UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADEMICO DE CIENCIAS EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

"CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO EN PLANTACIONES DE (*Elaeis guineensis* jacp.) EN EL BOQUERÓN DE PADRE ABAD –PERIÓDO (ENERO – JULIO 2017)"

Tesis

Para optar el título profesional de:

INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

VICTOR WENCESLAO REATEGUI GUERRA

PROMOCION - 2011

Tingo María - Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 27 de junio de 2018, a horas 7:00 p.m. en la sala de Conferencias del Departamento Académico de Ciencias y Conservación de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

"CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO EN PLANTACIONES DE (*Elaeis guineensis* jacp.) EN EL BOQUERÓN DE PADRE ABAD – PERIÓDO (ENERO – JULIO 2017)"

Presentado por el Bachiller: **VICTOR WENCESLAO REATEGUI GUERRA**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"MUY BUENO"**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el consejo de facultad tramitándolo al consejo universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 03 de Agosto de 2018

Ing.M.Sc. JOSÉ LÉVANO CRISOSTOMO
PRESIDENTE

Blgo. M.Sc. JOSÉ K. GUERRA LU
VOCAL

Ing.M.Sc. SANDRO J. RUIZ CASTRE
VOCAL

Ing.M.Sc. RONALD H. PUERTA TUESTA
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios.

Por permitirme llegar hasta este momento tan especial de mi vida y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mi padre Wenceslao Reátegui*.*

Quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional, y por el valor mostrado para salir adelante.

A mi madre Martha Guerra.

Por brindarme su apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis familiares*.*

Mis hermanas Macklean y Reydelinda, por estar conmigo y apoyarme siempre; A mi abuelita Neyva, A mi abuelito Victor que en paz descanse.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por sus sacrificios constantes, por hacer de mí una persona de bien y útil para la sociedad, y por su apoyo incondicional para alcanzar esta etapa en mi vida profesional.

Al Ing. MSc. Ronald Hugo Puerta Tuesta, asesor de la presente tesis, por darme su amistad y valiosos aportes intelectual en esta investigación.

Al Blgo. MSc. Jose Kalión Guerra Lu, por su aporte académico, científico y las revisiones de fondo y forma del texto.

Ing. MSc. José Dolores Levano Crisóstomo, por su apoyo indicaciones y orientación durante la ejecución del proyecto de investigación.

A todas las personas que cooperaron muy cordialmente en la ejecución de este proyecto de investigación.

ÍNDICE

Página

I. INTRODUCCIÓN……..……...……..1

II. REVISIÓN DE LITERATURA……..3

2.1. Generalidades del cultivo de palma aceitera...……..……..……3

2.1.1. Taxonomía……...……3

2.1.2. Características botánicas……..…….....……....3

2.1.3. Bondades de palma aceitera……..7

2.2. Antecedentes……..……...…..……8

2.2.1. Asimilación de carbono en bosques mundiales……..8

2.2.2. Bosques de la región Ucayali……...…10

2.2.3. Almacenamiento de carbono en diferentes escenarios de la Amazonia peruana…....……..……..……11

2.2.4. Secuestro de carbono en la cuenca de Aguaytía……14

2.3. Generalidades delcarbono…...……..……19

2.3.1. Ciclo del carbono……....19

2.4. Problemática de la emisión de carbono……..……..20

2.4.1. Dióxido de carbono……20

2.4.2. Dióxido de carbono como principal gas de efecto Invernadero (GEI)……..……..…20

2.4.3. El efecto invernadero…….21

2.4.4. Influencia de la amazonia en el cambio climático ……23

2.4.5. Procesos de fijación almacenamiento de carbono

en la palma aceitera…….……..……24

2.4.5.1. Asimilación bruta de CO2……..……..……24

2.4.5.2. Partición de asimilados……..……..…25

2.4.5.3. Respiración de mantenimiento……..……..……..25

2.4.5.4. Respiración de crecimiento……..…..…….26

2.4.5.5. Materia seca vegetativa……...……..……..……..…..27

2.4.6. Almacenamiento de carbono en el suelo……..…….....……27

2.4.6.1. Influencia de materia orgánica en el suelo……..…..…...29

2.4.6.2. Densidad aparente de los suelos……...……...29

2.4.7. Almacenamiento de carbono en la hojarasca……...……31

2.4.8. Almacenamiento de carbono en las raíces……..….…….31

2.4.8.1. Factores que afectan el crecimiento de la raíz…...…..32

2.5. Principales consecuencias e impacto de la captura de carbono….….33

2.5.1. Calidad y fertilidad del suelo…….…....33

2.6. Marco Legal…….……...…….….34

2.6.1. Protocolo de Kyoto.……...……..……... 34

2.6.2. Mercado de carbono en el Perú.……...……..…...36

2.6.3. Actualidad sobre el precio del carbono……..……...38

III. MATERIALES Y MÉTODOS.…..……..……...….40

3.1. Campo experimental…….…..…..40

3.1.1. Ubicación.……...….…….....40

3.1.2. Ubicación política……...….……40

3.1.3. Ubicación geográfica……..……..…..…….…….40

3.1.4. Condiciones climáticas….……...…...……..41

3.1.5. Fisiografía…….…...…..……41

3.1.6. Zona de vida y vegetación..……...……42

3.1.7. Suelos y capacidad de uso mayor……...….…...42

3.2. Materiales, herramientas y equipos.…….……43

3.2.1. Materiales……...……..…43

3.2.2. Herramientas……...……43

3.2.3. Equipos……...……..….43

3.3. Metodología…….…….…...…44

3.3.1. Fase de precampo……...…….….….44

3.3.1.1. Estratificación del terreno…….……..…....44

3.3.1.2. Diseño de muestreo….……...……..……44

3.3.2. Fase de campo…….……..45

3.3.2.1. Muestra de suelo para la materia orgánica….……..…46

3.3.2.2. Muestra de suelo para el cálculo de densidad aparente….46

3.3.2.3. Obtención de muestra de hojarasca..…….…..…...47

3.3.2.4. Obtención de la muestra de raíces……...…....……47

3.3.3. Fase de laboratorio……...…...….…..…47

3.3.3.1. Obtención de datos para la determinación de carbono en el suelo…….……47

3.3.3.2. Obtención de datos para la determinación de carbono en la hojarasca…….....…..….48

3.3.3.3. Obtención de datos para la determinación de carbono en las raíces……..……..……..48

3.3.4. Fase de gabinete…….……...……48

3.3.4.1. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en el suelo……...……..48

3.3.4.2. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en la hojarasca……...…..…….49

3.3.4.3. Cálculo para la obtención de carbono almacenado en las raíces……..……..….…...….50

IV. RESULTADOS……..……..……...……..…...……51

4.1. Carbono orgánico en el suelo……..……...……..…50

4.2. Carbono almacenado en la hojarasca……..…...……54

4.3. Carbono en la biomasa radicular……...…..……55

4.4. Comparación de carbono en los diferentes componentes……..….56

V. DISCUSION……..……..…57

VI. CONCLUSIONES……..…...……..……60

VII. RECOMENDACIONES……...……...…..……..…61

VIII. ABSTRACT...……..……..……..……...…….62

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA...…….…...…63

X. ANEXOS……...…..69

ÌNDICE DE CUADROS

Cuadro **Página**

1. Densidad de carbono estimado para bosques mundiales……..9
2. Superficie de los tipos de bosques en la región Ucayali……...11
3. Carbono almacenado en diferentes SUT de la región San Martin…..13
4. Carbono almacenado y tasa de secuestro de carbono en diferentes SUT en Sarita Colonia, Pucallpa……..……...……..15
5. Cantidad de biomasa y carbono en diferentes SUT en Pucallpa…….16
6. Cantidad de biomasa y carbono aéreo en bosques secundarios de diferentes edades del sector Neshuya – Curimaná…..……..17
7. Reservas de carbono de diferentes SUT en Pucallpa……..……..18
8. Almacenamiento de COS en plantaciones de palma aceitera….…….51
9. M.O. en el suelo en plantaciones de palma aceitera……52
10. Densidad aparente en el suelo en plantaciones de palma aceitera...53
11. Almacenamiento de carbono en la hojarasca…….……..…54
12. Almacenamiento de carbono en la biomasa radicular……-……..…55
13. Almacenamiento de carbono en los diferentes componentes…..…...56
14. Datos para obtención de COS……..……...……..…...…70

15. Datos para la obtención de carbono en la hojarasca……..…71

16. Datos para obtención de carbono en la biomasa radicular……...72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Página

1. Esquema del sistema radicular de la palma aceitera……..……..…...4

2. Esquema de las partes del fruto……..……....…6

3. Asignación de CH2O entre la respiración de mantenimiento, crecimiento y los componentes de la materia seca estructura……..26

4. Esquema de muestreo en campo…….....45

5. Esquema de muestreo de suelo (calicata)…….……..…46

6. Esquema de muestreo de hojarasca...……...…..……..…47

7. Esquema de almacenamiento de carbono en los diferentes Componentes……....56

8. Toma de coordenadas para la ubicación de la parcela…….……....73

9. Delimitando la parcela……...…..…73

10. Diferenciando la parcela y subparcelas con diferentes colores……....74

11. Realizando las calicatas para la toma de muestras respectivas……..74

12.. Embolsado y codificado de las muestras de suelo para la determinación de la materia orgánica……..…...75

13. Ubicación de los tubos para la determinación de la (Da)….……..……..75

14. Recolectando y embolsando toda la hojarasca…….....76

15. Ubicación del cubo para la extracción de raíces finas……..76

16. Determinación de la M.O para los próximos cálculos de Carbono…….77

17. Pesado de las muestras para la determinación de la

densidad aparente……..……..…77

18. Tamizado y lavado de la muestra de raíces…….…..78

19. Muestra de raíces finas lavadas……..……..……78

20. Secado de las muestras de hojarasca……....…79

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue estimar el carbono almacenado en el suelo en plantaciones de palma aceitera *(Elaeis guineensis Jacq.)* de 10 años de edad establecida en un sistema de tresbolillo, separadas a una distancia de 9 metros de cada uno**,** ubicado en el fundo el "EL DELFIN"**,** el cual se encuentra en el centro poblado Boquerón a 13 km de la ciudad de Aguaytía en el margen derecho de la carretera Federico Basadre, tramo Aguaytía – Tingo María, para el desarrollo de este trabajo se planteó en (04) fases: precampo, campo, laboratorio y gabinete. El diseño de muestreo fue ubicado al azar en el terreno, se evaluaron en tres diferentes componentes (suelo, hojarasca y raíz) utilizando la metodología de muestreo propuesta por (ICRAF, 2009) y (AREVALO *et al.,* 2003)**,** para el muestreo de carbono orgánico en el suelo y raíces se estableció dos calicatas el cual se muestreó hasta una profundidad de 30 cm, en rangos de 0 - 1 0 cm; 10 - 20 cm y 20 - 30 cm; Para la hojarasca se cuantificó en base a las hojas, flores, frutos, semillas y fragmentos de estos y material leñoso menores a 4 cm de diámetro. La plantación de palma aceitera, almacenó un total 20.141 tC/ha, siendo el suelo el componente que mayor carbono almacenó con 16.996 t/ha que representa el 84% del total, seguido de la hojarasca con 1.185 tC/ha con un porcentaje de 6% del total de carbono y finalmente en la biomasa radicular con 1.960 tC/ha representado el 9.7 del total.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la concentración del dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera de la tierra es una preocupación y se considera como uno de los seis principales gases que intervienen en el efecto invernadero (además del vapor de agua, metano, óxidos de nitrógeno, ozono y clorofluorocarbonos), las cuales están contribuyendo en mayor proporción a la destrucción de la atmósfera produciendo el cambio climático (IPCC 2000).

El Dióxido de Carbono (CO_2), es uno de los gases de efecto invernadero más importantes producido por las actividades humanas, una de estas actividades es la deforestación. Actualmente, cerca de un 20% de las emisiones de CO_2 resultan de la eliminación y degradación de los ecosistemas forestales.

Las plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.)* ocupan más de 12 millones de hectáreas en tres continentes (África, Asia y América) y en el Perú son aproximadamente 73,076 ha. En nuestro país recientemente se está considerando como una fuente alternativa de ingresos en zonas rurales y una forma de promover el desarrollo sostenible especialmente en la selva peruana.

Por consiguiente las plantaciones de palma aceitera parecieran ser candidatas de elección para capturar carbono en la Amazonia peruana. Aunque existe mucha información sobre el manejo agronómico de este cultivo, no se

tiene la suficiente información sobre el potencial de fijación de carbono en este agrosistema (LAMADE et al., 2005).

Como problema identificado se debe a las grandes talas de bosques para plantar este tipo de cultivo, por lo que el presente trabajo de investigación pretende contribuir con la generación, información técnica científica de base para proyectos de temas de carbono en los cuales se plantea la siguiente interrogante: ¿Qué cantidad de carbono se almacena en el suelo en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis J*acq.*)* de 10 años en el Boquerón de Padre Abad? Planteándose los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Estimar el carbono almacenado en el suelo en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineesis* Jacq.) de 10 años en el Boquerón de Padre Abad.

Objetivos Específicos

- Calcular el carbono orgánico almacenado en el suelo a diferentes profundidades en plantaciones de palma aceitera en el periodo (Enero – Julio 2017).
- Calcular el carbono almacenado en la biomasa de la hojarasca en plantaciones de palma aceitera en el periodo (Enero – Julio 2017).
- Calcular el carbono almacenado en la biomasa radicular a diferentes profundidades en plantaciones de palma aceitera en el periodo (Enero – Julio 2017).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo de palma aceitera.

2.1.1. Taxonomía.

Según FAIRHURST y HÄRDTER (2003), la palma presenta la siguiente clasificación botánica:

Reino	:	Plantae
División	:	Angiospermae
Clase	:	Monocotiledónea
Orden	:	Arecales
Familia	:	Arecaceae
Género	:	Elaeis
Especie	:	*E. guineensis* Jacq.

2.1.2. Características botánicas.

LEÒN (1987), menciona que la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) posee un sistema radicular fasciculado compuesto por raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias el cual la parte inferior del tallo de la palma aceitera es una estructura cónica de la cual surgen gran cantidad de raíces primarias que parten del bulbo de la base del tallo en forma radial. Estas raíces miden entre 5 y 10 mm de diámetro y pueden llegar a alcanzar hasta 20 m de longitud.

Las raíces primarias dan origen a las secundarias que miden entre 2 y 5 mm de diámetro y pocos metros de longitud; estas dan origen a las terciarias de 1 a 2 mm de diámetro y hasta 15 cm de longitud; también existen cuaternarias muy pequeñas. En general, estas raíces cumplen funciones de absorción de agua y nutrientes. Además, existen raíces aéreas que se desarrolla en la base de las primeras hojas cuya función es poco conocida.

