

**NO SALE A
DOMICILIO**



UNAP

**Facultad de
Ciencias Forestales**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA
DE BOSQUES TROPICALES**

TESIS

**“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SECUESTRO DE CO₂ EN PLANTACIONES
DE *Vochysia lomatophylla* (Standl) “quillosa” DE DIFERENTES EDADES
EN EL CIEFOR PUERTO ALMENDRA, IQUITOS – PERÚ”**

Tesis para optar el título de Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales

Autora

Bach. Patricia Giovanna Gonzales Grández

Iquitos - Perú

2013

DONADO POR:

Patricia Giovanna Gonzales Grández

Iquitos, 14 de 08 de 2014



045

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ECOLOGÍA
DE BOSQUES TROPICALES

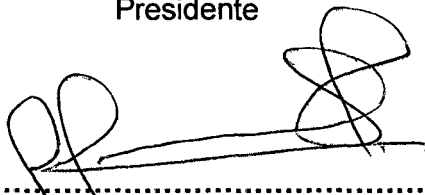
**“VALORACIÓN ECONÓMICA DEL SECUESTRO DE CO₂ EN PLANTACIONES
DE *Vochysia lomatophylla* (Standl) “quillosa” DE DIFERENTES EDADES
EN EL CIEFOR PUERTO ALMENDRA, IQUITOS – PERÚ”.**

Tesis sustentada y aprobada el 29 de noviembre de 2013, según Acta de
Sustentación No. 514.

MIEMBROS DEL JURADO



.....
Ing. Jorge M. Espiritu Pezantes, M.Sc.
Presidente



.....
Ing. Luis Arturo Macedo Bardales, M.Sc.
Miembro



.....
Dra. Saron Quintana Vásquez
Miembro



.....
Ing. Pedro Angel Angulo Ruiz, M.Sc.
Asesor

DEDICATORIA

A **Dios** por darme el preciado regalo de estar viva; por la buena salud que me brinda cada día y por el regalo más hermoso que tengo "Mi Familia".

A mí adorada madre **Nancy Nilda** por su inmenso amor incondicional que me brinda, por su perseverancia, sus grandes sacrificios, por creer en mí, por ser la autora de mi vida y de la persona que soy hoy en día y por permitirme cumplir uno de mis más grandes sueños.

Mi hermana **Nancy Natalia** por ser una de las personas importante de mi vida, por brindarme su apoyo incondicional, por ser mi mejor amiga y mi consejera.

Mis sobrinas **Sofía y Celeste** por llenarme de ternura y amor cada día de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Abraham Cabudivo Moena, por su apoyo durante el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Pedro Ángel Angulo Ruiz, por su orientación, paciencia y asesoramiento durante el desarrollo de la tesis.

A Claudia Del Águila, por su apoyo y consejos durante la ejecución de la tesis.

Al administrador y personal del CIEFOR-Puerto Almendra, por su apoyo durante la ejecución en la toma de datos.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la realización de la tesis.

ÍNDICE

	Pág
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
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. MARCO TEÓRICO	6
6.1. Descripción de la especie	6
6.2. Calentamiento, cambio climático y efecto invernadero	6
6.3. Servicios ambientales	8
6.4. Biomasa	8
6.5. Stock de carbono	10
6.6. Secuestro de dióxido de carbono	11
6.7. Valoración económica	13
6.7.1. Valor económico del secuestro de dióxido de carbono	14

6.8. Plantaciones forestales	15
6.9. El ciclo del carbono	16
6.10. Contaminación por dióxido de carbono	17
6.11. Prueba no paramétrica: Prueba de Kruskal wallis	17
6.12. Mercado de carbono	18
VII. MARCO CONCEPTUAL	20
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	22
8.1. Lugar de ejecución	22
8.1.1. Área de estudio	22
8.1.2. Extensión del área del estudio	22
8.1.3. Accesibilidad	22
8.1.4. Clima	23
8.1.5. Zona de vida	23
8.1.6. Geología	23
8.2. Materiales y equipo	23
8.3. Método	24
8.3.1. Tipo y nivel de investigación	24
8.3.2. Población y muestra	24
8.3.3. Análisis estadístico	25
8.3.4. Procedimiento	25
IX. RESULTADOS	31
9.1. Biomasa total en plantaciones de <i>V. lomatophylla</i> .	31
9.2. Stock de carbono en plantaciones de <i>V. lomatophylla</i> .	34
9.3. Secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de <i>V. lomatophylla</i> .	37
9.4. Valoración económica del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de <i>V. lomatophylla</i> .	40
X. DISCUSIÓN	42

XI. CONCLUSIONES	46
XII. RECOMENDACIONES	47
XIII. BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXO	56

LISTA DE CUADROS

N°	Titulo	Pág.
1	Variables, indicadores e índices.	5
2	Población y muestra.	24
3	Biomasa total de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> en t/ha.	31
4	Prueba de Kruskal Wallis para la biomasa total de diferentes edades de la plantación <i>V. lomatophylla</i> .	32
5	Stock de carbono de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> en tC/ha.	34
6	Prueba de Kruskal Wallis para el stock de carbono de diferentes edades de la plantación <i>V. lomatophylla</i> .	35
7	Secuestro de dióxido de carbono (CO ₂) de <i>V. lomatophylla</i> tCO ₂ /ha.	37
8	Prueba de Kruskal Wallis para el secuestro de CO ₂ de diferentes edades de la plantación <i>V. lomatophylla</i> .	38
9	Valoración económica del secuestro de CO ₂ de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> en US \$/tCO ₂ /ha.	40
10	Formato de campo.	61
11	Datos del inventario: Biomasa, stock de carbono, secuestro de CO ₂ y valoración económica del secuestro de CO ₂ en plantaciones de <i>V. lomatophylla</i> de 13 años de edad.	63
12	Datos del inventario: Biomasa, stock de carbono, secuestro de CO ₂ y valoración económica del secuestro de CO ₂ en plantaciones de <i>V. lomatophylla</i> de 22 años de edad.	65
13	Datos del inventario: Biomasa, stock de carbono, secuestro de CO ₂ y valoración económica del secuestro de CO ₂ en plantaciones de <i>V. lomatophylla</i> de 33 años de edad.	66
14	Datos de georeferenciación de cada individuo de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> de 13 años de edad.	68
15	Datos de georeferenciación de cada individuo de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> de 22 años de edad.	69
16	Datos de georeferenciación de cada individuo de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> de 33 años de edad.	70

18	Anotación de todos los datos obtenidos de los árboles.	62
19	Curva de distribución de los datos de biomasa total (t) de edad de 13 años.	71
20	Curva de distribución de los datos de biomasa total (t) de edad de 22 años.	71
21	Curva de distribución de los datos de biomasa total (t) de edad de 33 años.	71
22	Curva de distribución de los datos de stock de carbono total (tC), de edad de 13 años.	72
23	Curva de distribución de los datos de stock de carbono total (tC), de edad de 22 años.	72
24	Curva de distribución de los datos de stock de carbono total (tC), de edad de 33 años.	72
25	Curva de distribución de los datos del secuestro de dióxido de carbono (tCO ₂) de edad de 13 años.	73
26	Curva de distribución de los datos del secuestro de dióxido de carbono (tCO ₂) de edad de 22 años.	73
27	Curva de distribución de los datos del secuestro de dióxido de carbono (tCO ₂) de edad de 33 años.	73
28	Curva de distribución de los datos de la valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$), de edad 13 años.	74
29	Curva de distribución de los datos de la valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$), de edad 22 años	74
30	Curva de distribución de los datos de la valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$), de edad 33 años.	74

LISTA DE FIGURAS

N°	Titulo	Pág
1	Biomasa total de la plantación <i>V. lomatophylla</i> por edades.	32
2	Prueba de SNK de la biomasa total de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> por edades.	33
3	Stock de carbono total de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> por edades.	35
4	Prueba de SNK para el stock de carbono de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> por edades.	36
5	Secuestro de CO ₂ de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> por edades.	38
6	Prueba de SNK para el secuestro de CO ₂ de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> por edades.	39
7	Valoración económica del secuestro del CO ₂ de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> por edades.	41
8	Ubicación de las parcelas de estudio de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> .	57
9	Distribucion de los árboles de la parcela 64 de 13 años de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> .	58
10	Distribucion de los árboles de la parcela 3 de 22 años de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> .	59
11	Distribucion de los árboles de la parcela 15 de 33 años de la plantación de <i>V. lomatophylla</i> .	60
12	Plantación <i>Vochysia lomatophylla</i> .	62
13	Enumerado de los árboles de forma correlativa.	62
14	Medición del DAP (diámetro a la altura pecho), utilizando la forcípula.	62
15	Medición de la altura de los árboles, utilizando el clinómetro.	62
16	Medición del distanciamiento de los árboles, utilizando la wincha.	62
17	Georeferenciación de los árboles, utilizando el receptor de GPS.	62

RESUMEN

El estudio se realizó en las plantaciones de 13, 22 y 33 años de *Vochysia lomatophylla* "quillosa", 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 secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *V. lomatophylla* de diferentes edades. Se inventariaron todos los árboles presentes en cada plantación y la cuantificación de la biomasa total se realizó mediante el cálculo indirecto aplicando el modelo alométrico propuesto por Higuchi y Carvalho (1994). Los resultados muestran que en la plantación de 33 años de edad se encontró el mayor valor económico de US\$ 2398,40/tCO₂/ha; seguido de la plantación de 22 años con un valor económico de US\$ 1936,20/tCO₂/ha y finalmente el menor valor económico de US\$ 939,64/tCO₂/ha se encontró la plantación de 13 años; concluyéndose que el valor económico del secuestro de CO₂ en plantaciones de *V. lomatophylla* "quillosa" está influenciado por la edad de la plantación.

Palabras claves: Valoración económica, biomasa, stock de carbono, secuestro de CO₂, plantación.

I. INTRODUCCIÓN

La falta de valoración económica de los servicios que los recursos naturales proveen a la sociedad, en este caso el secuestro de dióxido de carbono en plantaciones forestales, es una de los problemas que hoy en día enfrentan diversos países, por tal razón, valorar este servicio constituye una herramienta clave para la protección del bosque y del uso sustentable, siendo esto potencialmente una fuente importante para el financiamiento y beneficio social. Es importante realizar estos tipos de proyectos o investigaciones científicas que ayuden a contribuir en la limpieza ambiental (reducción del CO₂ atmosférico).

Uno de los problemas más grave que pueden derivarse de la no retención del carbono 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). La captura neta de carbono atmosférico y su valor económico depende principalmente de la productividad de la plantación y del precio de carbono o secuestro de CO₂, este precio depende de la persona, empresa, país, etc que vende este servicio (Seppänen, 2002).

Es importancia realizar este tipo de investigación debido a la necesidad de valorar económicamente el secuestro de CO₂ en plantaciones de *V. lomatophylla* de diferentes edades del CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos, Perú, no obstante a la falta de información de biomasa total, stock de carbono, secuestro de dióxido de carbono.

II. EL PROBLEMA

2.1. Descripción del problema

El constante incremento de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), ocurre por distintas causas, como quema de combustibles fósiles y el cambio de uso de la tierra, así como la desecación de las zona húmedas, ciertas prácticas agrícolas agresivas y el aumento de la población, trayendo consigo efectos negativos como el cambio climático y el calentamiento global, generado principalmente por las emisiones de CO₂, metano (CH₄) y otros gases originados por los procesos industriales. Hoy en día existe una gran preocupación, que ha dado lugar a estrategias ambientales con el fin de reducir la emisión de estos gases.

Las plantaciones forestales al estar sometidos a un control y monitoreo son un gran aporte para contrarrestar este problemas global, ya que gracias a su gran capacidad de captación de dióxido de carbono (CO₂), ayuda a mitigar estas emisiones. Hoy en día hay una escasa información acerca del valor que realmente puede ofrecer un bosque como el del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) Puerto Almendra, que cuenta con plantaciones de diferentes especies y de diferentes edades, con ninguna información acerca de la cantidad de biomasa y carbono almacenado menos aún del precio que se pudiera obtener por el servicio ambiental de secuestro de carbono que ofrece el bosque.

2.2. Definición del problema

¿Cuánto será el valor económico del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* Standl. "quillosa" de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra, Iquitos, Perú?

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis de la investigación

Existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* Standl. "quillosa" de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos – Perú.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Valorar económicamente el secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* Standl. “quillosa” de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos–Perú.

4.2. Objetivo específicos

- Calcular la biomasa total en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* Standl. “quillosa” de diferentes edades.
- Cuantificar el stock del carbono en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* Standl. “quillosa” de diferentes edades.
- Cuantificar el secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* Standl. “quillosa” de diferentes edades.
- Determinar el valor económico del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* Standl. “quillosa” de diferentes edades.

V. VARIABLES

5.1. Identificación de variables, indicadores e índices

Se utilizaron dos tipos de variables: variable independiente (edad de la plantación), teniendo como indicadores a la biomasa total, carbón total y el secuestro de carbono, donde el índice está dado en toneladas por hectárea (t/ha) y la variable dependiente (valoración económica del secuestro de dióxido de carbono), donde el indicador es el valor económico de CO₂, y su índice está dado en dólares por toneladas de CO₂ por hectárea (US \$/tCO₂/ha).

Cuadro 1: Variables, indicadores e índices.

Variables	Indicadores	Índices
V. independiente Edad de la plantación - 13 años - 22 años - 33 años	- Biomasa total. - Carbono total. - Secuestro de CO ₂ .	t/ha tC/ha tCO ₂ /ha
V. dependiente Valoración económica del secuestro de dióxido de carbono.	- Valor económico de CO ₂ .	US \$/tCO ₂ /ha

VI. MARCO TEÓRICO

6.1. Descripción de la especie

Vásquez (1997), describe a “quillosa” como de la Familia Vochysiaceae; Género *Vochysia*; Especie *lomatophylla*; Nombre científico: *Vochysia lomatophylla*; Nombre comunes: quillosa, sacha casho. Árbol hasta 30 m de altura; ramitas aristadas, surcadas, pubérulas, glabrescentes. Hojas: 4 por verticilo, obovado-espátuladas, 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.

6.2. Calentamiento, cambio climático y efecto invernadero

Uno de los fenómenos atmosféricos de mayor importancia mundial, es el cambio climático derivado del incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) mismos que provocan el incremento de la temperatura global de la atmósfera. Se debe a dos causas principales: Primero, el consumo de combustibles fósiles por las naciones industrializadas, (Brown y Lugo, 1992; citado por Zamora, 2003) la mayor parte de estos procesos productivos son el transporte, la producción de cemento, la generación de electricidad y los sistemas

domésticos dependen de la energía derivada de los combustibles fósiles. La emisión se ha incrementado 3,5 veces de 1950 a la presente década y, actualmente, el volumen de CO₂ se calcula aproximadamente en 6,2 billones por año; la segunda causa es el cambio de uso del suelo, anualmente se deforestan aproximadamente 17 millones de hectáreas, lo que significa una liberación de cerca de 1,8 billones de toneladas de carbono, que corresponde del total de las actividades antropogénicas (Montoya *et al.*, 1995; citado por Zamora, 2003).

Sin embargo, el moderno estilo de vida con el constante crecimiento económico, junto con la creciente industria y el aumento de la población, siempre estarán generando emisiones que causan el efecto invernadero y el cambio climático. La reducción de las emisiones puede y debe ser completamente por la "limpieza de la atmósfera" como es por ejemplo la fijación intencional del CO₂ de la atmósfera a la biomasa terrestre (Seppänen, 2002).

El incremento en la atmósfera de los GEI y el consecuente cambio climático global presenta ya efectos importantes en este siglo XXI, el cual está generado por la emisión de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y en menor cantidad de algunos otros gases originados por los procesos industriales (FBDS, 1994; Martínez, 2001; citado por Seppänen, 2002). Si bien los escenarios exactos todavía son inciertos, es de esperar severos efectos negativos, por lo que es esencial que sean tomadas en cuenta medidas y metodologías para reducir las emisiones de estos gases (IPCC, 2000. citado por Gonzales, 2012); sin embargo el cambio climático mundial y calentamiento de la tierra es un hecho científicamente comprobado.

6.3. Servicios ambientales

Solamente la generación de un mercado que refleje lo que cueste producir y mantener los servicios ambientales y la utilidad que estos tienen, llevará a no destruirlos, como si solo tuviese en valor de mercado dentro del consumo como insumos del sistema de producción. “Los servicios ambientales son funciones o características de los ecosistemas o agroecosistemas, que de alguna manera proveen un beneficio o utilidad a las poblaciones humanas” (Martínez, 2004. citado en Encalada, 2006; citado por Ulloa, 2010).

