasa en el bosque, por ello, es interesante prestar especial atención a los estudios de bioproductividad de bosque. Las investigaciones son importantes desde el punto de vista principalmente de la biología y la silvicultura. Se comprobó que la acumulación de fitomasa en el bosque aumenta de acuerdo a condiciones de humedad. Por eso, la investigación de la productividad y la estructura de la fitomasa es un problema complejo y debe despejarse basándose en principios fundamentales de enfoque de sistema (Lakyda, 2011) desarrollaron modelos matemáticos y normativas para la evaluación de los componentes de fitomasa de pino silvestre. Hasta hace poco, había dos principales áreas de estudio de fitomasa como componente principal de

bioproductividad del bosque, biogeocoenologia (ecológica), que estudia las regularidades de la acumulación y la circulación de materia y energía en fitocenosis.

Los estudios sobre la producción de biomasa forestal (en Ucrania, Suecia y otros países) se han realizado durante mucho tiempo principalmente para aumentar el soporte de la productividad, aumentar la biomasa de madera del tronco por unidad de área; pues, hoy en día se considera al bosque no sólo como una fuente de madera y madera para pulpa, sino también para secuestrar carbono, producción de oxigeno y como fuente de energía renovable (Stupak *et al*. 2007). Pues, la biomasa forestal cumple un papel importante en el cambio climático, sirve como sumidero. Con el cálculo de la biomasa se obtiene un valor aproximado de la cantidad de Carbono almacenado, porque existe una estrecha relación entre la biomasa y el Carbono (Ciesla, 1996). El carbono cumple un papel fundamental en los procesos fisicoquímicos y biológicos del planeta a través del ciclo de carbono. Los procesos de captura y emisión de carbono son parte de un sistema de cuatro reservorios de carbono (vegetación aérea y radical- materia en descomposición- suelos- productos forestales), con tiempos de residencia y flujos asociados muy diferentes y estrechamente interrelacionados (Taiz y Zeiger, 1998).

Es muy importante no confundir Carbono (C) con Dióxido de carbono (CO_2). En una molécula de CO_2 existen dos átomos de oxígeno (con peso atómico 2 x 16 = 32) y un átomo de carbono (con peso atómico 12). Por lo tanto el peso molecular del CO_2 es 44 (= 2 x 16 + 12), de los cuales solamente 12 corresponden a carbono. De lo anterior se deduce que se necesitan 44/12 = 3,667 tonelada de CO_2 para tener 1 tonelada de carbono (Cornejo y Fernández, 2000).

Existen dos métodos comúnmente usados para estimar la biomasa: el método directo y el indirecto. Dentro del primero está el destructivo, que consiste en cortar el árbol y determinar la biomasa pesando directamente cada componente. Para la determinación indirecta se utilizan métodos de cubicación del árbol donde se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad o densidad específica. Otra forma de estimar la biomasa es mediante ecuaciones o modelos basados en análisis de regresión, que utilizan variables colectadas en el campo tales como el diámetro a la altura del pecho, la altura comercial y total, el crecimiento dimétrico, el área basal y la densidad específica de la madera (Fonseca *et al.* 2009).

Para evitar el muestreo destructivo se recurre a los valores por defecto de las relaciones raíz-tallo, estos valores se utiliza para estimar la biomasa bajo el suelo. Para un bosque húmedo subtropical la relación media entre biomasa bajo el suelo y sobre el suelo es 0,24 (IPCC, 2003). Factor de expansión de biomasa (FEB): es la proporción directa entre la biomasa aérea total (BT) y biomasa de fuste (BF). Se trata de un factor variable que depende de la especie arbórea, las condiciones ambientales, la densidad de plantación, el tipo de bosque y la edad de los individuos, entre otros aspectos. Este factor se utiliza para estimar la biomasa total de un árbol cuando únicamente se cuenta con datos de biomasa del fuste (Salinas y Hernández, 2008).

VII. MARCO TEÓRICO

Producción de oxigeno

La capacidad de los bosques para absorber las emisiones industriales y para producir aceites volátiles y oxígeno son difíciles o incluso imposibles de valorar económicamente. Sin embargo, la opinión expresada por cada ciudadano urbano es que los bosques son uno de los factores determinantes de la calidad de la vida urbana de la población en sentido amplio es legítimo.

Por ello, es necesario conocer que el oxígeno se produce durante el proceso de la fotosíntesis. Los bosques desempeñan el liderazgo papel de producción de oxígeno, su participación en relación con toda la biomasa de vegetación terrestre es de alrededor de 54%.

La vegetación forestal produce 10 a 15 veces más oxígeno que cualquier otro fitocenosis terrestre. Es muy importante reconocer a los bosques urbanos en los países desarrollados con población altamente urbanizada, por ejemplo, bosques urbano de los Estados Unidos producen el oxígeno suficiente para garantizar el consumo anual de aproximadamente 2/3 de la población del país (Lakida, 2011).

Hoy en día, la cuestión de la productividad de oxígeno en los bosques urbanos está como tema principal entre la sociedad, pero muy pocas publicaciones científicas sobre este tema están disponibles. Por lo tanto, es posible afirmar una actitud polémica entre los científicos para evaluar la importancia de la función de producción de oxígeno de los bosques. Metodologías de valoración y evaluación económica de esta función se elaboran. La metodología de M.I. Tshesnokov y V.M. Dolgosheev fue desarrollado en 1970, donde la productividad de oxigeno se calculó

por medio de dos índices principales, con madera seca y la masa de oxígeno, que se emite durante la formación de una tonelada de madera seca de materia orgánica.

De este modo, cuando se considera la función de producción de oxígeno de los bosques, como un fenómeno mundial, los argumentos de los científicos niegan su importancia, ya que los bosques no crean balance de oxígeno positivo a escala planetario; sin embargo, al examinar esta cuestión a nivel local (en ejemplo de gran población o centros industriales), una extraordinaria importancia de producción de oxígeno cuya función de los rodales se aclara, concluyendo, que la producción de oxigeno es la función de los bosques, y es muy importante en la escala local. Es por lo tanto, necesaria para llevar a cabo el monitoreo local y estimaciones cuantitativas.

Para calcular la producción de oxigeno por parte de los árboles se debe tener en cuenta el proceso de fotosíntesis que realizan las hojas de los vegetales; pues la **fotosíntesis** es un proceso en virtud del cual los organismos con clorofila, capturan energía en forma de luz y la transforman en energía química. Este proceso se realiza en dos etapas: **Fase primaria o lumínica;** es una etapa en la que se producen reacciones químicas con la ayuda de la luz solar y la clorofila. La clorofila es un compuesto orgánico, formado por moléculas que contienen átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y magnesio. La clorofila capta la luz solar, y provoca el rompimiento de la molécula de agua (H_2O), separando el hidrógeno (H) del oxígeno (O); es decir, el enlace químico que mantiene unidos al hidrógeno y al oxígeno de la molécula de agua, se rompe por efecto de la luz. El proceso genera oxígeno gaseoso que se libera al ambiente, y la energía no utilizada

es almacenada en moléculas especiales llamadas **ATP**. (www.profesorenlinea.cl. 21/09/2013)

Fase secundaria u oscura; es una etapa en la que no se necesita la luz, aunque también se realiza en su presencia. Ocurre en los cloroplastos y depende directamente de los productos obtenidos en la fase lumínica. En esta fase, el hidrógeno formado en la fase anterior se suma al dióxido de carbono gaseoso (CO_2) presente en el aire, dando como resultado la producción de compuestos orgánicos, principalmente carbohidratos; es decir, compuestos cuyas moléculas contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. Dicho proceso se desencadena mediante la energía almacenada en moléculas de ATP que da como resultado el carbohidrato llamado glucosa ($C_6H_{12}O_6$), un tipo de compuesto similar al azúcar, y moléculas de agua como desecho. Después de la formación de glucosa, ocurre una secuencia de otras reacciones químicas que dan lugar a la formación de almidón y varios carbohidratos más. A partir de estos productos, la planta elabora lípidos y proteínas necesarios para la formación del tejido vegetal, lo que produce el crecimiento. Cada uno de estos procesos no requiere de la participación de luz ni de la clorofila, y por lo tanto, se realiza durante el día y la noche. Por ejemplo, el almidón producido se mezcla con el agua presente en las hojas y es absorbido por unos tubitos minúsculos que existen en el tallo de la planta y, a través de éstos, es transportado hasta la raíz donde se almacena. Este almidón es utilizado para fabricar celulosa, el principal constituyente de la madera. El resultado final, y el más trascendental, es que la planta guarda en su interior la energía que proviene del Sol. Esta condición es la razón de la existencia del mundo vegetal porque constituye la base energética de los demás seres vivientes. Por una parte, las plantas son para los animales fuente de alimentación, y, por otra, mantienen

constante la cantidad necesaria de oxígeno en la atmósfera permitiendo que los seres vivos puedan obtener así la energía necesaria para sus actividades. (Vilches y Rendon, 2002).

IDPC (2010) manifiesta que el proceso de fotosíntesis se realiza mediante una secuencia de reacciones químicas con la intervención de elementos como el agua y dióxido de carbono, para dar lugar a la formación de azúcar (celulosa) y Oxígeno; como se presenta en la formula siguiente:

$6\ H_2O$	**+**	**$6\ CO_2$**	**======>**	**$C_6H_{12}O_6$**	**+**	**$6\ O_2$**
Agua		Dióxido de Carbono		Azúcar (Celulosa)		Oxígeno

Cuando los árboles de un bosque mueren de manera natural y los talan de manera responsable, para ser reemplazados por otros árboles, no hay una pérdida neta de oxígeno en el ambiente. La importancia que tienen en la producción de oxígeno atmosférico, la conservación del suelo, la regulación del clima y el albergue de un sinnúmero de especies tanto de animales como de vegetales, hace de los bosques ecosistemas indispensables para la conservación de la vida en el planeta.

Nowak, *et al*., (1997) describe otros métodos para medir fotosíntesis que se basan en la medición del intercambio gaseoso (CO_2 – O_2) que ocurre durante el proceso. La medición se realiza sobre uno de los dos gases y los resultados siempre se expresan en tres dimensiones: mg (gas), área (foliar cm^2 o dm^2), tiempo (minutos, segundos, horas). Existen equipos modernos y muy costosos, que pueden medir la fotosíntesis en plantas basados en los principios de la porometría. Consisten en hacer pasar una corriente de aire, a través de una sección de hoja (1 cm^2), y medir con el equipamiento la entrada y salida del aire. El balance se expresa como ganancia neta de fotosíntesis (CO_2) por área y por tiempo (generalmente 1 minuto). Este equipamiento permite realizar medidas instantáneas de la fotosíntesis en

plantas. La clasificación de los métodos son 1) Por producción de oxigeno; 1.1. Método manométrico (microrespirómetro de Warburg) 1.2. Método de las botellas (determinación de Oxigeno por Winckler). 2) Por medición del CO_2 absorbido; 2.1. Método de la campana por titulación; 2.2. Absorción infrarroja de CO_2; 2.3. Absorción de CO_2 radioactivo. 3) Por porometria. 4) Recuento de burbujas.

Por su parte Nowak *et al*. (2007), manifiestan que realizaron estudios de producción de oxígeno en 16 ciudades de Estados Unidos, para ello ubicaron aleatoriamente parcelas de 0.04 ha, para muestrear toda la estructura del bosque urbano de esta ciudad (por ejemplo, la composición de especies de árboles, el número de árboles en todo el terreno utilizado). La recolección de datos incluyó el uso del suelo, especies de árboles, diámetro del fuste de los árboles a 1,37 m (4,5 pies) por encima del suelo (DAP), altura de la copa, ancho de copa, y condición del dosel. El cálculo de la cantidad de oxigeno producido a partir de la captura de carbono fue en base a los pesos atómicos, aplicando la siguiente ecuación:

Net O_2 release (kg/tree) = net C sequestration(kg/tree) x p.a.O/p.a.C

Lakyda, (2011), manifiesta que el proceso de almacenamiento de carbono y la producción de oxigeno son procesos inseparables con la producción de biomasa del bosque.

Valoración económica

La valoración económica de los servicios ambientales, especialmente de la producción de oxigeno (O_2), juega un papel muy importante, porque es una herramientas que incentiva en proteger o mantener nuestros bosques, así generando un beneficio económico en los diferentes países, trayendo consigo resultados útiles para realizar propuestas de uso sostenible, contribuyendo así en

la limpieza ambiental mediante la disminución el CO_2 atmosférico y su almacenamiento como carbono en los árboles y por lo tanto, su diferencia es la producción de O_2. Es necesario continuar estudios referentes al valor económico de la producción del oxígeno en plantaciones para insertarlos en la venta principalmente en los mercados como servicio ambiental.

Tanto Lomas *et al*. (2005), como Casimiro (2002), y Barzev (2002), definen a la concepción económica del valor, como una aproximación reduccionista en la unidad, sosteniendo que es posible expresar las distintas propiedades del medio-ambientales, económicas, ecológicas estéticas y morales, en términos monetarios, toda vez que todos estos atributos ambientales pueden reflejarse de alguna manera en las preferencias sociales, donde el proceso de valorar económicamente el medio ambiente se dá a través de la medición y cuantificación de la calidad ambiental y los cambios concretos en la calidad del ambiente o de los recursos naturales que generan cambios en el bienestar de los individuos y consumidores.