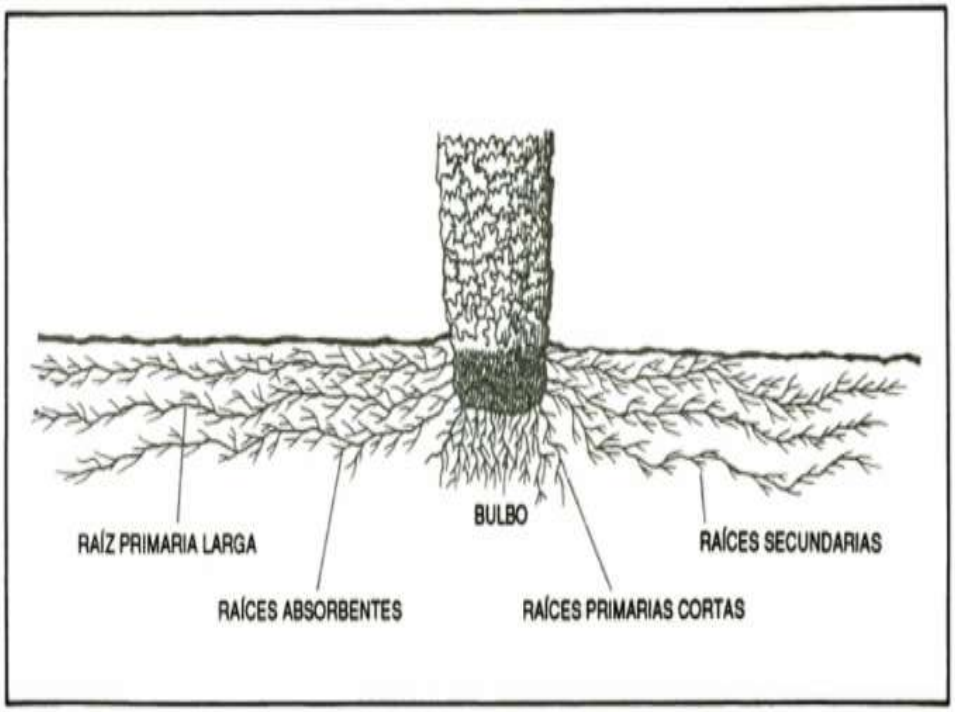


Figura 1. Esquema del sistema radicular de la palma aceitera.

RAYGADA (2005), De igual modo hace referencia que el tallo o tronco de la palma aceitera se desarrolla en tres a cuatro años, una vez que ha tenido lugar la mayor parte del crecimiento horizontal del sistema radicular. Luego de sembrada la palma en campo definitivo se inicia la formación de un órgano voluminoso en la base del tallo que es el bulbo, que origina el ensanchamiento en la base del tronco y sirve de asiento a la columna del tallo.

Las principales funciones del tronco son:

1. Soporte de hojas e inflorescencias.
2. Almacenamiento y transporte de agua y nutrientes.
3. Almacenamiento de carbohidratos minerales.

El mismo autor menciona en cuanto a las hojas señala que en una planta adulta, el tallo está coronado por un penacho de hojas con una longitud entre 5 y 8 metros y un peso de 5 a 8 kilos cada una. Aparenta ser una hoja compuesta, aunque en realidad es una hoja simple de tipo pinnada, (con foliolos dispuestos como pluma, a cada lado del peciolo) y consta de dos partes: el raquis y el peciolo.

Sobre la inflorescencia masculina y femenina menciona que la inflorescencia masculina está formada por un eje central, del que salen ramillas o espigas llamadas dedos de forma cilíndricos y largos, con un total de 500 a 1500 flores estaminadas, (con estambres, por ser masculinas), que se asientan directamente en el raquis de la espiga, dispuestas en espiral. Las anteras producen abundante polen con un característico olor a anís.

En cuanto a la inflorescencia femenina hace referencia que es un racimo globoso, de consistencia más maciza que la masculina, sostenido por un pedúnculo fibroso y grueso, lleva al centro un raquis esférico en el que se insertan numerosas ramillas o espigas, cada una con 6 a 12 flores. La flor femenina presenta un ovario esférico que es tricarpelar (tres cavidades), conteniendo un óvulo cada una, dicho ovario esta coronado por un estigma trífido cuyas caras vueltas hacia fuera están cubiertas por papilas receptoras del polen.

Además menciona que para la formación de frutos y racimos, solo uno de los óvulos es fecundado, los otros tienden a desaparecer, el ovario al comienzo tiene un crecimiento rápido, para más adelante terminar su crecimiento para constituirse en una drupa que consta de un exocarpio o cáscara, del mesocarpio o pulpa que es de donde se obtiene el aceite e interiormente de un desarrollado adopta varias formas según su posición en el racimo y su coloración exterior varia de negro a rojo.

En cuanto a los frutos son de forma ovoide, de 3 a 6 cm de largo y cuentan con un peso aproximado de 5 a 12 gramos. Tienen la piel lisa y brillante (Exocarpio), una pulpa o tejido fibroso que contiene las células con aceite (Mesocarpio), una nuez o semilla compuesta por un cuesco lignificado (Endocarpio), y una almendra aceitosa o palmiste (Endospermo). Los frutos insertados en las espiguillas que rodean el raquis en forma helicoidal, conforman los racimos. (Con peso variable entre 5 a 40 Kg).

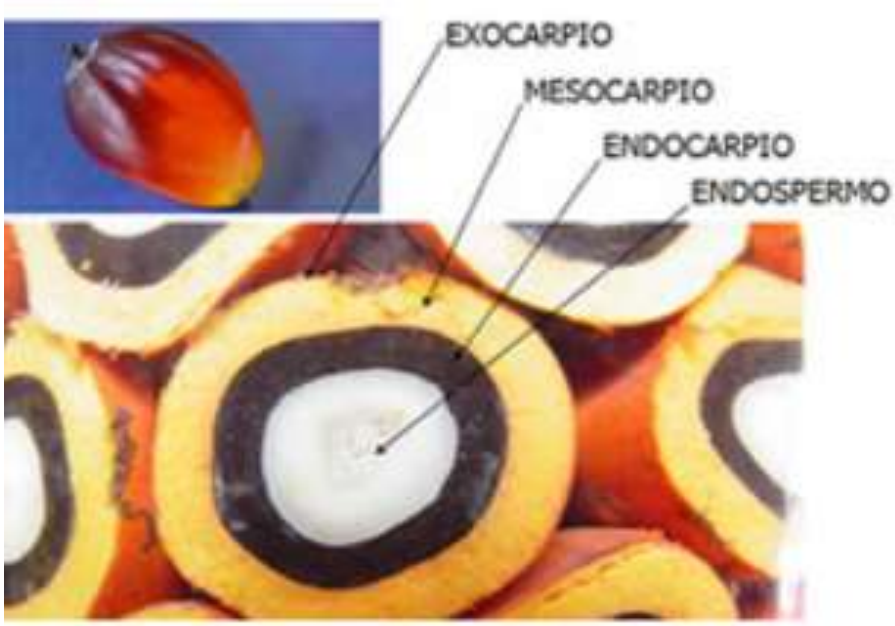


Figura 2. Esquema de las partes del fruto.

2.1.3. Bondades de la palma aceitera.

CHAVEZ (2006), menciona que cuando se siembra un árbol de palma aceitera se contribuye a la reforestación debido a que el ecosistema de la palma aceitera, cuando se compara con otros ecosistemas naturales de los trópicos húmedos tiene una tasa neta anual de producción de biomasa igual que el bosque tropical, y que a diferencia de un cultivo anual, que deja el suelo más o menos desnudo durante varios meses tiene la cualidad de convertirse en un bosque tropical artificial.

Asimismo, al cortar el racimo de fruta fresca, también se corta la hoja que está debajo del mismo, la cual se incorpora al suelo, siendo una importante fuente de nutrientes para abonar la plantación y generar humus, reduciendo el uso de fertilizantes minerales.

Todas las partes de la palma se utilizan beneficiosamente y por lo tanto no generan desperdicios que contaminen. El mismo autor estima que 143 árboles de palma aceitera por hectárea, que es la población indicada para una plantación de 9 m x 9 m, puede generar más de 20 toneladas diarias de oxígeno, lo que significa que actualmente, el cultivo de la palma aceitera en el Perú genera más de 300,000 toneladas de oxígeno al día que se producen en la Amazonia peruana gracias a éste cultivo. La palma se clasifica como uno de los cultivos que genera una agricultura autosostenible, ya que con un manejo adecuado se pueden mejorar las condiciones hídricas de la zona, la fertilidad y características fisicoquímicas de los suelos y propiciar el equilibrio entre especies benéficas y plagas.

2.2. Antecedentes

2.2.1. Asimilación de carbono en bosques mundiales

Los ecosistemas terrestres constituyen una reserva de más de 2000 GtC que actúan como un sumidero neto de carbono (alrededor de 1.5 GtC/año), los bosques tropicales representan una gran proporción (IPCC, 2000).

LEWIS *et al*. (2009), mencionan que según investigaciones recientes en el mundo, la absorción anual es de 1.3 GtC aproximadamente y se calcula que los bosques tropicales de América Central y del Sur absorben aproximadamente 0.6 GtC, los de África poco más de 0.4 Gt y los de Asia cerca de 0.25 Gt.

El IPCC (2000), reporta cantidades de referencias; un bosque primario cerrado almacena entre suelo y vegetación cerca de 250 Tc/ha, si se convirtiera en agricultura migratoria liberaría cerca de 200 Tc y un poco más si se convirtiera en pastizales o agricultura permanente. Asimismo el IPPC (2001), afirma que los bosques son sumideros neto de carbono durante los próximos cien años, que ayudaría a reducir del 20% al 50% de las emisiones netas de CO_2 en la atmósfera a través del manejo silvicultura de los bosques nativos existentes y la creación de nuevos bosques, áreas donde no existen árboles, utilizando con ello su potencial para mitigar los cambios del clima; las perturbaciones causadas por el hombre al ciclo del carbono has sido directas e indirectas, efectos directos claros son la adición de nuevo carbono al ciclo mundial del carbono activo mediante la quema de combustibles fósiles y la modificación de la estructura y distribución de la vegetación por medio del cambio en la utilización de la tierra.

Cuadro 1. Densidad de carbono estimado para bosques mundiales.

Continentes/países		Densidad de carbono (t/ha)	
		Vegetación	Suelo
Alta	Rusia	83	281
	Canadá	28	484
	Alaska	39	212
Media	EEUU continental	62	108
	Europa	32	90
	China	114	136
	Australia	45	83
Baja	Asia	132-174	139
	África	99	120
	América	130	120

Fuente: PERCY *et al.* (2003).

El IPCC (2001), menciona que los distintos tipos de vegetación natural y plantaciones forestales pueden capturar entre 4.8 y 1.6 t/ha/año. Por otro lado CATRIONA (1998), indica que en los trópicos el carbono de los sumideros superficiales varía entre 60 y 230 t/ha en bosques primarios, y entre 25 y 190 t/ha en bosques secundarios. Además PERCY *et al*. (2003), manifiesta que el flujo neto terrestre del Carbono es la diferencia entre la captura (sumideros) y las fuentes. Durante los años noventa del siglo XX, la biosfera terrestre (de la cual los bosques forman una gran parte) absorbió el C a una velocidad de aproximadamente 1.4 Gt/año, se estimó que los árboles y suelos forestales contienen 2,579 t de C. el 30.3% aproximadamente de este C está capturado en bosques de baja latitud; el 26% se halla en bosques de latitud media; y el 43.7% restante se encuentra en zonas de alta latitud. La más baja densidad del carbono se encuentra en bosques de media latitud.

2.2.2. Bosques de la región Ucayali

BLANCO *et al*. (1986), realizaron un diagnóstico de la actividad forestal de la región de Ucayali, y determinan los siguientes tipos de bosques (Cuadro 2):

- Aguajal (AG): Comprende aguajales, bajiales y áreas pantanosas que suman un total de 194,914 ha.
- Bosque de Terraza Media ™: Se desarrolla sobre terrenos de topografía plano ligeramente ondulada, cercanos a ríos y quebradas, son propensos a inundaciones en la época de lluvias intensas, ocupan un total de 705,004 ha.
- Bosque de Terraza Alta (TA): Están ubicados en terrenos de topografía ondulada y en especial en áreas cercanas a ríos medianos y pequeños donde no existe peligro de inundación, representa un total de 1´280,944 ha.
- Bosque de Colina Baja (CB): Se desarrolla sobre lomadas y terrenos colinosos con grado de disectación que varía de mediano a fuertemente disectada; cubre una superficie de 3´090,92 ha.
- Bosque de Colina Media (CM): Este bosque tiene limitaciones debido a su topografía, ya que ocupa posiciones fisiográficas con pendientes de 30% a 55%, lo que dificulta el aprovechamiento forestal 30% a 55%, cubre una superficie de 2´122,360 ha.
- Bosque de Colina Alta (CA): Se encuentra en colinas fuertemente disectadas de laderas fácilmente erosionables, se estima una superficie de 1´458,468 ha.
- Bosque sobre Tierras de protección (X): Son bosques marginales, cuyo factor limitante es la pendiente, por lo general superior a 70%, se estima una superficie de 385,377 ha.

- Agricultura (Y): Tierras dedicadas a la producción agrícola y pecuaria; se estima una superficie de 821,129 ha.

Cuadro 2. Superficie de los tipos de bosques en la región Ucayali

ID	Padre abad		C. portillo		Atalaya		Purús		Total
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	(ha)
AG	-	-	173316	4.7	21598	0.5	-	-	194914
TB	-	-	65213	1.8	63375	1.6	13579	0.8	142167
TM	-	-	363791	9.9	346493	89	34720	1.9	745004
TA	33933	3.8	706873	19.2	345818	8.9	194320	10.9	1280944
CB	58293	6.6	1047382	28.4	1578788	40.6	405729	22.7	3090192
CM	249743	28.3	534431	14.5	770252	19.8	567661	31.8	2122360
CA	260126	29.5	137252	3.7	492820	12.7	568770	31.9	1458968
X	84254	9.5	159788	4.3	141335	3.6	-	-	385377
Y	195900	22.2	493542	13.4	131687	3.4	-	-	821128.9
Total	882249	-	3681588	-	3892166	-	1784779		10241054.9

Fuente: BLANCO *et al.*, (1986)

2.2.3. Almacenamiento de carbono en diferentes escenarios de la Amazonia Peruana

ALEGRE *et al.* (2002), realizaron estudios de carbono en Yurimaguas, en diferentes sistemas de uso de tierra; determinando que el bosque tiene contenido más altos de carbono total. El barbecho natural aumenta su contenido de carbono con el tiempo, mientras que en los sistemas manejados son más bajos; sin embargo el contenido de carbono en la biomasa aérea en los sistemas perennes con árboles y coberturas es más.