Un servicio ambiental de gran relevancia en el orden global que brinda la vegetación del bosque consiste en producir oxígeno mediante el proceso de fotosíntesis, por medio del cual el dióxido de carbono (CO_2) que absorben las plantas verdes es fijado como biomasa orgánica. De tal forma, la concentración excesiva de dióxido de carbono se reduce y, por lo tanto, disminuye el efecto invernadero, cuyas consecuencias económicas y humanas pueden ser incalculables. A pesar que este servicio beneficia a la comunidad local, nacional e internacional, su pago es generalmente más aceptado por países industrializados (Motto, 2000).

6.4. Biomasa

La biomasa es la masa de los organismos vivos por unidad de superficie, se divide en biomasa aérea y biomas subterránea o radicular (Ribeiro *et al.*, 2002. citado por Ramírez, 2011). La biomasa aérea total es el peso seco de material vegetal de los árboles con $\text{DAP} > 10\text{cm}$. incluyendo fuste, corteza, ramas y hojas. El 50% de la madera secada en estufa es carbono (Ribeiro *et al.*, 2002; Higuchi *et al.*, 2005; citado por Ramírez, 2011).

La biomasa radicular o subterránea se refiere a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado, tanto de los árboles como del sotobosque y de la vegetación herbácea. Determinar la biomasa subterránea o biomasa radicular, es un proceso muy costoso (alrededor de \$120/raíz). Por lo general se estima como un porcentaje de la biomasa arbórea sobre el suelo (biomasa aérea); en caso de no tener estimaciones de biomasa radicular, se puede utilizar un porcentaje mínimo de 15% de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea, que es una estimación conservadora (Macdicken, 1997; citado por López, 2005). Al respecto otros autores consideran, valores para la relación raíz/tallo, para distintos lugares del mundo entre 0,20 y 0,30, es decir, de 20 a 30% de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea.

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).

6.5. Stock de carbono

García-Oliva y Ordóñez (1999); citado por Zamora (2003), menciona que en efecto los flujos y stock de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono, mismos que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de la biomasa forestal.

Cuando se cuantifica el stock de un bosque, se muestrea: a) la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; b) la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y c) el carbono en la materia orgánica del suelo. Por lo que debemos recordar que podemos estimar la cantidad de carbono de un componente del bosque determinando su peso seco, donde existe una pequeña variación en la relación entre el peso seco y la cantidad de carbono de las diferentes especies tropicales (Elias y Potvin, 2003; citado por Honorio y Baker, 2010). Sin embargo, está aceptado asumir que el 50% del peso seco es carbono (Pearson *et al.*, 2005; citado por Honorio y Baker, 2010).

La cantidad del stock de carbono, ampliamente depende del sitio de establecimiento de los sistemas, la edad, la estructura, la función, los factores ambientales y socioeconómicos (Vogt *et al.*, 1996; Albrecht & Kandji, 2003. Scott *et al.*, 2004; citado por Gonzales, 2012).

Brown *et al.* (1996); citado por Schlegel (2001), menciona que la cantidad de carbono almacenado es muy variable y depende del tipo y estado del desarrollo del bosque; por lo tanto, la estimación de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que ésta permite determinar los montos

de carbono que puede ser liberado a la atmósfera, o conservado y fijado en una determinada superficie.

Brown (1997); citado por Gonzáles (2008), menciona que la cantidad de carbono almacenado para diversos tipos de bosques naturales, secundarios y plantaciones forestales, casi en su totalidad asume el valor de la fracción de carbono en materia seca en un 50% para todas las especies en general.

6.6. Secuestro de dióxido de carbono

Para crecer, los árboles absorben CO₂ de la atmósfera y junto con luz solar, nutrientes y agua producen madera. De acuerdo con el Laboratorio de Productos Forestales de la USDA, las maderas contienen entre 47 y 53% de carbono (Barres, 1993; citado por Fanarena XXI, 1997). Este carbono secuestrado en el árbol permanece como elemento integral de la madera hasta que el árbol muera y se pudra. Sin embargo, si los árboles son cosechados y convertidos en madera para construcciones, muebles y otros usos, el carbono permanece almacenado en tales productos hasta que la madera se pudra y se libere de nuevo el CO₂ a la atmósfera.

El secuestro de CO₂ por los árboles desde la atmósfera es función del uso de la tierra, tiempo de crecimiento y progreso tecnológico y se efectúa mediante el intercambio de carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración, llevando al almacenamiento en la biomasa y en el suelo (Almeida *et al.*, 2004; citado por Manrique *et al.*, 2009).

Los procesos de secuestro de CO₂ son parte de un sistema de cuatro reservorios de carbono (vegetación aérea y radicular, materia en descomposición, suelos y

productos forestales) con tiempos de residencia y flujos asociados muy diferentes y estrechamente interrelacionados. En general, el estudio de los bosques se ha realizado enfocándose en los árboles solamente, con vistas a su aprovechamiento comercial. Sin embargo, a partir de la consideración del cambio de clima y la importancia de los bosques como posibles sumideros de carbono, estos cuatro reservorios mencionados deben ser evaluados (Baral y Guha, 2004; citado por Manrique *et al.*, 2009).

Callo *et al.* (2001) y Snowdon *et al.* (2001); citado por Manrique *et al.* (2009), menciona que, en la ruta fotosintética, el carbono es almacenado en la biomasa y después parcialmente incorporado al suelo. Su cuantificación por tanto, se hace imprescindible en estos dos recipientes mayores. Por otra parte, el carbono de la biomasa estará constituido por el carbono arbóreo, arbustivo y herbáceo, y hojarasca sobre el suelo. El proceso del secuestro de CO₂, implica que las plantas tienen la capacidad de almacenar el dióxido de carbono de la atmósfera basado en el hecho de que durante la fotosíntesis se fija el carbono, que luego utilizan para generar el alimento necesario para su crecimiento, estimándose que una hectárea de planificación arbórea puede absorber alrededor de 10 tC/ha/año de la atmósfera, dependiendo de las condiciones del lugar. Así mismo se asume que el 45% de la biomasa vegetal seca es carbono. Existe en los bosques una acumulación de carbono que no es liberado en la atmósfera (ICRAF, 2003).

Es muy importante no confundir Carbono (C) con CO₂. En una molécula de CO₂ existen dos átomos de oxígeno (con peso atómico $2 \times 16 = 32$) y un átomo de carbono (con peso atómico 12). Por lo tanto el peso molecular del CO₂ es 44 ($= 2 \times 16 + 12$), de los cuales solamente 12 corresponden a carbono. De lo anterior se

deduce que se necesitan $44/12 = 3,667$ t de CO₂ para tener 1t de carbono (Cornejo y Fernández, 2000; citado por Pizzurno, 2010).

6.7. Valoración económica

La valoración económica de los servicios ambientales, especialmente del almacenamiento de carbono, juega un papel muy importante, porque es una herramienta que incentiva a 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 (disminución del CO₂ atmosférico). La venta de carbono principalmente en los mercados varía de acuerdo al precio o la demanda que requieren este servicio ambiental.

La valoración económica se ha visto como un instrumento que permite poner en evidencia los diferentes usos de los recursos biológicos y la biodiversidad. Si se muestra que la conservación de la biodiversidad puede tener un valor económico positivo mayor que las actividades que la amenazan, la información que se pueda generar sobre beneficios ecológicos, culturales, estéticos y económicos apoyará las acciones para protegerla y conservarla productivamente, convirtiéndose en una herramienta importante para influir en la toma de decisiones gubernamentales y sociales, colectivas e individuales (Motto, 2000).

Lambert (2003); citado por Gonzáles (2008), define la valoración económica como la asignación de valores cuantitativos a los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas independientes de si existe o no precio de mercado.

6.7.1. Valor económico del secuestro de dióxido de carbono

Una de las mayores incertidumbres frente a este tipo de proyecto forestal es la valoración del secuestro del dióxido de carbono, pues hasta el momento no existe un mercado consolidado que determine los precios de la fijación de C., ni una regla clara frente a los métodos y formas de valorar este beneficio ambiental de los bosques (Gutiérrez y Lopera, 2001).

Fanarena XXI (1997), menciona que calcular el valor potencial del CO₂ secuestrado en plantaciones forestales de Costa Rica, no existe un precio de mercado para el CO₂ y que solo una pequeña proporción de las plantaciones forestales están recibiendo un incentivo de este tipo. Para obtener un estimado del valor potencial, utilizaron la cantidad de CO₂ secuestrado y se valoró al precio estimado de \$10/toneladas, como promedio en los proyectos que reciben este incentivo.

En cuanto a la factibilidad de la venta de bono de carbono, el precio del carbono es determinante. Hasta ahora no se ha definido internacionalmente un precio estándar, pero se espera que el precio internacional del carbono puro se estabilice alrededor de US\$ 5/t equivale al US\$ 1,36/tCO₂. Una vez que el "mercado mundial de carbono" esté funcionando, los cálculos financieros se facilitarán considerablemente al no tener que especular con el precio del carbono (Seppänen, 2002).

Actualmente, el costo promedio de captura de carbono en Chiapas México se estima en US\$ 35 por tonelada de carbono (ECOSUR, 2000), mientras reducir una tonelada de CO₂ en un país industrializado cuesta entre 80 y 120 dólares, para un país en vía de desarrollo como es el caso de Costa Rica fijar una

tonelada de ese gas mediante la conservación o reforestación de su bosque se estimó aproximadamente en 10 dólares en 1998 (Chambi, 2001).

6.8. Plantaciones forestales

Una de las herramientas fundamentales y adecuadas para poder cuantificar el secuestro de dióxido de carbono es mediante establecimientos de plantaciones forestales, considerado como sumidero por almacenar en grandes cantidades carbono en la vegetación.

MIDEPLAN (2002), indica que las plantaciones forestales, por la gran cantidad de biomasa que producen por unidad de área, fijan anualmente mucho CO₂ y por ende contribuyen a la "limpieza de la atmósfera". El carbono fijado en la biomasa permanece acumulado en las plantaciones por largos períodos. La función de las plantaciones como elemento mitigador de los gases de efecto invernadero es reconocida en la actualidad por la comunidad nacional e internacional. El uso de especies nativas para plantaciones fijadoras de carbono pasa por una selección adecuada de la especie y el sitio.

Las plantaciones pueden brindar un importante servicio ambiental por su potencial para la fijación de carbono (Pinazo *et al.*, 2007; citado por Vega y Martiarena, 2010), dado que los compuestos carbónicos constituyen la mayor parte de la biomasa forestal, por lo tanto, evaluar cuantitativamente la distribución del carbono en los árboles y estimar el total almacenado es de fundamental importancia (Watzlawick *et al.*, 2001; citado por Vega y Martiarena, 2010).

6.9. El ciclo del carbono

El ciclo de carbono es considerado como un conjunto de cuatro reservorios interconectados: la atmósfera, la biósfera terrestre (incluyendo los sistemas de agua dulce), los océanos y los sedimentos (incluso los sedimentos fósiles). (Ciesla, 1996; citado por Connolly y Corea, 2007).

López (2005), menciona que la reserva fundamental de carbono, la molécula de CO_2 , que los seres vivos pueden asimilar, es la atmósfera y la hidrósfera. Este gas está en la atmósfera en una concentración de más del 0,03% y cada año aproximadamente un 5 % de esta reserva de CO_2 se consume en los procesos de fotosíntesis, es decir que todo el anhídrido carbónico o dióxido de carbono (CO_2), se renueva en la atmósfera cada 20 años. En el ciclo de carbono las plantas toman el carbono de la atmósfera en forma de anhídrido carbónico o dióxido de carbono y en el curso de la fotosíntesis transforma una gran parte en sustancias de reservas y en tejidos (Glúcidos, lípidos y proteínas). Otra parte del carbono así absorbido pasa de nuevo a la atmósfera en el curso de la respiración vegetal y el resto se incorpora en el suelo a través de la raíces; de esta manera la transformación del anhídrido carbónico de la atmósfera en un compuesto orgánico se conoce como "Fijación o captura de carbono".

El CO_2 atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis. Este CO_2 participa en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco) (Ortiz y Riascos, 2006); durante el tiempo en que el CO_2 se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento

de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) el CO₂ fluye para regresar al ciclo del Carbono (PNUMA *et al.* 1998; citado por Ortiz y Riascos, 2006).

6.10. Contaminación por dióxido de carbono

El bióxido de carbono o dióxido de carbono (CO₂) constituye el enlace indispensable que une al sol con la tierra por el intercambio bioquímico que permite que la energía luminosa se “incorpore” a los sistemas vivientes. A partir de la energía solar con la intervención de moléculas como la clorofila y el agua, participa en la construcción de alimentos a través de la fotosíntesis en las plantas verdes (autótrofos). La fotosíntesis y la respiración son los procesos metabólicos que ha utilizado la tierra por miles de años para hacer que circulen el CO₂ (Ciclo del CO₂), se estima que en condiciones naturales el CO₂ tarda alrededor de 300 años para completar este ciclo. El ciclo natural de carbono, se ha alterado considerablemente como consecuencia de la contaminación ambiental y la velocidad e intensidad con la que la planta puede utilizarlo en la fotosíntesis no es suficiente como para evitar este gas se acumule en la atmósfera (Lohmann, 2002).

6.11. Prueba no paramétrica: Prueba de Kruskal wallis

Las pruebas no paramétricas engloban una serie de pruebas estadísticas que tienen como denominador común la ausencia de asunciones acerca de la ley de probabilidad que sigue la población de la que ha sido extraída la muestra. Por esta razón es común referirse a ellas como pruebas de distribución libre; reúnen las siguientes características: 1) son más fáciles de aplicar; 2) son aplicables a los datos jerarquizados; 3) se pueden usar cuando dos series de observaciones

proviene de distintas poblaciones; 4) son la única alternativa cuando el tamaño de muestra es pequeño y 5) son útiles a un nivel de significancia previamente especificado (Berlanga y Rubio, 2011).

La prueba de Kruskal wallis, permite comparar más de dos muestras con el propósito de conocer si proceden de la misma población o si hay diferencias entre las medidas de tendencia central de más de dos poblaciones; compara las medianas en lugar de las medias. Es la alternativa no paramétrica del método ANOVA, es decir, sirve para contrastar la hipótesis de que k muestras cuantitativas han sido obtenidas de la misma población (Romaina, 2012).

6.12. Mercado de carbono

Una de las grandes alternativas económicas viable al compromiso asumido por países, empresas e individuos, de disminuir las emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero (GEI), es la presentación de servicio conocido como “el mercado de carbono”, que representa una oportunidad de generar recursos adicionales para el desarrollo del país. Existe dos tipos de mercado: un mercado que se encuentra dentro del cumplimiento regulado y la observancia de las prerrogativas del Protocolo de Kyoto, en donde establecieron objetivos cuantificados de reducción de emisiones para los países desarrollados, así como mecanismo de mercado dentro de este encontramos el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), permite que proyectos de inversión elaborados en países en desarrollo puedan obtener ingresos económicos adicionales a través de la venta de créditos de carbono llamados “Certificados de Emisiones Reducidas” (CERs), y el segundo el mercado voluntario, el cual no es jurídicamente vinculante, basado en los compromisos voluntarios de empresas privadas e individuos que buscan

compensar por los impactos ambientales que genera su actividad productiva. Tanto el mercado oficial como el mercado voluntario de emisiones tienen objetivos que van más allá de la captura de carbono. (Peña y Bent, 2007).

El mercado de carbono o de reducciones de emisiones de gas es de efecto invernadero surge ante la necesidad de tomar medidas ante la evidencia de que la actividad humana está influenciando un proceso de calentamiento climático global acelerado debido a la concentración de gases de efecto invernadero, con los consecuentes impacto negativos sobre la salud de los seres humanos, su seguridad alimentaria, la actividad económica, el agua y otros recursos naturales y de infraestructura física (Eguren, 2004).

VII. MARCO CONCEPTUAL

Almacenamiento de carbono: Capacidad del bosque para mantener una determinada cantidad de carbono por hectárea, que será liberado gradualmente a la atmosfera en un tiempo determinado (Segura, 1999).

Biomasa: Cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico (Orrego *et al.*, 2001).

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

Biomasa arbórea: Considera al tronco, ramas y hojas de los árboles con diámetro mayores de 2,5 cm (López, 2005).

Biomasa radicular: Está representado por los sistemas radiculares, constituyendo otros sumideros de carbono (Medina, 2006).

Cambio climático: Modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional (Crowley *et al.*, 1998; citado por Gonzales, 2012).

Carbono: Elemento básico, las moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, pues todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de carbono enlazados entre sí (López, 2005).