De acuerdo con Azqueta (2004), valorar económicamente el medio ambiente significa poder contar con un indicador de su importancia en el bienestar de la sociedad, que permita con otros componentes del mismo. Lambert (2003), define la valoración económica como la asignación de valores cuantitativos a los bines y servicios proporcionados por recursos ambientales, independientemente de que si existen o no precios de mercado. Figueroa (2005), establece que la valoración económica del medio ambiente consiste en dar valor monetario a bienes y servicios ambientales que no son transados en los mercados y por lo tanto no tiene precios explícitos. Esta valoración se refiere a las preferencias de las personas por los beneficios que reciben del medio ambiente, en ningún caso representa el valor real del recurso biológico.

Cuando se piensa en estimar el valor de los recursos naturales, se debe tener presente la existencia de dimensiones de análisis diversas y complementarias. Es habitual que la bibliografía que trata la materia no sea clara a la hora de diferenciar entre el valor del ambiente y su valor económico. Esta puntualización es necesaria ya que entre los valores del ambiente existen dimensiones de la valoración social, espiritual, cultural que no pueden o no deberían ser reducidas a expresiones monetarias.

Valor económico de la producción de oxigeno de plantaciones

Una de las mayores incertidumbres frente a este tipo de proyecto forestal es la valoración económica de la producción de oxígeno (O_2), pues hasta el momento no existe un procedimiento estandarizado para calcular la producción de O_2 del bosque por lo tanto, la no existencia de mercado consolidado que determine los precios de la producción de O_2, ni reglas claras frente a los métodos y formas de valorar este beneficio ambiental de los bosques (Gutiérrez y Lopera, 2001).

.

VIII. MARCO CONCEPTUAL

Agua: componente esencial de los seres vivos, compuesto por dos moléculas de hidrogeno y una molécula de oxígeno (INE, 2007)

Atmósfera: se designa la envoltura gaseosa que rodea un planeta. (Gil y Olcina 1998)

Átomo: la unidad más pequeña y completa de un elemento químico. (Barone y Fernández, 1983)

Bienes ambientales: son los recursos tangibles utilizados por el ser humano como insumos en la producción o en el consumo final y que se gastan y transforman en el proceso, como madera, frutos, pieles, carne, semillas, medicinas, entre otros, que son utilizados por el ser humano para su consumo o comercialización (Azqueta 2004)

Biomasa: significa, abreviatura de masa biológica, cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico (INE, 2007).

Bioproductividad: es una producción, que está siendo creado sobre el suelo y partes superficiales, biocenosis forestal en la fotosíntesis durante la unidad de tiempo en unidad de área (Nowak, *et al*., 2007).

Bosque: espacio extenso cubierto por árboles que aparecen de forma natural o artificial, allí donde su presencia no se ve impedida por condiciones externas de frío aridez, vientos, agua y suelo, entre otros (INE, 2007)

Cambio climático: en la actualidad con la expresión cambio climático se alude a la hipótesis actual de alteración del clima terrestre que defiende el origen

antropogénico del incremento térmico observado a partir del decenio de los años setenta. (Gil y Olcina, 1998)

Carbono: elemento químico abundante, tanto en los seres vivos como en el mundo mineral y en la atmósfera. 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 (INE, 2007)

Clorofila: pigmento que da el color verde a los vegetales y se encarga de absorber la luz necesaria para realizar la fotosíntesis (INE, 2007)

Contaminación ambiental: es la cantidad de partículas sólidas suspendidas en el aire, disueltas en el agua o incorporadas a los alimentos (INE, 2007)

Contenido de materia seca: es una relación de la masa de una muestra en estado seco por su masa en estado recién cortado (Lakyda, 2011).

Calentamiento Global: es la alteración de la temperatura del planeta, producto de la intensa actividad humana en los últimos 100 años. El incremento de la temperatura puede modificar la composición de los pisos térmicos, modificar las estaciones de lluvia y aumentar el nivel del mar . (INE, 2007)

Desarrollo sostenible: aquel desarrollo económico y social que permite hacer frente a las necesidades del presente, sin poner en peligro los recursos naturales necesarios para las generaciones futuras (INE, 2007)

Economía Ambiental: estudia el efecto de la actividad económica sobre el medio ambiente, la importancia del entorno para la economía y la forma apropiada de regular la actividad económica, de tal forma que se logre un equilibrio entre los objetivos ambientales, económicos y de tipo social. http://www.sirefor.go.cr/serviciosambientales.html

Emisiones de carbono: es un flujo de gas inverso integral de carbono de la superficie terrestre hacia la atmósfera, medido en toneladas de carbono (Lakyda, 2011).

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 (INE, 2007))

Existencias de carbono: es una cantidad de carbono presente en el ecosistema forestal en un solo punto de tiempo (Lakyda, 2011).

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 (Lakyda, 2011).

Fotosíntesis: elaboración de sustancias orgánicas (alimento) a partir de dióxido de carbono y del agua, en presencia de clorofila y utilizando la energía solar; durante el proceso se libera oxígeno (IDPC, 2010)

Gas: fluido que tiene la propiedad de expandirse indefinidamente, y cuya característica es su pequeña densidad, como el aire (INE, 2007)

Hidrógeno: es el elemento químico más abundante de la corteza terrestre y del universo. En la atmósfera se encuentra en su forma molecular H_2, gas inflamable, incoloro e inodoro. Es la más ligera de los elementos y combinada con el oxígeno forma el agua (INE, 2007).

Medio Ambiente: es todo aquello que nos rodea y que constituye nuestro mundo inmediato, donde vivimos e interactuamos cotidianamente, es nuestro entorno y nosotros mismos (INE, 2007).

Microclima: clima que afecta directamente a un organismo o una comunidad. (Gil y Olcina, 1998)

Monóxido de carbono: producto de combustiones incompletas (gases de los motores de vehículos y de industrias (INE, 2007)

Oxígeno: elemento químico de número atómico 8. Muy abundante en la corteza terrestre, constituye casi una quinta parte del aire atmosférico en su forma molecular O_2. Forma parte del agua, de los óxidos, de casi todos los ácidos y sustancias orgánicas, y está presente en todos los seres vivos (INE, 2007).

Productividad arbórea: significa la más alta posibilidad de adquisición de calidad de la madera procedente de la unidad de área (Lakyda, 2011).

Productividad ecológica: es una estimación de la función de creación del entorno de bosques, sus propiedades protectoras, recreativas y otros recursos (Lakyda, 2011).

Radiación solar: es el calor emitido por el Sol que recibe la atmósfera terrestre; éste radia continuamente parte de su masa al espacio en forma de energía electromagnética y de partículas a gran velocidad; su origen está en las reacciones nucleares que transforman núcleos de hidrógeno en helio, a favor de las altas temperatura y fuerte presión. (Gil y Olcina, 1998).

Servicios ambientales: son considerados como la capacidad que tienen los ecosistemas para generar productos útiles para el hombre, entre los que se pueden citar regulación de gases (producción de oxígeno y secuestro de carbono), belleza escénica, y protección de la biodiversidad, suelos e hídrica.

http://www.sirefor.go.cr/serviciosambientales.html

Sumidero de carbono: es la absorción de carbono de la atmósfera por el gran territorio de tierra y el océano (Lakyda, 2011).

IX. MATERIALES Y MÉTODOS

9.1 Lugar de ejecución

El presente estudio se realizó en las plantaciones instaladas en el Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) –Puerto Almendra, ubicado a la margen derecha 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, 2011).

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 2011)

9.2 Materiales y equipo

Materiales

De Campo

- Libreta de campo
- Jalones
- Wincha
- Botas
- Machete

- Bolsas de plástico
- Rafia
- Capota
- Etiquetas plásticas
- Chinches
- Cámara fotográfica
- Clinómetro Suunto
- GPS Garmin

De Laboratorio

- Estufa eléctrica
- Balanza mecánica
- Vernier o pie de rey
- Balanza de precisión con aproximación de ±0.1g.
- Desecador con sal higroscópica “silicagel”

De Gabinete

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

9.3 Método

9.3.1 Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación es descriptivo comparativo, porque se va a analizar y/o comparar las medias del valor económico de la producción de oxigeno de dos (02) especies en tres diferentes edades, mediante la prueba estadística de Tukey con una p=0,05. El nivel de investigación es básico donde se realizó la recopilación de información existente referente al tema de estudio.

9.3.2 Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por todas las plantaciones de *Vochysia lomatophylla* "quillosisa" y *Parkia sp.* "pashaco" de 06, 13, 22, 27 y 33 años, que se encuentran establecidas en el CIEFOR Pto Almendra, según inventario realizado por (Gonzálo, 2013 y Ucañay, 2013).

La muestra representativa fue de 01 plantación seleccionada de modo preferencial según el proyecto "Valoración económica del secuestro de CO_2 y su stock de carbono en las plantaciones del CIEFOR- Puerto Almendra, Iquitos-Perú" (Espiritu *et al.* 2013).

Cuadro 01: Población y muestras seleccionadas

Nº Parcela	**Especie**	**Edad (año)**	**Área (ha)**	**N° de** árboles	**Muestreo (%)**
64	*V. lomatophylla*	13	0,10	42	100
3		22	0,03	10	100
15		33	0,07	12	100
63	*Parkia* sp.	06	3,50	21	100
03		22	1,52	29	100
31		27	4,00	41	100

8.3.3 Diseño de la investigación

Para evaluar la valoración económica de la producción de oxígeno en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia sp.* “pashaco” de 06, 13, 22, 27 y 33 años en Puerto Almendra, se tuvo el siguiente diseño:

Cuadro 2. Diseño para evaluación económica de la producción de oxígeno

Especies	Edad de la	Total
V. lomatophylla	13	42
	22	10
	33	12
Parkia sp	6	21
	22	29
	27	41

9.3.4 Análisis estadístico

Para determinar la significancia del valor económico de la produccion de oxigeno en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia* sp.”pashaco” de diferentes edades, se realizo el ANVA con nivel de significacion de 0,05. Además, se realizó la comparación de medias para conocer la significancia (0,05) mediante la prueba estadística de Tukey, aplicando el programa estadístico SPSS 21.

9.3.5 Procedimiento

Para determinar el valor económico de la producción de oxígeno en plantaciones de *V. lomatophylla* “quillosisa” y *Parkia sp.* “pashaco” de 06, 13, 22, 27 y 33 años en Puerto Almendra en Puerto Almendra, se procedió a tabular los datos de inventario realizado en las diferentes plantaciones.

a) Inventario de los arboles

- En cada plantación de 06, 13, 22, 27 y 33 años, se inició con la numeración de todos los arboles libres de defectos naturales visibles, a continuación se procedió a medir la circunferencia de cada árbol a 1.30 m de altura de acuerdo a sus características de cada árbol, y se registró en la libreta de campo.
- Luego se procedió a geo referenciar cada árbol para ubicar su localización exacta y para finalizar se determinó la altura de todos los árboles y se registró en la libreta de campo.
- En gabinete se determinó la altura de los arboles haciendo uso de la fórmula propuesta por el manual de usuario del Clinómetro Óptico SUUNTO.

$$H = (Lc/10 * d) + ho$$

Donde:

H = Altura total del árbol (m)

Lc = Lectura del clinómetro (%)

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

ho = Altura hasta el ojo del operador (m)

- En gabinete se determinó los diámetros de los arboles haciendo uso de la siguiente fórmula propuesta por (Chambi, 2001)

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

Donde:

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

c = circunferencia

π = 3,1416

- Se encontró el área basal de los árboles en metros cuadrados (m²) por medio de la siguiente fórmula propuesta por (Chambi, 2001)

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

Donde:

G = área basal en m²

π = 3,1416

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

b) Modelo de análisis e interpretación de datos

Se midió todos los árboles para obtener la biomasa en toneladas. Las mediciones correspondientes se realizaron para árboles libres de defectos naturales visibles.

Para obtener la biomasa total se procedió a calcular el volumen del fuste, luego la biomasa leñosa y mediante el factor de expansión de biomasa se determinó la biomasa total, que viene a ser la celulosa total acumulada por el árbol durante los años de crecimiento.

- **Volumen del fuste**

Se determinó el volumen que se expresa en metros cúbicos (m³), por medio de la fórmula propuesta por (Chambi, 2001).

V= G * f * h

Donde:

V = Volumen en m³

G = Área basal en m²

f = Factor de forma (0,65)

h = Altura en metro

- **Determinación de la densidad básica de la madera**

Se realizó con muestras de madera extraídas de los árboles en pie de las plantaciones en estudio, para determinar el volumen de las probetas se utilizó el método de inmersión por desplazamiento de agua en una probeta graduada y se utilizo el protocolo según el procedimiento seguido por (O´Neill, 2000); se calculó mediante la siguiente expresión:

$$Db = Psm/Vhm$$

Donde:

Db = Densidad básica, en kg/m^3.