Por otro lado FREITAS *et al*. (2006) deduce que en San Martin otros estudios de carbono en el sistema radicular, en plantaciones de cacao incrementan respecto a la edad de plantación con valores de de 0.22 tC/ha, 0.55 tC/ha y 1.33 tC/ha de 1 año, 3 años y 5 años respectivamente, por lo tanto cuanto más vigorosos y desarrollados están las plantas producirán mayor cantidad de biomasa radicular; de esta manera a mayor acumulación de biomasa mayor acumulación de carbono; y estas acumulaciones son variables entre plantas de esta especie; Tal es el caso de las investigaciones realizadas en la Reserva de Pacaya Samiria, en plantas de aguaje (*Mauritia flexuosa L.f.),* cuya fracción de carbono en la raíz fue de 0.49 tC/ha. Las concentraciones de carbono almacenado en el sistema radicular presentan variaciones debido a cada sistema de uso de tierra.

Por otro lado LAPEYRE *et al.* (2004), determinaron la capacidad de captura de carbono en la biomasa aérea en distintos sistemas de uso de la tierra, evaluados en la Región San Martín a diferentes niveles altitudinales.; de la misma forma afirma que los sistemas permanentes con mayor crecimiento presentan los valores más altos de acumulación de carbono, es el caso del bosque primario que contiene un promedio de 485 tC/ha (100%), valor que se reduce drásticamente si este se deforesta y se quema para plantar cultivos anuales en las mismas áreas llegando a valores muy bajos, menos de 5 tC/ha (1%). Recuperar el estado inicial de las reservas del bosque primario tomará muchos años, tal como se puede apreciar con el bosque secundario de 50 años que alcanza solo un 48% de lo que se tenía en el bosque primario.

Hay que destacar que no se podrá observar una recuperación significativa si estos sistemas son continuamente perturbados o descremados (extracción selectiva de madera), tal como se observa en el bosque secundario de 20 años ya descremado que contó con solo 13% de lo capturado por el bosque primario. El sistema café – guaba de cuatro años y el sistema cacao con especies forestales de 15 años, ambos agroforestales presentan valores altos que están por encima de los que presentan los sistemas puramente agrícolas de corta duración (áreas perturbadas por tumba y quema), lo cual nos demuestra la importancia del establecimiento de éstos sistemas para la recuperación del potencial de captura de carbono (Cuadro 3).

Cuadro 3. Carbono almacenado en diferentes SUT de la región San Martin

Sistema de Uso de Tierra	Carbono (t/ha)	Lugar	Altitud (msnm)
Bosque primario	485.3	Lamas - Tabaloso	1193
Bosque secundario de 50 años	234.3	La Banda de Shilcayo	700
Bosque descremado de 20 años	62.1		
Arroz de 70 días	1.7	Juan Guerra	650
Maíz de 90 días	4.4		
Pasto mejorado de 7 años	2.3		
SAF café + guaba de 4 años	19.3	Lamas- Zapatero	
SAF cacao de 15 años con especies forestales entre 15 y 20 años	47.2	Tarapoto	650-1500

Fuente: LAPEYRE (2004).

RIOS (2007), realizó estudios de cuantificación de carbono en la región Huánuco, provincia Leoncio Prado, distrito José Crespo y Castillo. Determinando que el cultivo de coca posee la capacidad de almacenar buenas

cantidades de carbono aun así, si las plantaciones son jóvenes, en la de un año de edad, encontró valores muy altos (80.4 tC/ha), que están por encima de valores que presentan los sistemas agroforestales de café de tres años (37.7 tC/ha) e inclusive de los sistemas de cacao mejorado de 30 años y cacao tradicional de 35 años, con valores de 3.7 y 3.3 tC/ha respectivamente; el mayor depósito de carbono lo encontramos en la biomasa aérea y esto se da para todos los sistemas de uso de tierra evaluados.

Por otro lado, DE LA CRUZ (2010) determinó el carbono almacenado en el suelo en plantaciones de palma aceitera, ubicadas en la Provincia Tocache, Región San Martín, utilizando doce diferentes edades, el mayor almacenamiento de carbono estimado y ajustado, presentó la edad de 27 años con 128.5 t/ha y la que presentó el menor almacenamiento es la de 8 años con 35.8 t/ha, puede observarse que a medida que la edad aumenta el almacenamiento de carbono es mayor dependiendo del manejo del suelo.

HINOSTROZA (2012) determinó el carbono aéreo en tres sistemas de uso de tierra tanto en bosques, pastizales y palma aceitera, encontrando que las reservas de carbono están en función al tipo de sistema del uso de la tierra; los Bosques primarios presentaron 135.5 t/ha de carbono, seguido por los pastizales 21.4 t/ha y finalmente las plantaciones de palma aceitera que almacenaron 14.7 t/ha de carbono.

2.2.4. Secuestro de carbono en la cuenca de Aguaytía

El centro internacional de investigación de agroforestería – ICRAF (1998), realizó estudios de almacenamiento de carbono en diferentes sistemas

de uso de tierra en Pucallpa, concluyendo que la tasa de secuestro de carbono aéreo es de 7 t/ha/año en bosques secundarios de 3 años (Cuadro 4).

Cuadro 4. Carbono almacenado y tasa de secuestro de carbono en diferentes SUT en Sarita Colonia, Pucallpa.

Sistema de uso de la tierra SUT	Carbono total (*) (t/ha)	Tasa de secuestro C aéreo (t/ha/año)
Bosque primario no tocado	402.8	-
Bosque primario extraído de madera	169.8	-
Bosque secundario 15 años	310.8	12.4
Bosque secundario 3 años	40.5	7.0
Área recién quemado	98.0	-
Cultivo anual (maíz)	30.2	-
Cultivo anual (yuca)	37.6	-
Cultivo bi-anual (plátano)	55.4	-
Pastura degradada	152.8	-
Plantación de *Hevea sp.* 30 años	152.3	2.5
Plantación de palma aceitera	98.5	-

(*) Carbono total = carbono aéreo+ carbono en suelo
Fuente: ICRAFT (1998)

ALEGRE *et al.,* (2002), determinó en la biomasa aérea en plantaciones de palma aceitera en shambillo – Ucayali, el almacenamiento de carbono aéreo en la edad de 13 años es mayor que las demás edades con 32.52 tc/ha; seguido con la edad de 12 años con 19.63 tc/ha; y la de menor almacenamiento es la edad de 6 años con 6.4 tc/ha, debido que los sistemas con mayor crecimiento e incremento de la biomasa presentan los valores más altos de acumulación de carbono.

BARBARAN (2000), en el distrito de Campo Verde – Región de Ucayali, determinó la biomasa y el carbono almacenado en distintos sistemas de uso, habiendo encontrado sistema que almacenan menor cantidad de carbono, estas son los cultivos anuales y los pastos. Además, determinó tasas de secuestro de carbono aéreo de 6.6 y 7.3 t/ha/año en bosques secundarios de 3 y 15 años (Cuadro 5).

Cuadro 5. Cantidad de biomasa y carbono en diferentes SUT en Pucallpa.

Sistemas de cultivo	Biomasa (t/ha)	C total (*) (t/ha)	Tasa de secuestro (t/ha/año)
Pastos	11.57	43.8	-
Yuca	15.5	36.2	-
Maíz	11.7	35.2	-
Plátano	42.4	55.0	-
Bosque secundario de 3 años	44.1	48.0	6.6
Área recientemente quemada	121.1	96.1	-
Bosque primario intervenido	258.4	155.6	-
Bosque secundario de 15 años	243.8	153.3	7.3

(*) Carbono total = carbono aéreo+ carbono en suelo
Fuente: BARBARAN (2000)

BALDOCEDA (2001), en el sector Neshuya- Curimaná de la Región Ucayali determinó la cantidad de carbono aéreo almacenado en bosques secundarios de diferentes edades concluyendo que los bosque secundarios son buenos receptores de carbono en cortas edades, y van aumentando la capacidad de almacenaje en sus componentes de acuerdo a la edad que tienen, a más edad más capacidad de almacenamiento, tal es el caso del bosque secundario de 10 años que almacenó 92.6 t/ha (Cuadro 6).

Cuadro 6. Cantidad de biomasa y carbono aéreo en bosques secundarios de diferentes edades del sector Neshuya - Curimaná

Sistema de uso de la tierra SUT	Biomasa (t/ha)	Carbono (t/ha)
Bosque secundario de 10 años	205	92.61
Bosque secundario de 8 años	176.65	79.5
Bosque secundario de 6 años	108.18	48.68
Bosque secundario de 4 años	51.43	23.14
Bosque secundario de 2 años	24.10	10.85

Fuente: BALDOCEDA (2001)

ALEGRE *et al.* (2002), determinaron el carbono total en diferentes sistemas de uso de tierra evaluados en la zona de Pucallpa (Cuadro 7) donde indica resultados favorables en acumulación de carbono en la foresta y barbecho. También, hace una comparación de cómo son los cambios se producen en los depósitos de carbono al someterlos a actividades antropogénicas; como es el caso de un bosque primario 161.7 t/ha (100%), cuando se aprovechan las especies maderables el bosque disminuye su cantidad de carbono en 122.8 t/ha (75.9%).

No obstante, los bosques secundarios tienen la capacidad de almacenar carbono en corto tiempo, tal es el caso del bosque secundario de 15 años 126.1 t/ha (78%) e inclusive a los tres años 20.9 t/ha (12.9%).

Cuadro 7. Reservas de carbono de diferentes SUT en Pucallpa.

Sistema de Uso de Tierra	Árbol (tC/ha)	Sotobosque (tC/ha)	Hojarasca (tC/ha)	Total (tC/ha)
Bosque primario no tocado	160.1	0.8	0.7	161.7
Bosque primario (extracción selectiva)	120.3	0.7	1.8	122.8
Bosque secundario 15 años	121	2.2	2.8	126.1
Bosque secundario 3 años	13.2	1.8	5.9	20.9
Área recién quemado	68.3	-	-	68.3
Cultivo anual (maíz)	4.5	1.2	2.1	7.9
Cultivo anual (yuca)	0.7	1.7	1.0	3.4
Cultivo bi-anual (plátano)	6.2	8.1	2.0	16.3
Pastura degradada	-	2.4	0.7	3.1
Plantación de *Hevea sp.* 30 años	66.6	0.9	6.5	74.0
Plantación de palma aceitera	0	37.2	4.1	41.4

Fuente: ALEGRE et al. (2002)

BALDOCEDA (2001), en el distrito Curimaná provincia Padre Abad, Región Ucayali. La zona de vida es de un Bosque Húmedo Tropical con una altitud de 200 msnm. Las características meteorológicas para la zona registran una temperatura media anual de 25.5 °C; precipitación promedio anual de 2,087.3 mm, y humedad relativa promedio de 80.6%. Las plantaciones de palma aceitera de 15 años, almacenan un contenido de carbono total de 74.19 tC/ha, siendo el suelo el componente con mayor carbono almacenado con 35.66 tC/ha que representa el 55.85% del total, seguido de la biomasa viva (hojas + estípite) que alcanzó un promedio de 22.30 tC/ha (30.06%); el resto quedo almacenado en la biomasa muerta (hojarasca, frutos, etc.) con un valor de 7.47 tC/ha (10.07%) y componente raíz con 1.76 tC/ha (1.02%). El flujo del carbono obtuvo un valor de 3.05 tC/ha/año.

2.3. Generalidades del carbono

El intercambio de carbono entre el reservorio terrestre y el atmosférico es el resultado de procesos naturales de la fotosíntesis y respiración, y de la emisión de gases causada por la acción humana. La captura de carbono por medio de la fotosíntesis ocurre cuando las plantas absorben energía solar y CO_2 de la atmósfera, produciendo oxígeno e hidratos de carbono (azúcares como la glucosa), que sirven de base para su crecimiento. Por medio de este proceso las plantas fijan el carbono en la biomasa de la vegetación, y consecuentemente constituyen, junto con sus residuos (madera muerta y hojarasca), un stock natural de carbono. (MARTINEZ *et al.,* 2008).

El carbono del suelo no se acumula para siempre, se libera del suelo cuando la materia orgánica es descompuesta por varios tipos de organismos aeróbicos que usan el carbono para su propio crecimiento (LESSARD *et al.,* 2009).

2.3.1. Ciclo del carbono

El ciclo del carbono por el que la energía fluye a través del ecosistema terrestre, inicia cuando las plantas, mediante la fotosíntesis, hacen uso del dióxido de carbono (C02) presente en la atmósfera o disuelto en el agua.

Parte de este carbono pasa a los animales (que a su vez se alimentan de plantas y/o de otros animales), que lo devuelven a la atmósfera en forma de CO_2 mediante la respiración, como producto secundario de! Metabolismo; Otra parte del carbono se almacena en los tejidos vegetales; la plantación de árboles y la regeneración natural de los ecosistemas boscosos

remueve el CO_2 atmosférico a medida que la vegetación crece. De forma natural, otra parte del carbono orgánico es llevado por los ríos hasta llegar a los océanos, donde se deposita en forma de carbonatos (CO_3). Este proceso también puede ser acentuado por la acción humana (IPCC, 2000).

2.4. Problemática de la emisión de carbono.

2.4.1. Dióxido de carbono.

El dióxido de carbono gaseoso está formado por la combinación de dos elementos: carbono y oxígeno. Se forma por la combustión de carbón o hidrocarburos, la fermentación de materia orgánica, y por la respiración de los hombres y animales.

Se encuentra en bajas concentraciones en la atmósfera, y es asimilado por las plantas que en su lugar producen oxígeno. (IPCC, 1996).

2.4.2. Dióxido de carbono como principal gas de efecto invernadero (GEI).

El cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial del planeta, es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrentan en el presente siglo. Este problema se acentúa por el rápido incremento actual en las emisiones de gases de efecto invernadero "GEI" y por las dificultades de reducir en forma sustantiva el incremento de GEI en el futuro próximo (IPCC, 1996).

Diferentes autores afirman que el dióxido de carbono (CO_2) es uno de los gases de efecto invernadero (GEI) más importantes involucrado en un

complejo ciclo global, en la actualidad su concentración ha llegado a 380 ppmv (partes por millón volumen), producto de la acción antropogénica: quema de combustibles fósiles y materia orgánica en general. Su emisión a la atmósfera por el cambio en el uso del suelo ocupa el segundo lugar a nivel mundial con una fuerte contribución de las zonas tropicales. La deforestación mundial anual se calcula en 17 millones de hectáreas, lo que significa una liberación anual de cerca de 1.8 GtC; lo que aproximadamente el 25% del total de las emisiones de CO2 son causadas por la tala de bosques (ESTRADA, 2001).

2.4.3. El efecto invernadero.

La atmósfera es una capa constituida por varios gases que envuelve al planeta. Los principales gases son el nitrógeno (N_2) y el oxígeno (O_2) que juntos componen cerca de 99% de la atmósfera. Algunos otros gases se encuentran presentes en pequeñas cantidades entre ellos el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), entre otros.

El efecto invernadero es un proceso que ocurre cuando una parte de la radiación solar reflejada por la superficie terrestre es absorbida por determinados gases presentes en la atmósfera, el efecto invernadero es de vital importancia, ya que sin él el planeta se congelaría, Cuanto mayor es la concentración de los gases de invernadero, menor es la cantidad de radiación infrarroja que el planeta remite libremente al espacio exterior. De esta manera, al aumentar la concentración de gases de invernadero, se incrementa la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, dando origen a que se eleve la temperatura superficial del planeta (MACDICKEN, 1997).