Calentamiento global: Incremento de la temperatura media de la capa gaseosas que rodea al planeta, conocida como atmósfera (López, 2005).

Combustibles fósiles: Sustancias ricas en energías que se han formado a partir de plantas y micro organismos enterrados durante mucho tiempo, que incluyen petróleo, carbón y gas natural (Brown, 1997; citado por Gonzales, 2012).

Dióxido de carbono: Gas producido naturalmente, derivado de la combustibles fósiles y de la biomasa, así como de los cambios de uso de suelo y otros procesos industriales (Pérez *et al.*, 2005; citado por Connolly y Corea, 2007).

Efecto invernadero: Fenómeno natural atmosférico, por el cual ciertos gases retienen parte de la energía que la superficie tierra emite por haber sido calentado por la radiación solar. Mantiene a una temperatura adecuada a la tierra (Perez *et al.*, 2005; citado por Connolly y Corea, 2007).

Fotosíntesis: Proceso que se desarrolla en dos etapas, la primera es un proceso dependiente de la luz (etapa clara), y la segunda independiente (etapa oscura) (Gonzales y Raisman, 2000. citado por López, 2005).

Plantaciones forestales: Ecosistema boscoso establecido por medio de la instalación en el terreno de plántulas, semillas o ambos, en el proceso de forestación o reforestación (Helms, 1998; citado por Carnus *et al.*, 2006).

Secuestro de carbono: Captura o secuestro de dióxido de carbono proveniente de la atmósfera (IPCC, 2000; citado por Manrique *et al.*, 2009).

Servicios ambientales: Utilidades que proporciona la naturaleza a las personas para su propio bienestar o beneficio (Figueroa, 2005; citado por Gonzáles, 2008)

Sumidero de carbono: Área determinada de bosque considerada como un reservorio de carbono siempre y cuando la cantidad almacenada de carbono aumenta con el tiempo (Honorio y Baker, 2010).

Valoración económica: Asignar valores monetarios a los bienes y servicios generados por el medio ambiente, con el fin de encontrar una racionalidad económica y política en el manejo de éstos (Gonzáles, 2008).

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Lugar de ejecución

8.1.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en las plantaciones de *V. lomatophylla* del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) Puerto Almendras de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) de la UNAP, Iquitos-Perú, ubicado en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto; a 22 km de distancia en dirección Sur-Oeste de la ciudad de Iquitos y al margen derecho del río Nanay, afluente del río Amazonas. Las coordenadas son: 3°49'42" S y 73°22'34"O. Las parcelas fueron la N° 3 de 22 años, la N° 15 de 33 años y la N° 64 de 13 años (Figura 8 del anexo).

8.1.2. Extensión del área del estudio

Las plantaciones de *V. lomatophylla* tienen un área total de 0,2 ha con una superficie de 2000 m². La parcela 3 tiene una área de 0,03 ha, la parcela 15 tiene un área de 0,07 ha y finalmente la parcela 64 tiene una área de 0,1 ha. Para obtener el área de las parcelas se consideró el distanciamiento de la plantación que es 5m x 5m, debido que las parcelas se encontraban mezcladas con otras especies forestales y frutales.

8.1.3. Accesibilidad

Para llegar a la zona de estudio se utilizan dos vías: la primera vía es terrestre, en vehículos motorizados por una carretera con una parte asfaltada y otra afirmada que une la ciudad de Iquitos con el CIEFOR en un tiempo aproximadamente de 40 min; mientras la segunda vía es fluvial, exclusivamente a través del río Nanay

o cubriendo el trayecto Río Amazonas–Río Nanay. El tiempo de navegación varía en función del tipo de embarcación empleada.

8.1.4. Clima

Se caracteriza por una precipitación media anual de 2979,3 mm; temperatura media anual 26,4°C; temperaturas máximas y mínimas promedios anuales de 31,6°C y 21,6°C, respectivamente; la humedad relativa media anual es de 82,1%. Los periodos lluviosos son los meses de Noviembre a Mayo y los no lluvioso son los meses de Junio y Agosto (SENAHMI, 2005; citado por Soto, 2011).

8.1.5. Zona de vida

El área de estudio pertenece a la zona de vida bosque húmedo tropical (Bh-T), cuyas características fisionómicas, estructurales y de composición florística corresponde a precipitaciones mayores de 2000 mm y menores de 4000 mm (INRENA, 1995; citado por Soto, 2011).

8.1.6. Geología

La configuración geológica de la zona se enmarca dentro de la denominada cuenca amazónica, la misma que en su mayor parte se encuentra cubierta por sedimentos detríticos continentales, los materiales que conforman la zona a nivel de reconocimiento, pertenecen al sistema terciario superior y cuaternario de la era cenozoica (Kalliola y Flores 1998).

8.2. Materiales y equipo

- De campo

Mapa de ubicación de las parcelas y sus coordenadas; receptor GPS; clinómetro; wincha de 30 metros; tablero; formato de datos; lápiz, tajador y borrador;

forcípula; plástico (rojo); plumón; pilas 2AA; machete; chinches; cámara fotográfica; equipos personales.

- **De gabinete**

Computadora personal y accesorios y materiales de escritorio y papelería.

8.3. Método

8.3.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación es descriptivo, donde se observaron las características principales que presenta cada parcela y al mismo tiempo se realizó el registro, análisis e interpretación de los datos obtenidos en el campo, no se manipuló la situación del área de estudio de la plantación. El nivel de investigación es básico donde se realizó recopilación de información existente referente al tema de estudio.

8.3.2. Población y muestra

La población del estudio estuvo conformada por todos los árboles de *V. lomatophylla* presentes en las plantaciones de 13 años, 22 años y 33 años, establecidas en el CIEFOR Puerto Almendra con un área total de manejo de 0,2 ha y una superficie de 2000 m². Teniendo en cuenta las características del estudio y considerando que se llevó a cabo un inventario a 100%, la muestra fue igual a la población (Cuadro 2).

Cuadro 2: Población y muestra.

Nº Parcela	Especie	Edades (años)	Área (ha)	Instalación (año)	Nº de arboles	Muestreo
64	<i>V. lomatophylla</i>	13	0,1	2000	42	100%
3		22	0,03	1991	10	100%
15		33	0,07	1980	27	100%

8.3.3. Análisis estadístico

Se realizó un análisis no paramétrico, empleando la prueba de Kruskal-Wallis o prueba de H (representación algebraica) con su comparador múltiple de Student-Newman-Keuls (SNK) a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Se utilizó esta prueba debido a que la distribución de los datos de campo no siguen una curva normal, y no existe homogeneidad de varianza en los datos (Figura 71, 72, 73, 74 de anexo). El cálculo se realizó en el programa BioEstat 5.0. Para obtener la curva de distribución de los datos, se utilizó el programa SPSS Statistics 20.

Para realizar la prueba estadística se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀: No existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* Standl. “quillosa” de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos – Perú.

H₁: Existe diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* Standl. “quillosa” de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos – Perú.

8.3.4. Procedimiento

8.3.4.1. Fase pre-campo

- Se realizó la recopilación de toda la información referente al tema como revisiones bibliográficas, análisis y selección de información existente.
- Después se realizó las coordinaciones necesarias para la salida al campo como: fecha, materiales que se utilizarán y los equipos personales que se llevará para la ejecución de esta tesis.

8.3.4.2. Fase campo

- Ubicación de parcelas .

Las plantaciones de *V. lomatophylla* del CIEFOR Puerto Almendra, se encuentran previamente establecidas en las parcelas (3, 15, y 64) (Figura 8 del anexo).

- Seguidamente se elaboró el formato general que se utilizó al momento de obtener los datos de cada parcela (Cuadro 10 del anexo).
- Finalmente se ejecutó el inventario a cada parcela (3; 15; y 64) de la plantación de *V. lomatophylla* (Figura 18 del anexo), se elaboró el formato general que se utilizó en la toma de datos y se ejecutó el inventario en cada plantación, enumerando en forma correlativa (Figura 13 del anexo), todos los árboles y registrando el DAP a 1,30 cm del suelo (Figura 14 del anexo), altura total (Figura 15 del anexo), distanciamiento existe entre el operador y la plantación (Figura 16 del anexo) y la georeferenciación de cada árbol (Figura 17 del anexo).

8.3.4.3. Fase gabinete

Después de obtener los datos necesarios dentro de la fase campo se procedió a la recopilación, organización y digitalización de toda la información indispensable para la ejecución de esta tesis.

Luego de realizar el inventario de cada plantación se efectuó los siguientes cálculos:

- Altura.

$$L_c = L_3/100 * d + H_{op}$$

$$L_c = L_3/20 * d + H_{op}$$

L_c = lectura del clinómetro.

L_3 = lectura en % del clinómetro.

D= distanciamiento entre la altura del operador y el árbol.

Hop= altura del operador (1,56m y 1,62m).

- Biomasa

Para calcular la biomasa se utilizó las siguientes formulas propuesto por Higuchi y Carbalho (1994). La fórmula planteada se aplicó a cada árbol. Estas fórmulas son aplicables para bosque húmedo tropical y subtropical.

a. Determinación del peso verde de la biomasa aérea

Se aplicó el modelo matemático:

$$B_a = a * D^b * H^c$$

Donde: B_a = biomasa aérea (kg); D= diámetro a la altura del pecho (cm); H= altura total (m); a = 0,026; b = 1,529; c = 1,747. (a. b. c = coeficientes de regresión).

b. Determinación del peso verde de la biomasa radicular

El cálculo se realizó teniendo en cuenta el 20% del peso de la biomasa aérea (MacDicken, 1997).

$$B_r = B_a * 0,20$$

Donde= B_r = biomasa radicular (kg); B_a = biomasa aérea (kg)

c. Determinación del peso verde de la biomasa total

El cálculo de la biomasa total se realizó a partir de la suma de la biomasa aérea y la biomasa radicular.

$$B_t = B_a + B_r$$

Donde: B_t = biomasa verde total (kg); B_a = biomasa aérea (kg); B_r = biomasa radicular (kg).

El índice de la biomasa total seca es toneladas por hectárea (t/ha), para realizar este cálculo se aplicó regla de tres simple, teniendo en cuenta el área total de cada parcelas trabajadas.

- **Stock de carbono.**

Para realizar el cálculo de carbono se empleó la siguiente fórmula propuesta por IPCC (2003). Cada fórmula planteada se utilizó para cada árbol. Estas fórmulas son aplicables para bosque húmedo tropical y subtropical.

a. Carbono aéreo

La biomasa total se multiplicó por 0,5; factor que corresponde a una constante convencional indicando por IPCC, (1996); citado por Gonzales, (2012). Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$C_A = B_T * 0,5$$

Donde: C_A = carbono aéreo, en toneladas de carbono (tC); B_T = biomasa total, en tonelada (t).

b. Carbono radicular

El valor de carbono radicular se obtuvo a través del método indirecto de cálculo, que consiste en relacionar el carbono aéreo total de la especie a través de la siguiente fórmula propuesta por el IPCC y se utilizó la relación media entre biomasa bajo / sobre el suelo de 0,24 para bosque húmedo tropical y subtropical. (IPCC, 2003).

$$C_R = 0,24 * C_A$$

Donde: C_R = carbono radicular, en toneladas de carbono (tC); C_A = carbono aéreo, en toneladas de carbono (tC).

c. **Carbono total**

El cálculo del carbono total se realizó a partir de la suma del carbono aéreo y del carbono radicular (IPCC, 2003).

$$C_T = C_A + C_R$$

Donde: C_T = carbono total, en toneladas de carbono (tC); C_A = carbono aéreo total, en toneladas de carbono (tC); C_R = carbono radicular, en toneladas de carbono (tC).

El índice del carbono total es toneladas de carbono por hectárea (tC/ha), para realizar este cálculo se aplicó regla de tres simple, teniendo en cuenta el área total de cada parcelas trabajadas.

- **Secuestro de dióxido de carbono**

Para realizar el cálculo del secuestro de CO_2 se empleó la siguiente fórmula propuesta por Vallejo (2009), Alegre (2008), Gamarra (2001) e IPCC (2003). Esta fórmula se empleó para cada edad de la plantación.

$$CO_2 = C_T * 3,6663$$

Donde: CO_2 =Dióxido de carbono secuestrado, en toneladas de dióxido de carbono por hectárea (t CO_2 /ha); C_T = Carbono total almacenado, en toneladas de carbono por hectárea (tC/ha); 3,6663=Factor de conversión a CO_2 , resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono y del carbono: *(Peso de las emisiones) / *(Peso atómico del Carbono)

*Peso del CO_2 = 2 * C + O = 43,999915; *Peso atómico del carbono=12,001115

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

- **Estimación del valor económico del CO₂ secuestrado**

Para estimar el valor económico del CO₂ secuestrado, se procedió a multiplicar la cantidad total de dióxido de carbono, con el respectivo precio en el mercado, que tiene el carbono en un determinado lugar. Se empleó la fórmula propuesta por IPCC (1996); citado por IPCC (2003).

$$V_E = CO_2 * \text{Precio en el mercado}$$

Donde: V_E= valor económico, en dólares por hectárea (US\$/ha); CO₂= dióxido de carbono secuestrado, en toneladas de dióxido de carbono por hectárea (tCO₂/ha).

Para determinar el precio del mercado del servicio de secuestro de dióxido de carbono, se ha tenido en cuenta el valor referencial dado por La Bolsa Española de derechos de Emisiones de Dióxido de Carbono (SENDECO₂), de la fecha del 1 de julio de 2013 que indica € 4,224/tCO₂ equivalente a US\$ 5,509/tCO₂.

IX. RESULTADOS

9.1. Biomasa total en plantaciones de *V. lomatophylla*.

Se muestran los resultados de la cuantificación de la biomasa total en plantaciones de *V. lomatophylla* de 13 años, 22 años y 33 años.

Cuadro 3: Biomasa total de la plantación de *V. lomatophylla* en t/ha.

Edad (años)	N° de individuos	Biomasa					Promedio de la biomasa total (toneladas)
		Aérea (kg/ha)	Radicular (kg/ha)	Total (kg/ha)	Total (t)	Total (t/ha)	
13	42	62531,17	12506,23	75037,40	7,50	75,04	0,18
22	10	128847,91	25769,58	154617,50	4,64	154,62	0,46
33	27	159605,74	31921,15	191526,88	13,41	191,53	0,50
Total	79	350984,81	70196,96	421181,78	25,55	421,18	1,14

En el cuadro 3 y figura 1, se observa los valores de las 3 plantaciones de diferentes edades estudiadas, encontrándose mayor cantidad de biomasa total en la plantación de 33 años con un total de 191,53 t/ha, con un promedio de biomasa total de 0,50 t; seguido de la plantación de 22 años con un total de 154,62 t/ha, con un promedio de biomasa total de 0,46 t y finalmente la plantación de 13 años con un total de 75,04 t/ha, con un promedio de biomasa total de 0,18 t. La producción de biomasa total entre las diferentes edades estudiadas de la plantación de *V. lomatophylla* es 421,18 t/ha, con un promedio de biomasa total de 1,14 t.

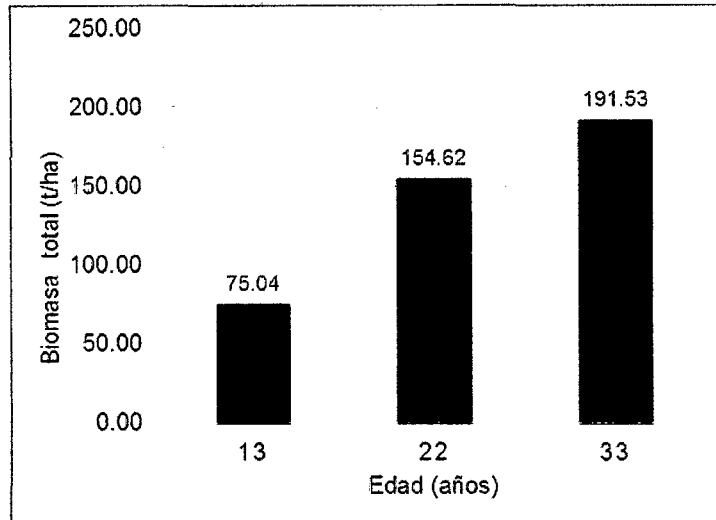


Figura 1: Biomasa total de la plantación *V. lomatophylla* por edades.

De acuerdo a la prueba de hipótesis: H_1 : Existe diferencia entre las diferentes edades de la biomasa total de la plantación de *V. lomatophylla*; o la H_0 : No existe diferencia entre las diferentes edades de la biomasa total de la plantación de *V. lomatophylla*. En el cuadro 4, se observa el análisis estadístico de la prueba no paramétrica de Kruskal wallis a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ y su comparador múltiple estadístico SNK.