Psm = Peso seco de la muestra, en kg

Vhm = Volumen húmedo de la muestra, en m^3

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

Se utilizó la fórmula propuesta por (Brown, 1997)

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

Dónde:

BF = biomasa del fuste en toneladas (t)

V = volumen de la madera, en m^3

Db = densidad básica de la madera en kg/m^3

- **Biomasa arbórea**

Se calculó a partir de la biomasa del fuste y el factor de expansión de biomasa (IPCC, 2003).

$$BA = BF * FEB$$

Dónde:

BA = Biomasa arbórea en toneladas (t)

BF = Biomasa del fuste en toneladas (t)

FEB = Factor de expansión biomasa = 2,4

- **Cálculo de carbono total**

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

$$CAT = BA * 0{,}5$$

Donde:

CAT = Carbono total en toneladas (tC)

BA = Biomasa arbórea en tonelada (t)

- **Cuantificación de dióxido de carbono**

Se empleó la fórmula propuesta por (IPCC, 1996).

$$CO_2 = CT * p.a.\ CO_2/p.a.C$$

Dónde:

CO_2 = Dióxido de Carbono, en toneladas;

CT = Carbono total en toneladas

p.a.CO_2 = Peso atômico de CO_2

p.a.C = Peso atômico de C

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

Fue mediante el carbono almacenado y la relación entre los pesos atómicos de oxigeno con los pesos atómicos de carbono, como lo proponen (Nowak *et al*. 2007; Lakyda, 2011; Vilches y Rendon 2002; IDPC, 2010; Barone y Fernández, 1983 y Salisbury and Ross 1978).

$$Net\ O_2\ (t) = C\ (t) \times p.a.O_2/p.a.C$$

Donde:

O_2 (t) = Oxigeno producido, en toneladas y/o kg.

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

p.a O_2 = Peso atómico de oxigeno

p.a C = Peso atómico de carbono

- **Valoración económica de la producción de oxígeno en arboles**

Para calcular el valor económico del O_2 producido, se tuvo en cuenta como precio referencial, el precio en el mercado del secuestro de dióxido de carbono (CO_2) citado por IPCC (2003).

$$V_E = O_2 * \text{Precio en el mercado}$$

Donde:
V_E= valor económico, en dólares (US$/t/$O_2$);
O_2= Oxigeno producido en toneladas (tO_2).

Para determinar el precio del mercado del servicio de secuestro de dióxido de carbono, se tuvo en cuenta el valor referencial dado por La Bolsa Española de derechos de Emisiones de Dióxido de Carbono (SENDECO_2), de la fecha del 30 de setiembre de 2015 que indica US$ 5,50/tCO_2

9.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Inventario de las plantaciones de *V. lomatophylla* y *Parkia sp*
- Calculo de la biomasa vegetal
- Calculo del almacenamiento de carbono.
- Calculo del secuestro de dióxido de carbono.
- Calculo de la producción de oxígeno.

9.5 Técnica de presentación de resultados

Los resultados son presentados en cuadros de doble entrada y en figuras de barras, los cuales permitieron interpretar los ensayos y elaborar la discusión y las conclusiones correspondientes.

X. RESULTADOS

10.1. Producción de oxígeno y su valor económico en plantaciones de *V. lomatophylla*

10.1.1 Producción de oxigeno

Se muestran los resultados de la producción de oxígeno y su valoración económica en plantaciones de *V. lomatophylla* de 13 años, 22 años y 33 años.

En el cuadro 3 y en la figura 1, se observan los valores de las tres (03) plantaciones de diferentes edades, encontrándose la mayor producción de oxígeno en la plantación de 33 años con 12 árboles con un total de 13,63 t/O_2, con promedio de 1,14 t/O_2 e incremento anual de 0,03 t/O_2/árbol; seguido de la plantación de 22 años con 10 árboles con un total de 5,36 t/O_2; con promedio de 0,54 t/O_2 e incremento anual de 0,02 t/CO_2/árbol y finalmente la plantación de 13 años con 42 árboles, con un total de 12,39 t/O_2; promedio de 0,29 t/O_2 e incremento anual de 0,02 t/O_2/árbol.

Cuadro 3: Producción de oxígeno y su valor económico en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* de diferentes edades

Edad	N°	Densidad	Biomasa arbórea			Carbono		
	arboles	madera	Total	Prom.	Anual	Total	Prom.	Anual
(años)		(kg/m³)	(t)	(t)	(t/árbol)	(t)	(t)	(t/árbol)
13	42	400	9,29	0,22	0,02	4,65	0,11	0,01
22	10	440	4,02	0,40	0,02	2,01	0,20	0,01
33	12	449	10,22	0,85	0,03	5,11	0,43	0,01
∑T	64		**23,53**			**11,77**		

Continuación cuadro 3……/…

CO_2			Producción de O_2			Valor económico		
Total	Prom.	Anual	Total	Prom.	Anual	Total	Prom.	Anual
(t)	(t)	(t/árbol)	(t)	(t)	(t/árbol)	($)	($)	($/árbol)
17,04	0,41	0,03	12,39	0,29	0,02	68,14	1,62	0,12
7,37	0,74	0,03	5,36	0,54	0,02	29,47	2,95	0,13
18,74	1,56	0,05	13,63	1,14	0,03	74,95	6,25	0,19
43,14			31,38			172,57		

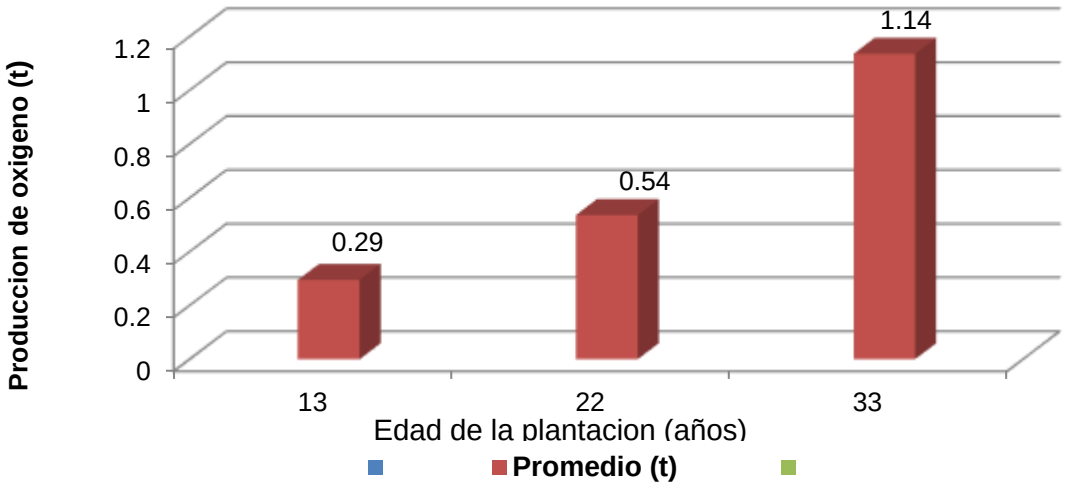

Figura 1: Producción de oxígeno en plantaciones de *V. lomatophylla*

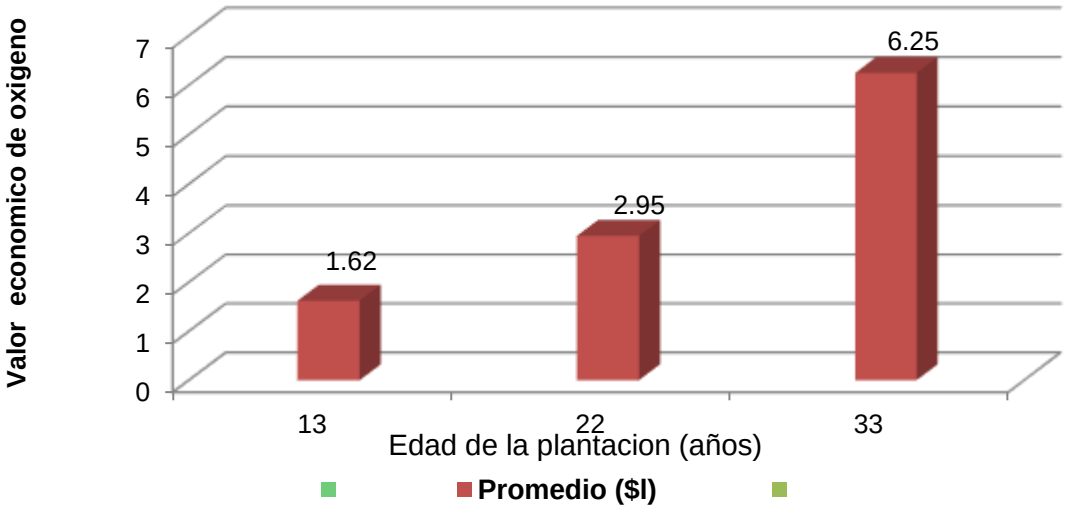

Figura 2: Valor económico de la producción de oxígeno en plantaciones de *V. lomatophylla*

En el cuadro 4, se observa el análisis estadístico mediante el análisis de varianza donde los resultados de la producción de oxígeno en las plantaciones de 13 años, 22 años y 33 años el nivel crítico (,0000) es menor α= 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante del ANOVA (H_0: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$) y puede indicarse que existen diferencias significativas en la producción de oxígeno en las plantaciones de *V. lomatophylla*.

Mientras que en las comparaciones múltiples de Tukey cuadro 5, se puede observar la diferencia entre las medias de la producción de oxígeno en la plantación de *V. lomatophylla* 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 verse, los resultados indican que existen diferencias significativas entre los grupos comparados a un nivel de α= 0,05.

Cuadro 4: ANOVA de la producción de oxígeno en plantaciones de *V. lomatophylla*

F. V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.(0,05)
Inter-grupos	6,609	2	3,305	41,423	0,000
Intra-grupos	4,867	61	0,080		
Total	11,476	63			

Cuadro 5: Prueba de Tukey-producción de oxígeno en *V. lomatophylla*

(I) Edad Plantación	(J) Edad Plantación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
13	22	-0,240210*	0,099386	0,048	-0,47896	-0,00146
	27	-0,839976*	0,092455	0,000	-1,0620	-0,61788
22	13	0,240210*	0,099386	0,048	0,00146	0,47896
	27	-0,599767*	0,120939	0,000	-0,89029	-0,30924
33	13	0,839976*	0,092455	0,000	0,61788	1,06207
	22	0,599767*	0,120939	0,000	0,30924	0,89029

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

10.1.2 Valoración económica de la producción de oxigeno

Referente a la valoración económica de la producción de oxigeno de plantaciones de *V. lomatophylla* de diferentes edades, en el cuadro 3 y en la figura 2 se observa los resultados, siendo la plantación de 33 años la que presenta el mayor valor económico con un total de $ 74,95; con un promedio de 6,25 $/árbol y un incremento anual de 0,19 $/árbol; seguido de la plantación de 22 años con $ 29,47; con un promedio 2,95 $/árbol y un incremento anual de 0,13 $/árbol y finalmente la plantación de 13 años es la que presenta el menor valor económico promedio de 1,62 $/árbol y un incremento anual de 0,12 $/árbol.

En el cuadro 6, se observa el análisis estadístico mediante el análisis de varianza del valor económico de la producción de oxígeno, cuadro 8 donde los resultados en las plantaciones de 13 años, 22 años y 33 años el nivel crítico (,00000) es menor α= 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante del ANOVA (H_a: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$)

y puede indicarse que existen diferencias significativas en el valor económico de la producción de oxígeno en las plantaciones de *V. lomatophylla*. Mientras que el cuadro 7 se puede observar las comparaciones múltiples de Tukey, mediante la diferencia entre las medias del valor económico de la producción de oxígeno en la plantación de *V. lomatophylla* 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 existen diferencias significativas entre los grupos comparados de 13 años – 22 años y 33 años a un nivel de α= 0,05.

Cuadro 6: ANOVA valor económico de la producción de oxígeno *V.lomatophylla*

F. V	Suma de	gl	Media	F	Sig.(0.05)
Inter-grupos	200,283	2	100,141	41,337	0,0000
Intra-grupos	147,777	61	2,423		
Total	348,060	63			

Cuadro 7: Prueba de Tukey-valor económico de producción de oxígeno en *V.lomatophylla*

(I) Edad	(J) Edad	Diferencia de medias	Error típico	Sig.	Intervalo de	
					Límite	Límite
13	22	-1,324600*	,547666	0,048	-2,64022	-0,00898
	33	-4,623750*	,509472	0,000	-5,84762	-3,39988
22	13	1,324600*	,547666	0,048	0,00898	2,64022
	33	-3,299150*	,666438	0,000	-4,90008	-1,69822
33	13	4,623750*	,509472	0,000	3,39988	5,84762
	22	3,299150*	,666438	0,000	1,69822	4,90008

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

10.2. Producción de oxígeno y su valoración económica en plantaciones de *Parkia sp*

10.2.1 Producción de oxígeno en plantacione de *Parkia sp*

Se muestran los resultados de la producción de oxígeno y su valoración económica en plantaciones de *Parkia sp* de 6 años, 22 años y 27 años.

En el cuadro 8 y en la figura 3, se observan los valores de las 3 plantaciones de diferentes edades estudiadas, encontrándose la mayor producción de oxígeno en la plantación de 27 años con 41 árboles, un total de 32,450 t/O_2 con promedio de 0,791 t/O_2/árbol y un incremento anual de 0,029 t/O_2/árbol; seguido de la plantación de 22 años con 29 árboles tiene un total de 1,755 t/O_2 con un promedio de 0,061 t/O_2/árbol, con un incremento anual de 0,003 t/O_2/árbol y finalmente la plantación de 6 años con 21 árboles tiene un total de 0,169 t/O_2 un promedio de 0,008 t/O_2/árbol con un incremento anual de 0,001 t/CO_2/árbol. La producción total de oxigeno entre las diferentes edades estudiadas de la plantación de *Parkia sp* es 34,374 toneladas en 91 árboles con un incremento anual total de 0,033 t/O_2.

