UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
02/10/13
BIBLIOTECA CENTRAL
UNU
119T

Fijación y Almacenamiento de Carbono en Plantaciones de Palma Aceitera en el Eje de la Carretera Neshuya-Curimana, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali; 2012

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

Bach. Armando Andre Cañari Espinosa

Pucallpa-Perú

2013

ACTA DE APROBACIÓN

Está tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali Integrada por los siguientes docentes:

Ing. M. Sc. Rubén Manturano Pérez

Presidente

Ing. M. Sc. Gabriel Mercado Jáuregui

Secretario

Ing. M. Sc. Edwin Poquioma Yuimachi

Miembro

DR. Grober Panduro Pisco

Asesor

Bach. Armando Andre Cañari Espinosa

Tesista

DEDICATORIA

A Dios por guiarme día a día. A mis padres Armando y Amanda por haberme dado la vida y porque gracias a su apoyo incondicional logre concluir mis estudios universitarios. A mi hijo Andre y a mi esposa Milagros, por ser los dos la mayor bendición y el mejor tesoro que poseo.

A mis hermanos, sobrinos, tíos y amigos que se preocuparon y creyeron en mí, y que sepan que los sueños y objetivos en la vida se pueden cumplir.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la institución y personas que han contribuido en la ejecución de la presente tesis:

- A la Universidad Nacional de Ucayali por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, a los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales por su esmerada labor y por transmitirme sus enseñanzas y conocimientos en el transcurso de mi formación profesional.

- A mi asesor Ing. Grober Panduro Pisco. M. Sc., por sus consejos y constante orientación en el desarrollo de la presente investigación.

- Al Técnico de Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, señor Juan Huaycama Manihuari, por su constante apoyo en las pruebas de laboratorio que demandaron la presente tesis

- A los propietarios de los cultivos de palma aceitera a la señora María Retis, al señor Aurelio Nuñes y al señor Juan Gastelu, que permitieron la realización de dicha investigación

- A todas las personas que de una u otra forma aportaron en la realización y ejecución del presente trabajo de tesis.

INDICE GENERAL

	Pág.
ACTA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
LISTA DE FOTOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMARY	xiv
INTRODUCCIÓN	1
I. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Descripción de la Palma Aceitera	3
1.1.1 Taxonomía	3
1.1.2 Morfología	3
1.1.2.1 Tronco (Estípite)	3
1.1.2.2 Hojas	5
1.2 Estructura del Agroecosistema de la Palma Aceitera	8
1.2.1 Componentes Bióticos	8
1.2.1.1 Palmera	8
1.2.1.2 Herbácea	9
1.2.1.3 Biomasa Muerta	11
1.2.2 Componentes Abióticos	11
1.2.2.1 Clima	11
1.2.2.2 Suelo	13
1.3 Calentamiento Global y Efecto Invernadero	14
1.4 Protocolo de Kyoto	15
1.5 Biomasa	17
1.6 Carbono	18

1.6.1 Carbono de la biomasa de plantas vivas 21
1.6.2 Carbono de la biomasa de plantas muertas 21
1.6.3 Carbono del suelo 21
1.7 Cultivo de palma aceitera y cambio de uso de suelo en la región Ucayali 23
1.7.1 El cultivo de la palma aceitera en Ucayali 26
II. METODOLOGÍA 27
2.1 Descripción del área de estudio 27
2.1.1 Ubicación del área de estudio 27
2.1.2 Condiciones Climáticas 29
2.1.3 Zonas de Vida 32
2.1.4 Fisiografía 32
2.1.5 Suelos 32
2.1.6 Accesibilidad 33
2.2 Metodología 34
2.2.1 Método de Investigación 34
2.2.2 Población y Muestra 34
2.2.3 Selección de Sitio 35
2.2.4 Componentes Estudiados 36
2.2.4.1 Variables Independientes 36
2.2.4.2 Variables Dependientes 36
2.2.5 Análisis Estadísticos 36
2.3 Instrumentos de Recolección de Datos 37
2.3.1 Materiales 37
2.3.2 Equipos 37
2.3.4 Herramientas 37
2.4 Procedimiento de Recolección de Datos 38
2.4.1 Evaluación del Carbono en la Biomasa Viva 38
2.4.1.1 Evaluación del Carbono en la biomasa de las hojas 38
2.4.1.2 Evaluación del Carbono en la biomasa del estípite 39
2.4.2 Evaluación del Carbono en la Biomasa Muerta 41
2.4.3 Evaluación del Carbono en el Componente Herbáceo 43

2.4.4 Estimación del Carbono Total 45
2.4.5 Fijación Anual de Carbono 46
2.4.6 Cálculo del Carbono Equivalente 46
2.4.7 Determinación de carbono en el suelo 47
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 48
3.1 Estimación del Carbono en la Biomasa Viva (hojas + estípite) 48
3.2 Estimación del carbono en la biomasa muerta 51
3.3 Estimación del carbono en el componente herbáceo 53
3.4 Estimación de la Fijación Anual de Carbono (FAC) 54
3.5 Estimación del Carbono Equivalente 56
3.6 Estimación del carbono en el suelo 57
3.7 Carbono Total 59
IV. CONCLUSIONES 61
V. RECOMENDACIONES 62
VI. BIBLIOGRAFÍA 63
VII. ANEXOS 70
ANEXO 7.1 Datos de campo del ancho y alto del raquis de las hojas 70
ANEXO 7.2 Datos de campo de longitud de la circunferencia y altura del estípite 71
ANEXO 7.3 Datos de peso fresco y seco del componente herbáceo 72
ANEXO 7.4 Datos de peso fresco y seco de la biomasa muerta 72
ANEXO 7.5 Datos de Densidad Aparente y % de Carbono en el Suelo 72
ANEXO 7.6 Cálculo de Carbono en la Biomasa Viva (hojas + estípite) 73
ANEXO 7.7 Cálculo de Carbono en el Componente Herbáceo 75
ANEXO 7.8 Cálculo de Carbono en la Biomasa Muerta 75
ANEXO 7.9. Cálculo de Carbono en el Suelo 75
ANEXO 7.10 Resultado de Análisis de las Características Físicas y Químicas del Suelo de los Sectores Evaluados 76
ANEXO 7.11 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) de hojas de plantaciones de palma aceitera. 79
ANEXO 7.12 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) del estípite de plantaciones de palma aceitera. 81
ANEXO 7.13 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA),

Prueba de Tukey ($p<0.05$) de la biomasa viva (hojas + estípite) de plantaciones de palma aceitera. 83
ANEXO 7.14 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) en el componente herbáceo de plantaciones de palma aceitera. 85
ANEXO 7.15 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) en la biomasa muerta de plantaciones de palma aceitera. 87
ANEXO 7.16 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) en el suelo (profundidad de 0-15 cm) de plantaciones de palma aceitera. 89
ANEXO 7.17 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) en el suelo (profundidad de 15-30 cm) de plantaciones de palma aceitera. 91
ANEXO 7.18 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) en el suelo (profundidad de 0-30 cm) de plantaciones de palma aceitera. 93
ANEXO 7.19 Mapa de Ubicación de las Parcelas en Evaluación 95
VIII. ICONOGRAFÍA 95
8.1 Fase de Campo 95
8.2 Fase de Laboratorio 99

INDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro N° 01:	Cuatro reservorios de carbono de PICC	23
Cuadro N° 02:	Reservas de Carbono (tC/ha) en la biomasa aérea y del suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú.	20
Cuadro N° 03:	Resumen de los impactos por actividades humanas en la Región Ucayali	24
Cuadro N° 04:	Cultivos agrícolas según importancia económica	25
Cuadro N° 05:	Población de Palma Aceitera en la región Ucayali	26
Cuadro N° 06:	Sitio de Evaluación N° 1-Sector Monte de los Olivos	27
Cuadro N° 07:	Sitio de Evaluación N° 2-Sector Villa Mercedes	27
Cuadro N° 08:	Sitio de Evaluación N° 3-Sector Maronal	28
Cuadro N° 09:	Datos Climáticos de Temperatura, Precipitación, Humedad Relativa de la Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)	29
Cuadro N° 10:	Carbono almacenado en las hojas (tC/ha)	48
Cuadro N° 11:	Carbono almacenado en la biomasa muerta (tC/ha)	52
Cuadro N° 12:	Carbono almacenado en la herbácea (tC/ha)	53
Cuadro N° 13:	Fijación Anual de Carbono (tC/ha/año)	54
Cuadro N° 14:	Carbono Equivalente (tCO_2/ha/año)	56
Cuadro N° 15:	Carbono almacenado en el suelo (tC/ha)	57
Cuadro N° 16:	Carbono almacenado y fijado total (Carbono aéreo total + carbono en el suelo) tC/ha	59

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 01:	Gráfico de la tasa de elevación del tronco de la palma aceitera	4
Figura 02:	Estípites de Palma Aceitera	4
Figura 03:	Esquema de una Hoja de Palma	5
Figura 04:	Gráfico de barra de número de hojas por palma aceitera de acuerdo a la edad en años	6
Figura 05:	Filotaxia de la palma aceitera.	6
Figura 06:	Filotaxis a la Izquierda y Numeración de las Hojas de Palma	7
Figura 07:	Filotaxis a la Derecha y Numeración de las Hojas de Palma	7
Figura 08:	Cultivo de Palma Aceitera	8
Figura 09:	Kudzu tropical bajo sombra en cultivos de palma aceitera	10
Figura 10:	Biomasa muerta de cultivos de palma aceitera	11
Figura 11:	Reservorios terrestres de carbono	20
Figura 12:	Cambios de uso de la tierra dominantes en la región Ucayali	25
Figura 13:	Mapa de Ubicación de las Parcelas en Evaluación	28
Figura 14:	Temperatura Máxima, Media y Mínima (°C). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)	30
Figura 15:	Precipitación (mm). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)	31
Figura 16:	Humedad Relativa (%). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)	31
Figura 17:	Esquema de la parcela de muestreo	35
Figura 18:	Corte transversal de la hoja 17 en la inserción del raquis con el peciolo	38
Figura 19:	Arreglo de 143 plantas en una hectárea de plantaciones de palma aceitera	43
Figura 20:	Área que ocupa el componente herbáceo en una plantación de palma aceitera	45
Figura 21:	Distribución en barras y cajas del carbono almacenado en las hojas (tC/ha)	49
Figura 22:	Distribución en barras y cajas del carbono almacenado en el estípite (tC/ha)	49
Figura 23:	Distribución en barras y cajas del carbono almacenado la	49

biomasa viva total (tC/ha)

Figura 24: Distribución de carbono almacenado la biomasa muerta (tC/ha) 52

Figura 25: Distribución en barras del carbono almacenado en el componente herbáceo (tC/ha) 54

Figura 26: Distribución en barras de la Fijación Anual de Carbono (tC/ha/año) 55

Figura 27: Distribución en barras del Carbono Equivalente (tCO_2/ha/año) 56

Figura 28: Distribución en barras del carbono almacenado en el suelo a profundidades de 0-15cm y 15-30cm (tC/ha) 58

Figura 29: Distribución en barras del Carbono Total (tC/ha). 60

Figura 30: Distribución Porcentual del carbono evaluado de los componentes de estudio (%) 60

LISTA DE FOTOS

		Pág.
Fotografía N° 01:	Marcaje y codificación de plantas de palma aceitera evaluadas.	95
Fotografía N° 02:	Identificación y corte de la hoja N° 17.	95
Fotografía N° 03:	Corte Transversal del raquis en el punto de inserción con el peciolo	95
Fotografía N° 04:	Medición del alto y ancho del corte transversal	95
Fotografía N° 05:	Medición de longitud de circunferencia del estípite	96
Fotografía N° 06:	Medición de la altura del estípite	96
Fotografía N° 07:	Marco cuadrado de 0.25 m^2	96
Fotografía N° 08:	Recolección de muestras de herbácea dentro del marco cuadrado	96
Fotografía N° 09 y 10	Medición del largo y ancho de un montículo de biomasa muerta	97
Fotografía N° 11 y 12	Recolección y pesado de las muestras de biomasa Muerta	97
Fotografía N° 13:	Identificación para recolección de muestras de suelo, de acuerdo al modelo elaborado	98
Fotografía N° 14:	Recolección de muestra de suelo con barreno para determinación de % de carbono a dos profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm	98
Fotografía N° 15 y 16	Recolección de muestras de suelo (a dos profundidades 0-15 cm y 15-30 cm) para determinación de densidad a aparente	99
Fotografía N° 17:	Pesado de la materia fresca de la Herbácea	99
Fotografía N° 18:	Pesado de 50 gr de la materia fresca de la herbácea	99
Fotografía N° 19:	Herbácea y biomasa muerta en la estufa (60°C) para obtener peso seco	100
Fotografía N° 20:	Muestras de suelo para determinar % de carbono	100
Fotografía N° 21:	Muestras de suelo para determinar densidad aparente	100
Fotografía N° 22:	Muestras de suelo en estufa (105°C) para obtener peso seco, para determinar densidad aparente.	100
Fotografía N° 23:	Secado de muestras de suelo a T° ambiente.	101
Fotografía N° 24:	Molido de muestras de suelo para determinar %C	101
Fotografía N° 25 y 26:	Tamizado de muestras de suelo para determinar %C	101

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue de cuantificar el potencial de fijación y almacenamiento de carbono en plantaciones de palma aceitera con el fin de generar información técnica científica, que sirvan como base para la elaboración de proyectos de pagos por servicios ambientales de créditos de carbono. Para ello se evaluaron plantaciones de palma aceitera de 10 años de edad, que estuvieron situados en el eje de la Carretera Neshuya-Curimana, a la altura del Km 60 de la Carretera Federico Basadre, en los sectores Monte de los Olivos, Villa Mercedes, Maronal; ubicados en los distritos de Curimana e Irazaola, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali. La zona de vida del estudio es un Bosque Húmedo Tropical que se encuentra por debajo de los 200 msnm. La Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali", reporta para la zona una temperatura media anual de 25,5 °C, media máxima de 34,2 °C y media mínima de 18,4 °C, precipitación total anual promedio de 2 087,3 mm, y humedad relativa promedio de 80.6%. En la investigación se evalúo la biomasa viva a través de muestreo no destructivo de 60 plantas de palma aceitera (estípite + hojas). Para medir la biomasa muerta y herbácea se establecieron cuadrantes (0.5m x 0.5m). Para determinar el carbono orgánico en el suelo, se colectaron muestras a dos profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm. Las plantaciones de palma aceitera de 10 años, almacenaron un contenido de carbono total de 74.19 tC/ha, siendo el suelo el componente que mayor carbono almacenó con 43.66 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 con un valor de 7.47 tC/ha (10.07%) y herbácea con 0.76 tC/ha (1.02%). El flujo del carbono obtenido en el estudio tuvo un valor de 3.05 tC/ha/año, y en consecuencia capturó un promedio por año de dióxido de carbono de 11.20 tCO_2/ha/año.