Cuadro 4: Prueba de Kruskal wallis para la biomasa total de diferentes edades de la plantación *V. lomatophylla*.

H =	19,48	
Grado de libertad=	2	
(p) Kruskal-Wallis =	0,0001	
13 años (Punto medio) =	29,44	
22 años (Punto medio) =	56,35	
33 años (Punto medio) =	50,37	
Comparaciones con S.N.K	Diferencia de punto medio	p-valor
Grupos (13 años - 22 años) =	26,91	0,0009
Grupos (13 años - 33 años) =	20,93	0,0002
Grupos (22 años - 33 años) =	5,98	0,4815

De acuerdo a los resultado obtenidos se encontró que la prueba estadística de H tiene un valor de 19,48; con un grado de libertad 2, con un valor de p de $0,0001 < \alpha = 0,05$ existiendo diferencia significativas entre las 3 edades estudiadas de la plantación de *V. lomatophylla*.

Aplicando el comparador múltiple de SNK entre las edades de 13 años y 22 años existe una diferencia de 26,90 toneladas, con un valor de p de $0,0009 < \alpha = 0,05$ y entre las edades de 13 años y 33 años existe una diferencia de 20,92 toneladas, con un valor de p de $0,0002 < \alpha = 0,05$ indicando que existe diferencia significativa estadísticamente entre estas edades; y finalmente entre las edades de 22 años y 33 años existe una diferencia de 5,98 toneladas, con un valor de p de $0,4815 > \alpha = 0,05$ indicando que no existe diferencia significativa estadísticamente entre estas edades (figura 2). Comprobando que se acepta la hipótesis alterna de la biomasa total de las diferentes edades de la plantación de *V. lomatophylla* en el CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos–Perú.

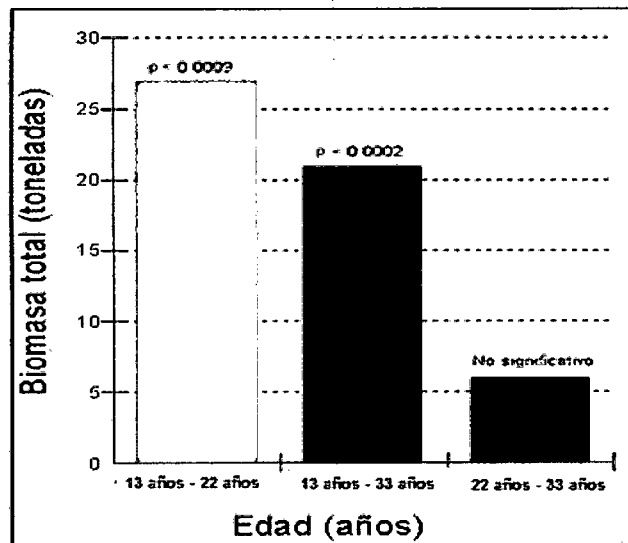


Figura 2: Prueba de SNK para la biomasa total de la plantación de *V. lomatophylla* por edades.

9.2. Stock de carbono en plantaciones de *V. lomatophylla*.

A continuación se presentan los resultados de la cuantificación de stock de carbono en plantaciones de *V. lomatophylla* de 13 años, 22 años y 33 años.

Cuadro 5: Stock de carbono de la plantación de *V. lomatophylla* en tC/ha.

Edad (años)	N° de individuos	Stock de Carbono				Promedio del carbono total (toneladas de carbono)
		Aéreo (tC/ha)	Radicular (tC/ha)	Total toneladas (tC)	Total (tC/ha)	
13	42	37,52	9,00	4,65	46,52	0,11
22	10	77,31	18,55	2,88	95,86	0,29
33	27	95,76	22,98	8,31	118,75	0,31
Total	79	210,59	50,54	15,84	261,13	0,71

En el cuadro 5 y figura 3, se muestra los valores de las 3 plantaciones de diferentes edades estudiadas, encontrándose mayor cantidad de stock de carbono en la plantación de 33 años con un total de 118,75 tC/ha, con un promedio de 0,31 tC, seguido de la plantación de 22 años con un total de 95,86 tC/ha, con un promedio de 0,29 tC y finalmente la plantación de 13 años con un total de 46,52 tC/ha, con un promedio de 0,11 tC. La cantidad de stock de carbono que existe entre las diferentes edades de la plantación de *V. lomatophylla* es 261,13 tC/ha, con un promedio total de 0,71 tC.

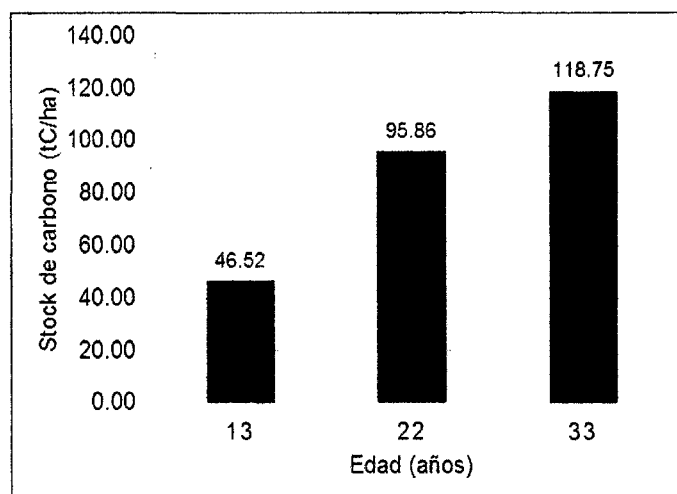


Figura 3: Stock de carbono total de la plantación de *V. lomatophylla* por edades.

Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal wallis a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ con su comparador múltiple estadístico SNK (cuadro 6); de esta manera se comprobará la prueba de hipótesis: H_1 : Existe diferencia entre las diferentes edades del stock de carbono de la plantación de *V. lomatophylla*; o la H_0 : No existe diferencia entre las diferentes edades del stock de carbono de la plantación de *V. lomatophylla*.

Cuadro 6: Prueba de Kruskal wallis para el stock de carbono de diferentes edades de la plantación *V. lomatophylla*.

H =	19,38	
Grado de libertad=	2	
(p) Kruskal-Wallis =	0,0001	
13 años (Punto medio) =	29,46	
22 años (Punto medio) =	56,25	
33 años (Punto medio) =	50,37	
Comparaciones con S.N.K	Diferencia de punto medio	p-valor
Grupos (13 años - 22 años) =	26,79	0,0009
Grupos (13 años - 33 años) =	20,91	0,0002
Grupos (22 años - 33 años) =	5,88	0,4889

De acuerdo a los resultado obtenidos se encontró que la prueba estadística de H tiene un valor de 19,38; con un grado de libertad 2; el valor de la p es $0,0001 < \alpha = 0,05$ mostrando que existe diferencia significativas entre las diferentes edades estudiadas de la plantación de *V. lomatophylla*.

Aplicando su comparador múltiple de SNK, se observa que entre las edades de 13 años y 22 años existe una diferencia de 26,79 toneladas, con un valor de p de $0,0009 < \alpha = 0,05$ y entre las edades 13 años y 33 años existe una diferencia de 20,91 toneladas, con un valor de p de $0,0002 < \alpha = 0,05$ indicando que existe diferencia significativa estadísticamente entre estas edades estudiadas y finalmente entre las edades de 22 años y 33 años existe una diferencia de 5,88 toneladas, con un valor de p de $0,4889 > \alpha = 0,05$ indicando que no existe diferencia significativa estadísticamente entre estas edades estudiadas (figura 4). Comprobando que se acepta la hipótesis alterna del stock de carbono de las diferentes edades de la plantación de *V. lomatophylla* en el CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos–Perú.

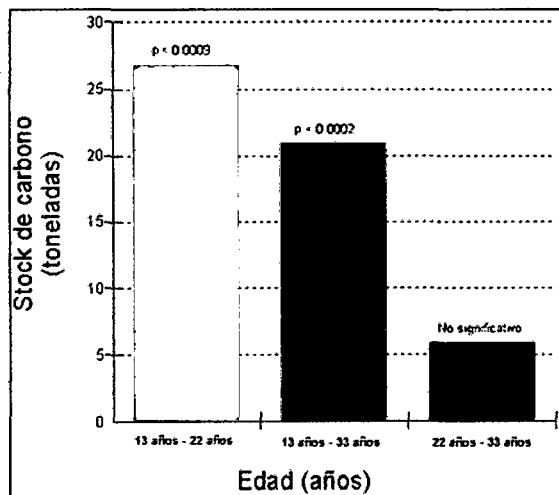


Figura 4: Prueba de SNK para el stock de carbono de la plantación de *V. lomatophylla* por edades.

9.3. Secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *V. lomatophylla*.

Se muestran los resultados de la cuantificación del secuestro de CO₂ en plantaciones de *V. lomatophylla* de 13 años, 22 años y 33 años

Cuadro 7: Secuestro de dióxido de carbono (CO₂) de *V. lomatophylla* tCO₂/ha.

Edad (años)	N° de individuos	Secuestro de CO ₂ (toneladas de CO ₂)	Secuestro de CO ₂ (tCO ₂ /ha)	Promedio del secuestro de CO ₂ (toneladas de CO ₂)
13	42	1,06	170,57	0,41
22	10	10,54	351,46	1,05
33	27	30,48	435,36	1,13
Total	79	58,08	957,39	2,59

En el cuadro 7 y figura 5, se observa los valores de las 3 plantaciones de diferentes edades estudiadas; encontrándose mayor cantidad de secuestro de CO₂ en la plantación de 33 años con un total de 435,36 tCO₂/ha, con un promedio de 1,13 tCO₂; seguido de la plantación de 22 años con un total de 351,46 tCO₂/ha, con un promedio de 1,05 tCO₂ y finalmente la plantación a la edad de 13 años con un total de 170,57 tCO₂/ha, con un promedio de 0,41 tCO₂. La cantidad del secuestro de dióxido de carbono que existe entre las diferentes edades de la plantación de *V. lomatophylla* es 957,39 tCO₂/ha, con un promedio total de 2,59 tCO₂.



045

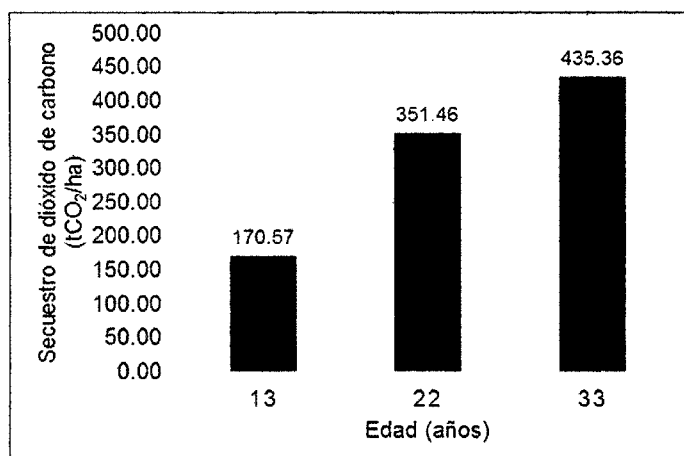


Figura 5: Secuestro del CO₂ de la plantación de *V. lomatophylla* por edades.

En el cuadro 7, se observa el análisis estadístico de la prueba no paramétrica de Kruskal wallis a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ y su comparador múltiple estadístico SNK; de esta manera se comprobó la prueba de hipótesis: H₁: Existe diferencia entre las diferentes edades del secuestro de CO₂ de la plantación de *V. lomatophylla*; o la H₀: No existe diferencia entre las diferentes edades del secuestro de CO₂ de la plantación de *V. lomatophylla*.

Cuadro 8: Prueba de Kruskal wallis para el secuestro de CO₂ de diferentes edades de la plantación *V. lomatophylla*.

H =	19,43	
Grado de libertad=	2	
(p) Kruskal-Wallis =	0,0001	
13 años (Punto medio) =	29,45	
22 años (Punto medio) =	56,30	
33 años (Punto medio) =	50,37	
Comparaciones con S.N.K	Diferencia de punto medio	p-valor
Grupos (13 años - 22 años) =	26,85	0,0009
Grupos (13 años - 33 años) =	20,92	0,0002
Grupos (22 años - 33 años) =	5,93	0,4852

De acuerdo a los resultado obtenidos se encontró que la prueba estadística de H tiene un valor de 19,43; con un grado de libertad de 2; el valor de p es $0,0001 < \alpha = 0,05$ mostrando que existe diferencia significativas entre las diferentes edades estudiadas de la plantación de *V. lomatophylla*.

Aplicando su comparador múltiple de SNK, se observa que entre las edades de 13 años y 22 años existe una diferencia de 26,85 toneladas, con un valor de p de $0,0009 < \alpha = 0,05$ y entre las edades de 13 años y 33 años existe una diferencia de 20,92 toneladas, con un valor de p de $0,0002 < \alpha = 0,05$ indicando que existe diferencia significativa estadísticamente entre estas edades estudiadas y finalmente entre las edades de 22 años y 33 años existe una diferencia de 5,93 toneladas, con un valor de p de $0,4852 > \alpha = 0,05$ indicando que no existe diferencia significativa estadísticamente entre estas edades estudiadas (figura 6). Comprobándose que se acepta la hipótesis alterna del secuestro de CO_2 de las diferentes edades de la plantación de *V. lomatophylla* en el CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos–Perú.

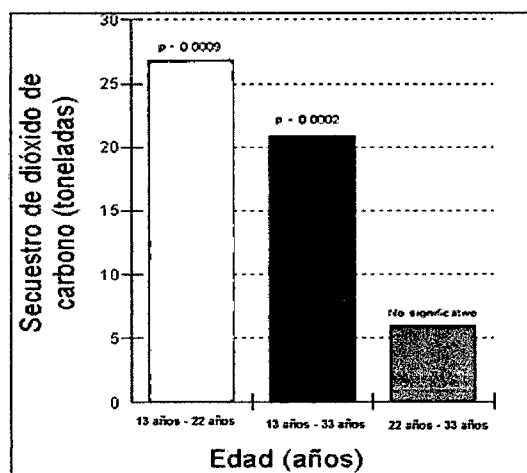


Figura 6: Prueba de SNK para el secuestro de CO_2 de la plantación de *V. lomatophylla* por edades.

9.4. Valoración económica del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *V. lomatophylla*.

A continuación se presentan los resultados de la valoración económica del secuestro de CO₂ en plantaciones de *V. lomatophylla* de 13 años, 22 años y 33 años.

Cuadro 9: Valoración económica del secuestro de CO₂ de la plantación de *V. lomatophylla* en US\$/tCO₂/ha.

Edad (años)	N° de individuos	Valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$/tCO ₂)	Valoración económica del secuestro de CO ₂ (US\$/tCO ₂ /ha)	Promedio de la valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$/tCO ₂)
13	42	93,97	939,66	2,24
22	10	58,09	1936,20	5,81
33	27	167,89	2398,40	6,22
Total	79	319,94	5274,27	14,26

En el cuadro 8 y figura 7, se muestra los valores de las 3 plantaciones de diferentes edades estudiadas, encontrándose mayor valoración económica del secuestro de CO₂ en la plantación de 33 años con un total de US\$ 2398,40/tCO₂/ha, con un promedio de \$ 6,22/tCO₂; seguido de la plantación de 22 años con un total de US\$ 1936,20/tCO₂/ha, con un promedio de \$ 5,81/tCO₂ y finalmente la plantación de 13 años con un total de US\$ 939,66/tCO₂/ha, con un promedio de \$ 2,22/tCO₂. El valor económico del secuestro de CO₂ de diferentes edades de la plantación de *V. lomatophylla* hace un total de US\$ 5274,27/tCO₂/ha, con un promedio total de \$ 14,26/tCO₂.

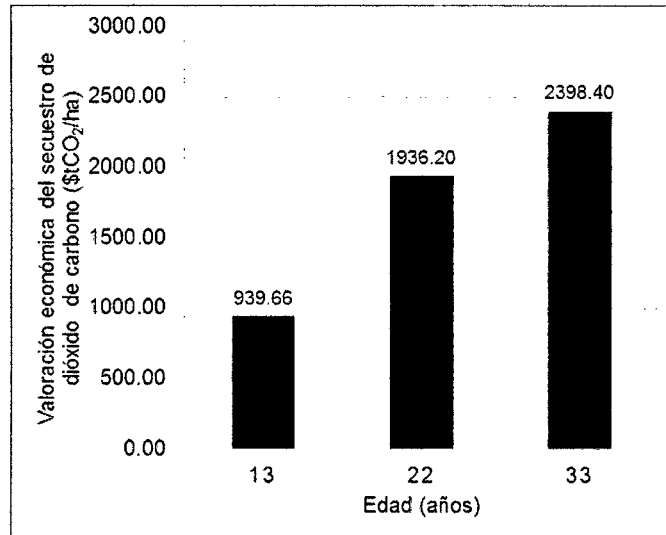


Figura 7: Valoración económica del secuestro de CO₂ de la plantación de *V. lomatophylla* por edades.