AVILA *et al.* (2001) Indica que el carbono es el elemento químico fundamental de los compuestos orgánicos, que circula por los océanos, la atmósfera, el suelo, y subsuelo. Estos son considerados depósitos (reservorios) de carbono. El carbono pasa de un depósito a otro por medio de procesos químicos, físicos y biológicos.

La captura de carbono adquiere una importancia crucial: Que puede contribuir a mantener en equilibrio la temperatura de la tierra disminuyendo la acumulación de CO_2 en la atmósfera. Su efecto benéfico dependerá del tiempo que el carbono se mantenga almacenado en la biomasa de los diversos ecosistemas que permitirá que el carbono también se concentre en el suelo (ESPINOZA, 2005).

El IPCC (2000), indica que el carbono orgánico del suelo por si solo representa más que el carbono de la biomasa en la hojarasca. Tales proporciones de carbono en el suelo dependen de la zona climática: con el máximo de carbono del suelo en las áreas húmedas, tropicales y mínimo en las áreas frías, climas secos; la causa principal de esta diferencia es la influencia de la temperatura en los índices relativos de producción y descomposición de la materia orgánica.

GOMEZ (2000), deduce que los principales factores que actúan sobre la evolución de la materia orgánica conciernen la vegetación, ingreso de residuos, composición de las plantas, los factores climáticos, condiciones de temperatura y humedad y las propiedades del suelo, textura, contenido y mineralogía de la arcilla.

2.4.4. Influencia de la amazonia en el cambio climático.

La Influencia de la amazonia en el cambio climático según LUCENA (2002), es como se menciona a continuación:

El estudio del clima desde una perspectiva histórica indicada que este ha sido y sigue cambiante, por su propia naturaleza a lo largo del tiempo. Pero en la actualidad asistimos a un intenso debate sobre un previsible cambio climático de origen antropogénicas, es decir, de origen humano, supuestamente causado por un aumento de las emisiones de los gases de efecto invernadero en la atmosfera, en especial, el dióxido de carbono (CO_2), por lo que los gobiernos mundiales vienen intentando acordar políticas internacionales de reducción de dichos gases.

Recientes cálculos efectuados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) indican que se emiten anualmente alrededor de 7,900 millones de toneladas de carbono en la atmosfera, de las cuales 6,300 millones derivan de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y 1.600 millones surgen como consecuencia de las talas. Del total del carbono emitido, aproximadamente 2,300 millones de toneladas son absorbidas por los océanos, 3,300 millones de toneladas se mantienes en la atmosfera, especialmente bajo la forma de (CO_2) mientras que los 2,300 millones de toneladas restantes tienen como probables destinos los bosques templados boreales y tropicales, como la selva amazónica, que tienen la capacidad de convertir el dióxido de carbono en biomasa, a través de la fotosíntesis.

2.4.5. Procesos de fijación y almacenamiento de carbono en la palma aceitera.

ANDRASKO (1990) y PNUD (1997), mencionan que en la palma de aceite, como en otras plantas, la biomasa se forma por el proceso de fotosíntesis (asimilación del CO_2). En este proceso, el dióxido de carbono (CO_2) del aire, y el agua (H_2O) del suelo se convierten en carbohidratos (CH_2O), utilizando la radiación solar, absorbida por la clorofila en los cloroplastos de las hojas verdes.

Los carbohidratos se usan en primer lugar para sostener el funcionamiento de la palma (denominado respiración de mantenimiento). Una parte del sobrante se usa para el transporte y conversión de (CH_2O) en materia seca estructural y para la absorción activa de los nutrientes del suelo (denominado respiración de crecimiento) y lo restante se dispone para la producción de materia seca vegetativa (hoja, tronco y raíz) y generativa (racimos). En condiciones favorables de crecimiento, la materia seca es repartida aproximadamente en igual forma entre el crecimiento vegetativo y el generativo, pero cuando, la provisión de (CH_2O) se reduce en condiciones de estrés, se da prioridad a la producción de materia seca vegetativa.

2.4.5.1. Asimilación bruta del CO_2

La transformación del CO_2 en CH_2O comienza con la difusión del CO2 desde el aire a los cloroplastos de las hojas verdes. Hay tres componentes de resistencia la difusión del CO_2 hacia los cloroplastos:

- Una resistencia al flujo de aire laminar (no turbulento) en la capa límite o interface sobre la superficie de la hoja.

- Resistencia de las estomas, determinada por la extensión de la apertura estomática.
- Resistencia del mesófilo a lo largo del camino para el transporte del CH_2O desde la cavidad estomática a los cloroplastos.

La segunda fase es un proceso foto-químico en el cual la luz es absorbida principalmente por la clorofila y se convierte en energía eléctrica que desencadena la formación de los compuestos químicos ricos en energía adenosín trifosfato (ATP) y nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADPH).

La tercera fase es un proceso bioquímico en el cual el CO_2 se transforma en CH_2O utilizando la energía del ATP y NADPH.

2.4.5.2. Partición de asimilados

En el proceso de fotosíntesis, el oxígeno (O_2) es liberado y se forma CH2O:

$$H2O + CO_2 \longrightarrow CH_2O + O_2$$

El CH_2O es utilizado en la palma para la respiración de mantenimiento, respiración de crecimiento y producción de materia seca estructural.

2.4.5.3. Respiración de mantenimiento.

Tiene prioridad de la asignación de (CH_2O) los requerimientos de la respiración de mantenimiento en la palma de aceite son difíciles de determinar empíricamente pero se han estimado en modelos de simulación del crecimiento

y rendimiento de la palma de aceite a partir del contenido de proteína y minerales y de la actividad metabólica del tejido de la palma, ambos varían entre los componentes de la materia seca de la palma y con la edad de la palma citado por (FAIRHURST y HÄRDTER, 2003).

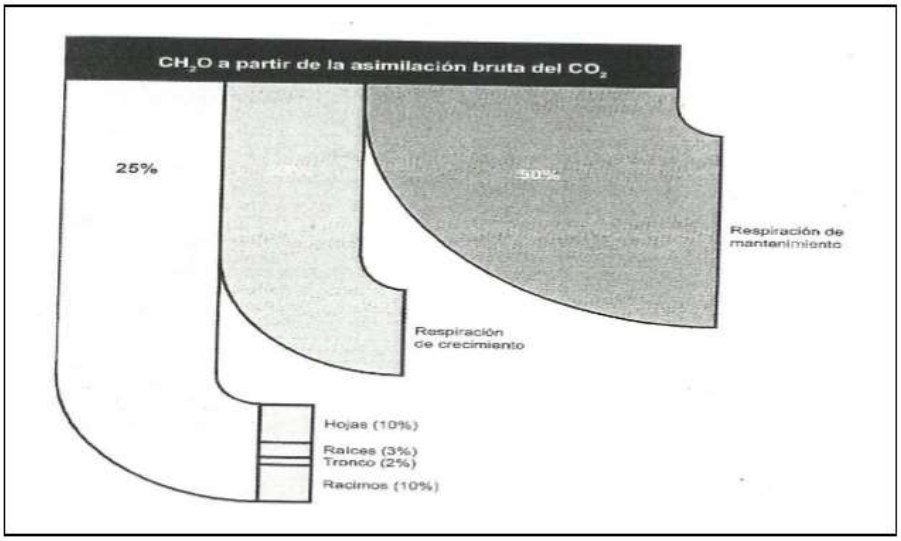


Figura 3. Asignación de CH_2O entre la respiración de mantenimiento, crecimiento y los componentes de la materia seca estructural.

2.4.5.4. Respiración de crecimiento

La segunda entrega CH_2O es utilizada en la respiración de crecimiento (Figura 3). La cantidad de CH_2O necesaria para formar los productos finales de materia seca estructural como celulosa, lignina, proteínas, ácidos orgánicos y grasas pueden determinarse con bastante precisión, citado por FAIRHURST y HÄRDTER (2003).

Como la constitución de los componentes principales de la materia seca de la palma de aceite (en función de estos productos finales) es conocida, la cantidad de (CH_2O) requerida para la producción de materia seca (MS) (kg CH_2O kg-1 MS) puede calcularse separadamente para el tronco, hojas,

raíces y racimos. Los racimos de frutos tienen la mayor proporción de grasas ricas en energía (lípidos) en la palma.

2.4.5.5. Materia seca vegetativa

Lo que queda para la producción de materia seca estructural después de que los requerimientos para la respiración del crecimiento (25%) y del mantenimiento (50%) han sido satisfechos, es entonces 25% de la producción bruta de CH_2O , citado por FAIRHURST y HÄRDTER (2003).

En condiciones favorables de crecimiento, la producción de materia seca se divide aproximadamente en partes iguales entre la producción de racimos y las partes vegetativas sobre el suelo. Sin embargo, cuando las condiciones ambientales desfavorables restringen la asimilación bruta del CO_2, los requerimientos para crecimiento vegetativo tienen preferencia sobre la producción de racimo.

2.4.6. Almacenamiento de carbono en el suelo.

La existencia de carbono orgánico presente en los suelos naturales representa un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). El contenido de carbono orgánico se determina a través de la materia orgánica. El suelo desempeña un importante papel en el ciclo del carbono y puede representar una fuente importante de CO_2 y de otros gases de efecto de invernadero a la atmosfera (UNFCCC, 1998).

El secuestro del carbono en el suelo es el proceso de transformación del carbono del aire al carbono orgánico almacenado en el suelo, el contenido de carbono disminuye respecto a la profundidad ya que los horizontes superficiales contienen mayor materia orgánica que los subsuperficiales (ZAVALETA, 1992).

BALESDENT et al. (1998) menciona que modelos recientes sobre el uso de la tierra sugieren que los sistemas terrestres pueden mitigar aproximadamente 20% del CO_2 atmosférico, debido al secuestro de carbono dentro de la vegetación y el suelo. Porque así el e se puede contener dentro del suelo por un tiempo de residencia mayor a mil años. El almacenamiento de este carbono depende de las variables climáticas (temperatura y precipitación) y del contenido de arcilla en el suelo.

ÁVILA *et al*. (2001) indica que los efectos de almacenamiento de carbono en el suelo se deben a diversos factores tales como, la edad de las especies, la textura del suelo, cambio de uso del suelo, manejo de 'los cultivos, entre otros. Este mismo autor señala además que la edad de las especies repercute en un mayor desarrollo de las raíces y mejora la estructura del suelo, como también el aporte de biomasa aérea al suelo, constituyendo un aumento en el contenido de carbono del suelo. ZAVALETA (1992) indica que el contenido de carbono disminuye respecto a la profundidad. Los horizontes superficiales de los suelos sometidos a laboreo suelen contener entre el 1 y el 3% de materia orgánica pero este contenido es, con frecuencia más elevado en los suelos de pradera y el de forestales.

El contenido de materia orgánica en los suelos es muy variable y está condicionado en primera instancia por el clima y la vegetación o cultivo de cacao para el caso en estudio. JACKSON (1964), afirma que el carbono en los suelos puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica.

2.4.6.1. Influencia de materia orgánica en el suelo.

Se conoce como materia orgánica del suelo (MOS), a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal o vegetal que están en diferentes etapas de descomposición y que se cumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo, es muy variable y está condicionado en primera instancia por el clima y la vegetación.

La materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas (producción y económica) como en sus funciones ambientales entre ellas captura de carbono (ESPINOZA, 2005).

2.4.6.2. Densidad aparente de los suelos.

La densidad aparente puede ser incluida dentro del grupo mínimo de parámetros a medir para evaluar la calidad de un suelo, como indicador de la estructura, la resistencia mecánica y la cohesión del mismo (DORAN *et al*., 1994).

Cambios en la densidad aparente reflejan cambios en la estructura del suelo, debido a la relación existente entre la densidad aparente y la porosidad total. La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al afecto que tienen la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un

incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate. Por ejemplo, para suelos arenosos una densidad aparente de 1.759 Kg m-3 limita el crecimiento de las raíces de girasol, mientras que en suelos arcillosos, ese valor crítico es de 1.21 a 1.63 Kg m-3, para la misma especie (JONES, 1983).

INGARAMO *et al.,* (2003), Menciona que los valores que puede tomar la densidad aparente depende de muchos factores, que van desde la textura, contenido de materia orgánica, hasta el manejo que se le da al suelo. En contraste con la densidad real, que es más o menos constante, la densidad aparente es altamente variable, esta es afectada por la estructura del suelo, que es, su flojedad o grado de compactación, así como también por sus características de contracción y expansión.

Esto último depende tanto de su contenido de arcilla como de la humedad del suelo. El espacio poroso puede ser altamente reducido por compactación, pero nunca se puede llegar a eliminar totalmente. Esta utilidad es necesaria para la práctica agronómica de la fertilización. La densidad aparente está directamente relacionada con la estructura del suelo, y por lo tanto depende de los mismos factores de control. Este es un dato que se puede obtener con bastante facilidad, y por ello es un parámetro que puede estar disponible para los diferentes horizontes de un suelo.

2.4.7. Almacenamiento de carbono en la hojarasca.

MARQUEZ (2000), deduce que la capa de hojarasca y los microorganismos tienen una función importante en la mantención de la productividad de un ecosistema, la cantidad y composición de la materia depositada en el suelo y su posterior descomposición son factores importantes en la eficiencia del ciclo de nutrientes, el suelo recibe la entrada directa de carbono proveniente de las partes muertas de los árboles y plantas, las cuales se encuentran en un intercambio activo con la atmósfera y al integrarse totalmente al suelo fijan y acumulan el carbono, un factor al contenido de carbono es la edad de las plantaciones donde depende mucho del almacenamiento de carbono en la hojarasca y junto a ello las condiciones del suelo y clima, variación de esta biomasa almacenada.

Las labores culturales (limpieza) que se realizan en su mantenimiento, ya que unos algunos agricultores optan por retirar las hojas podadas de la plantación de palma aceitera, mientras que otros las conservan acumulándolas en las calles intermedias entre plantas, las que formando bloques, dejan descomponerse naturalmente.

2.4.8. Almacenamiento de carbono en las raíces.

AVILA *et al.* (2001), que el contenido de carbono también se encuentra en las raíces en mínimas cantidades y la biomasa subsuperficial es menor y el crecimiento de las raíces depende de la edad de plantación y el tipo de suelo donde estos ayudan en un mayor desarrollo al suelo.

Las raíces son parte importante en el ciclo del carbono, a causa de que estas transfieren carbono al suelo, donde queda almacenado por largos periodos de tiempo, siempre y cuando no ocurra una alteración del mismo. Parte del carbono es usado para incrementar su biomasa, sin embargo este carbono es perdido a través de la respiración, oxidación y descomposición. Algunas raíces pueden extenderse a grandes profundidades, pero es considerable la proporción de biomasa en la raíz que se encuentra dentro de los primeros 30 cm de profundidad (RIOS, 2006).