Palabras Claves: fijación de carbono, almacenamiento carbono, muestreo no destructivo, pagos por servicios ambientales, captura de CO_2

SUMARY

The aim of the research was to quantify the potential for carbon sequestration and storage in oil palm plantations to generate scientific technical information, and as a basis for the development of projects for environmental service payments for carbon credits. We evaluated oil palm plantations 10 years of age, who were located on the route of Highway Neshuya-Curimana at the Km 60 of the Carretera Federico Basadre in sectors Olivet, Villa Mercedes, Maronal; located in the districts of Curimana and Irazaola, Padre Abad province, Ucayali region. The life of the study area is a tropical rain forest that lies below 200 meters, according to the weather station of Ucayali Las Palmeras "for the area reported an average annual temperature of 25.5 ° C, with a maximum average of 34.2 ° C and average minimum of 18.4 ° C, with an average annual precipitation of 087.3 mm 2, and an average relative humidity of 80.6%. The research evaluated the living biomass through non-destructive sampling of 60 plants oil palm (stipe + leaves), dead biomass and herbaceous settled quadrants (0.5mx 0.5m) for quantification, to determine the Soil organic carbon, samples were collected at two depths of 0-15 cm and 15-30 cm. Oil palm plantations for 10 years, stored a total carbon content of 74.19 tC / ha, the soil being the most carbon stored component with 43.66 tC / ha representing 55.85% of the total, followed by living biomass (leaves + stipe) that averaged 22.30 tC / ha (30.06%), the rest was stored in biomass with a value of 7.47 tC / ha (10.07%) and herbaceous with a carbon number of 0.76 tC / ha (1.02%). The carbon flux obtained in the study had a value of 3.05 tC / ha / yr, and thus captured an average per year of carbon dioxide of 11.20 tCO2/ha/año.

Keywords: carbon sequestration, carbon storage, non-destructive sampling, CO2 capture

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global es uno de los problemas ambientales más serios que enfrenta la humanidad, este se define como el aumento de la temperatura media global, de la atmósfera terrestre y de los océanos. Este fenómeno es causado por gases provenientes de actividades industriales, el uso de combustibles fósiles y la deforestación. Entre los principales gases responsables del calentamiento global, se puede mencionar al dióxido de carbono (CO_2). Este gas tiene un menor potencial de calentamiento global, en relación a otros gases como el metano y los óxidos de nitrógeno. Sin embargo, debido a las altas emisiones de CO_2, se ha convertido en el principal responsable del calentamiento global.

El mayor acuerdo internacional respecto al calentamiento global ha sido el Protocolo de Kyoto, el cual tiene como objetivo reducir la concentración de gases de efecto invernadero a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012 (Naciones Unidas, 1998)

Una forma natural de mitigar el exceso de dióxido de carbono es almacenarlo en la biomasa (mediante la fotosíntesis) y en el suelo (a través de la acumulación de materia orgánica). Las plantaciones de palma aceitera, ocupan más de 12 millones de hectáreas en tres continentes (África, Asia y América), por consiguiente parecieran ser candidatas de elección para capturar carbono en los países tropicales (citado por Leblanc et al., 2006), por lo que es importante y necesario conocer el potencial de fijación de carbono de dichas plantaciones para poder darle un valor agregado y acceder a pagos por servicios ambientales. Aunque existe mucha información sobre el manejo agronómico de este cultivo, no se tiene la suficiente información sobre su potencial como fijadora de carbono. Bajo este contexto, el objetivo del presente estudio es determinar la cantidad de carbono fijado y almacenado en plantaciones de palma aceitera de 10 años de edad en el eje de la carretera Neshuya-Curimana, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali.

I. MARCO TEÓRICO

1.1 Descripción de la Palma Aceitera

1.1.1 Taxonomía

El científico Hutchinson ha clasificado a la Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) de la siguiente Manera:

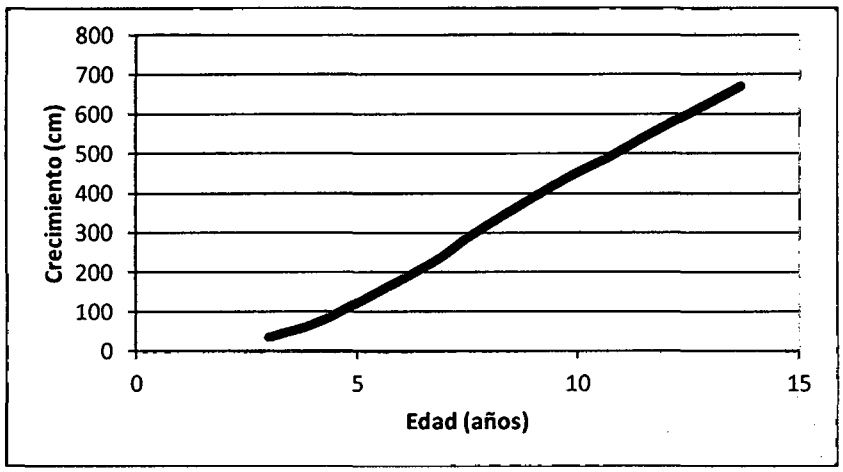
División	Fanerógamas
Tipo	Angiosperma
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Palmales
Familia	Palmaceae
Tribu	Cocoinea
Género y especie	Elaeis (guineensis y oleífera)

Fuente: Fernald et al., 1994

1.1.2 Morfología

1.1.2.1 Tronco (Estípite)

Durante los primeros tres años de edad, el tronco se caracteriza por su forma de cono invertido, de cuyo ápice brotan las hojas y de la base numerosas raíces adventicias, a partir de esa edad el tronco se alarga conforme emergen las hojas y pueden alcanzar entre 15 y 20 m de alto, con un diámetro entre 30 y 50 cm (Ortiz y Fernández, 1994). Según Surre y Ziller, 1969; citado por Melado, 2008 el crecimiento del tallo se eleva a una razón de unos 25 a 30 cm al año. Aunque Quesada (1997) por citado por Melado, 2008, sostiene que el crecimiento en Malasia es de 45 cm anuales, en otro estudio similar de plantaciones de palma aceitera se observó que la altura del tronco de las palmas aumentó en forma casi lineal con un promedio en aumento de altura de 62 cm/año (Figura 1).



Fuente: Bulgarelli et al (2002)

Figura 01: Gráfico de la tasa de elevación del tronco de la palma aceitera

Se trata de un estípite, con un diámetro de forma cilíndrica, que según Raygada (2005), puede llegar entre 45-68 cm y que puede alcanzar hasta 40m de altura (Figura 2).

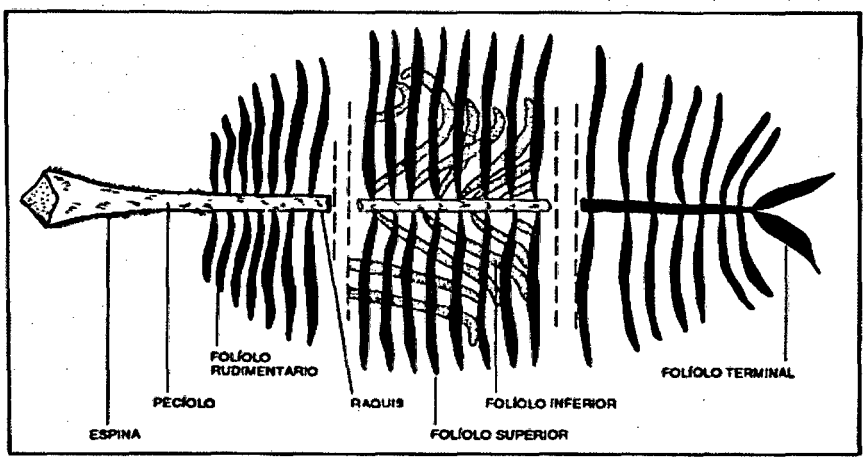


Fuente: Fotografía Propia

Figura 02: Estípites de Palma Aceitera

1.1.2.2 Hojas

El follaje se forma a partir de los primordios foliares localizados en la parte superior del tronco del que nacen hojas e inflorescencias (Figura 03). El tronco de una palma adulta en condiciones normales posee entra 30 y 40 hojas, las cuales pueden alcanzar entre 5 y 7 m de longitud y pesan de 5 a 8 kilogramos (Ortiz y Fernández, 1994).



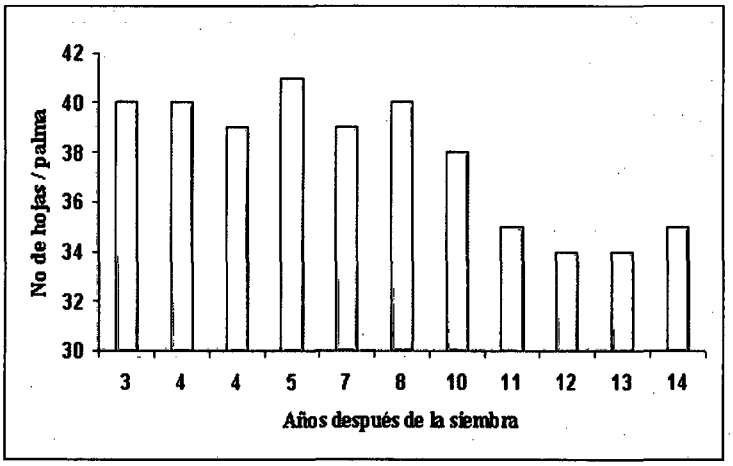
Fuente: Rojas, 1983

Figura 03: Esquema de una Hoja de Palma

Las hojas constan de dos partes: raquis y peciolo. A ambos lados del raquis existen de 100 a 160 pares de foliolos dispuestos en distintos planos, que corresponde al tercio central de la hoja a los más largos (1,20 m). El cuerpo del peciolo es asimétrico con dos caras: una inferior, redondeada y otra superior, lisa. (Surre y Ziller, 1969).

En condiciones de uso comercial, el número de hojas por planta no es superior de 40, ya que son podadas durante la cosecha o actividades de mantenimiento (Bulgarelli et al., 2002). Figura 04. Según Jaquermard (1979), el primer año de la palma después de su plantación en campo definitivo, la tasa de producción de hojas es baja, pero a partir del segundo año puede ser de hasta 40 hojas por palma. Después

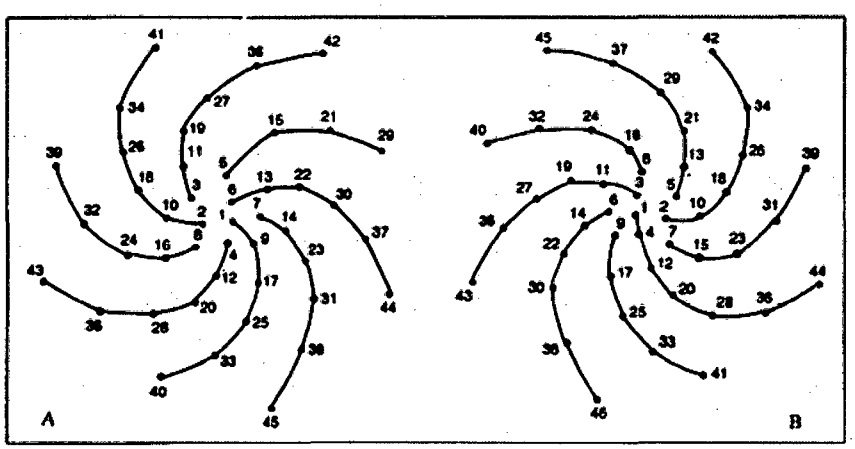
disminuye, siendo constante después de 8-12 años, con una media de unas 20-24 hojas/palma/año.