Después de realizar los 3 pasos (biomasa total, stock de carbono y secuestro de dióxido de carbono) para obtener la valoración económica del secuestro de CO₂, se observó que existe diferencia significativa estadísticamente entre las edades estudiadas. En este caso no se aplicó el análisis estadístico, debido, a que solo damos a conocer a cuánto esta valorizado económicamente el secuestro del CO₂ de la plantación de *V. lomatophylla* de diferentes edades.

X. DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos de biomasa, stock de carbono, secuestro de CO₂ y valoración económica del secuestro de CO₂ de la plantación de *Vochysia lomatophylla*; se encontró mayor cantidad de biomasa total en la plantación de 33 años con un total de 191,53 t/ha; seguido de la plantación de 22 años con un total de 154,62 t/ha, principalmente se debe a la edad de la plantación, las características de cada parcela y sobre todo, se sabe, que a esta edad la especie se encuentra estable y con un grosor de diámetro adecuado y por lo tanto tienen una buena capacidad de producir más biomasa; mientras Merino *et al.* (2003), menciona que las plantaciones *Pinus radiata* localizado en Galicia de la provincia de Lugo, la metodología que empleó que fue mediante los datos recogidos de diámetro normal y altura, en una superficie mínima a 1ha, en las cuales aplicó modelos alométricos, encontrándose un total de 142,2 t/ha de biomasa a la edad de 29 años, se debe principalmente a la edad, que es relativamente mayor, densidad de árboles que es alta y al tipo de suelo (Umbrisol húmico con un pH: 5 y 7); finalmente la plantación de 13 años con un total de 75,04 t/ha, se encontró menor cantidad de biomasa total debido a que esta edad los individuos son jóvenes y se encuentra en competencia de espacio y alimento las cuales la capacidad de generar biomasa es mínima, también por las características que presenta cada parcela; Merino *et al.* (2003), afirma que a la edad de 16 años se encontró menor cantidad de biomasa con un total de 93,9 t/ha, por ser individuos jóvenes y por el tipo de suelo (Cambisol dístico con un pH: 5 y 7). En este estudio no se encontraron investigaciones científicas que

realizaron estudios con las edades trabajadas, pero si se encontraron investigaciones con edades semejantes al estudio.

La cantidad de stock de carbono depende ampliamente del sitio de establecimiento de las plantaciones, la edad, la estructura, la función, los factores ambientales y socioeconómicos (Vogt *et al.*, 1996; Albrecht & Kandji. 2003; Scott *et al.*, 2004; citado por Gonzales, 2012), concordado con dichos autores se demostró mediante los resultados obtenidos que la mayor cantidad de stock de carbono se encontró en la plantación de 33 años con un total de 118,75 tC/ha; seguido de la plantación de 22 años con un total de 95,86 tC/ha y finalmente la plantación de 13 años tiene menor cantidad de stock de carbono con un total de 46,52 tC/ha; mientras Segura (1997); citado por Ortiz y Riascos, (2006), menciona que se debe tener en cuenta criterios como tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, factores de ajuste que se basan en datos de biomasa calculada a partir de volúmenes por hectárea de inventarios forestales, así como también de las condiciones del sitio, como localización y clima.

Se encontró mayor cantidad del secuestro de CO₂ en la plantación de 33 años con un total de 435,36 tCO₂/ha; seguido de la plantación de 22 años con un total de 351,46 tCO₂/ha y finalmente la plantación de 13 años se encontró menor cantidad del secuestro de CO₂ con un total de 170,57 tCO₂/ha, principalmente se debe a la edad de la plantación, la cantidad de biomasa y carbono que genera, las características que presenta cada parcela; de esta manera ICRAF, (2003); menciona que la cantidad del secuestro de CO₂ se relaciona a la capacidad del bosques de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectáreas, la cual está

en función a su heterogeneidad y está determinada por las condiciones del suelo y clima.

Finalmente se encontró mayor valoración económica del secuestro de dióxido de carbono (CO₂) en la plantación de 33 años con un total de US\$ 2398,40/tCO₂/ha; seguido de la plantación de 22 años con un total de US\$ 1936,20/tCO₂/ha y finalmente la plantación de 13 años presenta menor cantidad de valoración económica del secuestro de dióxido de carbono (CO₂), con un total de US\$ 939,66/tCO₂/ha, dando a conocer que a mayor edad la plantación genera más biomasa, stock de carbono y secuestra más CO₂, debido que los árboles se encuentra estables y con un grosor de diámetro adecuado y esto está influenciado por las edad y a las características que presenta cada parcela; en cambio el de menor edad la plantación todavía se encuentra joven y están en proceso de competencia de sitio y alimento y su proceso de generar biomasa, stock de carbono y secuestro de CO₂ es mínima. No importar a que edad secuestra más dióxido de carbono lo importante es dar a conocer el beneficio que puede generar este servicio para el desarrollo económico humano y ambiental.

El análisis estadístico de la prueba no paramétrica del kruskal wallis se obtuvo que el valor de p es $0,0001 < \alpha = 0,05$; indica que existe diferencia significativas entre las diferentes edades estudiadas de la plantación de *V. lomatophylla*. Aplicando su comparador múltiple llamado SNK, se observa que entre las edades de 13 años - 22 años y 13 años - 33 años existe diferencia significativa estadísticamente, las razón principal se debe que las edades comparadas son diferentes entre sí, en cuanto a las características del sitio del establecimiento de las parcela. De esta manera el que presenta mayor edad genera mayor cantidad

de biomasa, stock de carbono, secuestro de CO₂ y valor económico del secuestro de CO₂ y finalmente entre las edades de 22 años - 33 años, indica que no existe diferencia significativa estadísticamente, esto se debe que las características de área de cada parcela tiene algo en común. Los individuos de estas plantaciones se encuentran bien establecidas dentro de su área, en donde han ganado altura y grosor de sus diámetros, donde existe la misma cantidad de biomasa, stock de carbono, secuestro de dióxido de carbono (CO₂) y valoración económica del secuestro de dióxido de carbono, entre estas dos edades de la plantación.

XI. CONCLUSIONES

1. Se encontró mayor cantidad de biomasa total en la plantación de 33 años con 191,53 t/ha; seguido de la plantación de 22 años con 154,62 t/ha y finalmente la de menor cantidad la plantación de 13 años con 75,04 t/ha.
2. La mayor cantidad de stock de carbono se encontró en la plantación de 33 años con 118,75 tC/ha; seguido de la plantación de 22 años con 95,86 tC/ha y finalmente la de menor cantidad la plantación de 13 años con 46,52 tC/ha.
3. La cantidad total del secuestro del CO₂ que hay entre las plantaciones de 13, 22 y 33 años de *V. lomatophylla* es de 957,39 tCO₂/ha, siendo la plantación de 33 años la que acumula mayor cantidad del secuestro de CO₂ con 435,36 tCO₂/ha.
4. El mayor valor económico del secuestro de dióxido de carbono (CO₂) se encontró en la plantación de 33 años con US\$ 2398,40/tCO₂/ha; seguido de la plantación de 22 años con US\$ 1936,20/tCO₂/ha y finalmente la de menor cantidad la plantación de 13 años con US\$ 939,66/tCO₂/ha.
5. Se comprobó que la mayor cantidad de biomasa, stock de carbono, secuestro de dióxido de carbono y valoración económica del secuestro de dióxido de carbono, varía con el aumento de la edad de la plantación, existiendo una relación directamente proporcional.
6. De acuerdo al análisis estadístico se rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna, existiendo diferencia significativa entre el valor económico del secuestro de dióxido de carbono en plantaciones de *V. lomatophylla* de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra. Iquitos – Perú.

XII. RECOMENDACIONES

1. Seguir con este tipo de investigación pero con otras especies forestales que existen dentro del CIEFOR Puerto Almendra Rio Nanay para poder tener así una estimación de su valor económico.
2. Incentivar a las personas a conservar nuestros bosques ya que gracias a los servicios ambientales que nos brinda, trae consigo un beneficio económico, ambiental y socioeconómico.
3. Dar un sistema de manejo a la parcela de 22 años, debido a las características del área que se encuentra en buenas circunstancias, de tal manera mejorar las condiciones de almacenamiento de carbono de los individuos y generar un mayor valor económico. Se pueden promover el uso de raleo a las otras especies que se encuentran dentro del área, con la finalidad de aumentar el tamaño de la copa y así acelerar el crecimiento en su diámetro.
4. Incluir otras variables como el tipo de suelo, densidad básica, así poder tener un mejor ajuste de resultados, para este tipo de estudio.
5. Ensayar fórmulas matemáticas alométricas apropiadas para diversas especies y diversos tipos de bosques.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- ALEGRE, J. 2008. Manejo de sistemas Agroforestales para la recuperación de los suelos degradados de la Amazonia y generación de servicios medio ambientales. En: XI congreso Nacional y IV Internacional de la Ciencia del Suelo. "Suelos: Agricultura Sustentable. Biodiversidad y Agroforestería para el Desarrollo Rural". Tarapoto - Perú. 34-50 p.
- BERLANGA, V. Y RUBIO, M. 2012. Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació [en línea]*. 5 (2): 101-113. [Fecha de consulta: 28 de agosto del 2013]. Disponible en: <http://www.ub.edu/ice/reire.htm>.
- CARNUS, J.; PARROTA, J.; BROCKERHOFF, E.; ARBEZ, M.; JACTEL, H.; KREMER, A.; LAMB, D.; O'HARA, K & WALTERS, B. 2006. Planted forests and biodiversity. *Journal of Forestry* 104 (2): 65 - 77.
- CENTRO MUNDIAL DE AGROFORESTERIA. ICRAF. 2003. Manual de evaluación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra. Lima-Perú. 55 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.

- CONNOLLY, R y COREA, C. 2007. Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro Municipios de Nicaragua. Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Mangua. Nicaragua. 72 p. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2013]. Disponible en: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnp01c752.pdf>
- ECOSUR. 2000. Proyecto Piloto Internacional para la captura de carbono y Desarrollo Selvicultura Comunitario en Chiapas-México. México. 78 p.
- EGUREN, L. 2004. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo N° 83. Santiago de Chile. 83 p. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2013]. Disponible en: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/14902/lcl2085e.pdf>.
- FANARENA, XXI [en línea]. Memoria. II Reunión ordinaria. Foro de autoridades nacionales del ambiente y de los recursos naturales. 26-28 de enero de 1997. Guatemala. 27 p. [Fecha de consulta: 01 de febrero del 2013]. Disponible en: <http://books.google.com.pe/books?id=4REPAQAAIAAJ&pg=PA27&dq=Valoraci%C3%B3n+econ%C3%B3mica+del+secuestro+de+CO2+en+plantaciones+forestales.com>
- FONSECA, W.; ALICE, F.; REY, J. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque* [en línea] 30(1): 36-47. [Fecha de consulta: 26 de marzo del 2013]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v30n1/art06.pdf>

- GAMARRA, J. 2001. Estimación del contenido de carbono en plantaciones de eucaliptus (*globulus labill*) en Junín. Perú. En Simposio internacional de medición y captura de carbono en ecosistemas forestales del 18-21 de Octubre- Valdivia-Chile. 21 p. [Fecha de consulta: 01 de febrero del 2013]. Disponible en: http://www.chilepaisforestal.cl/_file/file_367_3457pf_ficha%20n%C2%BA15_la%20captura%20de%20carbono.pdf.
- GONZALES, A. 2012. Relación entre el almacenamiento de carbono con la edad de la plantación agroforestal en la zona de Caballococha. Provincia de Mariscal Ramón Castilla. Loreto-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.
- GONZÁLES, D. 2008. Valoración económica del servicio ambiental secuestro de carbono. Caso: Zona central de la Reserva forestal Imataca. (Trabajo de grado para optar al título de Magister en Gerencia. mención Financiera). Universidad Nacional experimental de Guayana. 92 p. [Fecha de consulta: 26 de marzo del 2013]. Disponible en: http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCS/TESIS/TESIS_POSTGRADO/MAESTRIAS/FINANZAS/TGMHGG65D562008DipsyGonzalez/TGMHGG65D562008DipsyGonzalez.pdf
- 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
- HIGUCHI, N. y CARBALHO, J. 1994. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. *Seminário Emissão x Seqüestro de CO₂: uma nova oportunidade de negócios para o Brasil*. 125-153.
- HONORIO, E. y BAKER, T. 2010. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana/ Universidad de Leeds. Lima. 54 p. [Fecha de consulta: 01 de febrero del 2013]. Disponible en: [http://www.rainfor.org/upload/Manuals Spanish/Honorio_Baker2010%20Manual%20carbono.pdf](http://www.rainfor.org/upload/Manuals%20Spanish/Honorio_Baker2010%20Manual%20carbono.pdf).
- 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.
- KALLIOLA, R. Y FLORES, S. 1998. Geoecología y desarrollo amazónico. Estudio integrado en la zona de Iquitos-Perú. Sarja-Ser. All.OSA-TOM-114. Turun Yliopiston Julkaisuja Annales Universitatis Turkuensis. Turku. 256 p.
- LOHMANN, L. 2000. El mercado de carbono. Sembrando más problemas. Documento informativo. Campaña de plantaciones. Movimiento Mundial para los bosques Tropicales. Montevideo. Uruguay. 90 p.
- LÓPEZ, A. 2005. Enfoque global y métodos de evaluación de captura de carbono. Modalidad: Ciclo de complementación académica 2005. Tesis (Ingeniero ambiental). Moyobamba-Perú. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. Facultad de Ecología. Escuela académica profesional de Ingeniería ambiental. 60 p.

- MACDICKEN, K. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Estados Unidos, F. C. M. P. Winrock International Institute for Agricultural Development. 91 p.
- MANRIQUE, S.; FRANCO, J.; NÚÑEZ, V y SEGHEZZO, L. 2009. Stock de biomasa y carbono en una zona del Chaco Occidental en el Municipio Coronel Moldes. La Viña. Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES) [en línea]*. 13 (06): 155-164. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. [Fecha de consulta: 26 de marzo del 2013]. Disponible en: <http://www.asades.org.ar/modulos/averma/trabajos/2009/2009-t006-a020.pdf>.
- MEDINA, C. 2006. Indicadores de impactos de los sistemas forestales y agroforestales. POSAF II. 1, 28 p.
- MERINO, A.; REY, C.; BRAÑAS, J.; RODRÍGUEZ, R. 2003. Biomasa arbórea y acumulación de nutrientes en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en Galicia. *Investigación Agraria: Sistemas de Recursos Forestales [en línea]*. 12 (2): 85-98. [Fecha de consulta: 19 de setiembre del 2013]. Disponible en: [http://www.inia.es/gcontrec/pub/085-098-\(5602\)-Biomasa_1059569472359.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/085-098-(5602)-Biomasa_1059569472359.pdf)
- MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN, MIDEPLAN. 2002. Plan nacional de desarrollo. Fijación de carbono. [Fecha de consulta: 01 de febrero del 2013]. Disponible en: <http://www.mideplan.go.cr/pnd/plan/19982002/economico/servicio-ambientales/index3.html>.
- MOTTO, P. 2000. Valoración económica del Bosque Seco. Proyecto de Gestión Concertada para el Control de la Desertificación y la Regeneración de los Bosque Seco en los Cantones de Zapotillo y Macará. 61 p. [Fecha de

consulta: 28 de febrero del 2013]. Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/136903749/06-Valoracion-Economica-Del-Bosque-Seco>

ORREGO, S Y DEL VALLES, J. 2001. Eficiencia de la cobertura vegetal en la asimilación de CO₂. Informe final. Empresa pública de Medellín E.S.P. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 156 p.

ORTIZ, A Y RIASCOS, L. 2006. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* L y laurel *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken en la Reserva Indígena de Talamanca. Costa Rica. Tesis (Ingeniero Agroforestal). San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 111 p. [Fecha de consulta: 18 de setiembre del 2013]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3706e/A3706e.pdf>

PEÑA, E Y BENT, L. 2007. El mercado de carbono. Miembros del comité de medio ambiente. *Perspectiva [en línea]*. 20 (15): 27-29. Cámara de Comercio Colombo Americana. 15 ediciones. Colombia. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2013]. Disponible en: <http://www.revistaperspectiva.com/archivos/revista/No%2015/bent.pdf>.