2.4.8.1. Factores que afectan el crecimiento de la raíz

KRAMER (1987) indica que un exceso o una deficiencia de agua del suelo limitan el crecimiento y funcionamiento de la raíz. Un exceso de agua en el suelo, desplaza aire del espacio poroso no-capilar y produce una deficiencia de oxígeno que provoca la muerte de muchas raíces. Una deficiencia hídrica irrumpe el crecimiento de la raíz y probablemente hay poco crecimiento de las raíces.

La respiración de las raíces y de los organismos del suelo tiende a reducir la cantidad de oxígeno e incrementar la concentración de bióxido de carbono. Puesto que esta actividad aumenta con la temperatura, esos cambios están más señalados en verano que en invierno. Son también más notables en un suelo con alto contenido de materia orgánica debido a la mayor actividad microbiana, que en un suelo que contenga poca materia orgánica. Hay un intercambio de gases por difusión entre suelo y aire (KRAMER, 1987). El sistema radicular de la mayor parte de las plantas sólo crece vigorosamente en los suelos bien aireados, por ello las plantas tienen un sistema radicular más ramificado y

más fino cuando se desarrollan en un suelo arenoso que en un suelo arcilloso (WINTER, 1981).

El crecimiento de la raíz suele encontrarse limitado o irrumpido por bajas temperaturas, y en ocasiones la superficie del suelo superficial se vuelve lo suficientemente calurosa como para detener el crecimiento de la raíz. La temperatura óptima varía según las especies, la etapa de desarrollo y el abastecimiento en oxígeno, pero debe de ser de más o menos 20 a 25 ºC para la mayoría de las especies (KRAMER, 1987).

La luz es, normalmente, un factor del ámbito de la raíz porque la mayoría de las raíces se desarrollan en la oscuridad. Sin embargo, es necesaria la luz de intensidad baja para el crecimiento próspero de muchas clases de raíces cortadas en cultivo, al parecer por que resulta necesario para la síntesis de un regulador de crecimiento (KRAMER, 1987).

2.5. Principales consecuencias e impacto de la captura de carbono.

La captura de carbono y el aumento de la materia orgánica del suelo tendrán un impacto directo sobre la calidad y la fertilidad de los suelos. Habrá también efectos positivos importantes sobre el ambiente y la resiliencia y la sostenibilidad de la agricultura (ESTRADA, 2001).

2.5.1. Calidad y fertilidad del suelo

Como se mencionó anteriormente, la materia orgánica del suelo tiene funciones esenciales desde el punto de vista biológico, físico y químico del suelo. El contenido de materia orgánica es generalmente considerado como uno

de los indicadores primarios de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas como ambientales (ESTRADA, P. 2001).

AREVALO (2003), describe que la materia orgánica es de especial interés en el caso de los suelos tropicales excepto en los vertisoles con arcillas de baja actividad que tienen una pobre capacidad de intercambio de cationes.

La capacidad de intercambio de cationes aumenta en función del incremento de la materia orgánica. La biodisponibilidad de otros elementos importantes tales como el fósforo podrá mejorar y la toxicidad de otros elementos podrá ser inhibida por la formación de quelatos u otras uniones, por ejemplo, aluminio y materia orgánica.

ACOSTA (2001), deduce que la captura de carbono en los suelos agrícolas se contrapone al proceso de desertificación por medio del papel que juega el incremento de la materia orgánica sobre la estabilidad de la estructura resistencia a la erosión hídrica y eólica y a la retención de agua, y al aspecto esencial de la cobertura de la superficie del suelo directamente por las plantas o por los residuos de las plantas o cobertura muerta para prevenir la erosión e incrementar la conservación del agua.

2.6. Marco Legal

2.6.1. Protocolo de Kyoto

Dicho protocolo, firmado en 1997 en Kyoto tiene como objetivo que los países desarrollados reduzcan en promedio 5.2% de las emisiones de gas

de efecto invernadero (GEI) con respecto a las emitidas en 1990, el primer periodo de compromiso está fijado entre los años 2008 y 2012.

Dentro de las herramientas propuestas en el protocolo de Kyoto se encuentra el mecanismo de desarrollo Limpio (MDL), este permite a países desarrollados invertir en proyectos en países en vías de desarrollo , que mitiguen o capturen gases invernadero , esto se lograría a través de la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER's).

El propósito del MDL es ayudar a los países en desarrollo a lograr un desarrollo sostenible, así como ayudar a los países con metas de reducción a cumplir con sus compromisos.

Se estableció que el compromiso sería de obligatorio cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables, al menos, un 55% de las emisiones de CO2. Con la ratificación de Rusia en noviembre de 2004, después de conseguir que la UE pague la reconversión industrial, así como la modernización de sus instalaciones, en especial las petroleras, el protocolo ha entrado en vigor.

Además del cumplimiento que estos países hicieron en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que se utilice también energías no convencionales y así disminuya el calentamiento global.

El gobierno de Estados Unidos firmó el acuerdo pero no lo ratificó, por lo que su adhesión solo fue simbólica hasta el año 2001 en el cual el gobierno

de Bush se retiró del protocolo, no porque no compartiese su idea de fondo de reducir las emisiones, sino porque considera que la aplicación del Protocolo es ineficiente e injusta al involucrar solo a los países industrializados y excluir de las restricciones a algunos de los mayores emisores de gases en vías de desarrollo (China e India en particular), lo cual considera que perjudicaría gravemente la economía estadounidense (FONAM, 2014).

2.6.2. Mercado de carbono en el Perú.

Perú ha llevado a cabo una serie de acciones para la implementación, promoción y desarrollo de proyectos que pueden aplicarse al MDL y Mercados Voluntarios. Estos habían permitido ser reconocidos como uno de los países más atractivos de este mercado a nivel mundial.

En Perú, las acciones relacionadas con el cambio climático, en particular para el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), se ha logrado por dos instituciones: Ministerio de Medio Ambiente, la Autoridad Nacional del Ambiente, y el FONAM, como el promotor de las inversiones ambientales:

- Perú Logros en el Mercado de Carbono
- Contamos con instituciones ágiles para el MDL, con alta capacidad técnica.
- Contamos con un proceso de 45 días para la evaluación y aprobación de proyectos MDL.
- Somos reconocidos como uno de los 6 principales países más atractivos para el desarrollo de proyectos MDL en el mundo.

- MDL es promovido en el país por el FONAM, con una visión de la "promoción de las inversiones, fuente de puestos de trabajo, el uso de energías renovables y de contribución al desarrollo sostenible"

- Fomento de la capacidad se ha desarrollado dentro de los posibles inversionistas en el país. Hay un número creciente de empresas y asociaciones del sector público que sabe sobre el potencial de reducción de carbono de una forma de aplicar el mecanismo.

- Las capacidades locales en el Sistema Financiero Nacional se han desarrollado, con el fin de generar apoyo financiero a los proyectos de carbono peruanos. Entre estas instituciones financieras no son bancos comerciales, instituciones financieras, y Asociaciones de Bancos.

- FONAM promueve el Carbón Portafolio Nacional en las ferias internacionales de carbono, Fondos Ambientales Internacionales, y entre los diversos actores del mercado de carbono, incluidos los gobiernos, los Fondos de Carbono, inversores y proveedores de tecnología.

- Las capacidades locales se han desarrollado a través de la participación en eventos internacionales y la organización de seminarios y foros internacionales en el país. Estos eventos incluyen:

- Reuniones y Conferencias de las Partes de la CMNUCC COP / MOP

- Internacionales Seminarios y Foros de carbono.

Perú ha firmado acuerdos de cooperación con: Canadá, Alemania, Austria, España y Alemania, Francia, ENDESA y el PNUD (FONAM, 2014).

2.6.3. Actualidad sobre el precio del carbono

The Chicago Climate Exchange o La Bolsa Climática de Chicago (CCX) se define a sí misma como “el primer sistema de intercambio y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del mundo, y el único en América del Norte de carácter voluntario, legalmente vinculante y basado en reglas”. La CCX está basada en membresías del sistema de límite e intercambio. Los miembros se adhieren voluntariamente a la CCX y se inscriben a su política de reducciones legalmente vinculante. Como los mercados de Kyoto, la CCX intercambia seis tipos diferentes de GEI convertidos a una unidad común de una tonelada equivalente de dióxido de carbono (CO2e). Un factor importante en la CCX es que facilita transacciones de carbono sin distinguir su fuente. Una tonelada de carbono es una tonelada de carbono, y los compradores no saben el origen del crédito.

El mercado extra-bursátil consiste de una amplia variedad de transacciones voluntarias que conforman un mercado voluntario que no está guiado por ningún tipo de límite de emisiones. Compradores y vendedores de créditos de carbono se encuentran y negocian transacciones fuera de cualquier bolsa y fuera de un sistema de límite e intercambio, y la mayoría de las compensaciones de carbono que se compran en este mercado voluntario se originan de transacciones basadas en proyectos.

En el Perú tenemos a los principales actores del mercado de carbono entre ellos Programa Latinoamericano de Carbono (PLAC), Fondo Japonés de Carbono (JCF), IFC Netherlands Carbon Facility, Fondo de Carbono Europeo (ECF), Netherlands Clean Development Facility (NCDF), Fondo Danés de Carbono, Fondo Español de Carbono, Programa IC/MDL de Austria, Programa IC/MDL de Bélgica (FONAM, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Campo experimental

3.1.1. Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en el fundo "EL DELFÍN", se encuentra en el centro poblado de Boquerón a 13 km de la ciudad de Aguaytía en el margen derecho de la carretera Federico Basadre, tramo Aguaytía – Tingo María, cuenta con una extensión de 20 ha con plantaciones de palma aceitera de 10 años establecida en un sistema de tresbolillo, separadas a una distancia de 9 metros de cada uno siendo la adecuada para este tipo de plantación.

3.1.2. Ubicación política

- Distrito : Padre abad.
- Provincia : Padre abad.
- Región : Ucayali.

3.1.3. Ubicación geográfica

El fundo "EL DELFIN", se encuentra entre las coordenadas UTM por el lado:

NORTE:	SUR:	ESTE:	OESTE:
X: 0430546.	X: 0430894.	X: 0430778.	X: 0430596
Y: 8999691	Y: 8998801	Y: 8999338	Y: 8999284
ALT: 349 msnm	ALT: 368 msnm	ALT: 351 msnm	ALT: 356 msnm

3.1.4. Condiciones climáticas.

De acuerdo a la información proveniente de la Estación Meteorológica Principal de San Jorge (Km. 54 C.F.B), se reporta para la zona una temperatura (T) media anual de 25 °C. La precipitación pluvial (PPT) promedio total anual es de 3,700 mm, sin embargo, en la parte montañosa de la cuenca del Aguaytía se registran precipitaciones de hasta 5,000 mm/año. La humedad relativa promedio es de 88% y su ritmo de variación está de acuerdo al ciclo de lluvias, y los vientos tienen una dirección dominante de norte a sur.

La zona de Boquerón del Padre Abad es la zona más lluviosa con precipitaciones durante todo el año, con mayor intensidad los meses de noviembre – abril situación que produce crecientes de poca duración (3 o 4 horas) y erosión a orillas del rio ocasionando destrucción de los cultivos e poca escala.

3.1.5. Fisiografía

Se observan dos grandes paisajes fisiográficos: planicie y colinoso. El primero se extiende hasta el km 29 y se presenta en un 80% del área, está conformado por superficies planas y onduladas con pendientes que oscilan entre 0 y 8%. El paisaje colinoso está constituido por lomadas y colinas de relieve complejo, con pendientes que varían entre 8% y 25%, se extiende desde el km 29 en forma paralela al curso del río Aguaytía.

La zona de estudio se encuentra a 350 msnm y cuenta con un relieve de clase llanura presentando pocas elevaciones por lo que son básicamente planas.

3.1.6. Zona de vida y vegetación

Corresponde a la zona de vida de transición perteneciente a un bosque muy húmedo pre montano tropical (bmh-PT) que propicia del crecimiento de abundante vegetación arbórea y arbustiva.

La vegetación natural que predomina en la zona está constituida por bosques heterogéneos distribuidos en diferentes estratos con árboles de grandes dimensiones, tanto en altura (40 m) como en diámetro (2 m). Sin embargo, en la actualidad estos bosques han sido intensamente intervenidos. Primero, por la extracción maderera de las especies de alto valor comercial como caoba (*Swietenia macrophylla King*), cedro (*Cedrela odorata L*.) y tornillo (*Cedrelinga caneniformis Ducke*), y posteriormente por efectos de la agricultura migratoria (tumba, rozo y quema) y otras especies que crecen son “cetico” *Cecropia sp.*, “huamansamana” *Jacaranda copaia*, y con mayor dominancia la “bolaina blanca”, *Guazuma crinita*, entre otras; con un sotobosque conformado por *Heliconia sp*., *Costus sp.,* y otras especies.

3.1.7. Suelos y capacidad de uso mayor

Los suelos en la zona de estudio son ácidos, con un pH promedio de 4 (mínimo 3.6 y máximo 4.4). El contenido de materia orgánica es baja con promedio de 2% hasta una profundidad de 20 cm y de 1.6% a una profundidad de 20 a 40 cm. Los suelos son de textura media a moderadamente fina y extremadamente ácidos.

3.2. Materiales, herramientas y equipos

3.2.1. Materiales

- Rafia de color amarillo y rojo
- Rastrillo
- Bolsas de plástico
- Sobres de papel.
- Papel periódico.
- Costal de 50 kg.
- Cuaderno de apuntes
- Estacas de madera.
- Cilindros de muestreo de volumen conocido
- Regla métrica (20 cm)
- Cubo de muestreo de 100 cm^3

3.2.2. Herramientas

- Machete
- Martillo
- Cuchillo
- Pala recta
- Wincha métrica de 50 m

3.2.3. Equipos

- GPS (GARMIN- etrex 20)
- Cámara fotográfica (Samsung 13 Mp)
- Estufa eléctrica
- Balanza analítica Citizen C T 3000 H

3.3. Metodología

El trabajo se ejecutó en plantación de palma aceitera de 10 años, establecida en un sistema de tresbolillo, separadas a una distancia de 9 metros de cada uno siendo la adecuada para este tipo de plantación. Para el desarrollo de este trabajo se planteó en (04) fases fundamentales: Fase de precampo, de campo, de laboratorio y de gabinete.