Fuente: Bulgarelli et al.(2002)

Figura 04: Gráfico de barra de número de hojas por palma aceitera de acuerdo a la edad en años

La filotaxia o arreglo de las hojas en el tallo es muy importante en el cultivo de palma aceitera. Las hojas están dispuestas en dos espirales, una que corre de derecha a izquierda, en la cual hay ocho hojas colocadas entre la que está en la misma línea vertical, otra de izquierda a derecha, con cinco hojas intermedias. Los primordios foliares están separados uno de otro en la espiral genética por un ángulo de divergencia de aproximadamente 137.5°. Dentro de una misma plana este ángulo está dirigido consistentemente hacia la izquierda o hacia la derecha del primordio previo. Figura 05



Fuente: Rojas, 1983

Figura 05: Filotaxia de la palma aceitera. A. Palma con espiral que desciende hacia la izquierda. B. Palma con espiral que desciende hacia la derecha

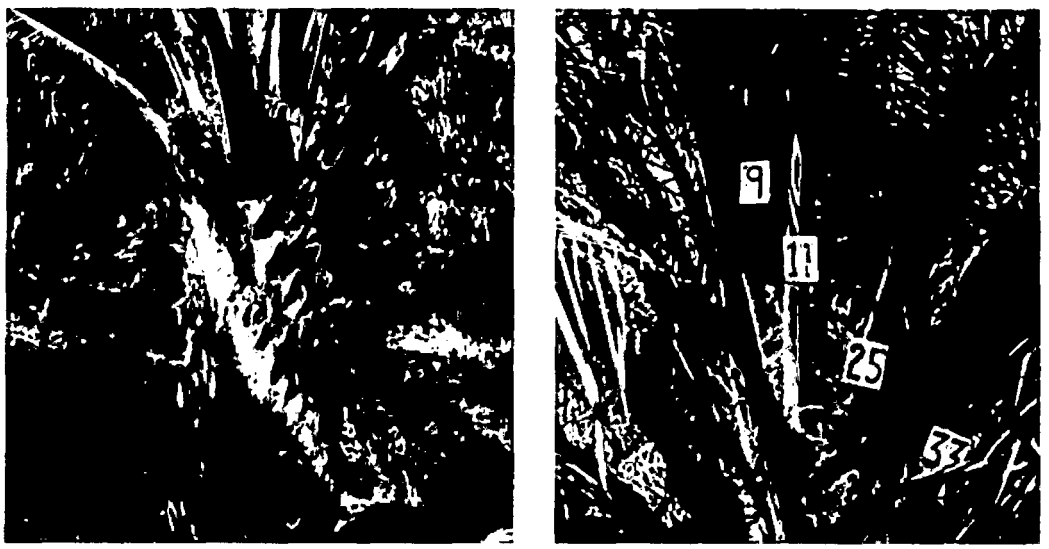


Figura 06: Filotaxis a la Izquierda y Numeración de las Hojas de Palma



Figura 07: Filotaxis a la Derecha y Numeración de las Hojas de Palma

Fuente: http://es.slideshare.net/endo39/presenatacion-de-filotaxis

Hoja N° 1: Bandera, N° 9: Prueba Foliar, N° 17: Fertilización,
N° 25: Producción, N° 33: Sostenimiento del racimo

1.2 Estructura del Agroecosistema de la Palma Aceitera

La estructura del agroecosistema de la palma se divide en dos componentes uno biótico, que se refiere al conjunto de seres vivos que interactúan con él, y otro componente que es al abiótico que son el clima y el suelo.

1.2.1 Componentes Bióticos

1.2.1.1 Palmera

La palmera, palma de aceite es un cultivo característico de zonas tropicales y subtropicales, donde las condiciones climáticas y topográficas son las adecuadas para su crecimiento y explotación. Este cultivo se caracteriza por abarcar grandes extensiones de terreno. En su carácter de monocultivo, desplaza grandes especies de flora, ya que su presencia modifica el microclima del medio (Sanchez, 1995 citado por Melado, 2008). Figura 08



Fuente: Fotografía propia

Figura 08: Cultivo de Palma Aceitera

1.2.1.2 Herbácea

En sistemas perennes, el uso de cobertura está bastante distribuido. Éste proporciona un método de control de malas hierbas que ahorra mano de obra, reduce la erosión del suelo, proveen de nutrientes al mismo, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y alimentación animal.

Según Pound (1998), estos cultivos de cobertura presentan una serie de ventajas e inconvenientes.

Ventajas

- Bajo costo, ya que sustituyen insumos externos, como herbicidas o fertilizante.
- Simplicidad
- Bajo riesgo de establecimiento
- Versatilidad, ya que suelen tener un amplio rango ecológico
- Competitividad: con malas hierbas agresivas
- Variabilidad

Inconvenientes

- Requiere un manejo cuidadoso, para evitar la competencia con las plantas, sobre todo cuando éstas son pequeñas.
- Requerimiento alto de mano de obra en establecimiento y corte.
- Pueden atraer plagas.
- Riesgo de incendios, en época seca.
- Existen pocos cultivos de cobertura que combinen características propicias de cobertura y para alimentación humana.
- Algunas especies pueden tener un efecto alelopático en el cultivo siguiente.

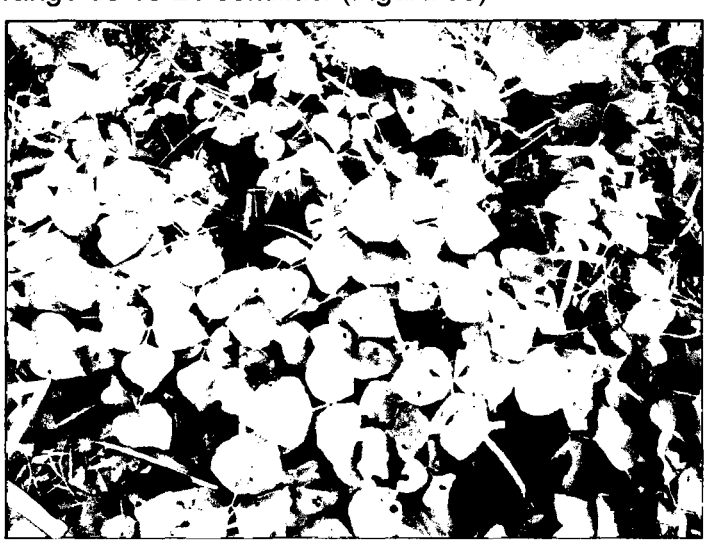
Las funciones del cultivo de cobertura, en una plantación de cualquier cultivo perenne, cambian durante el ciclo de desarrollo del mismo. Por ejemplo, en el establecimiento pueden reducir la lixiviación de los nutrientes del suelo, absorber aquellos nutrientes que se encuentren disponibles y que el cultivo perenne aun no puede absorber por encontrarse su sistema radicular poco desarrollado. En el caso de las leguminosas, aportan nitrógeno al suelo.

- **Kudzu Tropical** *(Pueraria phaseoloides)*

  El kudzu tropical es una trepadera perenne, de vegetación densa y vigorosa cultivada como planta pratense o como forrajera, que crece bien bajo sombra.

  Necesita de suelos arcillosos y elevada precipitación (1200-1500mm anuales), aunque también puede darse en suelos franco arenosos.

  Posee raíces profundas, por lo que no sufre graves daños en sequías de corta duración. Presenta follaje pubescente con pelos marrón-rojizos, hojas trifoliadas, un racimo axilar pedunculado como inflorescencia y una vaina lineal comprimida en su extremo con un rango de 10-20 semillas. (Figura 09)

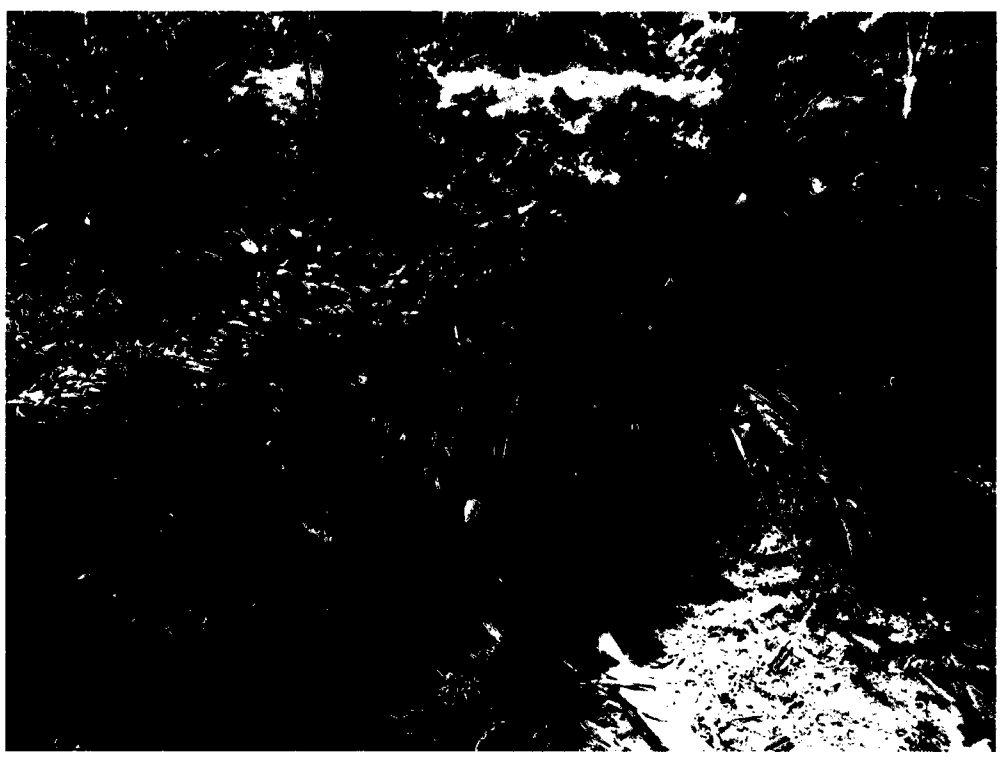


Fuente: Fotografía Propia

Figura 09: Kudzu tropical bajo sombra en cultivos de palma aceitera

1.2.1.3 Biomasa Muerta

La biomasa muerta en la estructura del agro ecosistema de la palma aceitera lo representan principalmente las hojas que han sido podadas que son colocadas en los espacios entre plantas. La parte del raquis que contiene los foliolos puede distribuirse en el área para reducir la erosión, mejorar la distribución de materia orgánica y en parte ayudar al combate de malezas. (Ortiz y Fernandez, 1994) Figura 10.



Fuente: Fotografía Propia

Figura 10: Biomasa muerta de cultivos de palma aceitera

1.2.2 Componentes Abióticos

1.2.2.1 Clima

a) Temperatura

La temperatura máxima promedio debe ser de 30 a 33°C y de un promedio mínimo de 22 a 24°C. El mínimo de temperatura no debe ser inferior a 18°C. Se ha estimado que la temperatura

óptima para el crecimiento de la palma es de 28°C (Hartley, 1988; citado por Ortiz y Fernandez, 1994).

b) Precipitación

La palma aceitera requiere entre 1500 a 2500 mm de precipitación al año, preferiblemente la precipitación debe ser igual o mayor a 2000 mmm anuales bien distribuidos durante el año (Hartley, 1988; citado por Ortiz y Fernández, 1994). Las estaciones secas bien marcadas afectan los procesos fisiológicos, el crecimiento y la producción de la palma si no se cuenta con riego adecuado.

c) Radiación Solar

La radiación solar es uno de los factores más importantes en los sistemas agroforestales, ya que determinan el crecimiento de las plantas y el microclima en el entorno de las mismas. Por tanto, si no existen factores limitantes, la cantidad de biomasa disponible viene dada por la eficiencia en la intercepción de la radiación de cada una de las especies que forman el sistema, y que compiten por la luz.

Según Quesada, 1997 citado por citado por Melado, 2008 afirma que con una disponibilidad lumínica de 1500-2000 horas de luz al año (Aproximadamente 5 horas de luz al día), el cultivo mantiene sus funciones fisiológicas y productivas en óptimas condiciones.

Por otro lado Hartley, 1988; citado Ortiz y Fernandez, 1994, coincide con Quesada 1997, en la cantidad de luz que debe alcanzar por lo menos 5 horas por día, sin embargo la baja luminosidad, puede ser un factor limitante de la producción en áreas donde la precipitación es muy alta y existe alta nubosidad la mayor parte del año.

1.2.2.2 Suelo

a) Características físicas:

Quesada (1997) citado por Melado, 2008 sostiene que las palmas expresan su mayor potencial cuando el suelo es fértil y rico en materia orgánica. Según Raygada (2005), dentro de las características físicas más importantes cabe destacar la textura y el drenaje. Según el, los suelos óptimos son los de textura franco-arcillosa, ya que aquellos que presentan textura franco-arenosa, presentan problemas de lavado y lixiviación de nutrientes, además de no brindar un medio suficientemente consistente para el soporte de la planta. Los suelos pesados, de textura arcillosa, presentan limitaciones para su manejo, tanto en cuanto a la dificultad para drenarlos, como por la facilidad con que se compactan.

c) Características químicas:

El pH del suelo debe estar comprendido entre 4,5 y 7,5. La cantidad de calcio intercambiable puede producir problemas de absorción de cationes. (Quesada, 1997). La palma, tolera suelos moderadamente ácidos, los cuales presentan deficiencias en algunos elementos nutritivos, tales como N, P, K, Mg y B. Si existe elevada acidez en el subsuelo, se limita la profundización de las raíces, lo que puede causar problemas en épocas de déficit hídrico (Raygada, 2005).

Por todo esto, los mejores suelos para el cultivo de la palma son aquellos que presentan una buena porosidad y disponibilidad de los nutrientes (Quesada, 1997).

b) Fisiografía

Según Raygada, 2005 los terrenos con pendientes pronunciadas representan mayores costos en siembra, cosecha, vías de

transporte y en mantenimiento en general, por lo que deben preferirse los terrenos de topografía plana o de pendientes ligeras.