PIZZURNO, M. 2010. Estimación preliminar del stock de carbono en diferentes tipos de bosque en el Parque Nacional Caazapá. Departamento Caazapá. Tesis (Ingeniero forestal). San Lorenzo-Paraguay. Universidad Nacional de Asunción. Facultad de Ciencias Agrarias. 87 p. [Fecha de consulta: 02 de junio del 2013]. Disponible en: http://araucaria.seam.gov.py/attachments/article/69/tesis_ceciliapizzurno.pdf

RAMÍREZ, C. 2011. Biomasa y carbono de árboles comerciales con diámetro mínimo de corta (DMC) en un bosque de Orellana del Rio Ucayali. Loreto-

- Perú. Tesis (Ingeniero en ecología de bosques tropicales). Iquitos. Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de formación profesional de Ingeniería en ecología de bosques tropicales. 62 p.
- ROMAINA, J. 2012. Estadística experimental. Herramientas para investigación. 1era edición. Fondo Editorial UPT-Perú. Universidad Privada de Tacna. Madrid-España. 336 p.
- SEGURA, MA. 1999. Valoración del servicio ambiental de fijación y almacenamiento de carbono en bosques privados del Área de Conservación Cordillera Volcánica Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 115 p.
- SCHLEGEL, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. Universidad Austral de Chile. 13 p.
- SENDECO₂, la bolsa de CO₂. 2013. Sistema electrónico de negociación de derechos de emisiones de dióxido de carbono. Paseo de Gracia. 19-3ra. Planta 08007 Barcelona. Disponible en: www.sendeco2.com.
- 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>.
- SOTO, R. 2011. Identificación y cuantificación de la Entomofauna de hojarascas en plantaciones de *Vochysia lomatophyllum* Standl (quillosa) y *Ormosia coccinea* Jant (huayruro) en Puerto Almendra. Iquitos-Perú. Tesis (Ingeniero forestal). Iquitos. Perú. UNAP- Facultad de ciencias forestales. Escuela de formación profesional de Ingeniería Forestal. 47 p.

- ULLOA, W. 2010. Servicios Ambientales en Relación al Carbono en Bosques Tropicales Naturales de la Provincia de Esmeraldas. Tesis (Maestría en Ciencias sociales con mención en estudios Socio ambientales). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador. 83 p.
- VALLEJO, Á. 2009. Cambio climático, bosques y uso de la tierra. Curso Formulación de Proyectos MDL Forestal y Bioenergía. Carbón Descisions. Buenos Aires. Argentina. 16-20 de febrero. 29 p. [Fecha de consulta: 01 de febrero del 2013]. Disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/FAC/File/vallejo_cc_bosquesyusodelatierra.pdf.
- VÁSQUEZ, R. 1989. Plantas útiles de la Amazonia Peruana I. Field Research Associate de Missouri Botanical Garden. Iquitos-Perú. 195 p.
- VÁSQUEZ, R. 1997. Flórmula de las Reservas Biológicas de Iquitos. Perú. Missouri Botanical Garden. Iquitos-Perú. 938 p.
- VEGA, J Y MARTIARENA. R. Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de araucaria (*Araucaria angustifolia* -Bert.- O. Ktze). *Revista de ciencia y tecnología* [en línea] N° 13. Junio 2010. [Fecha de consulta: 19 de setiembre del 2013]. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1851-75872010000100011&script=sci_arttext.
- ZAMORA, J. 2003. Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del Ejido "La Majada" Municipio de Periban de Ramos. Michoacán. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología. 47 p. [Fecha de consulta: 01 de febrero del 2013]. Disponible en: www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/413.pdf

ANEXO

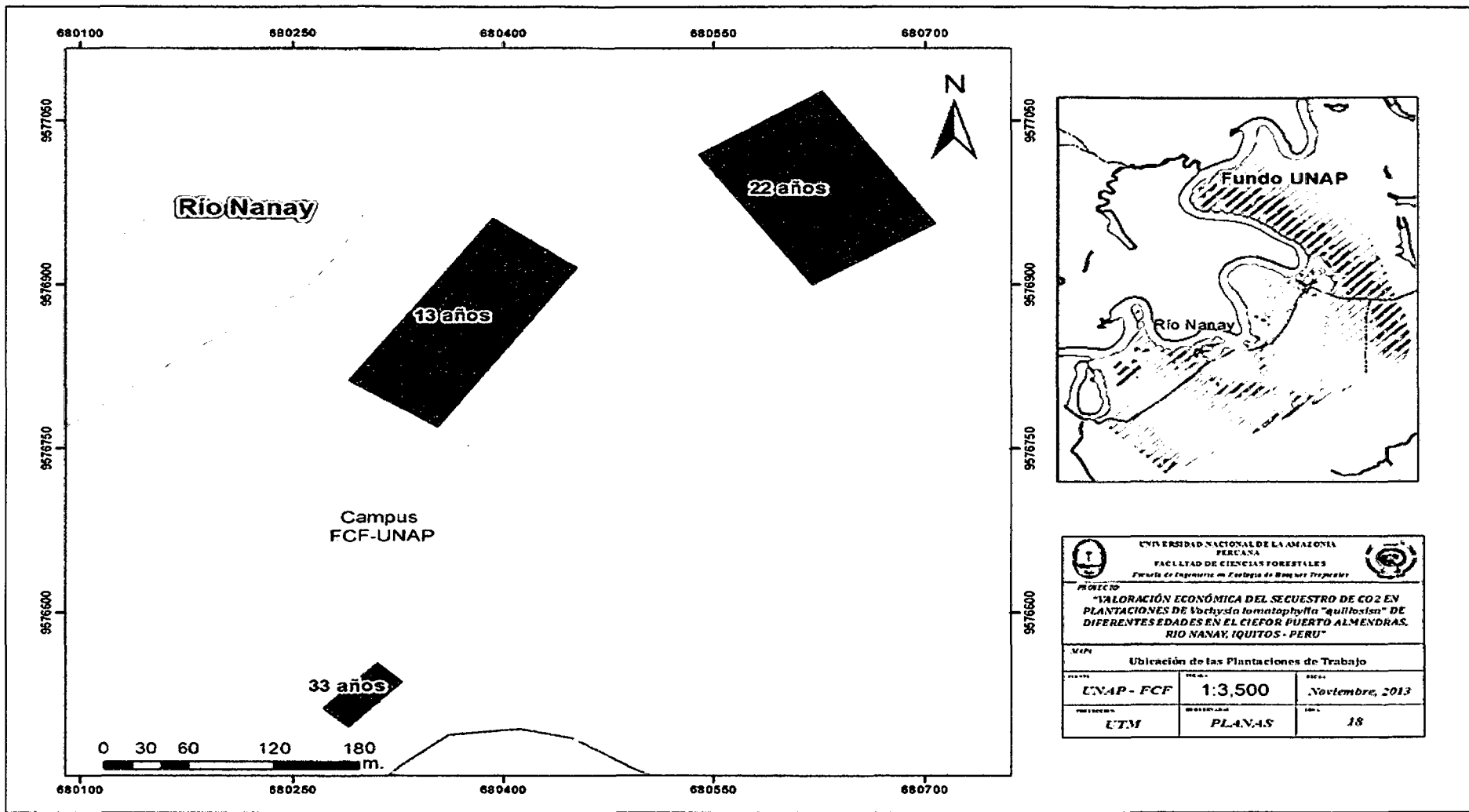


Figura 8: Ubicación de las parcelas de estudio de la plantación de *V. lomatophylla*.

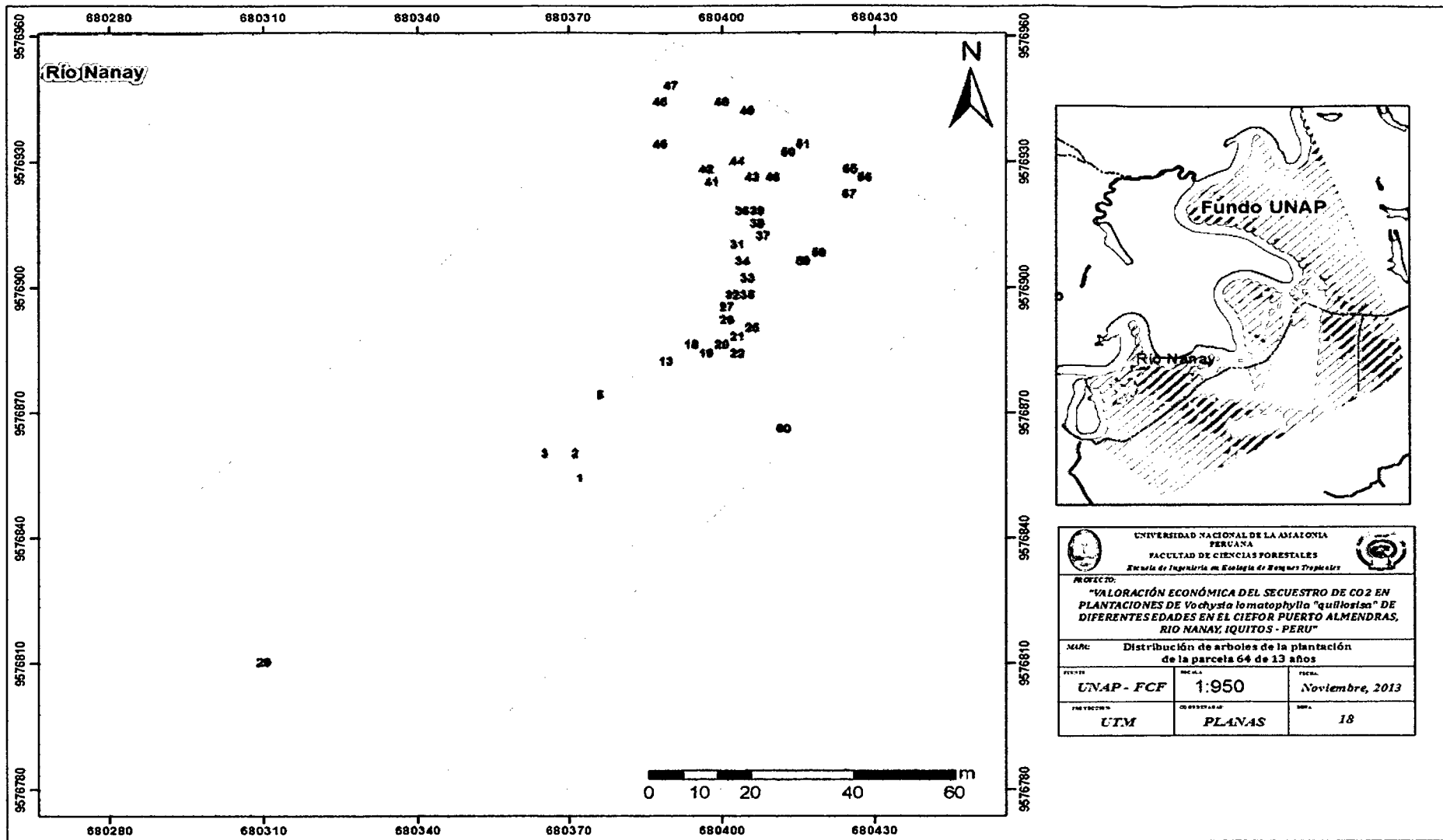


Figura 9: Distribución de los árboles de la parcela 64 de 13 años de la plantación de *V. lomatophylla*.

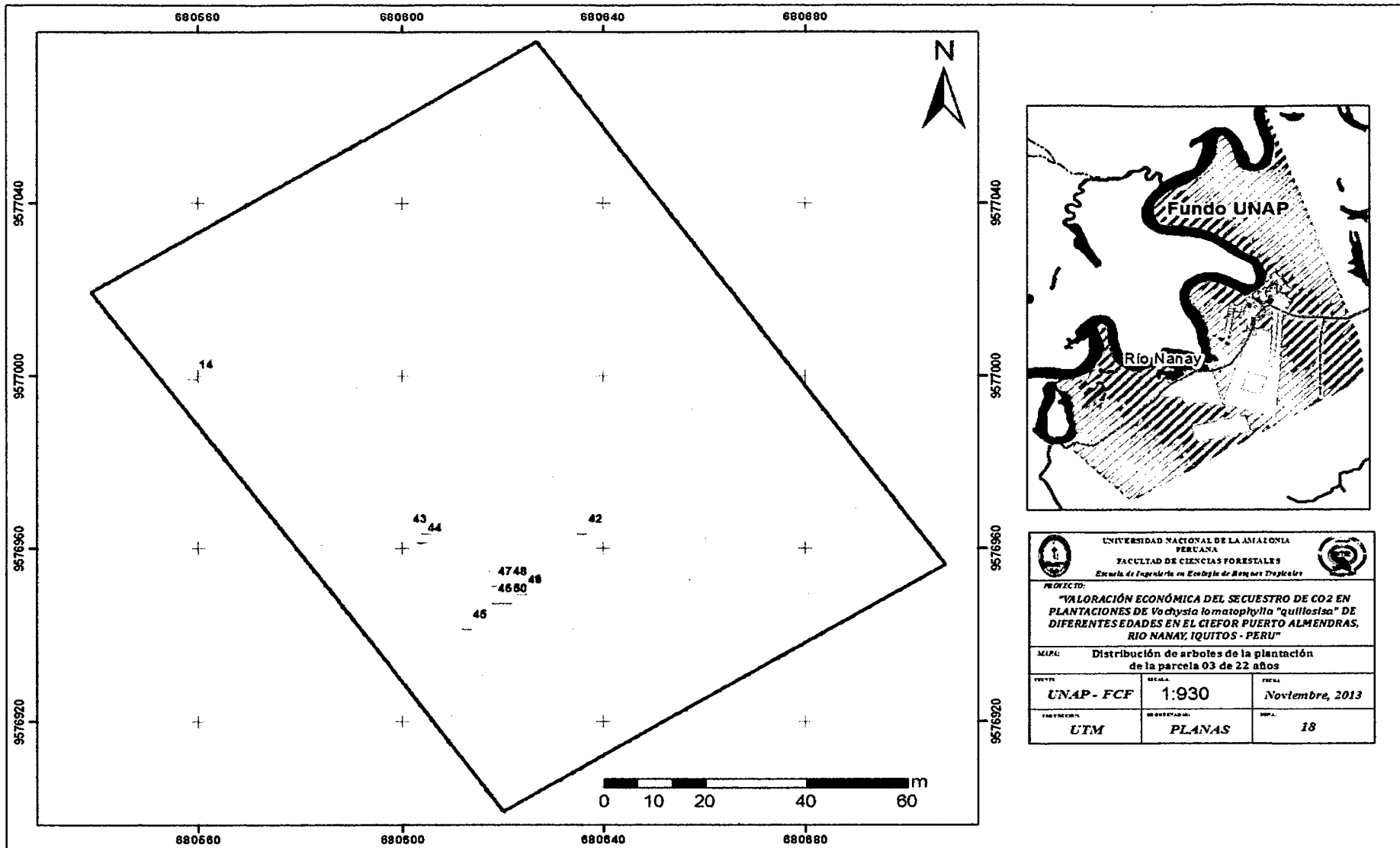


Figura 10: Distribución de los árboles de la parcela 3 de 22 años de la plantación de *V. lomatophylla*.