Cuadro 8: Producción de oxígeno y su valor económico en *Parkia sp*

Edad (años)	N° arboles	Densidad madera	Biomasa arbórea			Carbono		
			Total	Prom	Anual	Total	Prom	Anual
		(kg/m³)	(t)	(t)	(t/árbol)	(t)	(t)	(t/árbol)
6	21	291,0	0,13	0,01	0,001	0,06	0,003	0,001
22	29	383,0	1,32	0,05	0,002	0,66	0,020	0,001
27	41	383,5	24,34	0,59	0,022	12,17	0,300	0,011
∑T	91		25,79			12,89		

Continuación del cuadro 8../…

CO_2			Producción de O_2			Valor económico		
Total	Prom	Anual	Total	Prom	Anual	Total	Prom	Anual
(t)	(t)	(t/árbol)	(t)	(t)	(t/árbol)	($)	($)	($/árbol)
0,23	0,01	0,002	0,169	0,008	0,001	0,93	0,04	0,010
2,41	0,08	0,004	1,755	0,061	0,003	9,65	0,33	0,020
44,62	1,09	0,040	32,450	0,791	0,029	178,48	4,35	0,160
46,26			34,374		0,033	189,06		0,190

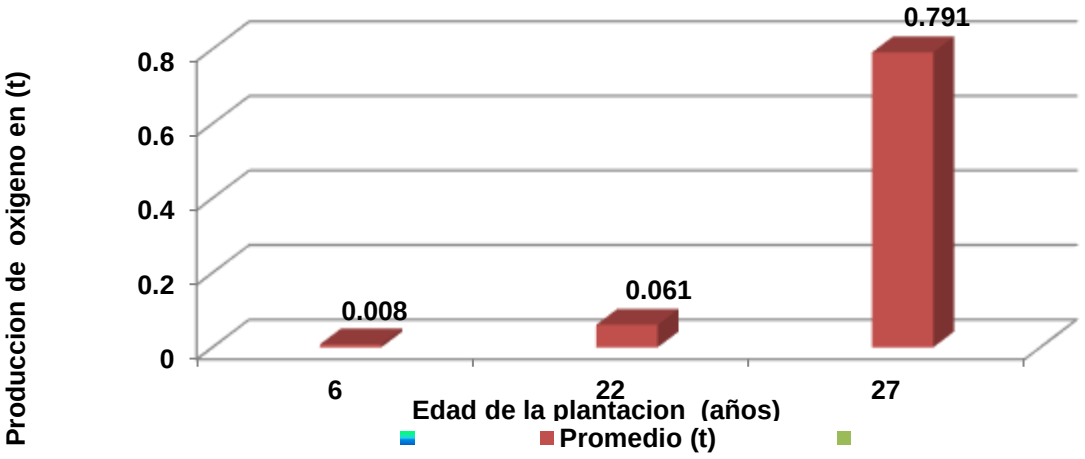

Figura 3: Producción de oxígeno en plantaciones de *Parkia sp*

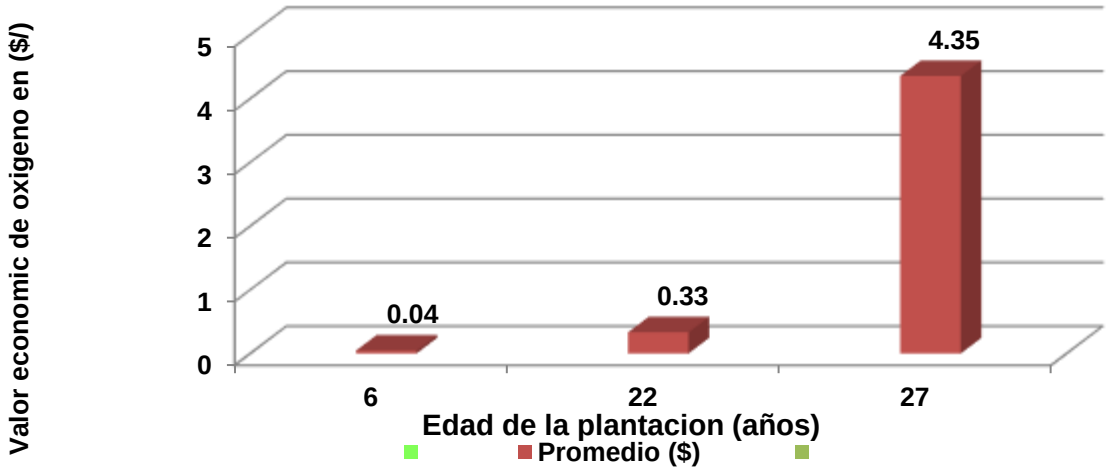

Figura 4: Valor económico de la producción de oxígeno en plantaciones de *Parkia sp*

En el cuadro 9, se observa el análisis estadístico mediante el análisis de varianza, donde los resultados del valor de la producción de oxígeno en las plantaciones de 6 años, 22 años y 27 años el nivel crítico (,00000) es menor α= 0,05; por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante del ANOVA (H_a: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$) y que existen diferencias significativas en el valor de la producción de oxígeno en las plantaciones de *Parkia sp*. Mientras que el cuadro 10 se puede observar las comparaciones múltiples de Tukey, mediante la diferencia entre las medias del valor de la producción de oxígeno en la plantación de *Parkia sp* 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 puede verse, los resultados indican que solamente existen diferencias significativas entre los grupos comparados entre 6 años y 27 años a un nivel de α= 0,05.

Cuadro 9: ANOVA de la producción de oxígeno en plantaciones de *Parkia sp*

F. V.	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig (0.05)
Inter-grupos	12,795	2	6,397	103,319	0,0000
Intra-grupos	5,449	88	0,062		
Total	18,244	90			

Cuadro 10: Prueba de Tukey-producción de oxígeno en *Parkia sp*

(I) Edad plantación	(J) Edad plantación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
6	22	-0,052574	0,071300	0,742	-0,22255	0,11741
	27	-0,783139*	0,066774	0,000	-0,94233	-0,62395
22	6	0,052574	0,071300	0,742	-0,11741	0,22255
	27	-0,730564*	0,060377	0,000	-0,87450	-0,58662
27	6	0,783139*	0,066774	0,000	0,62395	0,94233
	22	0,730564*	0,060377	0,000	0,58662	0,87450

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

10.2.2 Valoración económica de la producción de oxígeno en *Parkia sp*

Referente a la valoración económica de la producción de oxigeno de plantaciones de *Parkia sp.* de diferentes edades, en el cuadro 8 y en la figura 4 se observa los resultados, siendo la plantación de 27 años con 41 árboles es la que presenta el mayor valor económico con 178,48 $/tO$_2$; con un promedio de 4,35 $/tO$_2$ incremento anual de 0,16 $/tO$_2$; seguido de la plantación de 22 años con un total de 29 árboles 9,35 $/tO$_2$; con un promedio de 0,33 $/tO$_2$ incremento anual de 0,02 $/árbol y finalmente, la plantación de 6 años es la que presenta el menor valor económico con 0,93 $/tO$_2$ con un promedio de 0,04 $/tO$_2$ con un incremento anual de 0,01 $/tO$_2$. El valor económico total de la producción de oxigeno entre las diferentes edades estudiadas de la plantación de *Parkia sp* es 189,06 $/tO$_2$ en 91 árboles con un incremento anual total de 0,190 $/tO$_2$.

En el cuadro 11, se observa el análisis estadístico mediante el análisis de varianza donde los resultados del valor económico de la producción de oxígeno en las plantaciones de 6 años, 22 años y 27 años el nivel crítico (,00000) es menor α= 0,05; por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante del ANOVA (H_a: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$) y que existen diferencias significativas en el valor económico de la producción de oxígeno en las plantaciones de *Parkia sp*. Mientras que el cuadro 12 se puede observar las comparaciones múltiples de Tukey, mediante la diferencia entre las medias del valor económico de la producción de oxígeno en la plantación de *Parkia sp* 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 verse, los resultados indican que existen diferencias significativas entre los grupos 6 años y 27 años comparados a un nivel de α= 0,05.

Cuadro 11: ANOVA - Valor económico de la producción de oxígeno en *Parkia sp*

F. V	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	387,216	2	193,608	103,455	0,000
Intra-grupos	164,685	88	1,871		
Total	551,901	90			

Cuadro 12: Prueba de Tukey del valor económico de producción de O_2 *Parkia sp*

(I) Edad plantación	(J) Edad plantación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
6	22	-0,286473	0,391978	0,746	-1,22095	0,64801
	27	-4,306714*	0,367096	0,000	-5,18188	-3,43155
22	6	0,286473	0,391978	0,746	-0,64801	1,22095
	27	-4,020241*	0,331928	0,000	-4,81156	-3,22892
27	6	4,306714*	0,367096	0,000	3,43155	5,18188
	22	4,020241*	0,331928	0,000	3,22892	4,81156

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

XI. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados de la producción de oxigeno (O_2) se encontró mayor producción promedio en todas las plantaciones de *V. lomatophylla* de diferentes edades con respecto a las plantaciones de *Parkia sp* también de diferentes edades; como se muestran en los cuadros 3 y 8, la plantación de *V. lomatophylla* de 33 años de edad tiene 1,14 t/O_2/árbol; seguido de la plantación de 22 años con 0,54 t/O_2/árbol y por último la plantación de 13 años con 0,29 t/O_2/árbol; además de un incremento anual de 0,03 t/O_2/árbol, 0,02 t/O_2/árbol y 0,02 t/O_2/árbol respectivamente; también, estos valores están relacionados directamente con el valor económico; es decir, a mayor producción promedio de O_2/árbol mayor es el valor económico de O_2/árbol; 6,25 \$/tO_2; 2,95 \$/tO_2 y 1,62 \$/tO_2 en plantaciones de 33 años, 22 años y 13 años respectivamente. Estos resultados se deben principalmente a la mayor edad de la plantación (13 años, 22 años y 33 años) y la densidad básica de la madera de los árboles clasificada como densidad Media (449 kg/m^3, 440 kg/m^3 y 400 kg/m^3); pues, tienen buena capacidad de incremento de biomasa, por lo tanto, mayor capacidad de almacenar Carbono (C), de secuestro el dióxido de carbono atmosférico (CO_2) y por ultimo mayor producción de oxigeno (CO_2); con respecto a la plantación de *Parkia sp* (27 años, 22 años y 6 años) que tiene densidad básica de la madera clasificada como densidad baja y muy baja (383,5 kg/m^3, 383,0 kg/m^3 y 291 kg/m^3) respectivamente, como lo manifiesta González (2013), realizando estudios similares en las mismas plantaciones de *V. lomatophylla* determinó que la biomasa tiende *a* incrementarse en 0,18 t/árbol; 0,46 t/árbol y 0,50 t/árbol, en plantaciones de 13 años, 22 años y 33 años respectivamente; además, Ruiz y Cabudivo (2013) concluye que existe una

relación directa en cuanto al valor económico de la madera en pie con la edad de la plantación de *C. 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) manifiesta que la edad de la madera de *C. cateniformis* tiene una relación directa con la densidad básica, es decir a mayor edad mayor densidad de la madera.

Referente a las plantaciones de *Parkia sp*, también existe la tendencia que a mayor edad existe mayor producción de Oxigeno, de acuerdo a los resultados encontrados la mayor producción promedio de 0,791 tO_2/árbol se ha determinado en la plantación de 27 años; seguido de 22 años y 6 años con 0,061 tO_2/árbol y 0,008 tO_2/árbol; con incrementos anuales de 0,029 t/O_2/árbol, 0,003 t/O_2/árbol y 0,001 t/O_2/árbol con edades respectivamente. Con respecto al valor económico; a mayor edad de las plantaciones de *Parkia sp* (27 años, 22 años y 6 años) mayor biomasa, mayor almacenamiento de carbono (C), mayor secuestro de carbono, mayor valor económico por árbol y mayor incremento anual por árbol. Estos resultados muestran también que a mayor edad de las plantaciones existen mayor volumen de la madera, mayor densidad de la madera; como lo manifiesta Gonzalo (2013), Gonzales (2013), Guerra (2013) y Ucañay (2013) realizando estudios sobre la producción de biomasa y su valoración económica de secuestro de carbono en plantaciones de *S. amara, C. cateniformis, V. lomatophylla y Parkia sp* concluyen que la producción se incrementa en 388 t/ha, 1008 t/ha y 1500 t/ha; mientras que el carbono almacenado se incrementa en 240 t/ha, 624 t/ha y 928 t/ha; además, el secuestro de Dióxido de Carbono (CO_2) se incrementa en 880 t/ha, 2288 t/ha y

3408 t/ha en plantaciones de >15-20 años, >20-30 años y >30-40 años respectivamente.

El análisis de varianza de la producción de oxígeno en la plantación de *V. lomatophylla* se obtuvo que el valor de *p* es 0,000 < α = 0,05; indica que existe diferencia significativas entre las edades 13 años, 22 años y 33 años de las plantaciones estudiadas. Aplicando el comparador múltiple de Tukey se observa que entre el grupo de edades de 13 años; 22 años y 33 años existe diferencia significativa estadísticamente, la razón principal se debe que las edades comparadas son diferentes entre sí. De esta manera el que presenta mayor edad y mayor densidad básica genera mayor cantidad de oxígeno. Similarmente, se aprecia en la plantación de *Parkia sp*, 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 - 27 años son significativos estadísticamente; por lo tanto, se acepta la hipótesis alternante.