1.3 Calentamiento Global y Efecto Invernadero

El Cambio Climático Global o calentamiento global, es un proceso de origen antrópico, que resulta de la aceleración del efecto invernadero natural de la tierra. La importancia de este proceso radica en las consecuencias catastróficas que esta generando en todo el mundo como el derretimiento de los polos, incremento del nivel de mar, sequías, huracanes, tormentas, desplazamiento de áreas agrícolas, migración de enfermedades, extinción de especies, entre otras (Dixon, 1995)

El efecto invernadero, es un fenómeno natural que ha permitido mantener la temperatura de la tierra a niveles constantes y apropiados. Este fenómeno ocurre, cuando la radiación solar visible penetra hasta la superficie de la tierra y la calienta, y ésta a su vez emite radiación térmica, parte de la cual es retenida por los denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI) entre los que se destacan: el dióxido de Carbono, el metano, los clorofluocarbonos y el óxido nitroso. Cuando el sistema climático se encuentra equilibrado, la radiación solar absorbida está en armonía con la radiación emitida al espacio por la tierra, pero cuando la concentración de GEI en la atmósfera aumenta, este equilibrio se rompe y se provoca un aumento artificial en la temperatura media global del planeta. (PNUMA, 1998)

Se estima que el GEI que más influye en el calentamiento climático mundial, es el dióxido de Carbono (CO_2) y que la mayor parte del incremento en las concentraciones atmosféricas de este gas, provienen del uso de combustibles fósiles, mientras que el 20-25% proviene de la extensión de la frontera agrícola, la explotación comercial de bosques y el incremento de la oxidación de la materia orgánica en los suelos. (Erickson, 1992)

Entre los países desarrollados que contribuyen en mayor parte con la emisión de los gases de efecto invernadero, se encuentran Estados Unidos (EE.UU.) con un 33% del total mundial y Rusia con un 17.4%. También se encuentran países como Brasil, China, India, Japón, Alemania, Reino Unido, Indonesia y Francia. (Ciesla, 1996)

Según el tercer informe del grupo I del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en ingles), desde finales del siglo XIX la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado 0.6°C y las temperaturas mínimas tienden a duplicarse por década en comparación con las máximas (0.2°C y 0.1°C, respectivamente). La superficie de los hielos en el hemisferio norte desde finales de los años 60, se ha reducido entre un 10-15%, así como también se ha observado un aumento ligero (uno a dos centímetros por década) del nivel del mar a lo largo del siglo XX.

1.4 Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kioto es el instrumento legal a través del cual se regulan límites y reducciones de emisiones de GEI mandatorias y vinculantes a los países industrializados con obligaciones ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés). Los países industrializados se comprometieron en Kioto a reducir sus emisiones de GEI en al menos un 5.2% con respecto al nivel de emisiones de 1990 y a evaluar resultados durante el período 2008-2012. (PNUMA, 1998)

En el Protocolo de Kioto también se establecieron los mecanismos que facilitarían el cumplimiento de las reducciones de emisiones de GEI en los países industrializados (Alemania, Dinamarca, España, Francia, Italia, Japón, Portugal, Reino Unido, etc) de un modo costo-efectivo. Estos mecanismos son: 1) Comercio de Emisiones (CE), 2) Implementación Conjunta (IC) y 3) Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). (Castro, 2002)

Comercio de Emisiones (CE). Este mecanismo permite la transferencia de reducciones de Carbono "no usadas", entre países industrializados que tengan sus derechos de emisión por debajo de los límites permitidos, con aquellos que han excedido sus niveles en un período de cumplimiento dado. Las unidades de venta se denominan Assigned Amount Units (AAU's por sus siglas en inglés). (IPPC, 1995).

Implementación Conjunta (IC). Este mecanismo permite la reducción de emisiones de Carbono de manera conjunta entre los países. En este caso, se acreditan unidades de reducción de emisiones a favor de los países que financian proyectos de mitigación de cambio climático. Las unidades de venta se denominan Emission Reduction Units (ERU's por sus siglas en inglés). (Eguren, 2004).

Un país desarrollado que para el 2012 tenga emisiones que superen los límites previstos por el Protocolo, puede asociarse con otro país desarrollado que para ese período cuente con emisiones por debajo de los límites para él establecidos, siempre y cuando en conjunto, no superen los niveles sumados de ambos. (PNUMA, 1998).

Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). El MDL es uno de tres mecanismos de mercado que permite que proyectos encaminados a fijar, reducir o evitar emisiones de gases de efecto invernadero en países en desarrollo, obtengan beneficios económicos adicionales a través de la vente de Certificados de Emisiones Reducidas (CER´s). Este es el único de los tres mecanismos al que pueden acceder estos países, entre ellos, los de América Latina. (PNUMA, 1998)

América Latina se ha convertido en la región de países en desarrollo más activa en este mercado emergente, con alrededor de US$ 210,6 millones de créditos de Carbono en negociación en el marco del MDL, basada en la convicción de que este mercado puede significar una herramienta útil para promover el desarrollo sostenible de la región. (Eguren, 2004).

1.5 Biomasa

La biomasa es un parámetro que caracteriza la capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo (Brown, 1997; Eamus et al., 2000) y está compuesta por el peso de la materia orgánica aérea y subterránea que existe en un ecosistema forestal. Según el IPCC (2006), es la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados; se suele considerar biomasa muerta el material vegetal muerto recientemente. La biomasa es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y estratos de la vegetación, permite comparar distintos tipos de especies o vegetación o comparar especies y tipo de vegetación similares en diferentes sitios. Además, la cuantificación de la biomasa y el crecimiento de la vegetación en los ecosistemas son críticos para las estimaciones de fijación de carbono, un tema actualmente relevante por sus implicaciones en relación al cambio climático (Márquez, 1997).

Existen dos métodos comúnmente usados para estimar la biomasa: el método directo y el indirecto. Dentro del primero está el destructivo, que consiste en cortar el árbol y determinar la biomasa pesando directamente cada componente (Klinge y Herrera, 1983). Dentro de los indirectos se utilizan métodos de cubicación del árbol donde se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad o densidad específica (Segura, 1997). Otra forma de estimar la biomasa es mediante ecuaciones o modelos basados en análisis de regresión, que utilizan variables colectadas en el campo tales como el diámetro a la altura del pecho (d), la altura comercial (h_c) y total (h_t), el crecimiento diamétrico, el área basal y la densidad específica de la madera (Brown, 1997, Araujo *et al.* 1999, Francis 2000). Este método no es destructivo y es extrapolable a situaciones de crecimiento similares (Parresol, 1999).

Según un estudio realizado en bosques maduros de la Amazonía, el incremento de la biomasa es equivalente a una captación neta de 0,62 ± 0,37 t/ha/año de carbono (tC/ha/año) (Segura, 1997).

En la Amazonía brasileña se evaluaron bosques de clima húmedo y se encontró que la biomasa representaba 315 t/ha, mientras que en Ecuador, Perú y Bolivia se registraron valores de 182 t/ha, 210 t/ha y 230 t/ha, respectivamente, para la biomasa sobre la superficie (Brown, 1997).

1.6 Carbono

El dióxido de carbono (CO_2) es intercambiado entre la vegetación terrestre y la atmósfera. Se producen cambios en los balances netos entre el secuestro (también conocido como almacenamiento o fijación) y la liberación a lo largo de periodos de tiempo: (a) minuto a minuto (ej., cuando las nubes interceptan la luz solar), (b) patrón día noche, a lo largo de un ciclo estacional de predominancia del crecimiento y la descomposición y (c) las etapas del ciclo de vida de la vegetación o del sistema de uso del suelo.

El carbono puede tomar diversos rumbos. En la mayoría de los años, el efecto anual neto de la fotosíntesis, la respiración y la descomposición es un incremento relativamente pequeño del carbono almacenado. Sin embargo, las ganancias acumuladas en algunos casos se pierden en los años de inundaciones o cuando el fuego consume la materia orgánica. El carbono también puede trasladarse fuera del lugar. Los productos orgánicos (como la madera, la resina, las semillas, los tubérculos) dejan el área de producción y pasan a formar parte de los flujos del comercio, usualmente concentrados en los sistemas urbanos y sus vertederos de residuos. Sólo pequeñas cantidades de reservas de carbono pueden filtrarse fuera del suelo e ingresar en sumideros de largo plazo en ambientes de aguas dulces u oceánicas, o contribuir a la formación de turba.

Cuando los bosques se convierten a otros usos del suelo, ocurre una gran liberación neta de carbono a la atmósfera. El proceso puede ocurrir en cuestión de horas en el caso de incendios, o durar años en el caso de la descomposición, o décadas cuando los productos de la madera ingresan en los sistemas domésticos/urbanos. Las emisiones netas pueden calcularse analizando la disminución o el aumento de las "reservas terrestres de carbono".
Debido a que los bosques tropicales en condiciones naturales contienen más carbono aéreo por unidad de superficie que cualquier otro tipo de cobertura terrestre (Gibbs et al., 2007), es importante considerarlos en los esfuerzos por mitigar el cambio climático.

Contabilizar en forma sistemática todos los ingresos y egresos de carbono es un proceso más complejo que simplemente verificar el cambio final en el total de la reserva de carbono global. Los cálculos actuales que establecen que el "uso del suelo, el cambio en el uso del suelo y la silvicultura" (LULUCF por su sigla en inglés) son responsables del 15 al 20% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero se basan en este tipo de contabilización de las reservas. El secuestro neto tiene lugar en zonas templadas y las grandes emisiones netas en los trópicos. Las zonas de turberas tropicales son fuentes particularmente pequeñas con altos valores de emisión (IPCC, 2006). Para estimar los costos de oportunidad de REDD+, es necesario realizar mediciones de carbono de diversos usos del suelo a fin de calcular los efectos del carbono de numerosos tipos de cambios en el uso del suelo.

El carbono se encuentra en diversos reservorios. Las reservas terrestres de carbono de todo el carbono almacenado en los ecosistemas se encuentran en:

a) Biomasa de plantas vivas (aérea y subterránea)
b) Biomasa de plantas muertas (aérea y subterránea)
c) Suelo (en materia orgánica del suelo y, en cantidades ínfimas, como biomasa animal y de microorganismos)

En la orientación de IPCC, a estos reservorios se los describe como biomasa aérea, biomasa subterránea y madera muerta y hojarasca, y carbono del suelo. Los términos anteriores se encuentran resumidos en la Figura 11.

Cuadro N° 1: Cuatro reservorios de carbono de PICC

	Viva	Muerta
Aérea	Biomasa (troncos, ramas, hojas de vegetación leñosa y no leñosa)	Madera y hojarasca
Subterránea	Biomasa (raíces, fauna)	Carbono del suelo

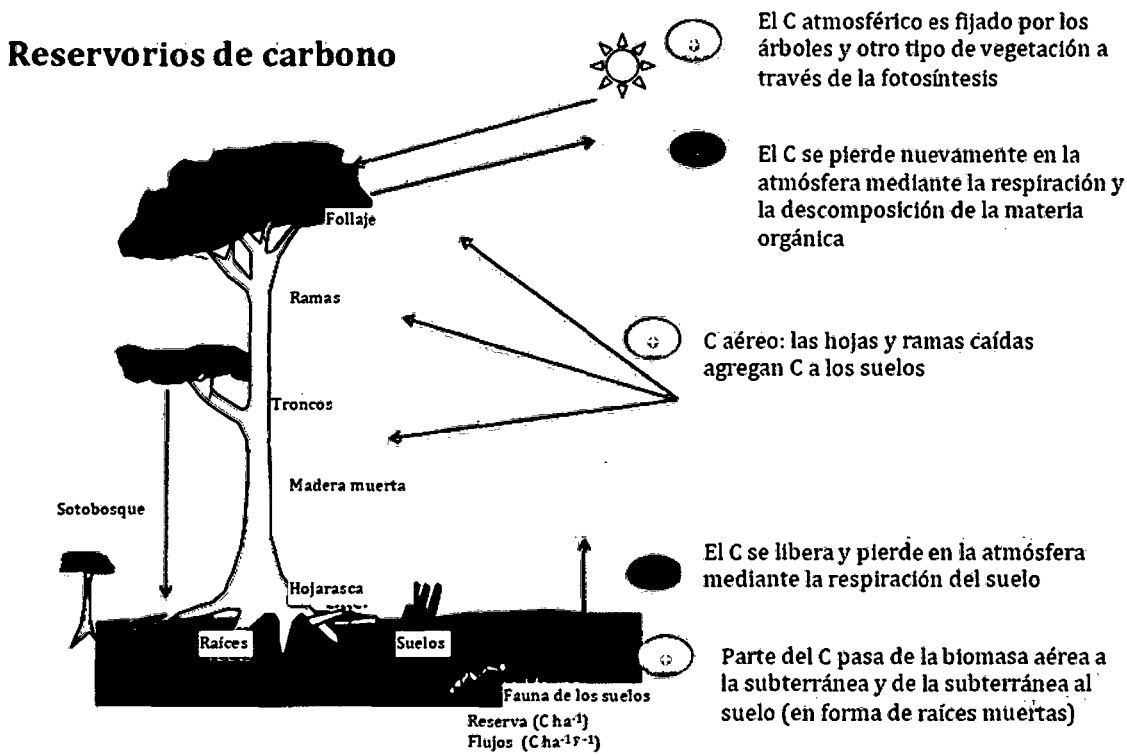


Figura 11: Reservorios terrestres de carbono

1.6.1 Carbono de la biomasa de plantas vivas

La biomasa aérea abarca todos los troncos leñosos, ramas y hojas de árboles vivos, plantas rastreras, enredaderas y epífitas, así como las plantas del sotobosque y la vegetación herbácea. En el caso de los suelos agrícolas, incluye árboles (si hay), cultivos y maleza.

La biomasa subterránea abarca las raíces, la fauna del suelo y los microorganismos.

1.6.2 Carbono de la biomasa de plantas muertas

La materia orgánica muerta (es decir, la necromasa) incluye árboles caídos y tocones, otros desechos leñosos gruesos, la capa de hojarasca y el carbón vegetal (o materia orgánica parcialmente carbonizada) sobre la superficie del suelo. La reserva de carbono de la hojarasca en una selva tropical suele ser aproximadamente 5 tC /ha/año, con un periodo medio de permanencia en la capa de hojarasca de aproximadamente 1 año. Los árboles muertos pueden tardar aproximadamente 10 años en descomponerse y la necromasa constituye aproximadamente el 10% del total de reserva de carbono aéreo en un bosque natural saludable. Debido a que la tala suele enfocarse en aprovechar los árboles más valiosos y dañar muchos otros, la necromasa puede constituir 30-40% de la reserva de carbono aérea luego de la tala. Si se utiliza fuego para realizar el desmonte, el carbono resultante se emitirá en forma directa o permanecerá por aproximadamente una década.