3.3.1. Fase de precampo.

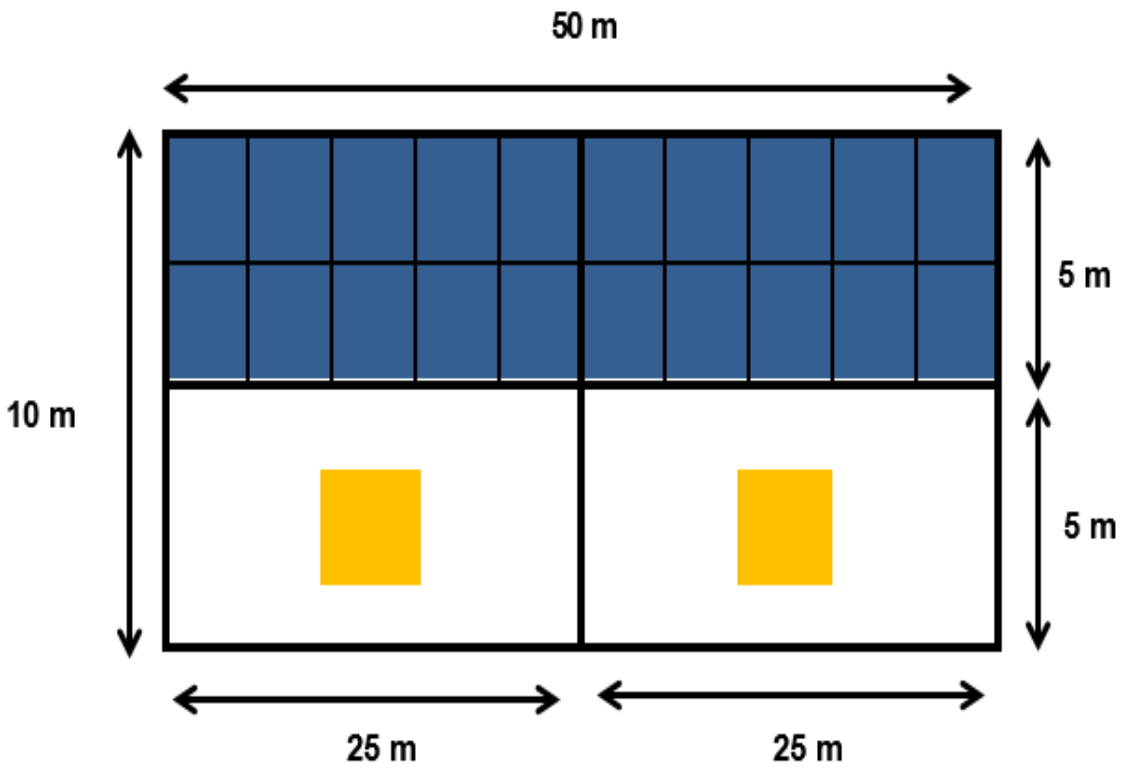
3.3.1.1. Estratificación del terreno

Se reconoció el área de estudio de acuerdo al mapa de ubicación del fundo, “EL DELFÍN”, con la finalidad de estratificar el área en unidades homogéneas y establecer los puntos de muestreo.

3.3.1.2. Diseño de muestreo

Se delimitó los espacios muestrales, mediante un diseño de muestreo estratificado propuesta por el Centro Mundial Agroforestal (ICRAF), para ello se trabajó con una parcela de 500 m^2 (50 m x 10 m), ubicada al azar dentro del terreno, y dentro de ella se estableció una sub parcela de 50 x 5 m para el muestreo de hojarascas que está dividido en 20 partes por igual.

Para el muestreo de carbono orgánico en el suelo y raíces se estableció en la parcela de 50 x 10 dos subparcelas de 25 x 5 m, y en cada una de ellas una calicata en la parte centro. El ICRAF (2009) y (AREVALO *et al*., 2003), recomiendan muestrear hasta una profundidad de 30 cm, en rangos de 0 - 1 0 cm; 10 - 20 cm y 20 - 30 cm.



Fuente: ICRAF (2009).

Figura 4. Esquema de muestreo en campo.

Puntos de muestreo de hojarascas.

Puntos de muestreo de suelo y raíces (calicata)

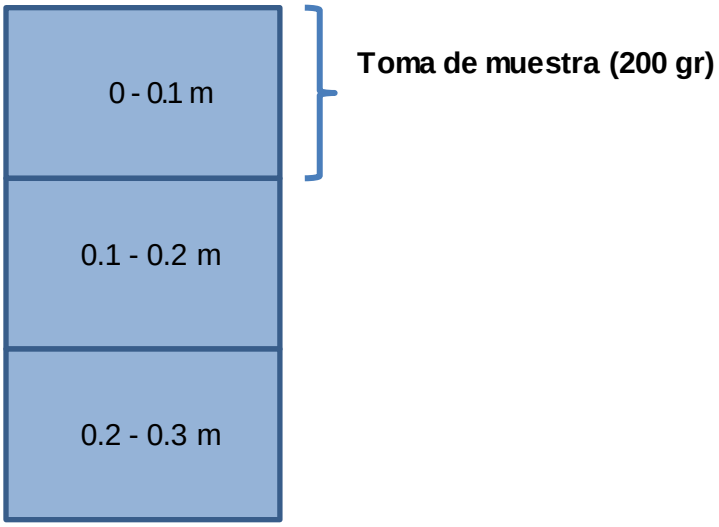
3.3.2. Fase de campo

La metodología que se empleó para la evaluación de la muestra de suelo, biomasa de la hojarasca y radicular es recomendada por el Centro Internacional de Investigación Agroforestal (ICRAF).

3.3.2.1. Muestra de suelo para la materia orgánica.

En las subparcelas de 25 x 5 m, se realizó en el centro las respectivas calicatas de 30 cm x 30 cm x 30 cm de profundidad.

Posteriormente se definió las profundidades de muestreo en los siguientes rangos: 0 – 10 cm; 10 – 20 cm, 20 – 30 cm, para la obtención de las muestras de suelo. Por cada rango se tomó muestras de suelo de 200 gramos aproximadamente para el análisis de materia orgánica.



Fuente: ICRAF (2009)

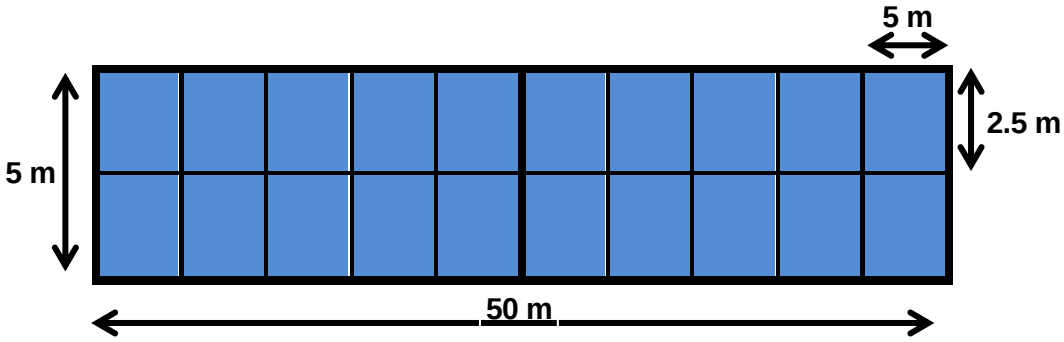
Figura 5. Esquema de muestreo de suelo **(**calicata**).**

3.3.2.2. Muestra de suelo para el cálculo de densidad aparente.

Para calcular el carbono almacenado en el suelo se midió la densidad aparente del suelo a cada nivel de profundidad: 0 – 10 cm; 10 – 20 cm, 20 – 30 cm en las calicatas, en las mismas con la ayuda de un martillo se introdujo 1 cilindro en cada una de ellas de volumen establecido, específicos para este tipo de muestreo, y luego obtuvo la muestra final del suelo.

3.3.2.3. Obtención de muestra de hojarasca

Se cuantificó en base a las hojas, flores, semillas y fragmentos de estos, ramitas y material leñoso menores a 4 cm de diámetro, se recolectó toda la hojarasca que se encontró en cada una de las subparcelas de 12.5 m^2 (5 x 2.5 m); estas se colocaron en bolsas plásticas codificadas y se llevó a laboratorio para su respectivo análisis.



Fuente: ICRAF (2009).

Figura 6. Esquema de muestreo de hojarasca.

3.3.2.4. Obtención de la muestra de raíces

Para el muestreo de carbono almacenado en la biomasa radicular se obtuvo raíces finas con un cubo de muestreo de volumen 100 cm^3, en las siguientes profundidades 0 - 10 cm; 10 – 20 cm y 20 – 30 cm, siendo depositadas en bolsas plásticas codificadas para su posterior análisis en el laboratorio.

3.3.3. Fase de laboratorio

3.3.3.1. Obtención de datos para la determinación de carbono en el suelo.

Para la determinación de carbono almacenado en el suelo, se aplicó el método de Walkley y Black (método de oxidación húmeda), la cual el % M.O (porcentaje de materia orgánica) fue proporcionado mediante el análisis de laboratorio.

Las muestras obtenidas para la determinación de la densidad aparente fueron sometidas a una estufa a temperatura de 70 °C por 48 horas aproximadamente, hasta obtener un peso constante, después de sacar la muestra se pesó nuevamente para obtener el peso seco.

3.3.3.2. Obtención de datos para la determinación de carbono en la hojarasca.

La hojarasca colectada se introdujo en sobres de papel cada una y se pesaron para obtener el peso húmedo, posteriormente fueron llevadas a estufa para ser secadas a 70 °C de temperatura por 24 a 48 horas aproximadamente, hasta obtener un peso constante. Una vez la muestra seca se pesó nuevamente para obtener el peso seco y se calculó la biomasa en (t/ha) y enseguida se determinó la cantidad de carbono en (t/ha).

3.3.3.3. Obtención de datos para la determinación de carbono en las raíces.

Se seleccionó las raíces de cada una de las muestras del cubo (suelo + piedras + raíces), por medio de lavado y tamizado, restando únicamente raíces. Se procedió pesarlo para obtener el peso húmedo, y después secarlas en una estufa a 70 °C por 24 a 48 horas (hasta obtener peso constante), luego se volvió a pesar y se obtuvo el peso seco y se calculó la biomasa en (t/ha) y posteriormente se determinó la cantidad de carbono en (t/ha).

3.3.4. fase de gabinete

3.3.4.1. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en el suelo.

Para la determinación de carbono orgánico en el suelo, se usó la fórmula:

$$COS = \frac{\%Co}{100} \times Da \times Ps \times 10$$

Siendo:

COS : Carbono orgánico de suelos (tn/ha).

%CO : O.38 X %MO (Walkley y Black, 1938).

Da : Densidad aparente (kg/m^3).

Ps : Profundidad del suelo (m).

10 : Factor de conversión a (t/ha).

Para determinar el volumen del cilindro y la densidad aparente se usó las siguientes fórmulas propuestas por:

$$V = \pi . r^2 . h$$

$$Da = \frac{MS}{V}$$

Siendo:

V : Volumen (cm^3).

π : 3.1416, Valor constante,

r : radio del cilindro(cm).

h: altura del cilindro(cm).

Da : densidad aparente (gr/cm^3).

MS : masa seca (gr).

3.3.4.2. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en la hojarasca.

Para determinar el carbono, se determinó primero la biomasa utilizando la fórmula por ICRAF:

BH = (Ms/1000) x (10000/área de parcela)

Siendo:

BH : biomasa en hojarasca (t/ha).

1000 : factor conversión a toneladas.

10000 : factor de conversión a hectáreas.

Luego:

CH = biomasa en hojarasca (t/ha) x 0.50

Siendo:

CH : Carbono en hojarasca.

0.50 : Valor propuesto por IPCC.

3.3.4.3. Cálculo para la obtención de carbono almacenado en las raíces.

Para la determinación de carbono almacenado en las raíces se aplicó la fórmula:

BR= PRS

Siendo:

BR : Biomasa de las raíces (kg/m^2).

PRS : Peso de las raíces secas llevado a estufa.

Luego:

CR =BR x 0.50 x 10

Siendo:

CR : Carbono en las raíces (t/ha).

0.50 : Valor propuesto por IPCC.

10 : valor de conversión a (t/ha).

IV. RESULTADOS

4.1. Carbono orgánico en el suelo.

Para el cálculo del almacenamiento de carbono orgánico en el suelo se usó la fórmula propuesta por Walkley y Black (1938), de manera que se utilizó como datos la cantidad de materia orgánica y la densidad aparente obtenidos en laboratorio de las diferentes profundidades en el suelo.

Cuadro 8. Almacenamiento de COS en plantación de palma aceitera.

Profundidades (cm)	Calicatas	COS (t/ha)	COS (t/ha) Promedio
0 - 10	**C1**	9.416	**9.095**
	C2	8.773	
10 - 20	**C1**	4.592	**4.522**
	C2	4.452	
20 - 30	**C1**	4.213	**3.379**
	C2	2.544	
	Total		**16.996**

En el cuadro 8 se muestra la cantidad de carbono almacenado en el suelo de forma orgánica y este va disminuyendo a profundidades de los cuales se obtiene 16.996 tC/ha, en los 30 centímetros de profundidad.

Cuadro 9. M.O. en el suelo en plantación de palma aceitera.

Profundidades (cm)	Calicatas	%M.O
0 - 10	C1	2.10
	C2	1.94
10 - 20	C1	1.06
	C2	1.01
20 - 30	C1	0.99
	C2	0.65
	Total	**1.30**

En el cuadro 9 se muestra el contenido de materia orgánica con 1.30 %, de nivel bajo el cual es un indicador clave de la calidad de suelo de modo que en la parte superficial la actividad microbiana es mínima resultando ser un suelo compacto (arcilloso) con una textura moderadamente fina extremadamente ácida como lo menciona GOREU (2007), y esto hace que a profundidades la concentración de materia orgánica disminuya.

Cuadro 10. Densidad aparente en el suelo en plantación de palma aceitera.

Profundidades (cm)	Calicatas	Da (gr/cm^3)
0 – 10cm	C1	1.18
	C2	1.19
10 – 20cm	C1	1.14
	C2	1.16
20 – 30cm	C1	1.12
	C2	1.03
	Total	**1.14**

El cuadro 10 muestra la densidad aparente en las diferentes medidas, obteniendo como promedio total de 1.14 gr/cm^3, siendo un suelo compacto, el cual tiene como importancia el traslado del carbono hacia las profundidades del suelo, la facilidad de circulación de agua y aire. En general como lo menciona (INGARAMO *et al.,* 2003), cuanto mayor sea la densidad, menor el espacio poroso para el movimiento del agua, crecimiento y penetración de raíces, y el desarrollo de las plantas. Los valores que puede tomar la densidad aparente depende de muchos factores, que van desde la textura, contenido de materia orgánica, hasta el manejo que se le da al suelo.

4.2. Carbono almacenado en la hojarasca.

Cuadro 11. Almacenamiento de carbono en la hojarasca

Sub Parcelas	Peso seco (Kg)	Biomasa (t/ha)	Carbono (t/ha)
SP 1	0.113	0.090	0.045
SP 2	0.181	0.145	0.072
SP 3	0.181	0.145	0.072
SP 4	0.117	0.094	0.047
SP 5	0.170	0.136	0.068
SP 6	0.112	0.090	0.045
SP 7	0.154	0.123	0.062
SP 8	0.150	0.120	0.060
SP 9	0.135	0.108	0.054
SP 10	0.125	0.100	0.050
SP 11	0.108	0.086	0.043
SP 12	0.150	0.120	0.060
SP 13	0.142	0.114	0.057
SP 14	0.134	0.107	0.054
SP 15	0.202	0.162	0.081
SP 16	0.140	0.112	0.056
SP 17	0.135	0.108	0.054
SP 18	0.128	0.102	0.051
SP 19	0.175	0.140	0.070
SP 20	0.210	0.168	0.084
		2.370	**1.185**

En el cuadro 11 se muestra el total de carbono obtenido en la hojarasca la cual se determinó en base la recolección de cada una de las subparcelas y se tiene como resultado 1.185 tC/ha.