XII. CONCLUSIONES

1. Se encontró mayor producción promedio de oxígeno en la plantación de 33 años de *Vochysia lomatophylla* con 1,14 tO_2/árbol, seguido de la plantación de 22 años con 0,54 tO_2/árbol y la plantación de menor producción fue de 13 años con 0,29 tO_2/árbol. En *Parkia sp* se encontró la mayor producción en la plantación de 27 años con 0,791 t/O_2/árbol, seguido de 22 años con 0,061 t/O_2/árbol y finalmente la plantación de 6 años con 0,008 t/O_2/árbol.
2. El mayor incremento anualizado de la producción de oxigeno se ha encontrado en la plantación de 33 años de *V. lomatohylla* con 0,030 t/árbol; mientras que en la plantación de 27 años de *Parkia sp* fue de 0,029 t/O_2/árbol.
3. El mayor valor económico promedio se ha encontrado en la plantación de 33 años de *V lomatophylla* con 6,25 \$/tO_2, con un incremento anual de 0,19 \$/tO_2; seguido de la plantación de 22 años con 2,95 \$/tO_2 con un incremento anual de 0,13 \$/tO_2 y finalmente la de 13 años con 1,62 \$/tO_2 y un incremento anual de 0,12 \$/tO_2. Mientras que en *Parkia sp* se ha encontrado en la plantación de 27 años con 4,35 \$$tO_2$/árbol con un incremento anual de 0,160 \$$tO_2$/árbol, seguido de 22 años con 0,33 \$/t/O_2 con un incremento anual de 0,020 \$$tO_2$/ árbol y finalmente de 6 años con 0,04 \$/tO_2 y un incremento anual de 0,010 \$/tO_2.
4. De acuerdo al análisis estadístico se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, existiendo diferencia significativa en la producción de oxigeno (O_2) y también en su valoración económica en plantaciones de 6 años, 13 años, 22 años, 27 años y 33 años de *V. lomatifolia* y *Parkia sp* en el CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos – Perú.

XIII. RECOMENDACIONES

1. Continuar con este tipo de investigación pero con otras especies forestales que existen dentro del CIEFOR Puerto Almendra Rio Nanay, para tener una estimación de su producción de oxígeno y su valoración como servicio ambiental.
2. Realizar investigaciones referente a la rentabilidad económica del secuestro de dióxido de carbono y de la producción de oxigeno de las plantaciones de diferentes edades del CIEFOR Puerto Almendra.
3. Dar un sistema de manejo a las plantaciones de 27 años y 33 años de *V. lomatophylla* por considerarse que tienen volúmenes maderables para ser aprovechados y posiblemente hayan llegado a su crecimiento clímax por el tipo de suelo en que se encuentran.

XIV. BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, P. A y J.C. VARONA. (2006). Silvicultura, Editorial Félix Valera, La Habana.

AYALA F. 2003. Taxonomía vegetal. Gymnospermae y Angiospermae de la Amazonia Vegetal. Volumen 1. Perú. 422 p.

AZQUETA, D. 2004. Valoración económica de la calidad ambiental. McGraw-Hill. Madrid. 273 p.

BARONE, L. R. y J. FERNANDEZ. 1993. El mundo de la química. Curso Teórico-práctico. Ediciones Océano S. A. Barcelona. 96 p.

BARZEV, R. 2002; Guía metodológica de valoración económica de bienes, servicios e impactos ambientales. Serie técnica N. 04. Oficina Regional de Coordinación, Managua – Nicaragua, 147 p.

BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer: FAO forestrypaper – 134 (en línea). Roma. Disponible en www.fao.org/docrep/W4095E/w4095e00.htmCIESLA, W. M. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Roma: FAO.146 p.

CABUDIVO, A.; TELLO; R.; PANDURO, R. M.; PEZO; E.; ESCUDERO, C. A.; QUINTANA, S. 2014. "Valoración del servicio ambiental del secuestro de CO_2, metales pesados y producción de Oxigeno 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 p.

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 p.

CASIMIRO, H. 2002, Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural. Fundamentos y métodos para la valoración de bienes ambientales. Departamento de economía y gestión forestal; Universidad Nacional de Madrid. 13 p.

CIESLA W. M. 1996. Cambio climático, bosque y ordenación forestal. Una visión de conjunto, Roma, Italia FAO 115 p.

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 monitora 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.

CORNEJO, J.; FERNANDEZ, M. 2000. Inventario nacional de gases de efecto Invernadero: sector forestal (en línea). EC. Consultado en 02 nov 2010. Disponible en : http://www.ambiente.gob.ec/WEB/Publicaciones/ Archivos%20pdf /GEI%20Forestal.pdf.

ESPÍRITU, J. E.; R. REÁTEGUI; P. Á. ÂNGULO; L. A. MACEDO; M. R. DONAYRE; S. QUINTANA; R. M. PANDURO; Y J. ARELLANO. 2013. Valoración económica del secuestro de CO_2 y su stock de carbono en las plantaciones

del CIEFOR- Puerto Almendra, Iquitos-Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Oficina General de Investigación. Avance físico financiero- II Semestre 2013. Iquitos-Perú. 59 p.

FAO (The Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1998. Volumen y biomasa (en línea). Roma. Disponible enhttp://www.fao.org/docrep/007/ae218s/AE218S06.htm#P368_42667

FIGUEROA, J. 2005. Valoración de los productos no maderables en la Reserva Forestal Imataca, bajo el enfoque de la economía ecológica. Caso de estudio. Alto del Rio Botanamo, Estado Bolívar, Venezuela. Departamento de Economía Estadísticas Económicas y Econométricas. Tesis Doctoral. Tenerife, España.

FONSECA, W.; ALICE, F.; REY, J. M. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona caribe de Costa Rica. Bosque (CL). 30(1): 36-47

GIL, A. y OLCINA, J. 1998. Diccionario de climatología. Acento Editorial. Madrid, 92 p.

GONZALES, P. 2013. Valoración económica del secuestro de co_2 en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* (standl) “quillosisa” de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos – Perú. Tesis (Ingeniero en ecología de bosques tropicales). Iquitos. Perú. UNAP- Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Ecología de Bosques Tropicales. 54 p.

GONZALO, S. J. 2013. Valoración económica del CO_2 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 titulo de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos. 85 p.

GUERRA, N. U. 2013. Valoración económica del secuestro de CO_2 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 p.

GUTIÉRREZ, V. y LOPERA, G. 2001. Metodología para la cuantificación de existencias y flujo de carbono en plantaciones forestales. Universidad Nacional de Colombia. Simposio internacional medición y monitora de la captura de carbono en ecosistemas forestales. Chile. 17 p. [Fecha de consulta: 01 de febrero del 2013]. Disponible en: http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/15_Gutierrez.PDF

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

INE. 2007. Glosario ecológico. Instituto Nacional de Ecología. Andalucia. 132 p.

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 p.

IPCC .Intergovernmental Panel on Climate Change Report of the twelfth session of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Reference manual and workbook of the IPCC 1996 revised guide lines fornational green haouse gas inventories. Mexico city, 11 – 13. September 1996

LAMBERT, A 2003. Valoración economica de los humedales: un componente imortante de las estrategias de gestion de los humedales a nivel de las cuencas fluviales. Mayo. Ramsar LAMBERT, A 2003. Valoración economica de los humedales: un componente imortante de las estrategias de gestion de los humedales a nivel de las cuencas fluviales. Mayo. Ramsar.

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 p.

LOMAS L.; MARTÍN, B.; LOUIT, C.; MONTOYA, D. y MONTES, C. 2005; Guía práctica para la valoración económica de los bienes y servicios ambientales de los ecosistemas; Departamento Inter - universitario de Ecología; Universidad Autónoma de Madrid. España. 73 p.

NOWAK, D. J., HOEHN, R., & CRANE, D. E. 2007. Oxygen Production by Urban Trees in the United States. Arboriculture & Urban Forestry. 33(3):220–226. Obtenido de http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2007/nrs_2007_nowak_001.pdf

NOWAK, D. J., HEISLER, G., GRIMMOND, S., SOUCH, C., & GRANT, R. 1997. Quantifying the role of urban forest in removing atmospheric carbon dioxide. Journal of Arboriculture 17(10). Obtenido de http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/1997/ne_1997_mcpherson_001.pdf

O´NEILL, H. 2000. Propiedades mecánicas de *Pinus taeda*, Métodos destructivos y no destructivos, Expoforesta, pp. 15 a 24, Paysandú.

PRINCE, J. Y WAAGE, S. 2007. Negociando por los servicios de la naturaleza. Forest Trends. The Katoomba group. Ecosystem Marketplace. Traduccion al español Octubre 2007. Lima. 61 p.

RUIZ, J. J.; Y A. CABUDIVO. 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 Ingenieria en Bosques Tropicales. Artículo científico. Iquitos-Peru. 13 p.

SALINAS, Z.; HERNÁNDEZ, P. 2008. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Turrialba, C.R.: CATIE. 171 p.

SALISBURY, F.B., and C.W. ROSS. 1978. Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA. 422 p.

SEPPÄNEN, P. 2002. Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el Trópico Húmedo. *Foresta Veracruzana [en línea].* 4 (002): 51-58. [Fecha de consulta: 30 de enero del 2013]. Disponible en: http://redalyc.uaemex.mx/pdf/497/49740208.pdf.

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.

TAIZ, L. A. ZEIGER., EDUARDO. 1998. Plant physiology. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates, Inc., Publishers.

UCAÑAY, T. M. 2013. Valoración económica del secuestro de CO_2 en plantaciones de *Parkia* sp. "pashaco" de diferentes edades 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. 73 p.

VÁSQUEZ, R. 1997. Flórula de las Reservas Biológicas de Iquitos. Perú. Missouri Botanical Garden. Iquitos-Perú. 938 p.

VÁSQUEZ, R. 1989. Plantas útiles de la Amazonia Peruana I. Field Research Associate de Missouri Botanical Garden. Iquitos-Perú. 195 p.

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 p.

www.profesorenlinea.cl. Registro Nº 188.540, 21/09/2013

ANEXO

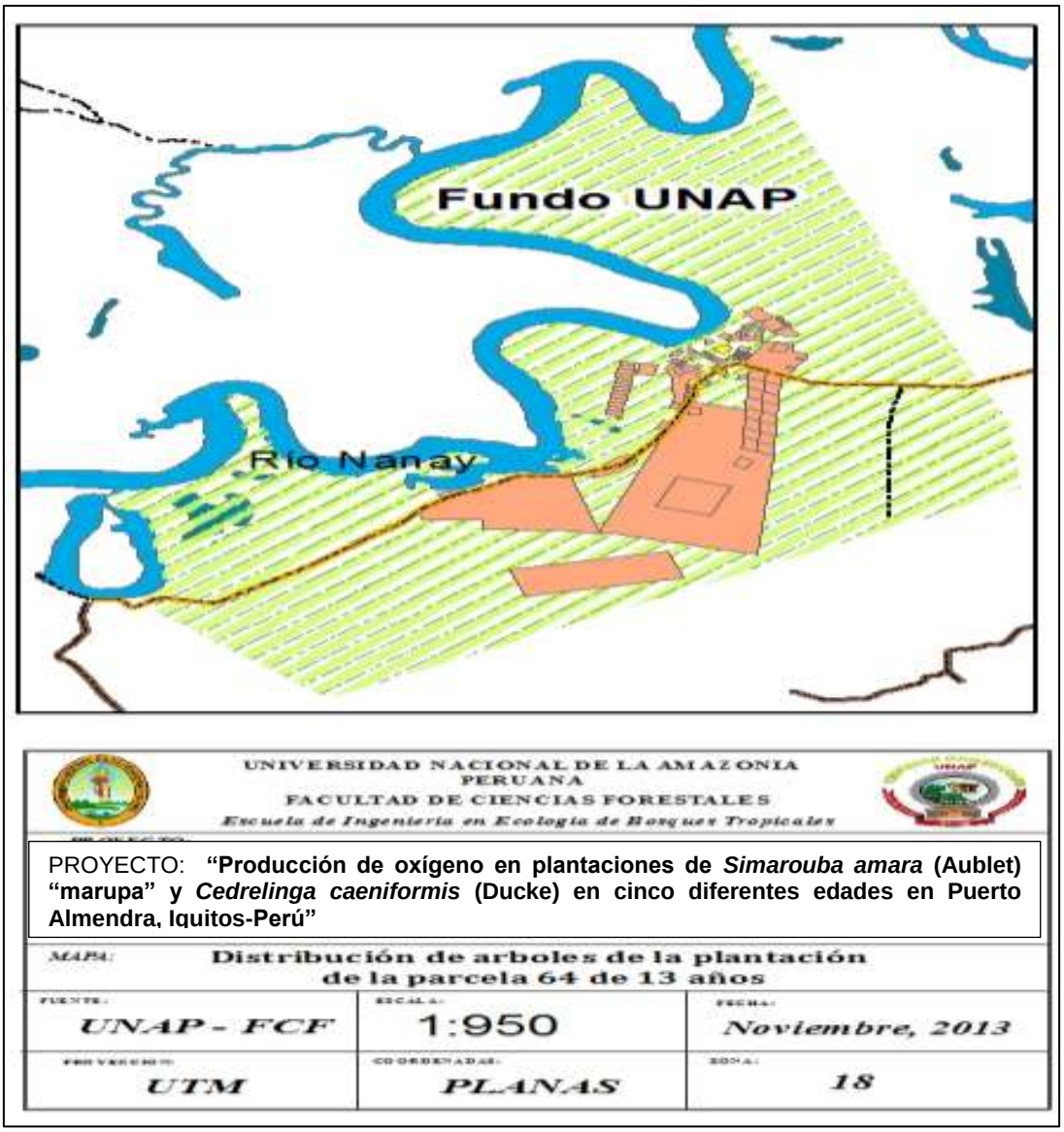

Figura 5: Ubicación del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal-Pto. Almendra