1.6.3 Carbono del suelo

El carbono del suelo abarca el carbono orgánico, el carbono inorgánico y el carbón vegetal. El bicarbonato, un tipo de carbono inorgánico, está presente en los suelos calcáreos pero es insignificante en los suelos neutros y ácidos. El principal tipo de carbono en el suelo se encuentra en diversas etapas de humificación, y los plazos de recambio llegan hasta cientos (o incluso miles) de años. En las turberas, los plazos de recambio pueden alcanzar los miles de años.

En los suelos minerales, el cambio en el carbono orgánico del suelo es relativamente pequeño y ocurre principalmente en los primeros 30 cm de la capa de suelo (IPCC, 1997).

La concentración de carbono orgánico en los suelos generalmente disminuye con la profundidad y a mayor proporción de reservorios relativamente estables menor la concentración total de carbono. La respuesta más fuerte de la reserva de carbono en el suelo a los cambios en la cobertura terrestre ocurre en los primeros 20-30 cm. Sin embargo, los datos empíricos sólo suelen permitir detectar cambios en la capa de 0-5 cm de profundidad.

El cambio en el contenido de carbono del suelo debido a un cambio en el uso del suelo no suele superar los 20 Mg de carbono por ha (PICC, 1997), excepto en condiciones de humedales. En condiciones climáticas específicas (por ejemplo, con un superávit de lluvias anuales pero una temporada seca prolongada en terreno llano con reservas de agua subterránea a grandes profundidades) los árboles con profundos sistemas de raíces son capaces de prolongar la época de crecimiento. Además, el intercambio en finas raíces en profundidad aumenta las reservas de carbono en el suelo en profundidades que pueden generar cambios en el carbono del suelo luego de una conversión superiores a 20 Mg de carbono por ha. Por ejemplo, cuando se convierten llanuras de Imperata en plantaciones de palma aceitera en suelo mineral, se puede esperar un incremento en la reserva de carbono del suelo de hasta 13,2 ± 6,6 Mg /ha respecto de una reserva inicial de 40,8 ± 20,4 Mg /ha (Agus et al., 2009).

En otro estudio desarrollado por Alegre et al., 2002, en diferentes sistemas de uso de la tierra evaluado en Pucallpa, se registraron los siguientes resultados:

Cuadro N° 2: Reservas de Carbono (tC/ha) en la biomasa aérea y del suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú.

SUT	Árbol	Soto bosque	Hojarasca	Raíz	Suelo	Total tC/ha
BOSQUE						
Bosque primario no tocado	160,10	0,83	0,73	2,61	76,81	241,10
Bosque primario extracción selectiva	120,30	0,69	1,83	3,48	47,03	173,30
BARBECHOS						
Bosque secundario 15 años	121,00	2,21	2,85	1,04	68,33	172,30
Bosque secundario 3 años	13,2	1,83	5,90	0,28	19,63	40,80
PASTOS						
Pastura degradada	0,00	2,42	0,68	0,68	35,74	39,50
PLANTACIÓN						
Plantación de Hevea de 30 años	66,60	0,91	6,47	0,35	78,20	152,60
Plantación de palma aceitera	0,00	37,24	4,14	0,71	57,15	99,20

(a) Raíces de 0 a 20 cm de profundidad

(b) Profundidad del suelo de 0 a 40 cm.

1.7 Cultivo de palma aceitera y cambio de uso de suelo en la región Ucayali

Esta relacionada con la economía de subsistencia, las políticas públicas, el mercado internacional de consumo ilícito de la coca, y lo procesos migratorios de la población, tanto como los grandes proyectos ganaderos y agrícolas de monocultivo (palma aceitera). El GOREU (2004), revela que la deforestación en Ucayali es aproximadamente 30 000 ha al año, y las estimaciones del Ex-INRENA, determinan que en Ucayali existe, para el año 2005, 1 003 082 ha deforestadas.

El 28% de las áreas deforestadas esta focalizado en zonas y bosques aledaños a la carretera Federico Basadre y de los ríos como el Aguaytía, San Alejandro y el Ucayali. Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3: Resumen de los impactos por actividades humanas en la Región Ucayali

Actividad Potenciales Carreteras	Área de influencia	Impactos ambientales
Federico Basadre	De Pucallpa a Aguaytia	Deforestación - Ampliación de la frontera agrícola.
Marginal de la Selva Carretera Marginal	De von Humboldt a km 5	Deforestación - Ampliación de la frontera agrícola.
Neshuya –Curimaná	De Neshuya –Curimaná	Bosques fuertemente intervenidos - Ampliación de la frontera agrícola.
Campo Verde - Tournavista	Campo Verde a Tournavista - Nueva Requena	Deforestación - Ampliación de la frontera agrícola.

La degradación de los suelos por el cambio de uso de la tierra, la sobre utilización del suelo por la agricultura y la ganadería, es permanente en la región; para convertirlo en áreas para cultivos transitorios, cuyo proceso dura de 2 a 5 años, los cultivos en la zona son principalmente de "papaya", "piña","guaba", "mango""arroz", "fréjol", "plátano" "cacao", "palma aceitera", entre otros, para establecer estos cultivos la vegetación sufre sucesivas cortas y quemas, convirtiéndose en fuentes de emisión de CO_2 (Becker, 1997).

En la región Ucayali aproximadamente 13% del bosque ha sido intervenido, con mucho más intensidad en las provincias de Padre Abad y Coronel Portillo. El 32% está constituido por pasturas naturalizadas y pasturas mejoradas, con aproximadamente 82 000 ha que representa el cambio más importante en el uso del suelo en la región, el gobierno regional viene promoviendo hace varios años la siembra del cultivo de palma aceitera *(Elaeis guineensis)*, con la finalidad de aumentar la oferta interna de aceites vegetales y contribuir a mejorar el nivel de vida del agricultor, el establecimiento de este cultivo no se realiza deforestando bosques ; si no en su mayoría en lugares que generalmente han sido ganadería; la región Ucayali tiene aproximadamente 17 000 ha sembradas de palma aceitera de las cuales casi el 80 % se encuentra en la provincia de

Padre Abad, se tiene proyectado sembrar 4350 ha mas de este cultivo en el año 2012 (GOREU, 2010).

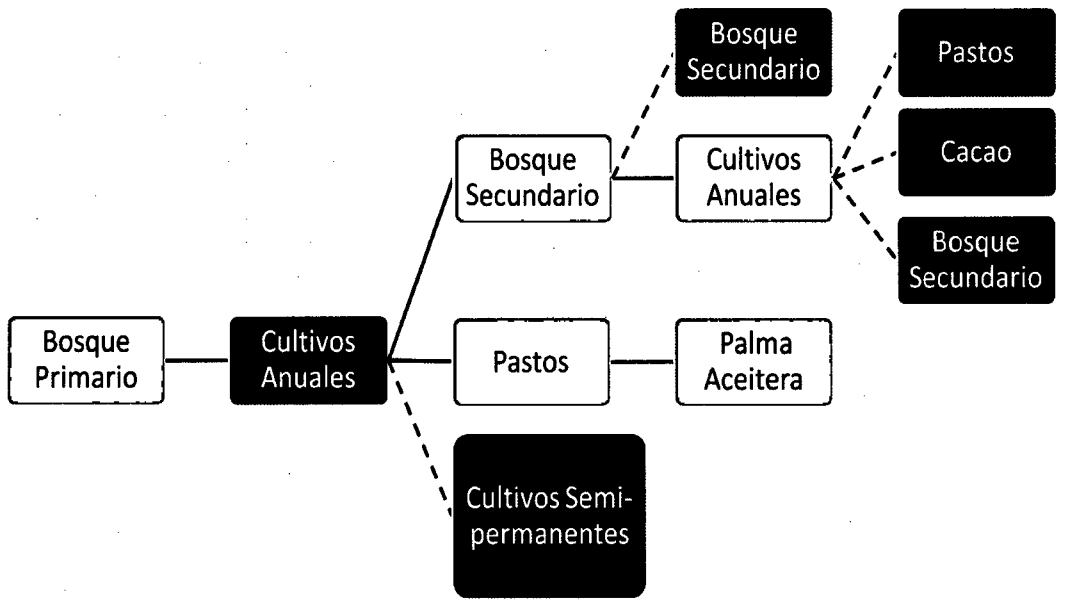


Figura 12: Cambios de uso de la tierra dominantes en la región Ucayali

Cuadro N° 4: Cultivos agrícolas según importancia económica

CULTIVOS	IMPORTANCIA ECONÓMICA
Palma Aceitera, Café, Papaya, Piña, Cacao, Pijuayo, Algodón.	***Alta;*** Cultivos comerciales agroindustriales, generadores de ingresos económicos significativos.
Plátano, Arroz, Maíz, Fríjol, Yuca, Camu Camu, Pijuayo, Papaya, Piña, Granos Diversos (Maní, Soya, etc.).	***Media;*** Cultivos comerciales de doble beneficio (generadores de ingreso y autoconsumo).
Caña de Azúcar, Granos Diversos, Yuca, Frutales Diversos.	***Baja;*** Cultivos de subsistencia.

Fuente: Dirección Regional de Promoción Agraria de Ucayali. Diciembre 2009.

1.7.1 El cultivo de la palma aceitera en Ucayali.

La superficie cultivada se concentra en dos zonas definidas por la cuenca vial de la carretera Federico Basadre; La margen izquierda de la carretera Federico Basadre en dirección hacia Pucallpa en el territorio de la cuenca de los ríos Shambo y Shambillo en el distrito de Padre Abad, su explotación ha sido potenciada por la fisiografía y calidad agrológica del suelo y la fácil accesibilidad que ha permitido consolidar el cultivo.

Actualmente existen 14 771 hectáreas sembradas, 3 392 hectáreas en plena producción y 1 717 hectáreas en etapa de crecimiento, la tendencia de la siembra es a incrementarse, estimándose una ampliación futura de 9 632 hectáreas, el 100% de la producción de fruta fresca se destina al mercado local (Planta Procesadora de ASPASH en Aguaytía y OLAMSA SA en el Km. 60 de la carretera Federico Basadre).

La segunda zona productora de Palma Aceitera se encuentra entre los km. 36 y 82 de la carretera Federico Basadre e interior 36 km. en dirección a Curimaná, corresponden a este ámbito los distritos de Campo Verde, Irazola y Curimaná.

En ambas zonas el nivel de tecnología manejado se define como medio, todavía con índices técnicos productivos críticos, evidenciado en la baja productividad de 12.9 t/ha. Considerado por debajo del promedio nacional.

Es necesario resaltar que en ambos espacios la explotación del cultivo ha sido promovida por las Naciones Unidas a través de diferentes proyectos, a finales de la década del 80 en la zona de Neshuya y finales del 90 en Aguaytía con ASPASH.

Cuadro N° 5: Población de Palma Aceitera en la región Ucayali

Región	En Producción (has)	En Crecimiento (has)	Viveros (has)	Superficie total (has)
Ucayali	**3,392**	**1,717**	**9,632**	**14,741**
Aguaytia	1,000	500	500	2,000
Irazola	975	406	2,979	4,360
Curimana	285	145	1,732	2,161
Campo Verde	1,132	666	3,421	4,618

II. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del área de estudio

2.1.1 Ubicación del área de estudio

La zona de estudio está ubicado en la Carretera Neshuya-Curimana (CNC) a la altura del Km 60 de la Carretera Federico Basadre desde el Centro Poblado Monte de los Olivos, hasta el centro poblado de El Maronal en el km. 25.800; políticamente, pertenece a los Distritos de Curimaná (Provincia de Padre Abad) e Irazola (Provincia de Padre Abad), Departamento de Ucayali.

Las plantaciones escogidas para la evaluación fueron establecidas hace 10 años con una densidad de siembra de 143 plantas/ha, por lo que se han definido los siguientes sitios de evaluación:

Cuadro N° 6: Sitio de Evaluación N° 1-Sector Monte de los Olivos

Nombre del agricultor (a)	María Alicia Retis de Arévalo
Ubicación geográfica del fundo	Distrito de Irazola, Provincia de Padre Abad Carretera Neshuya-Curimana Km 6
Nombre del fundo	Cielito Lindo
Nombre del caserío	Monte de los Olivos
Sector al que pertenece	Neshuya
Hectáreas instalados	05 has de palma aceitera (edad 10 años)

Cuadro N° 7: Sitio de Evaluación N° 2-Sector Villa Mercedes

Nombre del agricultor (a)	Aurelio Núñez, Sosa
Ubicación geográfica del fundo	Distrito de Irazola, Provincia de Padre Abad Carretera Neshuya-Curimaná Km 15.00
Nombre del fundo	Jeny
Nombre del caserío	Villa Mercedes
Sector al que pertenece	Neshuya
Hectáreas instalados	05 has de palma aceitera (edad 10 años)

Cuadro N° 8: Sitio de Evaluación N° 3-Sector Maronal

Nombre del agricultor (a)	Juan Gerardo Gastelu Gonzales
Ubicación geográfica del fundo	Distrito de Curimana, Provincia de Padre Abad Carretera Neshuya Curimana Km 25.800
Nombre del fundo	Ganimedes
Nombre del caserío	Maronal
Sector al que pertenece	Curimana
Hectáreas instalados	05 has de palma aceitera. (edad 10 años)

2.1.2 Condiciones Climáticas

Según la estación meteorológica "Las Palmeras de Ucayali" se reporta para la zona una temperatura media anual de 25,5 °C, con una media máxima de 34,2 °C y media mínima de 18,4 °C. Tiene una precipitación total anual promedio de 2 087,3 mm, y la humedad relativa promedio es de 80.6%.