4.3. Carbono en la biomasa radicular.

Cuadro 12. Almacenamiento de carbono en la biomasa radicular.

Prof. (cm)	Calicatas	CR (t/ha)	CR (t/ha) promedio
0 - 10	**C1**	1.57	**1.46**
	C2	1.36	
10 - 20	**C1**	0.34	**0.30**
	C2	0.26	
20 - 30	**C1**	0.25	**0.20**
	C2	0.16	
	Total		**1.960**

En el cuadro 13 se muestra el carbono total en la biomasa radicular con 1.96 tC/ha, de los cuales fue determinada a diferentes profundidades como bien lo propone ICRAF (2009) en el tipo de metodología planteada.

4.4. Comparación de carbono en los diferentes componentes.

Cuadro 13. Almacenamiento de carbono en los diferentes componentes.

	Carbono (tn/ha)	Carbono (%)
Suelo	16.996	84.4
Hojarasca	1.185	5.9
Raíz	1.960	9.7
Total	**20.141**	**100%**

En el cuadro 13 se muestra la comparación de la cantidad de carbono en los diferentes componentes resultando con mayor cantidad en el suelo, como segundo en la raíz y como último en la hojarasca.

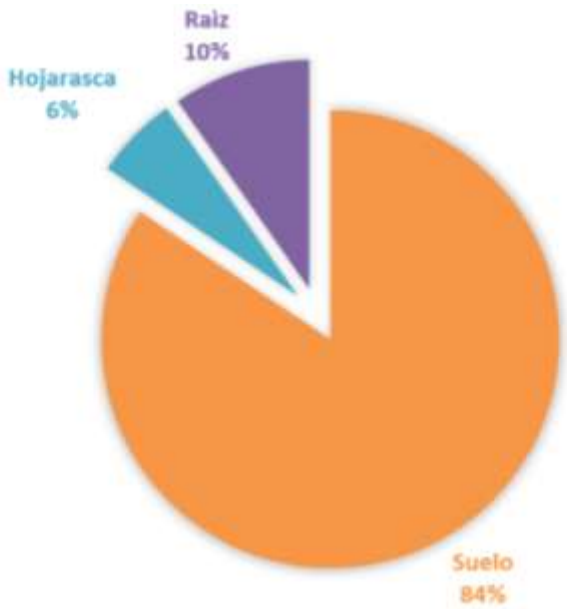


Figura 7. Esquema de almacenamiento de carbono en los diferentes componentes.

V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados que se muestra en el cuadro 10 el contenido de carbono almacenado en el suelo de forma orgánica es de 16.996 tC/ha, esto se debe a la descomposición de los restos de ramas, frutos y hojarasca. Esta descomposición se da por los diferentes factores como la humedad, temperatura presente en la zona. IPCC (2000) quienes mencionan las proporciones de carbono en el suelo depende de la zona climática; con el máximo de carbono del suelo en las áreas, húmedas, tropicales y mínimo en las áreas frías, climas secos; la causa principal de esta diferencia es la influencia de la temperatura en los índices relativos de producción y descomposición de la materia orgánica; Asimismo BALDOCEDA (2001), menciona que en los distritos de Curimaná e Irazola, provincia de Padre Abad, región Ucayali las plantaciones de palma aceitera de 15 años de edad almacenan 35.66 tC/ha, en el componente suelo el cual presenta características meteorológicas distintas; Mientras que MARTÍNEZ *et al.* (2008), mencionan que la cantidad de carbono orgánico, no solo depende de las condiciones ambientales, sino que está fuertemente afectada por el manejo del suelo, teniendo en cuenta que existe mayor porcentaje del mismo en suelos cuya cobertura no ha sido intervenida; de tal manera ZAVALETA (1992) también indica que el contenido de carbono disminuye respecto a la profundidad, de manera que los horizontes superficiales contienen mayor materia orgánica que los subsuperficiales y asume que la variación del carbono orgánico es debido al tipo de suelo, pendiente del terreno

y también a las diferencias en las densidades aparentes; Por otro lado, DE LA CRUZ (2010) determinó el carbono almacenado en el suelo en plantaciones de palma aceitera, ubicadas en la Provincia de Tocache, Región San Martín, utilizando doce diferentes edades, el mayor almacenamiento de carbono estimado y ajustado, presentó la edad de 27 años con 128.5 tC/ha y la que presentó el menor almacenamiento es la de 8 años con 35.8 tC/ha, puede observarse que a medida que la edad aumenta el almacenamiento de carbono es mayor dependiendo el manejo del suelo.

Se encontró para el sistema de la hojarasca en plantación de palma aceitera 1.185 (tC /ha), y su biomasa 2.370 tn/ha, esto indica que el 50% de la biomasa seca es carbono, debido a la cantidad de biomasa que se pudo obtener, se considera que la hojarasca de la palma demora en descomponer por lo tanto la biomasa obtenida es menor de modo que este resultado se origina del producto de la biomasa seca por el factor 0.5, usado por el IPCC, de tal manera BALDOCEDA (2001), menciona que en el distrito de Curimaná, en un estudio dado el carbono almacenado en la hojarasca es de 7.47 tC/h, esto se debe como lo menciona MARQUEZ (2000), que la edad de las plantaciones va depender mucho de la hojarasca y junto a ello las condiciones del suelo y el clima de tal modo la variación de esta biomasa almacenada, se debe también a las labores culturales (limpieza) que se realizan en su mantenimiento, teniendo en cuenta algunos agricultores optan por retirar las hojas podadas de la plantación, mientras que otros las conservan acumulándolas en las calles intermedias entre plantas, las que formando bloques, dejan descomponerse naturalmente de otro modo MARQUEZ (2000), deduce que el suelo recibe la entrada directa de carbono proveniente de las partes muertas de los árboles y plantas, las cuales

se encuentran en un intercambio activo con la atmosfera y al integrarse totalmente al suelo finan y acumulan el carbono y esto va conjuntamente con la edad de la plantación.

El contenido de carbono almacenado en el sistema radicular de la plantación de palma aceitera se encontró en mínima cantidad de 1.960 tC/ha, siendo el segundo componente de mayor peso en carbono, esto depende en la cantidad de biomasa encontrada, de modo que las raíces tienden a crecer a profundidades dependiendo el tipo de textura que posee el suelo. Tal como lo afirma AVILA *et al.* (2001), que el contenido de carbono también se encuentra en las raíces en mínimas cantidades por lo que la biomasa subsuperficial es menor y esto depende del tipo de suelo para el crecimiento de las raíces paralelo a la edad de las plantaciones, mientras que FREITAS *et al.* (2006) Relaciona el carbono acumulado en las plantas de cacao que se va incrementando con respecto a la edad de plantación con valores de 0.22 tC/ha, 0.55 tC/ha y 1.33 tC/ha de 1 año, 3 años y 5 años respectivamente, por lo tanto cuanto más vigorosos y desarrollados están las plantas producirán mayor cantidad de biomasa; de esta manera a mayor acumulación de biomasa mayor acumulación de carbono y esto también se debe al tipo de raíz que presenta la palma de aceite como lo menciona LEÒN (1987), que posee un sistema radicular fasciculado compuesto por raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias y eso va en conjunto con las raíces que van quedando muertas y son parte de materia orgánica para el contenido de carbono en el suelo.

VI. CONCLUSIONES

- El contenido de carbono almacenado total en el suelo en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq.)* de 10 años de edad es de 20.141 t/ha en los diferentes componentes.

- La cantidad de carbono almacenado de forma orgánica en el suelo es de 16.996 t/ha, siendo el componente que mayor carbono obtuvo que representa un 84% del total en los 30 cm de profundidad.

- El carbono almacenado en la biomasa de la hojarasca en las plantaciones (*Elaeis guineensis Jacq.) es de* 1.185 t/ha con un porcentaje de 5.9 % del total de carbono.

- La biomasa radicular en el suelo en las plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis J*acq*.),* contiene 1.960 t/ha de carbono almacenado tomadas en los 30 cm de profundidad, el cual tiene como porcentaje un 9.7 % del total de carbono.

VII. RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación realizando estudios comparativos en diferentes parcelas con especies agrícolas y forestales que permitan elaborar una propuesta para incentivar sistemas agroforestales en la región, con énfasis en el almacenamiento de carbono.

- Desarrollar correctamente la metodología en el campo y laboratorio en la toma de muestras y análisis respectivos para obtener resultados confiables.

- Considerar los resultados de la presente investigación para que los palmicultores puedan acceder a mercados de carbono.

- Capacitar a los palmicultores en manejo cultural de la palma aceitera para mejorar el aporte de la materia orgánica.

VIII. ABSTRACT

The main objective of this investigation was to estimate the carbon stored in the soil in oil palm plantations (*Elaeis guineensis Jacq*.) and thus generate basic technical scientific information for carbon projects.For this purpose, it was evaluated in 10-year-old oil palm plantations established in a staggered system, separated at a distance of 9 meters from each one, which are located in the "EL DELFIN" farm, which is located in the populated center of Boquerón 13 km from the city of Aguaytía on the right margin of the Federico Basadre road, Aguaytía - Tingo María section, for the development of this work was raised in (04) fundamental phases: precamp phase, field, of laboratory and of cabinet. So, the sampling design was randomly located in the field, evaluated in three different components (soil, litter and root) using the sampling methodology recommended by (ICRAF, 2009) and (AREVALO et al., 2003), for the sampling of organic carbon in the soil and roots was established two pitches 20-30 cm; For leaf litter, it was quantified based on the leaves, flowers, fruits, seeds and fragments of these and woody material less than 4 cm in diameter. The oil palm plantations stored a total of 50,111 tC / ha, with the soil being the component with the highest carbon stored at 16,996 t / ha representing 84% of the total, followed by the biomass of the leaves with 1,185 tC / ha with a percentage of 6% of the total carbon and finally in the root biomass with 1,960 tC / ha represented 9.7 of the total.

IX. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ACOSTA M. 2001. Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México. Colegio de Postgraduados, México.15 p.

ALEGRE, J., AREVALO, L., RICSE, A. 2002. Reservas de carbono con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonia peruana. ICRAF/INIA. [En línea]: (http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia /vbconfe7.htm, 15 Nov.2014).

ANDRASKO, K. 1990. El Recalentamiento del Globo Terráqueo y los Bosques: estado actual de los conocimientos. Unasylva. Roma. 41 pg.

AREVALO L.J, ALEGRE & PALM C. 2003. Manual de determinación de las reservas de carbono en los diferentes sistemas de uso de tierras en Perú.

ÁVILA, GABRIELA; JIMÉNEZ, F.; BEER, J.; GÓMEZ, M. & IBRAHIM, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica.

BALESDENT, J., BESNARD, E., ARROUAYS, D., CHENU, C. 1998.. The dynamics of carbon in particle-size fractions of soil in a forest-cultivation sequence. Plant Soil 201 :49-57.

BALBOCEDA, R. 2001. Valoración económica del servicio ambiental de captura de CO2 en la zona de Neshuya – Curimaná – Pucallpa. En conservación y manejo de la biodiversidad y ecosistema frágiles en el Perú.

BARBARAN, J. 2000. Cuantificación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en campo verde. Universidad Nacional de Ucayali, Perú. 54 p.

BLANCO, J. 1986. Cuantificación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso de suelo en Campo Verde. Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú. 70 p.

CENTRO MUNDIAL AGROFORESTAL (ICRAF). 1998. Guía para la determinación de carbono en la Región Ucayali, Perú. 59 pg.

CENTRO MUNDIAL AGROFORESTAL (ICRAF). 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales Lima, Perú. 79 pg.

CATRIONA, P. 1998. Actualidad forestal tropical. Boletín de manejo forestal producido por la Oraganización de Maderas Tropicales para fomentar la onservación y el manejo sostenible de los recursos forestales tropicales en la región de América Latina y el Caribe (Japón). 31 pg.

CHAVEZ, M.J. 2006. Estadísticas - Bondades del cultivo de Palma aceitera. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María – Perú. 36 pg.

DE LA CRUZ, M. 2010. Estimación del carbono almacenado en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis Jacq)* de diferentes edades en Pumahuasi- Uchiza. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. 89 p.

DORAN, J.W. y PARKIN, T.B. 1994. Defining and Assessing Soil Quality. In Defining Soil Quality for a Sustainable Environment, eds.

ESPINOZA, Y. 2005. Secuestro del carbono en el suelo. CENIAP HOY. Venezuela. 07:254 - 260.

ESTRADA, P. 2001. Cambio Climático Global: Causas y Consecuencias. 16 ed. México. 11 pg.

FAIRHURST, T., HÄRDTER, R. 2003. Oil Palm: Management for Large and Sustainable Yields. In: *El International Plant Nutrition Institute*. Trad, español, por E. Maldonado, F. Maldonado, R. Jaramillo. Medellín.

FONDO NACIONAL DEL AMBIENTAL (FONAM).2014. [En línea] (http://www.fonamperu.org/default.php, 31 Feb. 2014).

FREITAS, A. L; OTAROLA, A. E; DEL CASTILLO, T. D; LINARES, B. C; MARTINEZ, D. P; MALCA, S.G. 2006. Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la reserva nacional Pacaya Samiria, Loreto- Perú. Documento técnico Nª 29. Iquitos- Perú. 59 p.

GOMEZ. A, 2000. Successional studies of a rain forest in México. In: Forest succession. Concepts and application.Edited by D. C. West, H. H. Shugart and D. B. Botkin. Springer-Verlag. New York, U.S.A. pp. 246 -266.

GOREU (Gobierno Regional de Ucayali). 2007. Diagnóstico de recursos naturales de la región Ucayali. Pucallpa, Perú, GRNGMA. 278 p.

HINOSTROZA. E. 2012.Cuantificación del carbono en la biomasa aérea de tres diferentes usos de la tierra en la cuenca de aguaytia sectores: Irazola,

Curimaná y campo verde-Región Ucayali. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. 121 p.

INGARAMO, O.E., Paz, A. y Dugo, M. 2003. Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreo de suelo, en el NO de la Península Ibérica. En página Web: http://www1.unne.edu.ar/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A032.pdf. Consultado: 14-06-09.

JACKSON, M. 1964. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 662 p.

JONES, C.A. 1983. Effect of Soil Texture on Critical Bulk Density for Root Growth. Soil Sci. Soc. Am. J. 47, p 1.208 – 1.211.