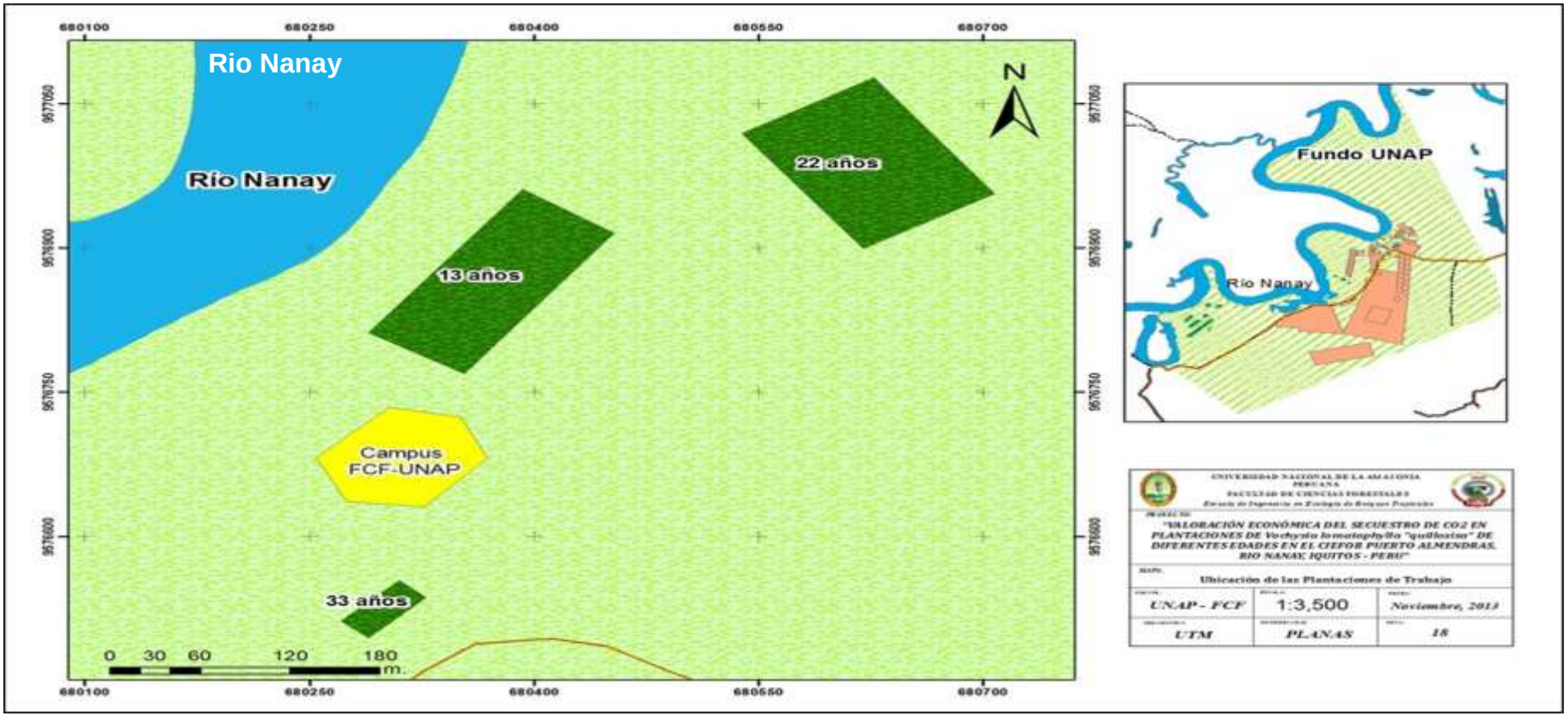

Figura 6: Ubicación de las plantaciones de *V. lomatophylla* en el CIEFOR-Pto. Almendra.

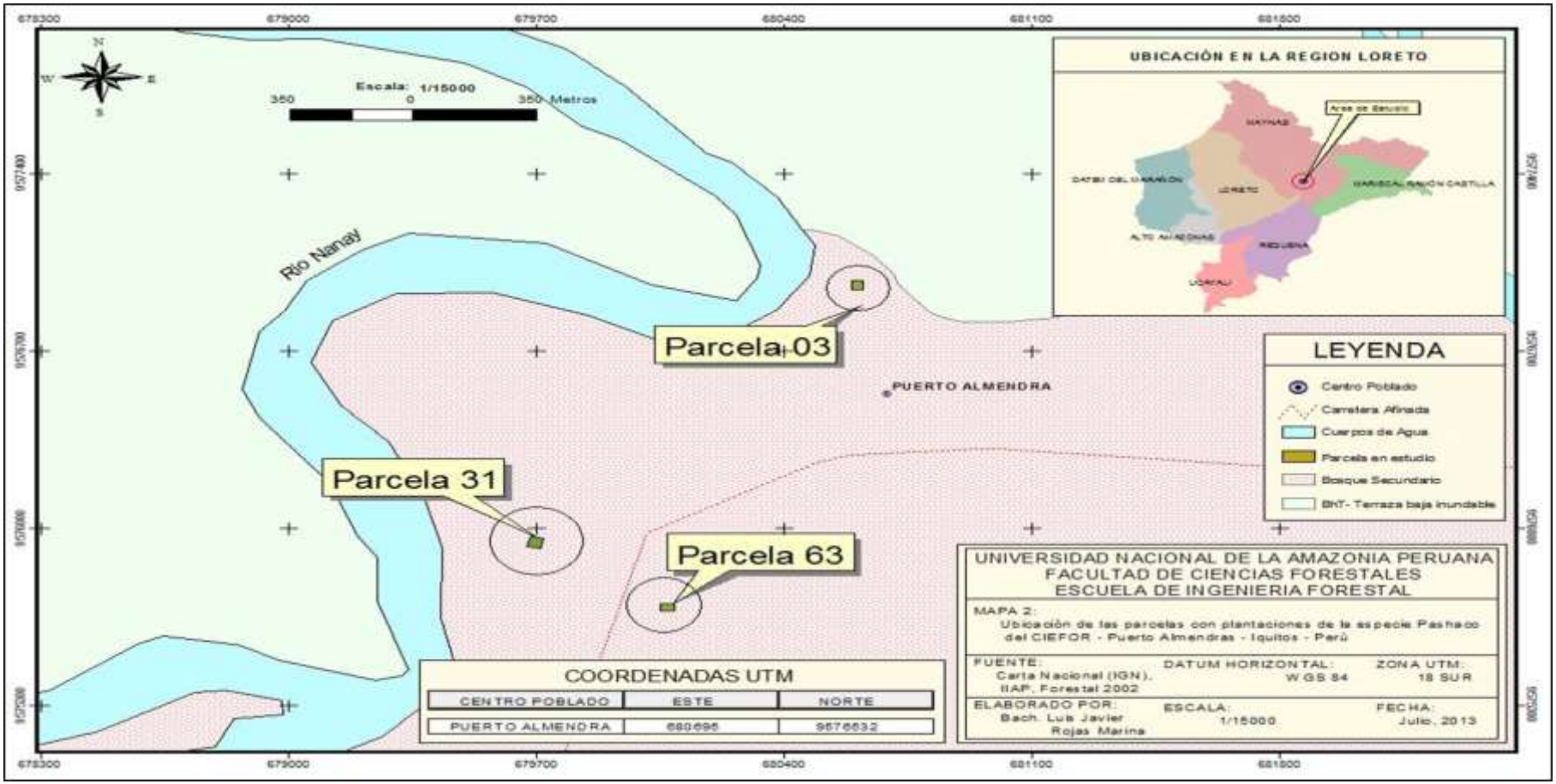

Figura 7: Ubicación de las plantaciones de *Parkia sp* de diferentes edades

Foto 1. Quillosisa 13 años

Foto 2. Quillosisa 22 años

Foto 3. Quillosisa 33 años

Foto 4. Pashaco 6 años

Foto. **5.** Pashaco 22 años

Foto. **6.** Pashaco 27 años

Cuadro 13: Cálculo de la producción y valoración económica de oxígeno en *V. lomatophylla* de 13 años

N° Árbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Área Basal (m²)	Volumen fuste (m³)	Densidad madera (kg/m³)	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa arbóreo (t)	Carbono arbóreo (t)	Dióxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)	Valor Económico $
1	11.50	12.25	0.010	0.08	400	0.033	0.08	0.040	0.146	0.106	0.582
2	9.80	9.42	0.008	0.05	400	0.018	0.06	0.031	0.115	0.084	0.461
3	4.50	5.42	0.002	0.01	400	0.002	0.01	0.004	0.014	0.010	0.056
4	11.30	11.05	0.010	0.07	400	0.029	0.10	0.049	0.180	0.131	0.718
5	17.40	12.74	0.024	0.20	400	0.079	0.27	0.134	0.491	0.357	1.964
6	15.60	12.68	0.019	0.16	400	0.063	0.21	0.107	0.393	0.286	1.571
7	10.70	9.53	0.009	0.06	400	0.022	0.08	0.038	0.139	0.101	0.556
8	16.40	11.27	0.021	0.15	400	0.062	0.21	0.105	0.386	0.281	1.543
9	12.70	15.21	0.013	0.13	400	0.050	0.17	0.085	0.312	0.227	1.249
10	17.60	17.15	0.024	0.27	400	0.108	0.37	0.184	0.676	0.492	2.705
11	15.00	13.40	0.018	0.15	400	0.062	0.21	0.105	0.384	0.279	1.535
12	18.80	14.99	0.028	0.27	400	0.108	0.37	0.184	0.674	0.490	2.698
13	9.00	12.02	0.006	0.05	400	0.020	0.07	0.034	0.124	0.090	0.496
14	11.30	10.04	0.010	0.07	400	0.026	0.09	0.045	0.163	0.119	0.653
15	22.40	16.80	0.039	0.43	400	0.172	0.59	0.293	1.073	0.780	4.292
16	4.50	5.18	0.002	0.01	400	0.002	0.01	0.004	0.013	0.010	0.053
17	4.60	6.42	0.002	0.01	400	0.003	0.01	0.005	0.017	0.013	0.069
18	6.30	5.33	0.003	0.01	400	0.004	0.01	0.007	0.027	0.020	0.108
19	10.70	15.18	0.009	0.09	400	0.035	0.12	0.060	0.221	0.161	0.885
20	5.70	7.38	0.003	0.01	400	0.005	0.02	0.008	0.031	0.022	0.122
21	24.30	19.67	0.046	0.59	400	0.237	0.81	0.403	1.478	1.075	5.914
22	8.60	7.65	0.006	0.03	400	0.012	0.04	0.020	0.072	0.052	0.288
23	5.10	5.13	0.002	0.01	400	0.003	0.01	0.005	0.017	0.012	0.068
24	4.00	5.14	0.001	0.00	400	0.002	0.01	0.003	0.010	0.008	0.042
25	21.70	19.96	0.037	0.48	400	0.192	0.65	0.326	1.196	0.870	4.785
26	14.40	13.59	0.016	0.14	400	0.058	0.20	0.098	0.359	0.261	1.435
27	3.40	3.77	0.001	0.00	400	0.001	0.00	0.002	0.006	0.004	0.022
28	23.70	13.77	0.044	0.39	400	0.158	0.54	0.268	0.984	0.716	3.938
29	15.20	11.37	0.018	0.13	400	0.054	0.18	0.091	0.334	0.243	1.337
30	23.50	12.87	0.043	0.36	400	0.145	0.49	0.247	0.905	0.658	3.619
31	23.70	11.52	0.044	0.33	400	0.132	0.45	0.225	0.824	0.599	3.295
32	23.50	12.87	0.043	0.36	400	0.145	0.49	0.247	0.905	0.658	3.619
33	18.00	11.25	0.025	0.19	400	0.074	0.25	0.127	0.464	0.337	1.856
34	19.40	14.62	0.030	0.28	400	0.112	0.38	0.191	0.700	0.509	2.802
35	20.50	11.62	0.033	0.25	400	0.100	0.34	0.170	0.622	0.452	2.486
36	15.30	10.07	0.018	0.12	400	0.048	0.16	0.082	0.300	0.218	1.200
37	17.70	13.36	0.025	0.21	400	0.085	0.29	0.145	0.533	0.387	2.131
38	12.80	9.06	0.013	0.08	400	0.030	0.10	0.052	0.189	0.137	0.756
39	21.10	12.42	0.035	0.28	400	0.113	0.38	0.192	0.704	0.512	2.815
40	14.00	9.72	0.015	0.10	400	0.039	0.13	0.066	0.242	0.176	0.970
41	11.40	6.62	0.010	0.04	400	0.018	0.06	0.030	0.110	0.080	0.438
42	19.30	10.62	0.029	0.20	400	0.081	0.27	0.137	0.504	0.366	2.014
Total	596.40	470.13	0.795	6.86	16800	2.743	9.29	4.646	17.036	12.390	68.145
Promedio	14.20	11.19	0.02	0.16	400	0.065	0.22	0.111	0.406	0.295	1.622