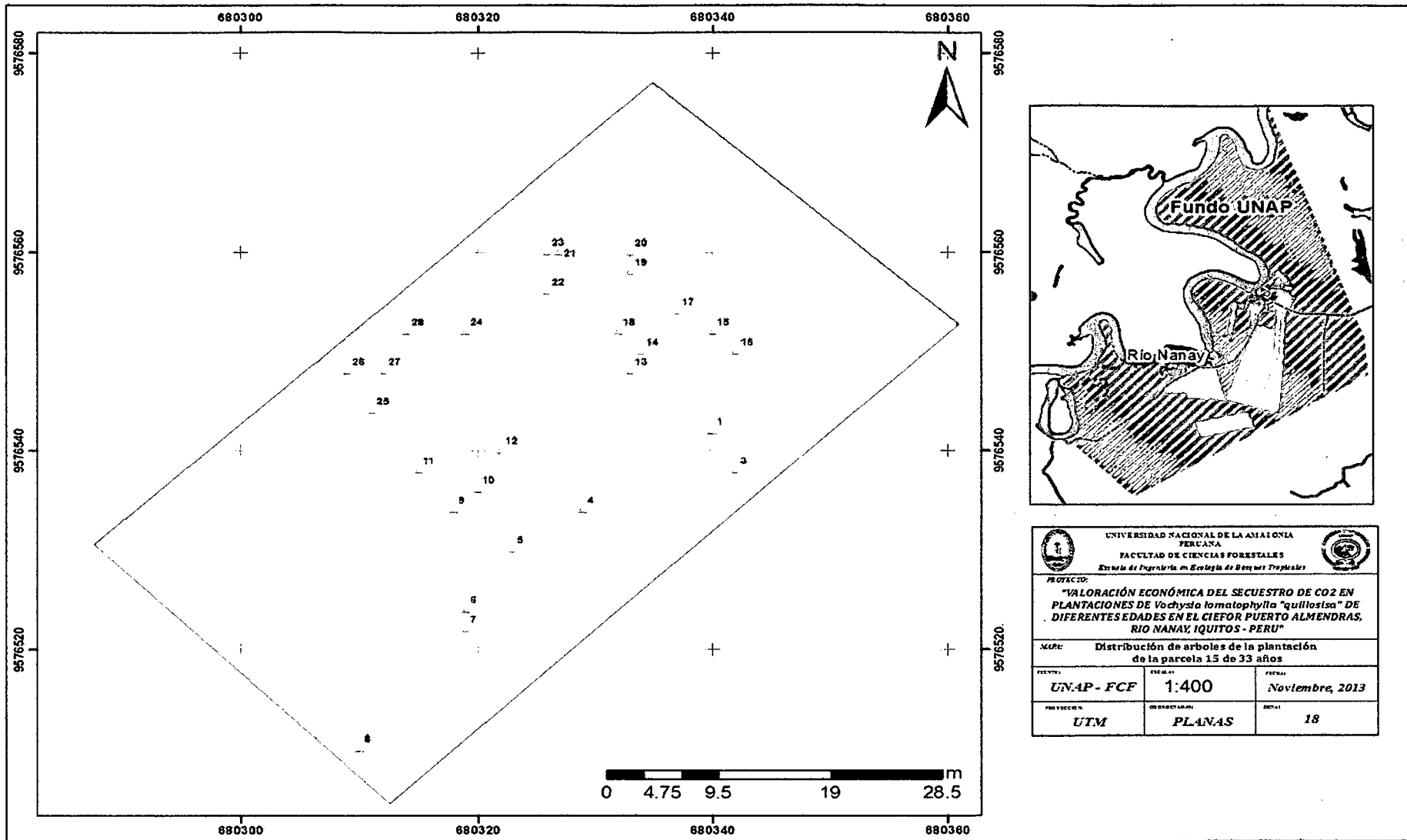


Figura 11: Distribución de los árboles de la parcela 15 de 33 años de la plantación de *V. lomatophylla*.



Figura 12: Plantación de *Vochysia lomatophylla*



Figura 13: Enumerado de los árboles de forma correlativa.



Figura 14: Medición del DAP (diámetro a la altura pecho), utilizando la forcípula.



Figura 15: Medición de la altura de los árboles, utilizando el clinómetro.



Figura 16: Medición del distanciamiento de los árboles utilizando la wincha.



Figura 17: Georeferenciación de los árboles, utilizando el receptor de GPS.



Figura 18: Anotación de todos los datos obtenidos de los árboles.

Cuadro 11: Datos del inventario: Biomasa, stock de carbono, secuestro de CO₂ y valoración económica del secuestro de CO₂ en la plantación de *V. lomatophylla* de 13 años de edad.

Parcela	N° Árbol	DAP (cm)	Distancia (m)	L3 (%)	Altura (m)	Coeficiente de regresión			Biomasa				Carbono			Secuestro de CO ₂ (tCO ₂)	Valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$)
						a	B	c	Aérea (kg)	Radicular (kg)	Total (kg)	Total (t)	Aéreo (tC)	Radicular (tC)	Total (tC)		
64	1	11,5	6,75	31,5	12,25	0,026	1,529	1,747	86,66	17,33	104,00	0,10	0,05	0,01	0,06	0,24	1,30
64	2	9,8	6	26	9,42	0,026	1,529	1,747	42,88	8,58	51,45	0,05	0,03	0,01	0,03	0,12	0,64
64	3	4,5	4,6	16,5	5,42	0,026	1,529	1,747	4,96	0,99	5,95	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07
64	5	11,3	7,25	26	11,05	0,026	1,529	1,747	70,39	14,08	84,47	0,08	0,04	0,01	0,05	0,19	1,06
64	12	17,4	7,8	28,5	12,74	0,026	1,529	1,747	174,67	34,93	209,60	0,21	0,10	0,03	0,13	0,48	2,62
64	13	15,6	7,25	30,5	12,68	0,026	1,529	1,747	146,62	29,32	175,94	0,18	0,09	0,02	0,11	0,40	2,20
64	18	10,7	5,75	27,5	9,53	0,026	1,529	1,747	50,01	10,00	60,01	0,06	0,03	0,01	0,04	0,14	0,75
64	19	16,4	10,6	18,2	11,27	0,026	1,529	1,747	128,80	25,76	154,56	0,15	0,08	0,02	0,10	0,35	1,94
64	20	12,7	7,55	36	15,21	0,026	1,529	1,747	147,19	29,44	176,62	0,18	0,09	0,02	0,11	0,40	2,21
64	21	17,6	8,75	35,5	17,15	0,026	1,529	1,747	299,00	59,80	358,80	0,36	0,18	0,04	0,22	0,82	4,49
64	22	15	7,85	30	13,40	0,026	1,529	1,747	152,05	30,41	182,46	0,18	0,09	0,02	0,11	0,41	2,28
64	25	18,8	8,1	33	14,99	0,026	1,529	1,747	261,24	52,25	313,48	0,31	0,16	0,04	0,19	0,71	3,93
64	26	9	6,71	31	12,02	0,026	1,529	1,747	57,63	11,53	69,15	0,07	0,03	0,01	0,04	0,16	0,87
64	27	11,3	6,48	26	10,04	0,026	1,529	1,747	59,63	11,93	71,56	0,07	0,04	0,01	0,04	0,16	0,90
64	29	22,4	9,2	33	16,80	0,026	1,529	1,747	416,98	83,40	500,38	0,50	0,25	0,06	0,31	1,14	6,27
64	31	4,5	7,5	9,5	5,18	0,026	1,529	1,747	4,59	0,92	5,51	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,07
64	32	4,6	6	16	6,42	0,026	1,529	1,747	6,90	1,38	8,28	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,10
64	33	6,3	3,9	19	5,33	0,026	1,529	1,747	8,05	1,61	9,67	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,12
64	34	10,7	5,65	48	15,18	0,026	1,529	1,747	112,87	22,57	135,45	0,14	0,07	0,02	0,08	0,31	1,70

Parcela	N° Árbol	DAP (cm)	Distancia (m)	L3 (%)	Altura (m)	Coeficiente de regresión			Biomasa				Carbono			Secuestro de CO ₂ (tCO ₂)	Valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$)	
						a	b	c	Aérea (kg)	Radicular (kg)	Total (kg)	Total (t)	Aéreo (tC)	Radicular (tC)	Total (tC)			
64	35	5,7	4,8	24	7,38	0,026	1,529	1,747	12,22	2,44	14,67	0,01	0,01	0,00	0,01	0,03	0,18	
64	36	24,3	9,5	38	19,67	0,026	1,529	1,747	622,07	124,41	746,49	0,75	0,37	0,09	0,46	1,70	9,35	
64	37	8,6	9,65	12,5	7,65	0,026	1,529	1,747	24,42	4,88	29,30	0,03	0,01	0,00	0,02	0,07	0,37	
64	38	5,1	5,4	13	5,13	0,026	1,529	1,747	5,46	1,09	6,56	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,08	
64	39	4	5,1	13,8	5,14	0,026	1,529	1,747	3,78	0,76	4,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	
64	40	21,7	9,65	38	19,96	0,026	1,529	1,747	536,55	107,31	643,86	0,64	0,32	0,08	0,40	1,46	8,06	
64	41	14,4	7,6	31,5	13,59	0,026	1,529	1,747	146,50	29,30	175,80	0,18	0,09	0,02	0,11	0,40	2,20	
64	42	3,4	5,72	7,5	3,77	0,026	1,529	1,747	1,71	0,34	2,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	
64	43	23,7	9	27	13,77	0,026	1,529	1,747	321,13	64,23	385,36	0,39	0,19	0,05	0,24	0,88	4,83	
64	44	15,2	7,5	26	11,37	0,026	1,529	1,747	116,53	23,31	139,83	0,14	0,07	0,02	0,09	0,32	1,75	
64	45	23,5	9	25	12,87	0,026	1,529	1,747	281,69	56,34	338,03	0,34	0,17	0,04	0,21	0,77	4,23	
64	46	23,7	9	22	11,52	0,026	1,529	1,747	235,14	47,03	282,16	0,28	0,14	0,03	0,17	0,64	3,53	
64	47	23,5	9	25	12,87	0,026	1,529	1,747	281,69	56,34	338,03	0,34	0,17	0,04	0,21	0,77	4,23	
64	48	18	8,75	22	11,25	0,026	1,529	1,747	148,02	29,60	177,62	0,18	0,09	0,02	0,11	0,40	2,22	
64	49	19,4	10	26	14,62	0,026	1,529	1,747	262,53	52,51	315,04	0,32	0,16	0,04	0,20	0,72	3,95	
64	50	20,5	8	25	11,62	0,026	1,529	1,747	191,23	38,25	229,48	0,23	0,11	0,03	0,14	0,52	2,87	
64	51	15,3	7,35	23	10,07	0,026	1,529	1,747	95,25	19,05	114,30	0,11	0,06	0,01	0,07	0,26	1,43	
64	55	17,7	7,7	30,5	13,36	0,026	1,529	1,747	195,01	39,00	234,01	0,23	0,12	0,03	0,15	0,53	2,93	
64	56	12,8	4,25	35	9,06	0,026	1,529	1,747	60,23	12,05	72,27	0,07	0,04	0,01	0,04	0,16	0,91	
64	57	21,1	9	24	12,42	0,026	1,529	1,747	224,51	44,90	269,41	0,27	0,13	0,03	0,17	0,61	3,37	
64	58	14	9	18	9,72	0,026	1,529	1,747	78,14	15,63	93,76	0,09	0,05	0,01	0,06	0,21	1,17	
64	59	11,4	10	10	6,62	0,026	1,529	1,747	29,18	5,84	35,01	0,04	0,02	0,00	0,02	0,08	0,44	
64	60	19,3	10	18	10,62	0,026	1,529	1,747	149,02	29,80	178,82	0,18	0,09	0,02	0,11	0,41	2,24	
									Sumatoria	6253,12	1250,62	7503,74	7,50	3,75	0,90	4,65	17,06	93,97
									Promedio	148,88	29,78	178,66	0,18	0,09	0,02	0,11	0,41	2,24
									Hectárea	62531,17	12506,23	75037,40	75,04	37,52	9,00	46,52	170,57	939,66

Cuadro 12: Datos del inventario: Biomasa, stock de carbono, secuestro de CO₂ y valoración económica del secuestro de CO₂ en la plantación de *V. lomatophylla* de 22 años de edad.

Parcela	N° Árbol	DAP (cm)	Distancia (m)	L3 (%)	Altura (m)	Coeficiente de regresión			Biomasa				Carbono			Secuestro de CO ₂ (tCO ₂)	Valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$)	
						a	b	c	Aérea (kg)	Radicular (kg)	Total (kg)	Total (t)	Aéreo (tC)	Radicular (tC)	Total (tC)			
3	14	23,3	17,5	70	13,8	0,026	1,529	1,747	314,47	62,89	377,36	0,38	0,19	0,05	0,23	0,86	4,73	
3	42	23,0	16,5	70	13,1	0,026	1,529	1,747	281,52	56,30	337,82	0,34	0,17	0,04	0,21	0,77	4,23	
3	43	29,9	18,1	68	13,9	0,026	1,529	1,747	463,84	92,77	556,61	0,56	0,28	0,07	0,35	1,27	6,97	
3	44	22,0	17	68	13,1	0,026	1,529	1,747	263,37	52,67	316,05	0,32	0,16	0,04	0,20	0,72	3,96	
3	45	30,7	17	70	13,5	0,026	1,529	1,747	458,41	91,68	550,09	0,55	0,28	0,07	0,34	1,25	6,89	
3	46	24,4	22,3	55	13,8	0,026	1,529	1,747	338,09	67,62	405,71	0,41	0,20	0,05	0,25	0,92	5,08	
3	47	35,2	25,3	62	17,2	0,026	1,529	1,747	871,23	174,25	1045,47	1,05	0,52	0,13	0,65	2,38	13,09	
3	48	16,8	14,2	65	10,8	0,026	1,529	1,747	123,93	24,79	148,71	0,15	0,07	0,02	0,09	0,34	1,86	
3	49	25,4	15,4	78	13,6	0,026	1,529	1,747	348,09	69,62	417,71	0,42	0,21	0,05	0,26	0,95	5,23	
3	50	27,9	18,5	65	13,6	0,026	1,529	1,747	402,49	80,50	482,99	0,48	0,24	0,06	0,30	1,10	6,05	
									Sumatoria	3865,44	773,09	4638,52	4,64	2,32	0,56	2,88	10,54	58,09
									Promedio	386,54	77,31	463,85	0,46	0,23	0,06	0,29	1,05	5,81
									hectárea	128847,91	25769,58	154617,50	154,62	77,31	18,55	95,86	351,46	1936,20

Cuadro 13: Datos del inventario: Biomasa, stock de carbono, secuestro de CO₂ y valoración económica del secuestro de CO₂ en la plantación de *V. lomatophylla* de 33 años de edad.

Parcela	N° Árbol	DAP (cm)	Distancia (m)	L3 (%)	Altura (m)	Coeficiente de regresión			Biomasa				Carbono			Secuestro de CO ₂ (tCO ₂)	Valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$)
						a	b	c	Aérea (kg)	Radicular (kg)	Total (kg)	Total (t)	Aéreo (tC)	Radicular (tC)	Total (tC)		
15	1	24,3	14,7	120	19,20	0,026	1,529	1,747	596,34	119,27	715,61	0,72	0,36	0,09	0,44	1,63	8,96
15	3	26,4	20,6	82	18,45	0,026	1,529	1,747	631,51	126,30	757,82	0,76	0,38	0,09	0,47	1,72	9,49
15	4	25,2	15	84	14,16	0,026	1,529	1,747	370,36	74,07	444,43	0,44	0,22	0,05	0,28	1,01	5,57
15	5	30,7	9,3	160	16,44	0,026	1,529	1,747	650,11	130,02	780,13	0,78	0,39	0,09	0,48	1,77	9,77
15	6	22,8	24	56	15,00	0,026	1,529	1,747	351,47	70,29	421,76	0,42	0,21	0,05	0,26	0,96	5,28
15	7	28,2	23,6	57	15,01	0,026	1,529	1,747	487,13	97,43	584,55	0,58	0,29	0,07	0,36	1,33	7,32
15	8	33,7	12,9	120	17,04	0,026	1,529	1,747	798,17	159,63	957,81	0,96	0,48	0,11	0,59	2,18	11,99
15	9	17,6	25	45	12,81	0,026	1,529	1,747	179,58	35,92	215,49	0,22	0,11	0,03	0,13	0,49	2,70
15	10	14,7	21,47	40	10,15	0,026	1,529	1,747	90,77	18,15	108,93	0,11	0,05	0,01	0,07	0,25	1,36
15	11	15,7	21,5	40	10,16	0,026	1,529	1,747	100,59	20,12	120,71	0,12	0,06	0,01	0,07	0,27	1,51
15	12	13,2	15,3	50	9,21	0,026	1,529	1,747	65,00	13,00	78,00	0,08	0,04	0,01	0,05	0,18	0,98
15	13	20,2	18,45	80	16,32	0,026	1,529	1,747	338,44	67,69	406,12	0,41	0,20	0,05	0,25	0,92	5,09
15	14	14,2	17,5	50	10,31	0,026	1,529	1,747	88,51	17,70	106,21	0,11	0,05	0,01	0,07	0,24	1,33
15	15	30,2	18,5	114	22,65	0,026	1,529	1,747	1109,71	221,94	1331,65	1,33	0,67	0,16	0,83	3,03	16,68
15	16	29,2	20,35	92	20,28	0,026	1,529	1,747	869,09	173,82	1042,91	1,04	0,52	0,13	0,65	2,37	13,06
15	17	24,7	12,35	130	17,62	0,026	1,529	1,747	525,97	105,19	631,17	0,63	0,32	0,08	0,39	1,43	7,90
15	18	16,3	14,6	90	14,70	0,026	1,529	1,747	203,10	40,62	243,72	0,24	0,12	0,03	0,15	0,55	3,05