Cuadro N° 9: Datos Climáticos de Temperatura, Precipitación, Humedad Relativa de la Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)

Meses	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
	Máx.	Med.	Mín.		
Enero	34,5	26,0	19,9	247,8	82,0
Febrero	34,0	25,8	19,9	268,2	83,7
Marzo	33,4	25,5	20,3	245,4	83,7
Abril	33,8	25,5	19,4	247,7	83,1
Mayo	33,2	24,7	17,7	143,4	81,9
Junio	32,6	24,2	16,3	95,2	81,8
Julio	33,1	24,0	15,8	87,1	78,6
Agosto	35,3	25,2	16,2	62,2	74,4
Setiembre	35,9	25,8	16,1	108,3	76,0
Octubre	35,7	26,3	19,3	155,7	78,3
Noviembre	35,4	26,4	19,2	183,2	80,5
Diciembre	34,1	26,2	20,1	243,1	82,9
Total/Prom.	**34.3**	**25.5**	**18.4**	**2087.3**	**80.6**

Por otro lado la precipitación representa el parámetro climático más significativo en los trópicos húmedos, ya que su distribución a lo largo del año establece la existencia de las estaciones: húmeda y seca. En este sentido, los meses que reportan menos de 150 mm de media mensual se

les considera meses secos y, cuando sobrepasa dicha media pluvial mensual se clasifican como meses húmedos.

Por lo que se reporta en dicha información los meses más lluviosos que superan largamente los 150 mm de media mensual, referidos a los meses de enero, febrero, marzo, abril, octubre, noviembre y diciembre que conforman la estación húmeda. En cambio, los meses que se encuentran por debajo de los 150 mm son mayo, junio, julio, agosto, y setiembre, que conforman definidamente la estación seca, es decir, de menor caída pluvial.

Figura 14: Temperatura Máxima, Media y Mínima (°C). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)

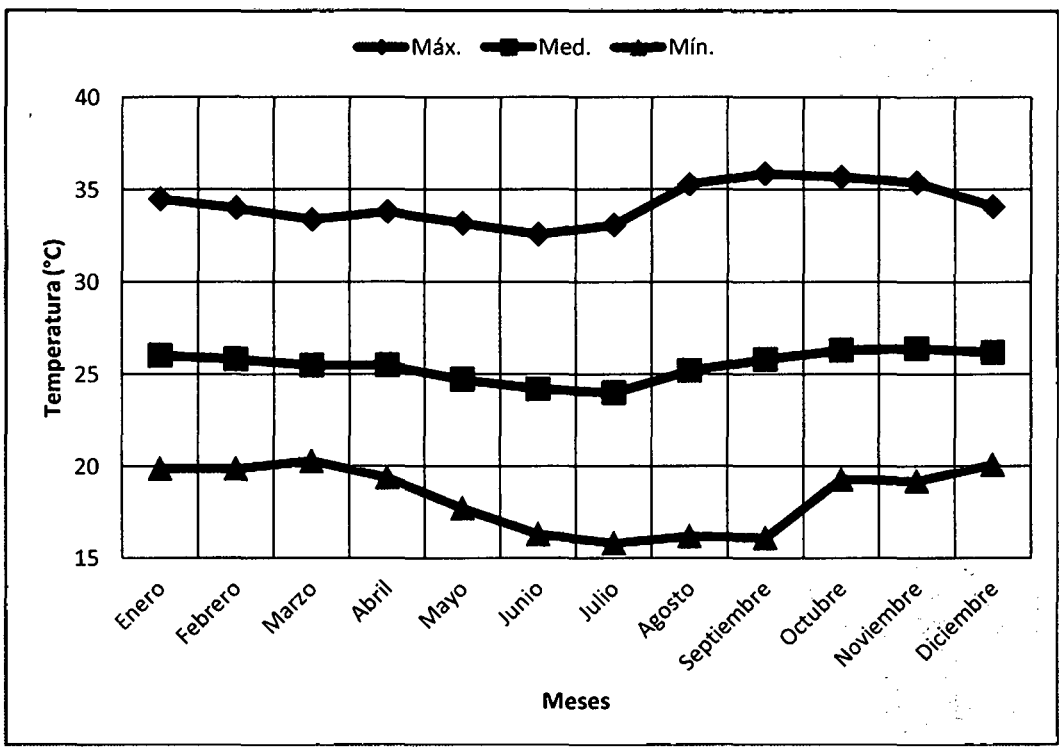


Figura 15: Precipitación (mm). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)

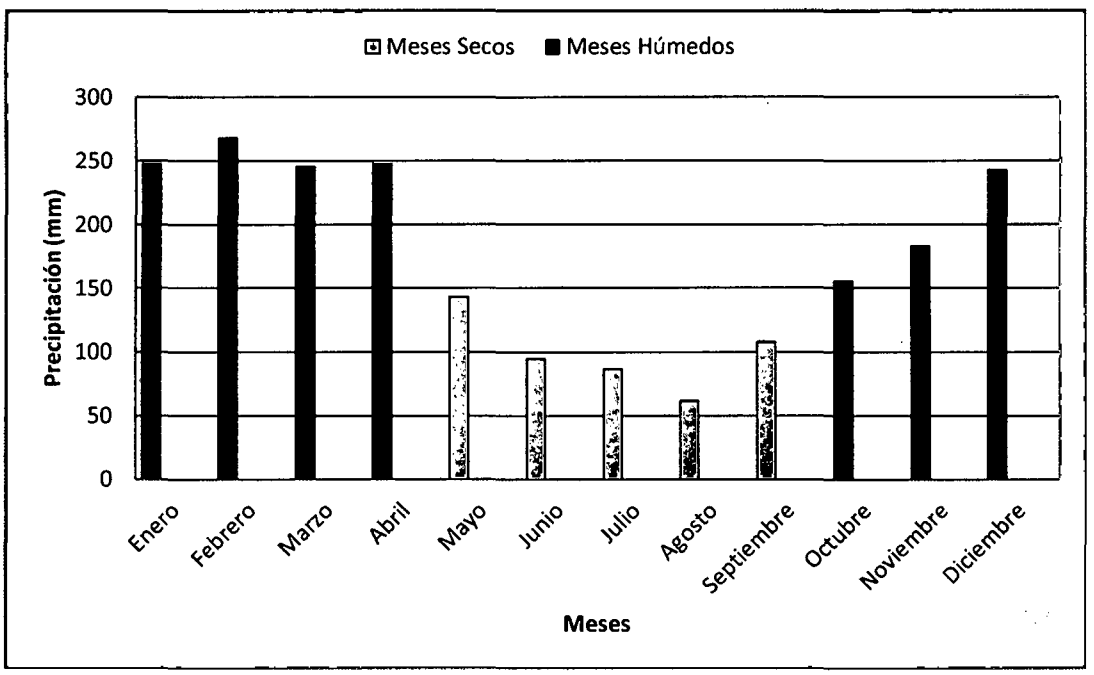
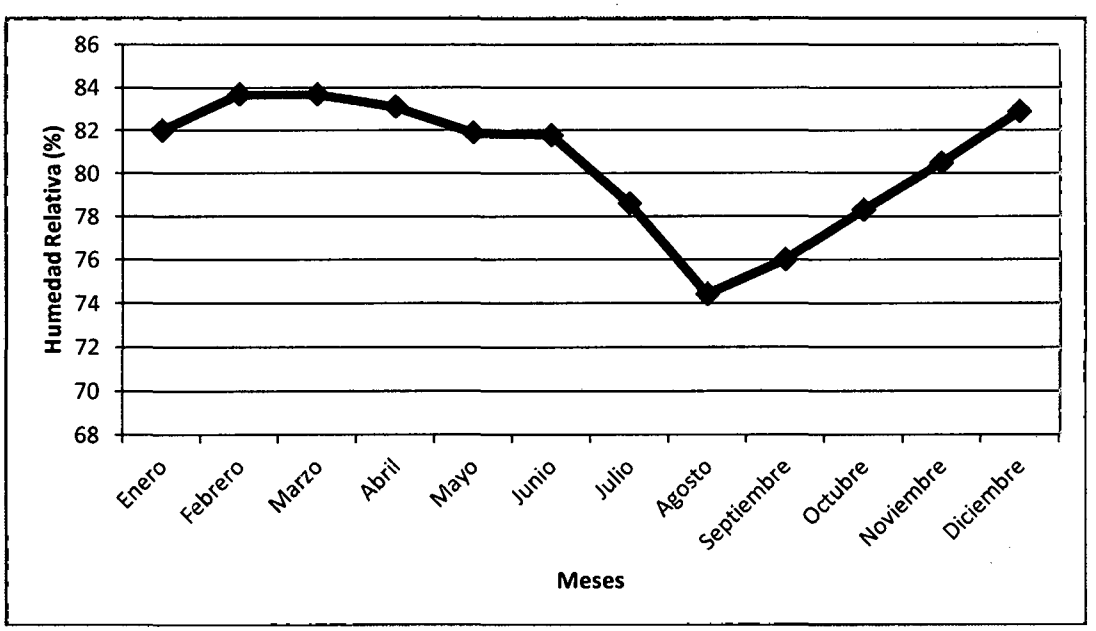


Figura 16: Humedad Relativa (%). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)



2.1.3 Zonas de Vida

Según el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976), elaborado por el Dr. Leslie R. Holdridge, el sector Neshuya-Curimaná se ubica en la zona de vida Bosque Húmedo Tropical (bh-T). Esta zona de vida se encuentra en la selva baja del Perú que esta por debajo de los 200 msnm, se caracteriza por poseer el clima clasificado de Húmedo - Cálido, con temperatura media anual variable entre 24°C y 25°C; y precipitación pluvial entre 2 000 y 4 000 mm. Por lo que le corresponde la zona de vida: HUMEDO.

2.1.4 Fisiografía

La zona en investigación se encuentra en los siguientes componentes fisiográficos (IIAP, 2003):

Gran paisaje	:	Colinosos de la gran penillanura amazónica
Paisaje	:	Colinas del terciario
Subpaisaje	:	Superficie plano onduladas
Elem_paisaje	:	Terrazas onduladas
Relieve	:	Ondulado

2.1.5 Suelos

Sector Monte de los Olivos (Interpretación de Análisis de Suelo. Ver Anexo 7.10)

a. pH acido.
b. Bajo contenido de materia orgánica.
   b_1. Bajo contenido de nitrógeno.
c. Buena textura para palma.
d. Alto contenido de fosforo.
e. Alto contenido de potasio cambiable.
f. Baja CICE
g. Bajo contenido de calcio cambiable
h. Bajo contenido de magnesio cambiable.
i. Las bases están altamente saturadas.
j. Muy Baja saturación de aluminio.

Sector Villa Mercedes (Interpretación de Análisis de Suelo. Ver Anexo 7.10)

a. pH fuertemente acido.
b. Bajo contenido de materia orgánica.
   b_1. Bajo contenido de nitrógeno.
c. Buena textura para palma. Buena presencia de arcilla.
d. Bajo contenido de fosforo.
e. Bajo contenido de potasio cambiable.
f. Baja CICE
g. Bajo contenido de calcio cambiable
h. Bajo contenido de magnesio cambiable.
i. Las bases están con muy baja saturación.
j. Alta saturación de aluminio.

Sector Maronal (Interpretación de Análisis de Suelo. Ver Anexo 7.10)

a. pH moderadamente acido.
b. Bajo contenido de materia orgánica.
   b_1. Bajo contenido de nitrógeno.
c. Buena textura para palma.
d. Bajo contenido de fosforo.
e. Bajo contenido de potasio cambiable.
f. Baja CICE
g. Bajo contenido de calcio cambiable
h. Bajo contenido de magnesio cambiable.
i. Las bases están medianamente saturado.
j. Baja saturación de aluminio.

2.1.6 Accesibilidad

La zona en estudio es accesible vía terrestre a través de la Carretera Neshuya – Curimana (Carretera carrozable afirmada), que se encuentra ubicada a la altura del Km 60 de la Carretera Federico Basadre, que abarca las zonas de Monte de los Olivos Km 6, Villa Mercedes Km 15, Maronal Km 25.800.

2.2 Metodología

2.2.1 Método de Investigación

En el estudio se empleó el método no experimental-descriptivo, el cual consistió en observar y medir parámetros biométricos y a partir de ellos determinar el carbono almacenado en las plantaciones de palma aceitera, es decir, el investigador no manipuló las variables en estudio.

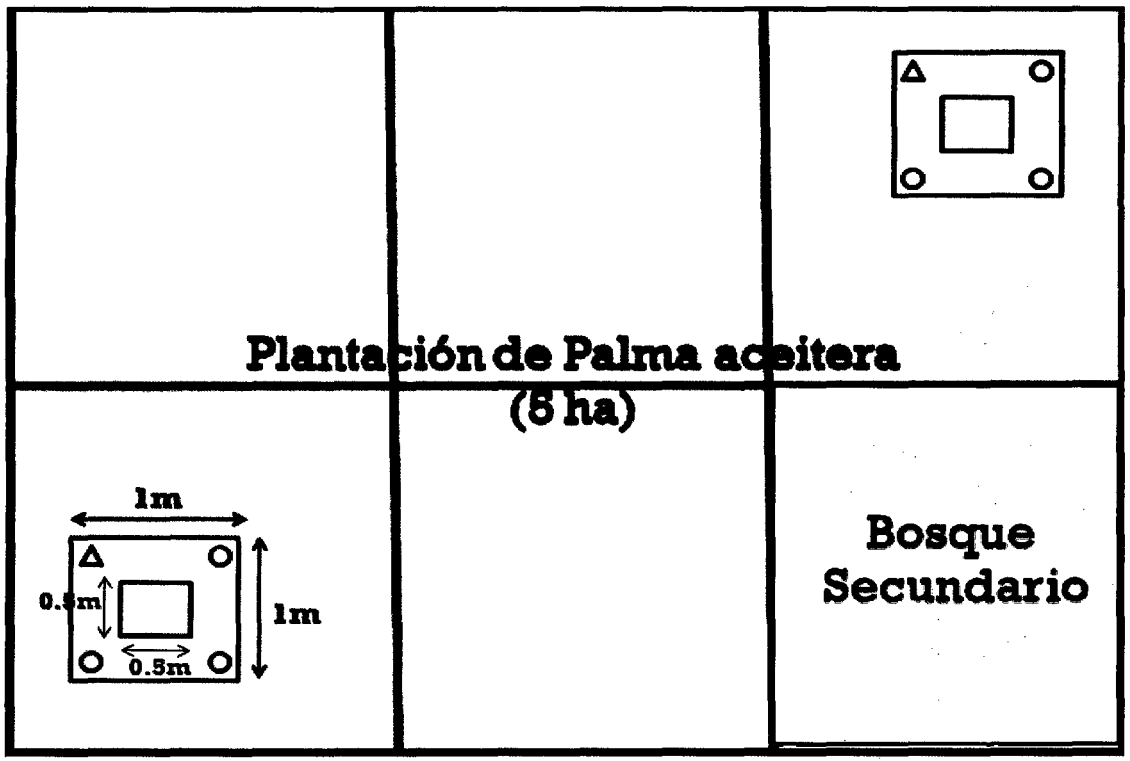
2.2.2 Población y Muestra

Población: Este estuvo constituida por un total de 2145 plantas de palma aceitera dentro de 15 Has ubicadas en las tres zonas de estudio antes descritas, que pertenecen a la edad de 10 años.