KRAMER, P. 1987. Relaciones hídricas de suelos y plantas; Una síntesis moderna. México, Offset Rebosan, S.A. 538 p.

LAMADE, E.; BOUILLET, J.P. 2005. Carbon storage and global change: the role of oil palm. *Oléagineux Corps gras Lipides* ,12 (2): 154-160 p.

LAPEYRE, Z.T. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú In: Ecología Aplicada 3(1,2): 35-44 p.

LEÓN. J. 1987. Botánica de los cultivos tropical. Instituto interamericano de ciencias agrícolas. Lit. e impre. LIL.S.A. san jose, cosa rica.445 pg.

LESSARD, R., GIGNAC, D., ROCHETTE, P. 2009. El, ciclo del carbono, midiendo el flujo de $C0_2$ de suelo. 7 - 8 LEWIS, L., LOPEZ, G., SONKE, B., FFUM-BAFFOE, K., BAKER, T., OJO, L., PHILLIPS, O., REITSMA, J. 2009. Increasing carbón storage in intacta frican tropical forest, nature, 457, 1003-1006 p.

LEWIS, L., LOPEZ, G., SONKE, B., FFUM-BAFFOE, K., BAKER, T., 2009. Increasing carbon storage in intacta frican tropical forest, nature, 457, 1003-1006 p.

LUCENA, A. 2002. Un proyecto internacional estudia la influencia de la Amazonia en el Cambio Climático; Proyecto LBA: Experimento de gran escala de la Biosfera - Atmosfera en la Amazonia, Master CTS -Universidad de Salamanca. 17 pg.

MACDICKEN, K. 1997. A guide lo Monitoring Carbon Storage In Forestry and Agroforestry Projects.Ariington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development. 43 pg.

MARQUEZ, L. 2000. Elementos Técnicos para inventarios de carbono en Uso de suelo. Fundación Solar. Guatemala. 36 pg.

MARTINEZ, E., FUENTES, P., ACEVEDO, E. 2008. Carbono organico y propiedades del suelo. Scielo 8(1): 68-96 p. [En linea]: (hattp://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v8n1/art06.pdf,01 octubre, 2011).

PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMATICO (IIPCC). 1996. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero - versión revisada en 1996. Volumen 2. Reino unido. 348 pg.

PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMATICO (IPCC). 2000. Land Use Change and Forestry. Cambridge University press. Cambridge, Reino Unido.

PANEL INTERGUBERNAMENTAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC). 2001. Climate Change 2001: glosario de términos. Anexo B. mitigación.

PERCY, K., JANDL, R., HALL, J., LAVIGNE, M. 2003. El papel de los bosques en ciclo, la captura y el almacenamiento de carbono.

PNUD. 1997. Protocolo de Kyoto para la Convención Marco de las Naciones

Unidas sobre Cambio Climático. 2 – 4 pg.

RAYGADA, R. Z. 2005. Manual técnico para el cultivo de la palma aceitera. Impresión: Asociación de Promoción Agraria. Perú. 106 pg.

RIOS, A, J. 2007. Almacenamiento de carbono y valoración económica em sistemas de uso de tierra comparados com el cultivo da coca (*Erytroxylon coca* L.) en el distrito de Jose Crespo y Castillo, Perú. 125 p.

RÍOS, R. 2006. Paquete Tecnológico Ofertado por la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria, para el cultivo dei cacao y últimos resultados de investigación. Taller Nacional: "Estandarización de la Oferta Tecnológica del Cultivo del Cacao en el Perú" ACCESO, IICA, USAID, WCF, CICAD/OEA. Lima, Perú. 16 de mayo 2006.

UNFCCC. 1998. El protocolo de Kyoto de la convención Marco de las Unidades obre el cambio climático con el apoyo de la oficina de información sobre las convenciones del PNUMA. [En línea]: Unfccc. (http://ufccc. Int/resorce/docs/convkp/pspan.pdf, documentos, 25 Ago. 2011)

WALKLEY, A., BLACK, A, 1938.An examination of the Degtjoreff method for determinatio oil organic matter.

WINTER, E. 1981. El agua, el suelo y la planta. 3 ed. México, Diana S.A. 222 pg.

ZAVALETA, A. 1992. Edafología: el suelo en relación con la producción. Lima, Perú, Biblioteca Nacional del Perú. 223 pg

X. ANEXOS

Anexo A. cuadros de datos

Cuadro 14. Datos para obtención de COS.

Prof. (cm)	calicatas	% MO	%CO	%CO / 100	Da (kg/m3)	Ps (m)	COS (kg/m2)	COS (tn/ha)	COS (tn/ha)
	C1	2.1	0.798	0.008	1180	0.1	0.942	18.609	
0 - 10									**9.095**
	C2	1.94	0.737	0.007	1190	0.1	0.877	9.416	
	C1	1.06	0.403	0.004	1140	0.1	0.459	8.773	
10 - 20									**4.522**
	C2	1.01	0.384	0.004	1160	0.1	0.445	4.592	
	C1	0.99	0.376	0.004	1120	0.1	0.421	4.452	
20 - 30									**3.379**
	C2	0.65	0.247	0.002	1030	0.1	0.254	4.213	
					Total				**16.996**

Cuadro 15. Datos para la obtención de carbono en la hojarasca.

Sub parcelas	Peso fresco gr	Peso seco (gr)	Peso seco (kg)	Biomasa (tn/ha)	Valor estándar IPCC	Peso seco (Kg)
C1	527.8	225.6	0.113	0.090	0.50	0.045
C2	684.6	361.3	0.181	0.145	0.50	0.072
C3	740.5	360.9	0.181	0.145	0.50	0.072
C4	506.4	233.8	0.117	0.094	0.50	0.047
C5	637.8	338.9	0.17	0.136	0.50	0.068
C6	443.3	233.3	0.112	0.090	0.50	0.045
C7	718.4	358.2	0.154	0.123	0.50	0.062
C8	729.1	308.1	0.15	0.120	0.50	0.060
C9	925.2	447.6	0.135	0.108	0.50	0.054
C10	646.2	270.1	0.125	0.100	0.50	0.050
C11	847.7	425.7	0.108	0.086	0.50	0.043
C12	758	331.9	0.150	0.120	0.50	0.060
C13	669.7	321.3	0.142	0.114	0.50	0.057
C14	657	308.2	0.134	0.107	0.50	0.054
C15	974.7	460.1	0.202	0.162	0.50	0.081
C16	629.6	286.7	0.140	0.112	0.50	0.056
C17	798.2	331.6	0,135	0.108	0.50	0.054
C18	663.6	271.8	0,128	0.102	0.50	0.051
C19	1264.3	602.6	0,175	0.140	0.50	0.070
C20	979.1	486.1	0,21	0.168	0.50	0.084
		Carbono en hojarasca: CH (t/ha)				**1.185**

Cuadro 16. Datos para obtención de carbono en la biomasa radicular.

Prof. (cm)	calicatas	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)	Peso seco (Kg)	Biomasa (tn/ha)	Valor estándar IPCC	CR (tn/ha)	CR (tn/ha)
0 - 10	**C1**	1.172	0.314	0.000314	3.14	0.50	1.57	**1.46**
	C2	1.012	0.271	0.000271	2.71	0.50	1.36	
10 - 20	**C1**	0.357	0.067	0.000067	0.67	0.50	0.34	**0.30**
	C2	0.321	0.052	0.000052	0.52	0.50	0.26	
20 - 30	**C1**	0.336	0.049	0.000049	0.49	0.50	0.25	**0.20**
	C2	0.282	0.031	0.000031	0.31	0.50	0.16	
					TOTAL			**1.96**

ANEXO B. Panel fotográficos

Figura 8. Toma de coordenadas para la ubicación de la parcela.

Figura 9. Delimitación de parcela.

Figura 10. Diferenciando la parcela y subparcelas con diferentes colores.

Figura 11. Realizando las calicatas para la toma de muestras respectivas.

Figura 12. Embolsado y codificado de las muestras de suelo para la determinación de la materia orgánica.

Figura 13. Ubicación de los tubos para la determinación de la (Da).

Figura 14. Recolectando y embolsando toda la hojarasca

Figura 15. Ubicación del cubo para la extracción de raíces finas.

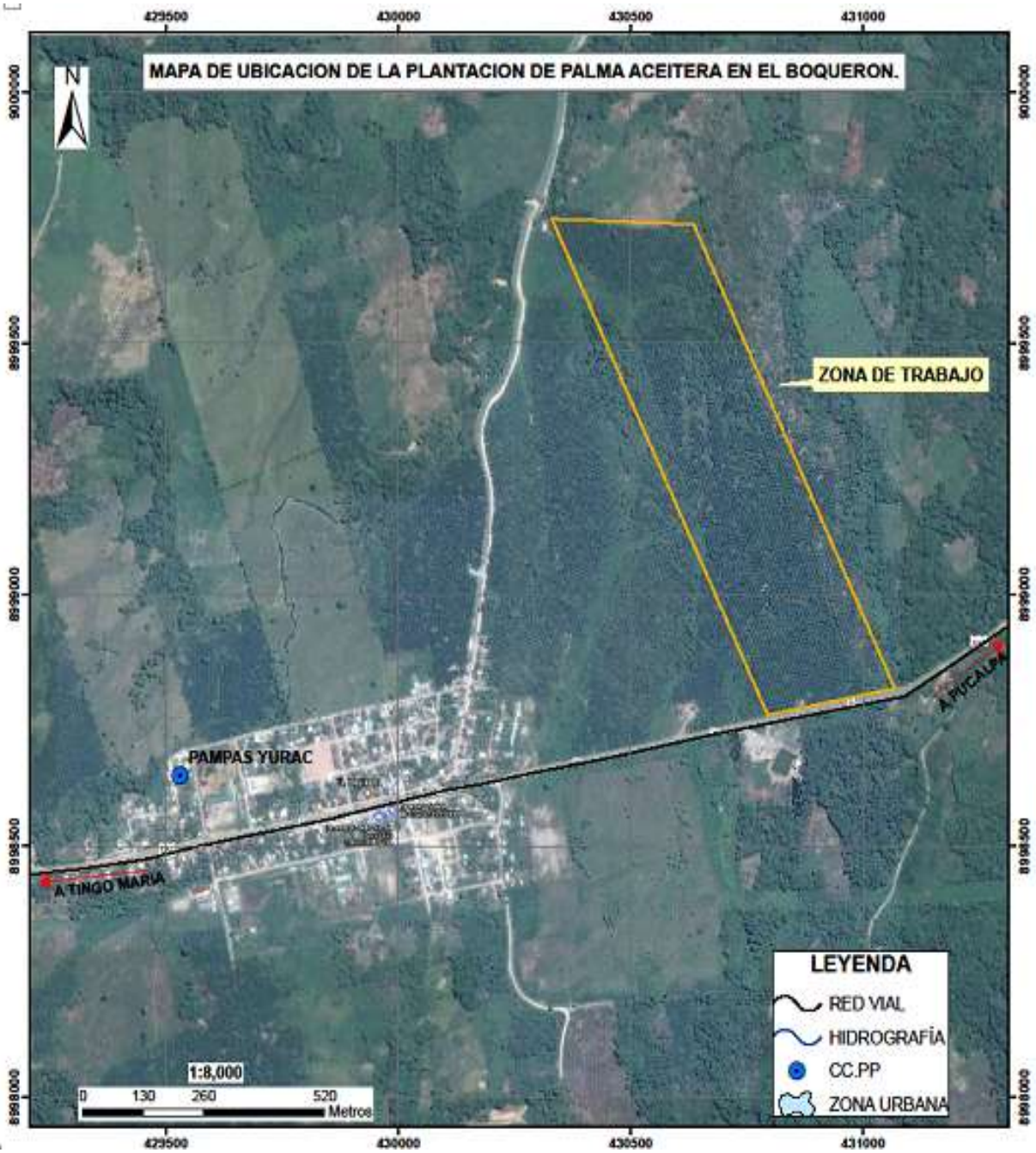
Figura 16. Determinación de la M.O para los próximos cálculos de Carbono.

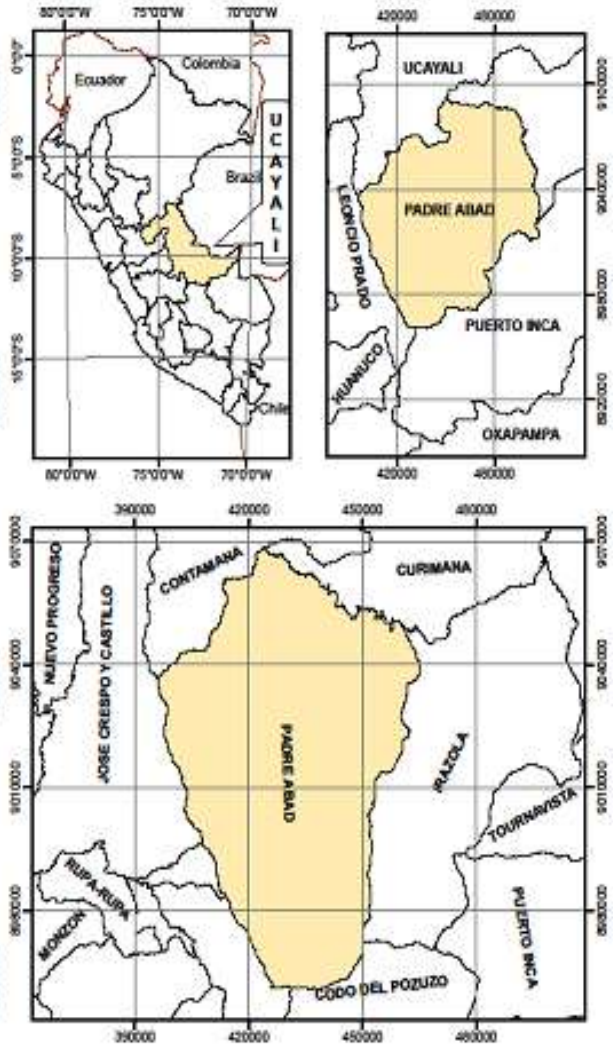
Figura 17. Pesado de las muestras para la determinación de la densidad aparente.

Figura 18. Tamizado y lavado de la muestra de raíces

Figura 19. Muestra de raíces finas lavadas.

Figura 20. Secado de las muestras de hojarasca.





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA

TESIS: CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO EN PLANTACIONES DE PALMA ACEITERA(Elaeis guineensis Jacq.) EN EL BOQUERÓN DE PADRE ABAD – UCAYALI.

MAPA DE UBICACIÓN

UBICACIÓN POLITICA		ASESOR:	FECHA:
DEPARTAMENTO	: Ucayali	Ing.MSc. PUERTA TUESTA, Ronald Hugo	Junio, 2018
PROVINCIA	: Padre Abad	EJECUTADO POR:	LAMINA:
DISTRITO	: Padre Abad	ARÉTHULE GUERRA, Víctor Wenceslao	MU-1
SECTOR	: El Boquerón	DATUM: WGS - 84 Zona 18S	ESCALA : 1/ 8000