Parcela	N° Árbol	DAP (cm)	Distancia (m)	L3 (%)	Altura (m)	Coeficiente de regresión			Biomasa				Carbono			Secuestro de CO ₂ (tCO ₂)	Valoración económica del secuestro de CO ₂ (\$)	
						a	b	c	Aérea (kg)	Radicular (kg)	Total (kg)	Total (t)	Aéreo (tC)	Radicular (tC)	Total (tC)			
15	19	34,0	15,85	112	19,31	0,026	1,529	1,747	1006,80	201,36	1208,16	1,21	0,60	0,14	0,75	2,75	15,13	
15	20	16,9	19,4	46	10,48	0,026	1,529	1,747	118,92	23,78	142,71	0,14	0,07	0,02	0,09	0,32	1,79	
15	21	11,2	10,55	55	7,36	0,026	1,529	1,747	34,19	6,84	41,03	0,04	0,02	0,00	0,03	0,09	0,51	
15	22	15,2	19,85	40	9,50	0,026	1,529	1,747	85,13	17,03	102,16	0,10	0,05	0,01	0,06	0,23	1,28	
15	23	31,5	17,6	111	21,10	0,026	1,529	1,747	1045,36	209,07	1254,44	1,25	0,63	0,15	0,78	2,85	15,71	
15	24	25,7	26,05	55	15,89	0,026	1,529	1,747	466,66	93,33	560,00	0,56	0,28	0,07	0,35	1,27	7,01	
15	25	18,8	18,9	58	12,52	0,026	1,529	1,747	190,90	38,18	229,08	0,23	0,11	0,03	0,14	0,52	2,87	
15	26	25,8	18,9	90	18,57	0,026	1,529	1,747	616,53	123,31	739,84	0,74	0,37	0,09	0,46	1,68	9,26	
15	27	12,7	14	50	8,56	0,026	1,529	1,747	53,92	10,78	64,70	0,06	0,03	0,01	0,04	0,15	0,81	
15	28	15,2	15,9	55	10,31	0,026	1,529	1,747	98,13	19,63	117,76	0,12	0,06	0,01	0,07	0,27	1,47	
									Sumatoria	11172,40	2234,48	13406,88	13,41	6,70	1,61	8,31	30,48	167,89
									Promedio	413,79	82,76	496,55	0,50	0,25	0,06	0,31	1,13	6,22
									Hectárea	159605,74	31921,15	191526,88	191,53	95,76	22,98	118,75	435,36	2398,40

Cuadro 14: Datos de georeferenciación de cada individuo de la plantación de *V. lomatophylla* de 13 años de edad.

N° Árbol	Altura (m)	Zona	Proyección de UTM		ERROR
			X	y	
1	129	18M	680371	9576852	5
2	122	18M	680370	9576858	4
3	129	18M	680364	9576858	5
5	124	18M	680375	9576872	4
12	111	18M	680389	9576882	5
13	109	18M	680387	9576880	4
18	109	18M	680393	9576884	5
19	109	18M	680395	9576882	4
20	109	18M	680399	9576884	5
21	107	18M	680401	9576886	5
22	109	18M	680401	9576882	5
25	104	18M	680404	9576888	5
26	103	18M	680399	9576892	5
27	104	18M	680399	9576894	5
29	108	18M	680308	9576808	5
31	103	18M	680401	9576908	4
32	103	18M	680401	9576896	5
33	106	18M	680403	9576900	4
34	105	18M	680402	9576904	5
35	106	18M	680403	9576896	5
36	104	18M	680406	9576916	6
37	104	18M	680406	9576914	5
38	103	18M	680405	9576914	4
39	104	18M	680405	9576916	5
40	103	18M	680408	9576924	5
41	101	18M	680396	9576924	4
42	101	18M	680395	9576926	4
43	103	18M	680404	9576924	5
44	101	18M	680401	9576928	4
45	101	18M	680386	9576932	4
46	98	18M	680386	9576942	5
47	97	18M	680388	9576946	5
48	94	18M	680398	9576942	5
49	96	18M	680403	9576940	5
50	98	18M	680411	9576930	5
51	99	18M	680414	9576932	5
55	107	18M	680427	9576926	5
56	107	18M	680426	9576924	5

N° Árbol	Altura (m)	Zona	Proyección de UTM		ERROR
			x	y	
57	108	18M	680423	9576920	5
58	106	18M	680417	9576906	5
59	104	18M	680414	9576904	5
60	97	18M	680410	9576864	5

Cuadro 15: Datos de georeferenciación de cada individuo de la plantación de *V.*

lomatophylla de 22 años de edad.

N° Árbol	Altura (m)	Zona	Proyección de UTM		ERROR
			X	Y	
14	99	18M	680559	9577000	4
42	110	18M	680636	9576964	4
43	110	18M	680605	9576964	4
44	110	18M	680604	9576962	5
45	107	18M	680613	9576942	5
46	105	18M	680619	9576948	5
47	105	18M	680619	9576952	5
48	105	18M	680623	9576952	5
49	105	18M	680624	9576950	5
50	106	18M	680621	9576948	5

Cuadro 16: Datos de georeferenciación de cada individuo de la plantación de *V. lomatophylla* de 33 años de edad.

N° Árbol	Altura (m)	Zona	Proyección de UTM		ERROR
			x	Y	
1	98	18M	680340	9576542	5
3	94	18M	680342	9576538	4
4	95	18M	680329	9576534	3
5	100	18M	680323	9576530	4
6	101	18M	680319	9576524	3
7	102	18M	680319	9576522	4
8	105	18M	680310	9576510	3
9	99	18M	680318	9576534	4
10	99	18M	680320	9576536	4
11	98	18M	680315	9576538	5
12	95	18M	680322	9576540	4
13	94	18M	680333	9576548	3
14	94	18M	680334	9576550	4
15	99	18M	680340	9576552	5
16	99	18M	680342	9576550	5
17	98	18M	680337	9576554	4
18	94	18M	680332	9576552	4
19	97	18M	680333	9576558	4
20	93	18M	680333	9576560	4
21	91	18M	680327	9576560	4
22	91	18M	680326	9576556	4
23	93	18M	680326	9576560	5
24	17	18M	680319	9576552	4
25	96	18M	680311	9576544	5
26	96	18M	680309	9576548	4
27	97	18M	680312	9576548	5
28	96	18M	680314	9576552	3

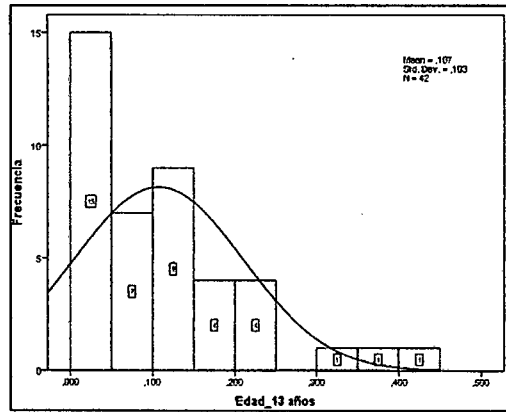


Figura 19: Curva de distribución de los datos de biomasa total (t) de edad de 13 años.

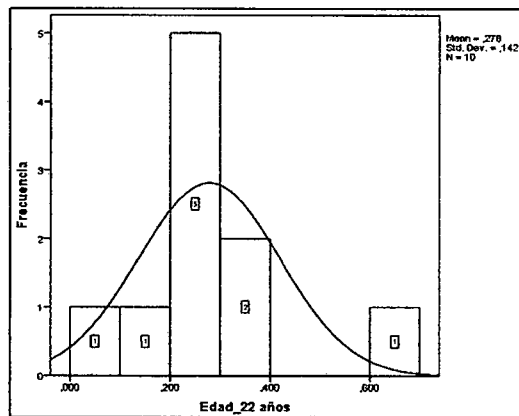


Figura 20: Curva de distribución de los datos de biomasa total (t) de edad de 22 años.

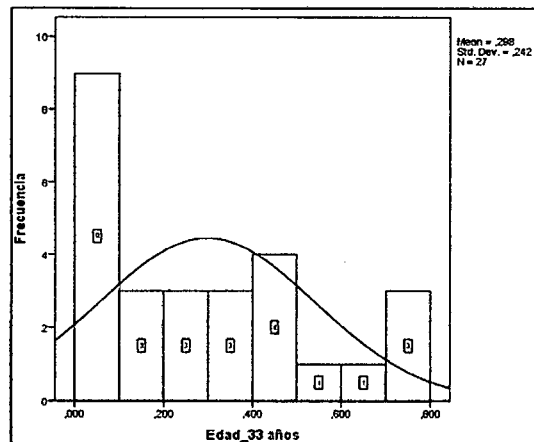


Figura 21: Curva de distribución de los datos de biomasa total (t) de edad de 33 años.

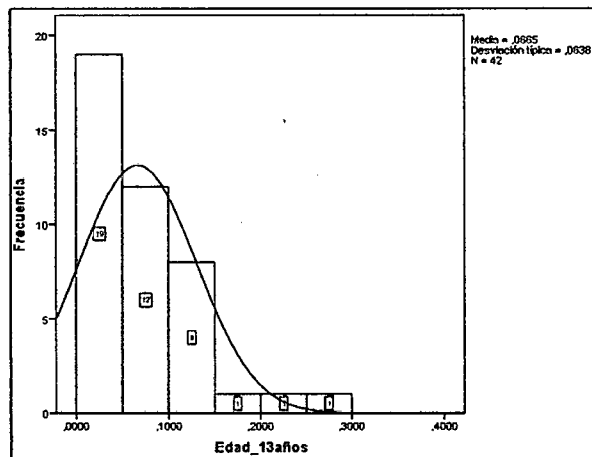


Figura 22: Curva de distribución de los datos de stock de carbono total (tC), de edad de 13 años.

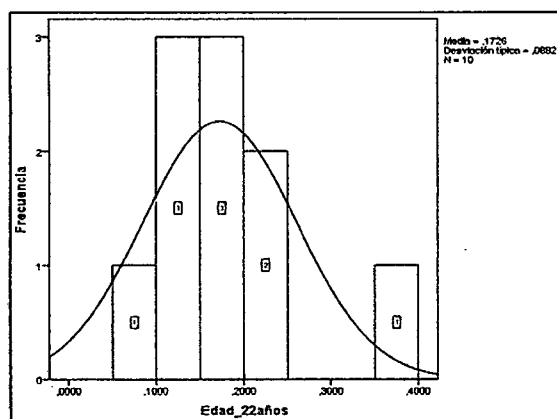


Figura 23: Curva de distribución de los datos de stock de carbono total (tC), de edad de 22 años.

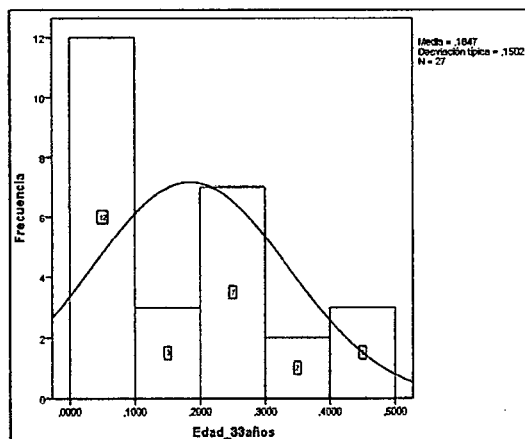


Figura 24: Curva de distribución de los datos de stock de carbono total (tC), de edad de 33 años.

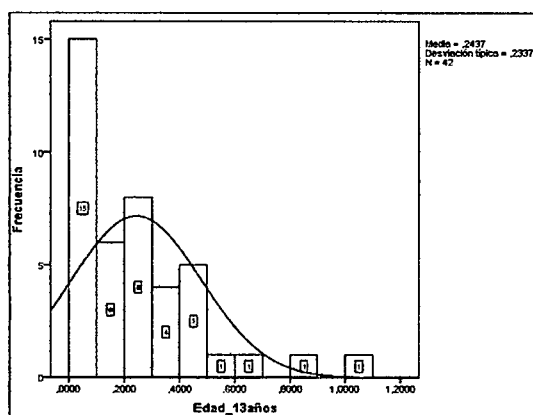


Figura 25: Curva de distribución de los datos del secuestro de dióxido de carbono (tCO₂) de edad de 13 años.

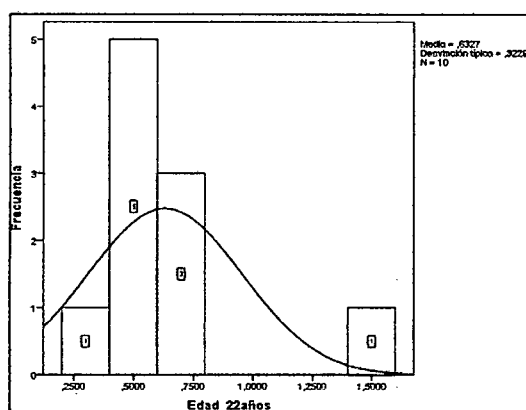


Figura 26: Curva de distribución de los datos del secuestro de dióxido de carbono (tCO₂) de edad de 22 años.

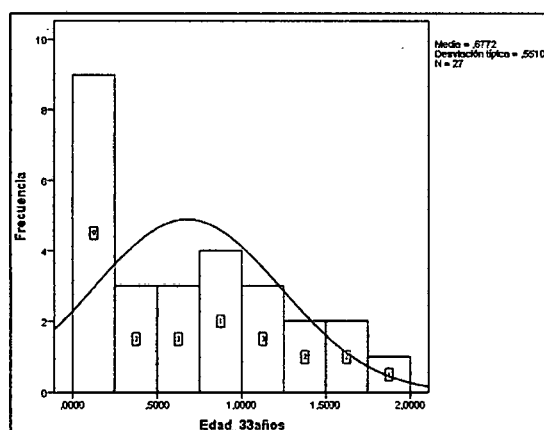


Figura 27: Curva de distribución de los datos del secuestro de dióxido de carbono (tCO₂) de edad de 33 años.

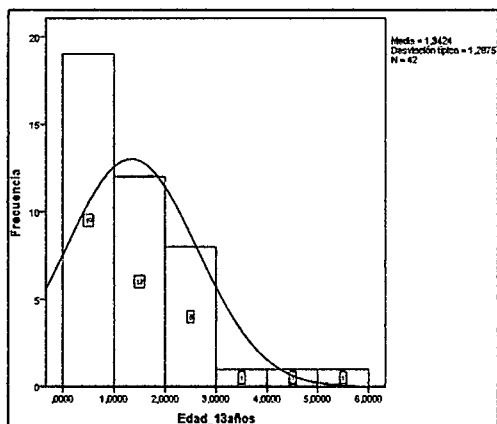


Figura 28: Curva de distribución de los datos de la valoración económica del secuestro de CO₂ (\$), de edad 13 años.

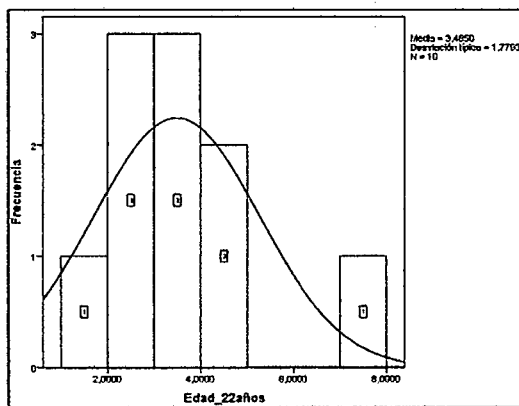


Figura 29: Curva de distribución de los datos de la valoración económica del secuestro de CO₂ (\$), de edad 22 años.

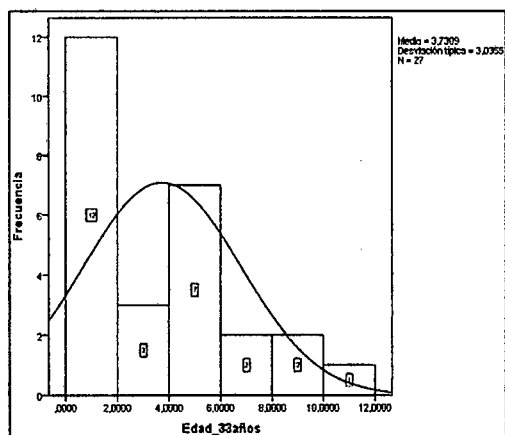


Figura 30: Curva de distribución de los datos de la valoración económica del secuestro de CO₂ (\$), de edad 33 años.