Muestra: Se seleccionaron 20 plantas por parcela, haciendo un total de 60 plantas de palma aceitera, en tres sitios evaluados.

El método de muestreo utilizado es el no probabilístico de tipo de muestra intencionada. Este tipo de muestra exige un cierto conocimiento del universo, su técnica consiste en que el investigador escoge intencionalmente sus unidades de estudio.

Para el muestreo de suelo y herbácea se estableció el siguiente diseño correspondiente a una parcela de 5 ha de palma aceitera, con 2 mini parcelas (1m x 1m) utilizadas para el muestreo de suelo, además dentro de la mini parcela se colocaron recuadros de 0.5m x 0.5m usadas para el inventario de carbono en el componente herbáceo. (Figura 17).



Fuente: Elaboración Propia



Figura 17: Esquema de la parcela de muestreo

2.2.3 Selección de Sitio

Para la selección de los sitios a evaluar para la determinación de carbono en Palma Aceitera, se utilizó información cartográfica, por lo cual con la ayuda del Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976), se logró identificar la zona de vida para la evaluación, esto se realizó con la finalidad de homogenizar las plantaciones de palma aceitera ya que las condiciones climáticas son similares (temperatura, precipitación, humedad, etc). En lo consiguiente se realizaron visitas exploratorias a agricultores en sus predios

donde se realizó una entrevista y basándose en los siguientes criterios se eligió los sitios a evaluar:

- Plantaciones de Palma Aceitera.
- Edad de la Plantación.

2.2.4 Componentes Estudiados

2.2.4.1 Variables Independientes

Las variables independientes, lo representan las 3 zonas de estudio en las que se realizaron mediciones de los componentes evaluados de las plantaciones de palma aceitera, además la toma de muestra de suelos, que a partir de ello a través de fórmulas se determinó la cantidad de carbono.

Y1= Monte de los Olivos

Y2= Villa Mercedes

Y3= Maronal

2.2.4.2 Variables Dependientes

Lo comprenden las siguientes variables:

X1= Carbono en las Hojas (tC/ha)

X2= Carbono en el Estípite (tC/ha)

X3= Carbono en la Biomasa muerta (tC/ha)

X4= Carbono en el Componente Herbáceo

X5= Carbono en el Suelo

2.2.5 Análisis Estadísticos

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza de un factor (ANOVA) usando el programa estadístico SPSS 19. Las medias fueron separadas por la prueba de Tukey ($p<0.05$).

2.3 Instrumentos de Recolección de Datos

2.3.1 Materiales

- Tablero de campo
- Libreta de campo
- Plumón Indeleble
- Sobre de manila
- Costales

2.3.2 Equipos

- Gps
- Cámara Digital
- Balanza
- Estufa

2.3.4 Herramientas

- Cinta métrica
- Wincha
- Pala recta
- Machete
- Tijera de Podar
- Barreno
- Cilindro pequeño de volumen conocido

2.4 Procedimiento de Recolección de Datos

2.4.1 Evaluación del Carbono en la Biomasa Viva

Para la determinación del carbono se seleccionaron 20 plantas de palma aceitera en cada parcela, para la evaluación en la biomasa se consideró solo las hojas y el estípite.

Para la evaluación se utilizó el método no destructivo. Por lo cual primero se determino el peso seco de los órganos antes mencionados por fórmulas planteadas por Corley et al. (1971). Para obtener los datos de medición y utilizarlo en las fórmulas de Corley et al. (1971), se utilizó procedimientos establecidos por el diplomado "Manejo Integrado del Cultivo de la Palma Aceitera, con Énfasis en la Prescripción Técnica de Programas Nutricionales.

2.4.1.1 Evaluación del Carbono en la biomasa de las hojas

a) Se localizó e identificó la hoja numero 17.

b) Luego se cortó la hoja 17 lo más cerca que sea posible a su base, sin cortar racimos o inflorescencias.

c) Ya en el suelo, se realizó un corte transversal del raquis en su punto de inserción con el peciolo, tal como se muestra en la figura 18.

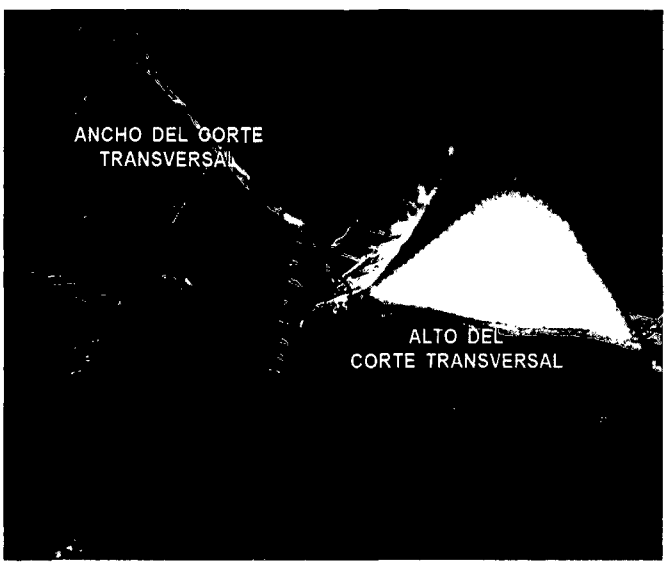


Figura 18: Corte transversal de la hoja 17 en la inserción del raquis con el peciolo

d) Luego con la ayuda de un escalímetro de vernier, se midió las dimensiones del ancho y su altura como se muestran en la figura 18. Se expresó las dimensiones en cm, con fracción decimal.

Cálculo del Carbono en la Biomasa de las Hojas

Paso 1: Cálculo de la biomasa seca de las hojas de palma aceitera utilizando la siguiente ecuación (Corley et al., 1971).

$$BS_{HU} = (0{,}1023P + 0{,}2062) \times NH$$

Donde:

BS_{HU}= Biomasa seca de las hojas por unidad de planta. (Kg/planta)

NH= Número de Hojas. Se tomó el valor de 38 hojas según Bulgarelli et al 2002 para plantaciones de palma aceitera de 10 años de edad.

P= Medición del ancho por la altura del corte transversal del peciolo, según valores obtenidos en el paso d, del procedimiento anterior.

Los valores de 0,1023 y 0,2062 son constantes de tipo estadístico para convertir los valores de la ecuación a kilogramos.

Paso 2: Cálculo de la biomasa de las hojas en toneladas por hectárea.

$$BS_H = \frac{BS_{HU} \times NPPA}{1000}$$

Donde:

BS_{HU}= Biomasa seca de las hojas (t/ha)

NPPA= Número de plantas de palma aceitera por hectárea. El valor es de 143 plantas/ha

1000= Factor de conversión de kilogramos a Toneladas

Paso 3: Cálculo del carbono de la biomasa seca de las hojas en toneladas de carbono por hectárea.

$$C_{Hojas} = BS_H \times FC$$

Donde:

C_{Hojas}= Cantidad de carbono almacenado en hojas de palma aceitera (tC/ha)

FC= Fracción de carbono. El valor estándar del IPCC para FC = 0.5

2.4.1.2 Evaluación del Carbono en la biomasa del estípite

A. Diámetro del estípite

Se midió la longitud de la circunferencia del estípite a una altura de 1,5 metros del suelo, luego se calculó el diámetro partir de la siguiente fórmula:

$$D = Longitud\ de\ la\ circunferencia/\pi$$

Donde:

D= Diámetro del estípite

B. Altura del estípite

La medición de la altura del estípite se realizó midiendo desde la hoja 41 hasta la base del suelo de la palma.

Cálculo del Carbono en la Biomasa del Estípite

Paso 1: Cálculo de la biomasa seca del estípite de palma aceitera utilizando la siguiente ecuación (Corley et al., 1971)

$$BS_{EU} = V \times S$$

$$\Rightarrow V = \pi \times r^2 \times h \quad y \quad S = 0.0076t + 0.083$$

Reemplazando:

$$BS_{EU} = (\pi \times r^2 \times h)(0.0076t + 0.083)$$

Donde:

BS_{EU}= Biomasa seca del estípite (Kg/planta)

V= Volumen del estípite (litros)

S= Densidad del tronco seco (Kg/litro)

r= Radio del estípite

h= Altura

t= Edad de la palma en años

Paso 2: Cálculo de la biomasa del estípite en toneladas por hectárea

$$BS_E = \frac{BS_{EU} \times NPPA}{1000}$$

Donde:

BS_E= Biomasa seca del estípite (t/ha)

NPPA= Número de plantas de palma aceitera por hectárea. El valor es de 143 plantas/ha

1000= Factor de conversión de kilogramos a Toneladas

Paso 3: Cálculo del carbono de la biomasa seca de las hojas en toneladas de carbono por hectárea.

$$C_{Estípite} = BS_E \times FC$$

Donde:

$C_{Estípite}$=Cantidad de carbono almacenado en estípite de palma aceitera (tC/ha)

FC= Fracción de carbono. El valor estándar del IPCC para FC = 0.5

2.4.2 Evaluación del Carbono en la Biomasa Muerta

Para el muestreo de la biomasa muerta se utilizó un marco cuadrado de 0.25 m^2 (50cm x 50cm). El proceso consiste en colectar el material localizado dentro del marco. De cada muestra se obtuvo una sub-muestra de 100 gr que fue guardado en bolsas plásticas, debidamente codificadas, para luego ser enviada al laboratorio para ser secada en horno o una estufa de aire forzado a 60°C, hasta obtenerse peso constante. Se determina así la relación entre cantidad de humedad y la cantidad de carbono. Con los valores obtenidos se calculó el total de biomasa seca por hectárea (t/ha) y posteriormente se calculó la cantidad de carbono por hectárea (tc/ha). Para la evaluación de la biomasa muerta se determinó empleando la metodología del ICRAF (Rügnitz et al. 2009), está metodología fue innovada por el autor para ser aplicada en un cultivo de palma aceitera.

Cálculo del Carbono en la Biomasa Muerta

Paso 1: Cálculo de la biomasa seca de la muestra

$$BS_M = \left(\frac{PS_{submuestra}}{PF_{submuestra}}\right) \times PF_{muestra}$$

Donde

BS_M= Biomasa seca de la materia muerta (Kg/0.25 m^2)

$PS_{submuestra}$= Peso seco de la submuestra (g)

$PF_{submuestra}$= Peso fresco de la submuestra (g)

$PF_{muestra}$= Peso fresco de la muestra (Kg/0.25 m^2)

Paso 2: Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra

$$C_{BS_M} = BS_M \times FC$$

Donde

C_{BSM}= Cantidad de Carbono en la muestra de biomasa muerta. (Kg C/0.25 m^2)

FC= Fracción de carbono. El valor estándar del IPCC para FC = 0.5

Paso 3: Cálculo de la cantidad de carbono de la biomasa muerta en toneladas de carbono por hectarea.

$$C_{BiomasaMuerta} = \left[\frac{AreaBM}{0.25\,m^2}\right] \times \left[C_{BS_M} \times \frac{1t}{1000kg}\right]$$

Donde:

$C_{BiomasaMuerta}$= Cantidad de carbono en la biomasa muerta en tC/ha

AreaBM= Área que ocupa la biomasa muerta en las plantaciones de palma aceitera en una hectárea

1000= Factor de conversión de kilogramos a Toneladas

Nota: Para encontrar el área que ocupa la biomasa muerta, se realizó un arreglo de 143 plantas que representan una hectárea, de acuerdo a la vista en campo se colocaron en el arreglo los montículos de biomasa muerta, habitualmente se encuentran entre plantas, y luego fueron contabilizados, previamente se tomaron las medidas en campo del largo y ancho que ocupa un montículo de biomasa muerta. Para hallar el área se realizo lo siguiente se multiplico el largo por el ancho del montículo de biomasa muerta (puesto que estos tienen forma rectangular), para luego ser multiplicado por la cantidad de montículos contabilizados en una hectárea.

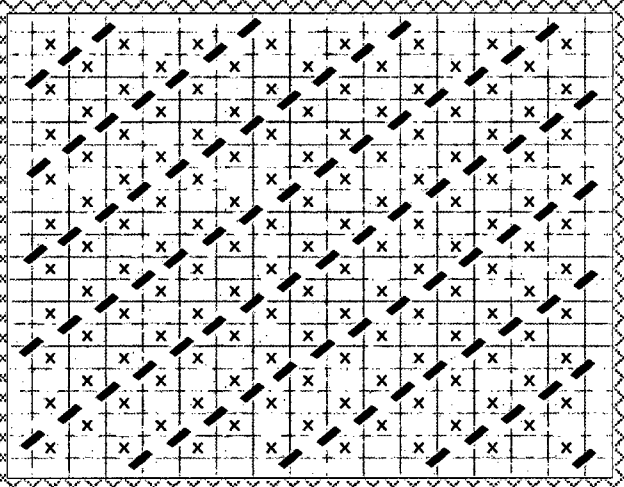


Figura 19: Arreglo de 143 plantas en una hectárea de plantaciones de palma aceitera.