Cuadro 14: Cálculo de la producción y valoración económica de oxígeno en *V. lomatophylla* de 22 años

N° Árbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Área Basal (m²)	Volumen Fuste (m³)	Densidad Madera (kg/m³)	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa arbóreo (t)	Carbono arbóreo (t)	Dióxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)	Valor Económico $
1	23,30	12,25	0,011	0,08	440	0,037	0,09	0,04	0,164	0,120	0,657
2	23,00	9,42	0,042	0,25	440	0,112	0,27	0,13	0,493	0,358	1,970
3	29,90	5,42	0,070	0,25	440	0,109	0,26	0,13	0,479	0,348	1,916
4	22,00	11,05	0,038	0,27	440	0,120	0,29	0,14	0,529	0,384	2,114
5	30,70	12,74	0,074	0,61	440	0,270	0,65	0,32	1,187	0,863	4,747
6	24,40	12,68	0,047	0,39	440	0170	0,41	0,20	0,746	0,543	2,984
7	35,20	9,53	0,097	0,60	440	0,265	0,64	0,32	1,167	0,849	4,668
8	16,80	11,27	0,022	0,16	440	0,071	0,17	0,09	0,314	0,229	1,258
9	25,40	15,21	0,051	0,50	440	0,220	0,53	0,26	0,970	0,705	3,879
10	27,90	17,15	0,061	0,68	440	0,300	0,72	0,36	1,319	0,960	5,278
Total	258,60	116,72	0,513	3,81	4400	1,675	4,02	2,01	7,37	5,358	29,472
Promedio	25,86	11,67	0,05	0,38	440	0,17	0,40	0,20	0,74	0,536	2,95

Cuadro 15: Cálculo de valoración económica de O_2 en *V. lomatophylla* de 33 años

N° Árbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Área Basal (m²)	Volumen (m³)	Densidad Madera (kg/m³)	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa arbóreo (t)	Carbono arbóreo (t)	Dióxido de Carbono (t)	Oxigeno arbóreo (t)	Valor Económico $
1	24,30	1920	0,046	0,58	449	0,260	0,62	0,31	1,14	0,832	4,574
2	26,40	18,45	0,055	0,66	449	0,295	0,71	0,35	1,30	0,943	5,188
3	30,70	16,44	0,074	0,79	449	0,355	0,85	0,43	1,56	1,137	6,251
4	28,20	15,01	0,062	0,61	449	0,274	0,66	0,33	1,20	0,876	4,816
5	33,70	17,04	0,089	0,99	449	0,444	1,06	0,53	1,95	1,419	7,807
6	30,20	22,65	0,072	1,05	449	0,474	1,14	0,57	2,08	1,515	8,334
7	29,20	20,28	0,067	0,88	449	0,396	0,95	0,48	1,74	1,268	6,976
8	24,70	17,62	0,048	0,55	449	0,246	0,59	0,30	1,08	0,788	4,337
9	34,00	19,31	0,091	1,14	449	0,512	1,23	0,61	2,25	1,637	9,005
10	31,50	21,10	0,078	1,07	449	0,480	1,15	0,58	2,11	1,536	8,446
11	25,70	15,89	0,052	0,54	449	0,241	0,58	0,29	1,06	0,770	4,234
12	25,80	18,57	0,052	0,63	449	0,283	0,68	0,34	1,25	0,907	4,987
Total	344,40	221,56	0,786	9,48	5388	4,259	10,22	5,11	18,74	13,628	74,954
Promedio	28,70	18,46	0,07	0,79	449	0,35	0,85	0,43	1,56	1,136	6,246

Cuadro 16: Cálculo de la valoración económica de O_2 en *Parkia sp* de 6 años

N° Árbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Área Basal (m^2)	Volumen (m^3)	Densidad Madera (kg/m^3)	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa arbóreo (t)	Carbono arbóreo (t)	Dióxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)	Valor Económico $
1	6,50	8,00	0,0033	0,0173	291	0,0050	0,012	0,006	0,022	0,016	0,088
2	2,50	3,00	0,0005	0,0010	291	0,0003	0,001	0,000	0,001	0,001	0,005
3	2,30	4,00	0,0004	0,0011	291	0,0003	0,001	0,000	0,001	0,001	0,006
4	2,00	4,00	0,0003	0,0008	291	0,0002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,004
5	6,50	5,00	0,0033	0,0108	291	0,0031	0,008	0,004	0,014	0,010	0,055
6	2,30	4,00	0,0004	0,0011	291	0,0003	0,001	0,000	0,001	0,001	0,006
7	7,00	10,00	0,0038	0,0250	291	0,0073	0,017	0,009	0,032	0,023	0,128
8	6,00	9,80	0,0028	0,0180	291	0,0052	0,013	0,006	0,023	0,017	0,092
9	6,70	10,00	0,0035	0,0229	291	0,0067	0,016	0,008	0,029	0,021	0,117
10	2,50	9,00	0,0005	0,0029	291	0,0008	0,002	0,001	0,004	0,003	0,015
11	6,70	12,00	0,0035	0,0275	291	0,0080	0,019	0,010	0,035	0,026	0,141
12	2,20	3,00	0,0004	0,0007	291	0,0002	0,001	0,000	0,001	0,001	0,004
13	2,40	4,00	0,0005	0,0012	291	0,0003	0,001	0,000	0,002	0,001	0,006
14	3,40	4,00	0,0009	0,0024	291	0,0007	0,002	0,001	0,003	0,002	0,012
15	6,00	4,00	0,0028	0,0074	291	0,0021	0,005	0,003	0,009	0,007	0,038
16	4,40	5,00	0,0015	0,0049	291	0,0014	0,003	0,002	0,006	0,005	0,025
17	3,00	5,00	0,0007	0,0023	291	0,0007	0,002	0,001	0,003	0,002	0,012
18	1,30	2,50	0,0001	0,0002	291	0,0001	0,0002	0,0001	0,0003	0,0002	0,001
19	2,00	3,00	0,0003	0,0006	291	0,0002	0,000	0,000	0,001	0,001	0,003
20	1,80	3,00	0,0003	0,0005	291	0,0001	0,0003	0,0002	0,001	0,0005	0,003
21	8,00	10,00	0,0050	0,0327	291	0,0095	0,023	0,011	0,042	0,030	0,167
Total	85,50	122,30	0,0350	0,1812	6111	0,0527	0,127	0,063	0,232	0,169	0,928
Promedio	4,07	5,82	0,0017	0,0086	291	0,0025	0,006	0,003	0,011	0,008	0,044

Cuadro 17: Cálculo de la valoración económica de O_2 en *Parkia sp* de 22 años

N° Árbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Área Basal (m²)	Volumen (m³)	Densidad Madera (kg/m³)	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa arbóreo (t)	Carbono arbóreo (t)	Dióxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)	Valor Económico S/.
1	19,11	11,00	0,007	0,05	383	0,020	0,047	0,024	0,086	0,063	0,346
2	11,15	9,00	0,002	0,01	383	0,005	0,013	0,007	0,024	0,018	0,096
3	24,84	12,00	0,012	0,09	383	0,036	0,087	0,043	0,159	0,116	0,637
4	14,84	8,00	0,004	0,02	383	0,009	0,021	0,010	0,038	0,028	0,152
5	16,24	12,00	0,005	0,04	383	0,015	0,037	0,019	0,068	0,050	0,272
6	10,22	11,00	0,002	0,01	383	0,006	0,013	0,007	0,025	0,018	0,099
7	31,21	12,00	0,019	0,15	383	0,057	0,137	0,069	0,251	0,183	1,006
8	23,89	13,00	0,011	0,09	383	0,036	0,087	0,044	0,160	0,116	0,638
9	22,29	14,00	0,010	0,09	383	0,034	0,082	0,041	0,150	0,109	0,598
10	14,33	12,00	0,004	0,03	383	0,012	0,029	0,014	0,053	0,039	0,212
11	14,33	12,00	0,004	0,03	383	0,012	0,029	0,014	0,053	0,039	0,212
12	8,66	9,00	0,001	0,01	383	0,003	0,008	0,004	0,015	0,011	0,058
13	12,74	11,00	0,003	0,02	383	0,009	0,021	0,010	0,038	0,028	0,154
14	20,38	13,00	0,008	0,07	383	0,026	0,063	0,032	0,116	0,084	0,465
15	16,88	10,00	0,006	0,04	383	0,014	0,033	0,017	0,061	0,045	0,245
16	20,45	11,00	0,008	0,06	383	0,022	0,054	0,027	0,099	0,072	0,396
17	14,43	11,00	0,004	0,03	383	0,011	0,027	0,013	0,049	0,036	0,197
18	11,78	11,00	0,003	0,02	383	0,007	0,018	0,009	0,033	0,024	0,131
19	19,75	12,00	0,008	0,06	383	0,023	0,055	0,027	0,101	0,073	0,403
20	21,34	15,00	0,009	0,09	383	0,033	0,080	0,040	0,147	0,107	0,588
21	15,29	11,00	0,005	0,03	383	0,013	0,030	0,015	0,055	0,040	0,221
22	17,83	15,00	0,006	0,06	383	0,023	0,056	0,028	0,103	0,075	0,410
23	21,75	11,00	0,009	0,07	383	0,025	0,061	0,031	0,112	0,081	0,448
24	20,06	13,00	0,008	0,07	383	0,026	0,061	0,031	0,113	0,082	0,450
25	24,59	10,00	0,012	0,08	383	0,030	0,071	0,035	0,130	0,095	0,520
26	9,30	5,00	0,002	0,01	383	0,002	0,005	0,003	0,009	0,007	0,037
27	11,78	10,00	0,003	0,02	383	0,007	0,016	0,008	0,030	0,022	0,119
28	7,71	13,00	0,001	0,01	383	0,004	0,009	0,005	0,017	0,012	0,066
29	19,84	14,00	0,008	0,07	383	0,027	0,065	0,032	0,119	0,086	0,474
Total	497,01	331,00	0,185	1,43	11107	0,548	1,316	0,658	2,413	1,755	9,65
Promedio	17,14	11,41	0,01	0,05	383	0,02	0,045	0,023	0,083	0,061	0,33

Cuadro 18: Cálculo de la valoración económica de O_2 en *Parkia sp* de 27 años

N° Árbol	DAP (cm)	Altura total (m)	Área Basal (m²)	Volumen (m³)	Densidad Madera (kg/m³)	Biomasa del Fuste (t)	Biomasa arbóreo (t)	Carbono arbóreo (t)	Dióxido de Carbono (t)	Oxigeno (t)	Valor Económico S/.
1	30,00	11,00	0,071	0,51	383,5	0,194	0,47	0,233	0,853	0,620	3,411
2	19,50	15,00	0,030	0,29	383,5	0,112	0,38	0,190	0,696	0,506	2,784
3	28,00	16,00	0,062	0,64	383,5	0,246	0,83	0,417	1,531	1,113	6,123
4	29,00	14,00	0,066	0,60	383,5	0,231	0,78	0,392	1437	1,045	5,747
5	19,90	17,00	0,031	0,34	383,5	0,132	0,45	0,224	0,822	0,598	3,286
6	23,90	10,00	0,045	0,29	383,5	0,112	0,38	0,190	0,697	0,507	2,788
7	14,00	15,00	0,015	0,15	383,5	0,058	0,20	0,098	0,359	0,261	1,435
8	26,90	13,00	0,057	0,48	383,5	0,184	0,63	0,313	1,148	0,835	4,592
9	19,50	13,00	0,030	0,25	383,5	0,097	0,33	0,165	0,603	0,439	2,413
10	28,90	15,00	0,066	0,64	383,5	0,245	0,83	0,417	1,529	1,112	6,116
11	30,30	14,00	0,072	0,66	383,5	0,252	0,86	0,428	1,569	1,141	6,274
12	23,50	14,00	0,043	0,39	383,5	0,151	0,51	0,257	0,944	0,686	3,774
13	17,50	14,00	0,024	0,22	383,5	0,084	0,29	0,143	0,523	0,381	2,093
14	28,00	13,00	0,062	0,52	383,5	0,200	0,68	0,339	1,244	0,905	4,975
15	26,00	10,00	0,053	0,35	383,5	0,132	0,45	0,225	0,825	0,600	3,300
16	25,80	13,00	0,052	0,44	383,5	0,169	0,58	0,288	1,056	0,768	4,224
17	30,60	15,00	0,074	0,72	383,5	0,275	0,93	0,467	1,714	1,247	6,856
18	32,50	17,00	0,083	0,92	383,5	0,352	1,20	0,598	2,191	1,594	8,765
19	20,80	13,00	0,034	0,29	383,5	0,110	0,37	0,187	0,686	0,499	2,745
20	17,40	13,00	0,024	0,20	383,5	0,077	0,26	0,131	0,480	0,349	1,921
21	32,00	14,00	0,080	0,73	383,5	0,281	0,95	0,477	1,750	1,272	6,998
22	24,00	11,00	0,045	0,32	383,5	0,124	0,42	0,211	0,773	0,562	3,093
23	21,70	14,00	0,037	0,34	383,5	0,129	0,44	0,219	0,805	0,585	3,218
24	31,80	13,00	0,079	0,67	383,5	0,257	0,88	0,438	1,604	1,167	6,417
25	28,90	16,00	0,066	0,68	383,5	0,262	0,89	0,445	1,631	1,186	6,523
26	26,50	14,00	0,055	0,50	383,5	0,192	0,65	0,327	1,200	0,873	4,799
27	21,00	6,00	0,035	0,14	383,5	0,052	0,18	0,088	0,323	0,235	1,292
28	19,50	11,00	0,030	0,21	383,5	0,082	0,28	0,139	0,510	0,371	2,042
29	27,00	11,00	0,057	0,41	383,5	0,157	0,53	0,267	0,979	0,712	3,914
30	26,50	13,00	0,055	0,47	383,5	0,179	0,61	0,304	1,114	0,810	4,456
31	28,50	13,00	0,064	0,54	383,5	0,207	0,70	0,351	1,289	0,937	5,154
32	28,50	16,00	0,064	0,66	383,5	0,254	0,87	0,433	1,586	1,153	6,344
33	25,40	12,00	0,051	0,40	383,5	0,152	0,52	0,258	0,945	0,687	3,779
34	16,50	12,00	0,021	0,17	383,5	0,064	0,22	0,109	0,399	0,290	1,595
35	19,00	12,00	0,028	0,22	383,5	0,085	0,29	0,144	0,529	0,384	2,115
36	30,40	14,00	0,073	0,66	383,5	0,253	0,86	0,431	1,579	1,148	6,316
37	25,00	13,00	0,049	0,41	383,5	0,159	0,54	0,270	0,992	0,721	3,966
38	30,30	16,00	0,072	0,75	383,5	0,288	0,98	0,489	1,793	1,304	7,171
39	24,50	14,00	0,047	0,43	383,5	0,165	0,56	0,280	1,026	0,746	4,102
40	34,30	16,00	0,092	0,96	383,5	0,369	1,25	0,627	2,297	1,671	9,189
41	21,00	11,00	0,035	0.25	383,5	0,095	0,32	0,161	0,592	0,431	2,368
Total	1034,30	547,00	2,128	18,81	15723,5	7,215	24,34	12,17	44,62	32,450	178,48
Promedio	25,23	13,34	0,05	0,46	383,5	0,18	0,59	0,30	1,09	0,791	4,35

Cuadro 19: Inventario de la plantación de *V. lomatophylla* de 13 años

Parcela	Edad	N°	DAP	Altura	Zona	Proyección de UTM		Error
	(años)	Árbol	(cm)	(m)		x	y	
64	13	1	11,50	12,25	18M	680371	9576852	5
64	13	2	9,80	9,42	18M	680370	9576858	4
64	13	3	4,50	5,42	18M	680364	9576858	5
64	13	4	11,30	11,05	18M	680375	9576872	4
64	13	5	17,40	12,74	18M	680389	9576882	5
64	13	6	15,60	12,68	18M	680387	9576880	4
64	13	7	10,70	9,53	18M	680393	9576884	5
64	13	8	16,40	11,27	18M	680395	9576882	4
64	13	9	12,70	15,21	18M	680399	9576884	5
64	13	10	17,60	17,15	18M	680401	9576886	5
64	13	11	15,00	13,40	18M	680401	9576882	5
64	13	12	18,80	14,99	18M	680404	9576888	5
64	13	13	9,00	12,02	18M	680399	9576892	5
64	13	14	11,30	10,04	18M	680399	9576894	5
64	13	15	22,40	16,80	18M	680308	9576808	5
64	13	16	4,50	5,18	18M	680401	9576908	4
64	13	17	4,60	6,42	18M	680401	9576896	5
64	13	18	6,30	5,33	18M	680403	9576900	4
64	13	19	10,70	15,18	18M	680402	9576904	5
64	13	20	5,70	7,38	18M	680403	9576896	5
64	13	21	24,30	19,67	18M	680406	9576916	6
64	13	22	8,60	7,65	18M	680406	9576914	5
64	13	23	5,10	5,13	18M	680405	9576914	4
64	13	24	4,00	5,14	18M	680405	9576916	5
64	13	25	21,70	19,96	18M	680408	9576924	5
64	13	26	14,40	13,59	18M	680396	9576924	4
64	13	27	3,40	3,77	18M	680395	9576926	4
64	13	28	23,70	13,77	18M	680404	9576924	5
64	13	29	15,20	11,37	18M	680401	9576928	4
64	13	30	23,50	12,87	18M	680386	9576932	4
64	13	31	23,70	11,52	18M	680386	9576942	5
64	13	32	23,50	12,87	18M	680388	9576946	5
64	13	33	18,00	11,25	18M	680398	9576942	5
64	13	34	19,40	14,62	18M	680403	9576940	5
64	13	35	20,50	11,62	18M	680411	9576930	5
64	13	36	15,30	10,07	18M	680414	9576932	5
64	13	37	17,70	13,36	18M	680427	9576926	5
64	13	38	12,80	9,06	18M	680426	9576924	5
64	13	39	21,10	12,42	18M	680423	9576920	5
64	13	40	14,00	9,72	18M	680417	9576906	5
64	13	41	11,40	6,62	18M	680414	9576904	5
64	13	42	19,30	10,62	18M	680410	9576864	5

Cuadro 20: Inventario de la plantación de *V. lomatophylla* de 22 años

Parcela	Edad (Años)	N° Árbol	DAP (cm)	Altura (m)	Zona	Proyección de UTM		Error
						x	y	
3	22	1	23,30	13,80	18M	680559	9577000	4
3	22	2	23,00	13,10	18M	680636	9576964	4
3	22	3	29,90	13,90	18M	680605	9576964	4
3	22	4	22,00	13,10	18M	680604	9576962	5
3	22	5	30,70	13,50	18M	680613	9576942	5
3	22	6	24,40	13,80	18M	680619	9576948	5
3	22	7	35,20	17,20	18M	680619	9576952	5
3	22	8	16,80	10,80	18M	680623	9576952	5
3	22	9	25,40	13,60	18M	680624	9576950	5
3	22	10	27,90	13,60	18M	680621	9576948	5

Cuadro 21: Inventario de la plantación de *V. lomatophylla* de 33 años

Parcela	Edad (Años)	N° Arbol	DAP (cm)	Altura (m)	Zona	Proyeccion de UTM		Error
						x	y	
15	33	1	24,30	19,20	18M	680340	9576542	±5
15	33	2	26,40	18,45	18M	680342	9576538	±4
15	33	3	30,70	16,44	18M	680323	9576530	±4
15	33	4	28,20	15,01	18M	680319	9576522	±4
15	33	5	33,70	17,04	18M	680310	9576510	±3
15	33	6	30,20	22,65	18M	680340	9576552	±5
15	33	7	29,20	20,28	18M	680342	9576550	±5
15	33	8	24,70	17,62	18M	680337	9576554	±4
15	33	9	34,00	19,31	18M	680333	9576558	±4
15	33	10	31,50	21,10	18M	680326	9576560	±5
15	33	11	25,70	15,89	18M	680319	9576552	±4
15	33	12	25,80	18,57	18M	680309	9576548	±4

Cuadro 22: Inventario de la plantación de 6 años de *Parkia sp*

Parcela	Edad	N°	DAP	Altura	Zona	Proyección de UTM		Error
	(años)	Árbol	(cm)	(m)		x	y	
63	6	1	6,50	8,00	18 M	680139	9576000	6
63	6	2	2,50	3,00	18 M	680124	9575964	5
63	6	3	2,30	4,00	18 M	680120	9575912	4
63	6	4	2,00	4,00	18 M	680092	9575902	5
63	6	5	6,50	5,00	18 M	680104	9575984	5
63	6	6	2,30	4,00	18M	680108	9575882	5
63	6	7	7,00	10,00	18 M	680075	9575874	5
63	6	8	6,00	9,80	18 M	680089	9575870	5
63	6	9	6,70	10,00	18M	680113	9575844	5
63	6	10	2,50	9,00	18 M	680104	9575824	4
63	6	11	6,70	12,00	18 M	680059	9575846	6
63	6	12	2,20	3,00	18 M	680059	9575662	±4
63	6	13	2,40	4,00	18M	680061	9575668	±5
63	6	14	3,40	4,00	18 M	680033	9575668	±5
63	6	15	6,00	4,00	18 M	680033	9575668	±5
63	6	16	4,40	5,00	18M	680063	9575678	±4
63	6	17	3,00	5,00	18M	680045	9575690	±5
63	6	18	1,30	2,50	18 M	680043	9575690	±5
63	6	19	2,00	3,00	18 M	680043	9575690	±5
63	6	20	1,80	3,00	18M	680041	9575692	±5
63	6	21	8,00	10,00	18M	680044	9575698	±3

Cuadro 23: Inventario de la plantación de 22 años de *Parkia sp*

Parcela	Edad	N°	DAP	Altura	Zona	Proyeccion de UTM	
	(años)	arbol	(cm)	(m)		x	y
3	22	1	19,11	11,00	18 M	680563	9577026
3	22	2	11,15	9,00	18 M	680565	9577028
3	22	3	24,84	12,00	18M	680572	9577032
3	22	4	14,84	8,00	18 M	680574	9577028
3	22	5	16,24	12,00	18 M	680571	9577026
3	22	6	10,22	11,00	18M	680569	9577024
3	22	7	31,21	12,00	18 M	680566	9577024
3	22	8	23,89	13,00	18 M	680569	9577022
3	22	9	22,29	14,00	18M	680569	9577016
3	22	10	14,33	12,00	18 M	680572	9577018
3	22	11	14,33	12,00	18 M	680580	9577022
3	22	12	8,66	9,00	18M	680581	9577020
3	22	13	12,74	11,00	18 M	680579	9577020
3	22	14	20,38	13,00	18 M	680559	9577000
3	22	15	16,88	10,00	18M	680588	9576982
3	22	16	20,45	11,00	18 M	680594	9576986
3	22	17	14,43	11,00	18 M	680598	9576986
3	22	18	11,78	11,00	18M	680600	9576986
3	22	19	19,75	12,00	18 M	680599	9576986
3	22	20	21,34	15,00	18 M	680599	9576986
3	22	21	15,29	11,00	18M	680598	9576984
3	22	22	17,83	15,00	18 M	680599	9576978
3	22	23	21,75	11,00	18 M	680600	9576978
3	22	24	20,06	13,00	18M	680602	9576978
3	22	25	24,59	10,00	18 M	680603	9576980
3	22	26	9,30	5,00	18 M	680606	9576982
3	22	27	11,78	10,00	18M	680608	9576982
3	22	28	7,71	13,00	18 M	680607	9576980
3	22	29	19,84	14,00	18M	680606	9576980

Cuadro 24: Inventario de la plantación de 27 años de *Parkia sp*

Parcela	Edad (años)	N° árbol	DAP (cm)	Altura (m)	Zona	Proyección de UTM x	Proyección de UTM y	Error
31	27	1	30,00	11,00	18 M	0679723	9575942	5
31	27	2	19,50	15,00	18 M	0679717	9575944	5
31	27	3	28,00	16,00	18M	0679715	9575940	5
31	27	4	29,00	14,00	18 M	0679711	9575940	5
31	27	5	19,90	17,00	18 M	0679714	9575948	5
31	27	6	23,90	10,00	18M	0679697	9576972	4
31	27	7	14,00	15,00	18 M	0679696	9576946	5
31	27	8	26,90	13,00	18 M	0679701	9576948	5
31	27	9	19,50	13,00	18 M	0679699	9576942	4
31	27	10	28,90	15,00	18 M	0679698	9576936	5
31	27	11	30,30	14,00	18 M	0679691	9576942	4
31	27	12	23,50	14,00	18 M	0679690	9576942	4
31	27	13	17,50	14,00	18M	0679690	9576952	4
31	27	14	28,00	13,00	18 M	0679677	9576948	4
31	27	15	26,00	10,00	18 M	0679682	9576940	4
31	27	16	25,80	13,00	18M	0679684	9576938	4
31	27	17	30,60	15,00	18 M	0679675	9576922	4
31	27	18	32,50	17,00	18 M	0679677	9576924	4
31	27	19	20,80	13,00	18M	0679677	9576912	5
31	27	20	17,40	13,00	18 M	0679682	9576914	4
31	27	21	32,00	14,00	18 M	0679678	9576910	5
31	27	22	24,00	11,00	18M	0679694	9576908	5
31	27	23	21,70	14,00	18 M	0679696	9576914	4
31	27	24	31,80	13,00	18 M	0679696	9576916	4
31	27	25	28,90	16,00	18M	0679693	9575918	4
31	27	26	26,50	14,00	18 M	0679697	9575924	5
31	27	27	21,00	6,00	18M	0679702	9575924	4
31	27	28	19,50	11,00	18 M	0679706	9575922	4
31	27	29	27,00	11,00	18M	0679707	9575918	4
31	27	30	26,50	13,00	18 M	0679702	9575920	5
31	27	31	28,50	13,00	18 M	0679708	9575912	5
31	27	32	28,50	16,00	18M	0679702	9575912	5
31	27	33	25,40	12,00	18 M	0679701	9575908	5
31	27	34	16,50	12,00	18 M	0679718	9575904	4
31	27	35	19,00	12,00	18 M	0679722	9575916	5
31	27	36	30,40	14,00	18 M	0679720	9575922	4
31	27	37	25,00	13,00	18M	0679705	9575906	5
31	27	38	30,30	16,00	18 M	0679701	9575908	5
31	27	39	24,50	14,00	18M	0679691	9575904	4
31	27	40	34,30	16,00	18 M	0679682	9575904	5
31	27	41	21,00	11,00	18 M	0679674	9575906	4