2.4.3 Evaluación del Carbono en el Componente Herbáceo

Para el muestreo del componente herbáceo se realizó de acuerdo al esquema de parcela de muestreo (figura 09), donde se utilizó un marco cuadrado de 0.25 m^2 (50cm x 50cm). El proceso consistió en cortar al ras del suelo todo el material localizado dentro del marco, para luego recolectarlo y pesarlo. De cada muestra fresca se obtuvo una sub-muestra de 50 gr que fue guardado en bolsas plásticas, debidamente identificadas, luego se envió al laboratorio para ser secada en horno o una estufa de aire forzado a 60°C, hasta obtenerse peso constante. Se determina así la relación entre peso seco y húmedo y cantidad de carbono. Con

los valores obtenidos se calculó el total de biomasa seca por hectárea (t/ha) y posteriormente se calculó la cantidad de carbono por hectárea (tc/ha). Para la evaluación del componente herbáceo se determinó empleando la metodología del ICRAF (Rügnitz et al. 2009), está metodología fue innovada por el autor para ser aplicada en un cultivo de palma aceitera.

Cálculo del Carbono en el Componente Herbáceo

Paso 1: Cálculo de la biomasa seca de la muestra

$$BS_H = \left(\frac{PS_{submuestra}}{PF_{submuestra}}\right) \times PF_{muestra}$$

Donde:

BS_M= Biomasa seca del componente herbáceo (Kg/0.25 m^2)

$PS_{submuestra}$= Peso seco de la submuestra (g)

$PF_{submuestra}$= Peso fresco de la submuestra (g)

$PF_{muestra}$= Peso fresco de la muestra (Kg/0.25 m^2)

Paso 2: Cálculo de la cantidad de carbono en la muestra

$$C_{BS_H} = BS_H \times FC$$

Donde:

C_{BSH}= Cantidad de Carbono en la muestra de la herbácea (Kg C/0.25 m^2)

FC= Fracción de carbono. El valor estándar del IPCC para FC = 0.5

Paso 3: Cálculo de la cantidad de carbono en el componente herbáceo en toneladas de carbono por hectárea

$$C_{Herbácea} = \left[\frac{AreaCH}{0.25\,m^2}\right] \times \left[C_{BS_M} \times \frac{1t}{1000kg}\right]$$

Donde:

$C_{Herbácea}$= Cantidad de carbono en el componente herbáceo en tC/ha

ÁreaCH= Área que ocupa el componente herbáceo en las plantaciones de palma aceitera en una hectárea.

1000= Factor de conversión de kilogramos a Toneladas

Nota: Para encontrar el área que ocupa el componente herbáceo, se descontó la zona que ocupa el estípite y la zona para fertilización.

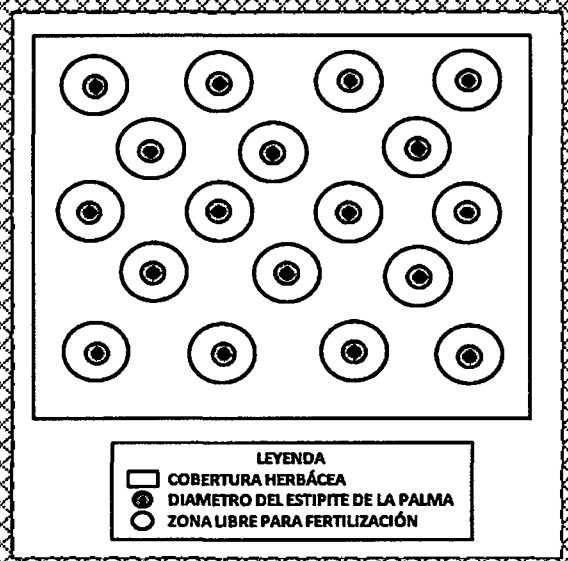


Figura 20: Área que ocupa el componente herbáceo en una plantación de palma aceitera

2.4.4 Estimación del Carbono Total

Para el cálculo del carbono total del área definida, se sumó el carbono calculado parcialmente de cada uno de los componentes evaluados.

Cuadro N° 14: Cálculo del Carbono Total

$$C_{Total} = C_{Hojas} + C_{Estipite} + C_{BiomasaMuerta} + C_{Herbácea}$$

Donde:

C_{Total}= Cantidad de carbono total (tC/ha)

C_{Hojas}= Cantidad de carbono almacenado en hojas de palma aceitera (tC/ha)

$C_{Estipite}$=Cantidad de carbono almacenado en estípite de palma aceitera (tC/ha)

$C_{BiomasaMuerta}$= Cantidad de carbono en la biomasa muerta en tC/ha

$C_{Herbácea}$= Cantidad de carbono en el componente herbáceo en tC/ha

2.4.5 Fijación Anual de Carbono

Para la estimación de la fijación anual de carbono se determinó por la división del carbono almacenado en la biomasa entre la edad de la plantación de palma aceitera.

Cálculo de la Fijación Anual de Carbono

$$FAC = C_{Total} / E$$

Donde:

FAC= Fijación anual de carbono (tC/ha/año)

C_{Total}= Cantidad de carbono total (tC/ha)

E= edad de la plantación de palma aceitera (años)

2.4.6 Cálculo del Carbono Equivalente

Una tonelada de carbono equivale a 3,67 toneladas de CO_2e (obtenido en razón de los pesos moleculares 44/12). Para saber la cantidad de CO_2e emitido o almacenado a partir de la cantidad de carbono de un determinado depósito se debe multiplicar esta por 3,67.

Cálculo del Carbono Equivalente

$$CE = FAC \times 3.67$$

Donde:

CE= Cantidad de carbono equivalente (tCO_2/ha/año)

FAC= Fijación anual de carbono (tC/ha/año)

3.67= Factor de conversión a carbono equivalente (CO_2)

2.4.7 Determinación de carbono en el suelo

Para el muestreo del carbono en el suelo se realizó de acuerdo al esquema de parcela de muestreo (figura 09), esto consistió en tomar tres muestras de suelo de profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm. Para determinar el contenido de C, las muestras fueron secadas a una temperatura ambiente durante tres días, posteriormente se molió, homogenizó y tamizó para finalmente ser analizadas en un laboratorio de suelos determinar el contenido de carbono (%) por el método de Walkley Black.

Cálculo del Carbono en el Suelo

$$CS = \%CS \times DA \times P$$

Donde:

CS= Carbono en el suelo (tC/ha)

%CS= Contenido de carbono en el suelo (%)

DA= Densidad Aparente

P= Profundidad de muestreo (cm)

Las muestras de suelo para determinar la densidad aparente (DA) se realizaron en un laboratorio de suelos. Se utilizó el método del cilindro de volumen conocido, las muestras fueron secadas a una temperatura de 105°C, hasta alcanzar peso constante.

Cálculo para determinar la densidad aparente del suelo

$$DA = \frac{Peso\ del\ suelo\ seco}{volúmen\ del\ cilindro}$$

El volumen del cilindro fue calculado por medio de la siguiente fórmula:

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

Donde, r equivale al radio (en cm) y h a la altura (en cm).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estimación del Carbono en la Biomasa Viva (hojas + estípite)

En el cuadro N° 10 se muestran los valores de la cantidad de carbono almacenado en las hojas y estípite, así mismo en las Figuras 21, 22 y 23 se puede visualizar gráficamente la distribución en barras y cajas de dichos contenidos evaluados en el eje de la carretera Neshuya-Curimaná en los sectores Monte de los Olivos, Villa Mercedes y Maronal.

De acuerdo a los resultados observados sobre contenido de carbono en la biomasa de las hojas y el estípite, no hay diferencia estadística según prueba de Tukey ($p<0.05$), esto se explica porque las plantaciones evaluadas tienen la misma edad y además se encuentran en la misma zona de vida por lo que las condiciones climáticas de temperatura, precipitación, humedad relativa, etc., son similares.

Los valores obtenidos de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa viva total (hojas + estípite), en el sector Monte de los Olivos fue de 23.42 tC/ha siendo el de mayor almacenamiento, seguido de Villa Mercedes con 22.29 tC/ha, y el que almacenó menor cantidad de carbono fue el sector el Maronal. El promedio de almacenamiento total de carbono fue de 22,30 tC/ha.

Cuadro N° 10: Carbono almacenado en las hojas (tC/ha)

Zona	Sector	Carbono en las Hojas (tC/ha)	Carbono en el Estípite (tC/ha)	Carbono Total (tC/ha)
Carretera Neshuya-Curimana	Monte de los Olivos	7.59 a	15.83 a	23.42 a
	Villa Mercedes	7.94 a	14.48 a	22.42 a
	Maronal	8.46 a	12.61 a	21.07 a
Promedio				**22.30**

Medias seguidas de las mismas letras no son estadísticamente diferentes, por Tukey a $p<0.05$.

Figura 21: Distribución en barras y cajas del carbono almacenado en las hojas (tC/ha)

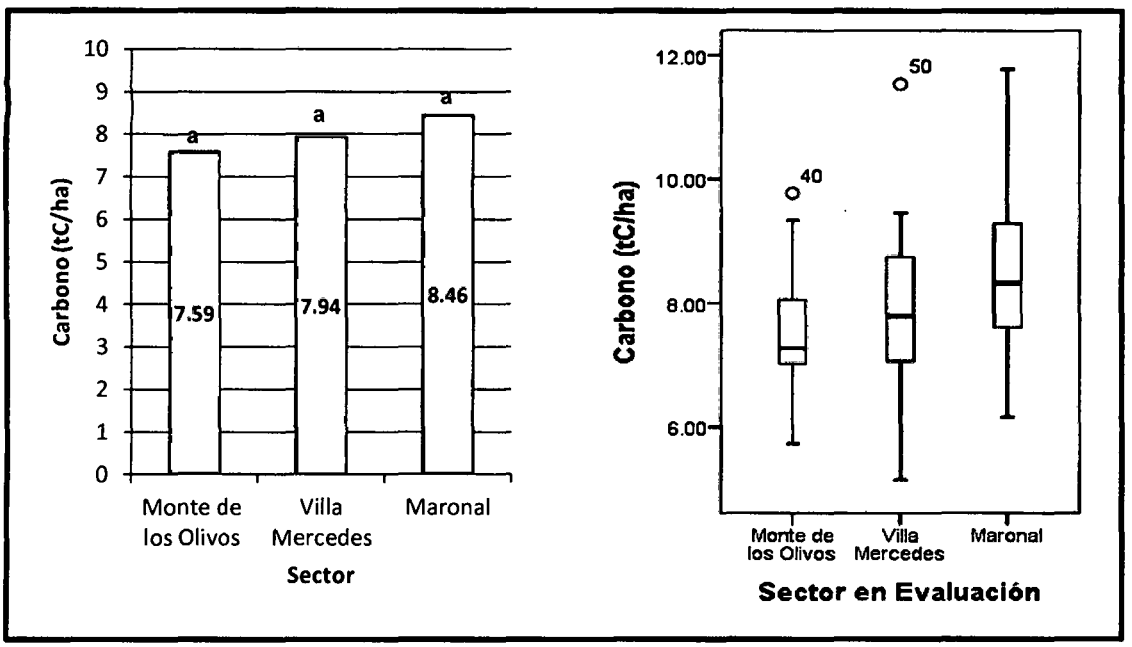


Figura 22: Distribución en barras y cajas del carbono almacenado en el estípite (tC/ha)

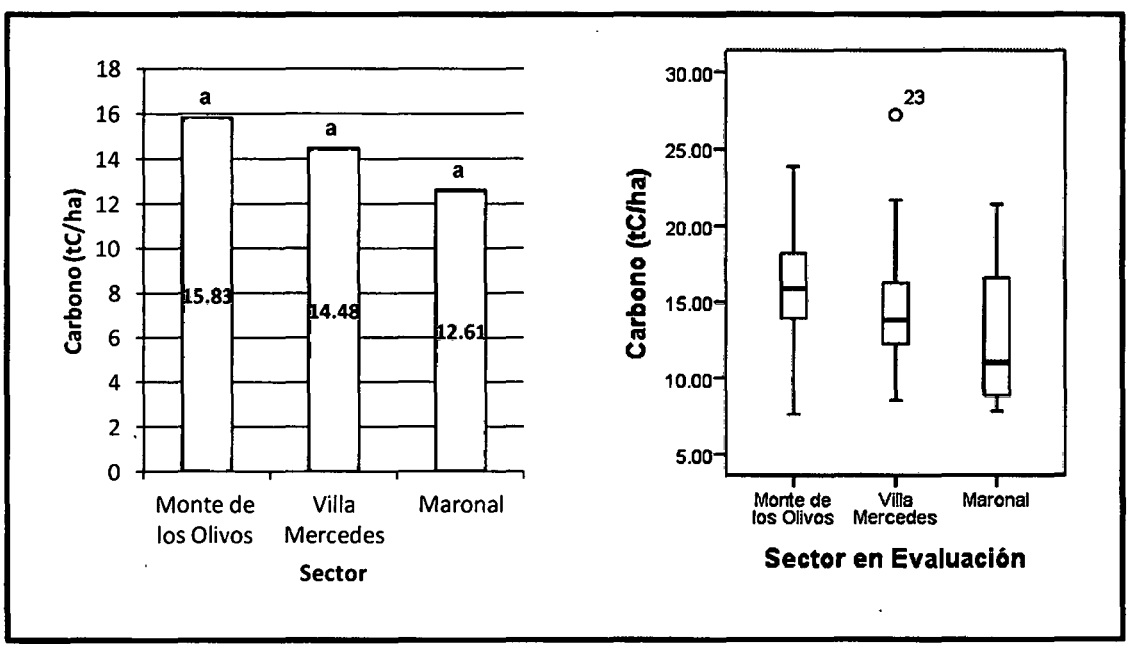
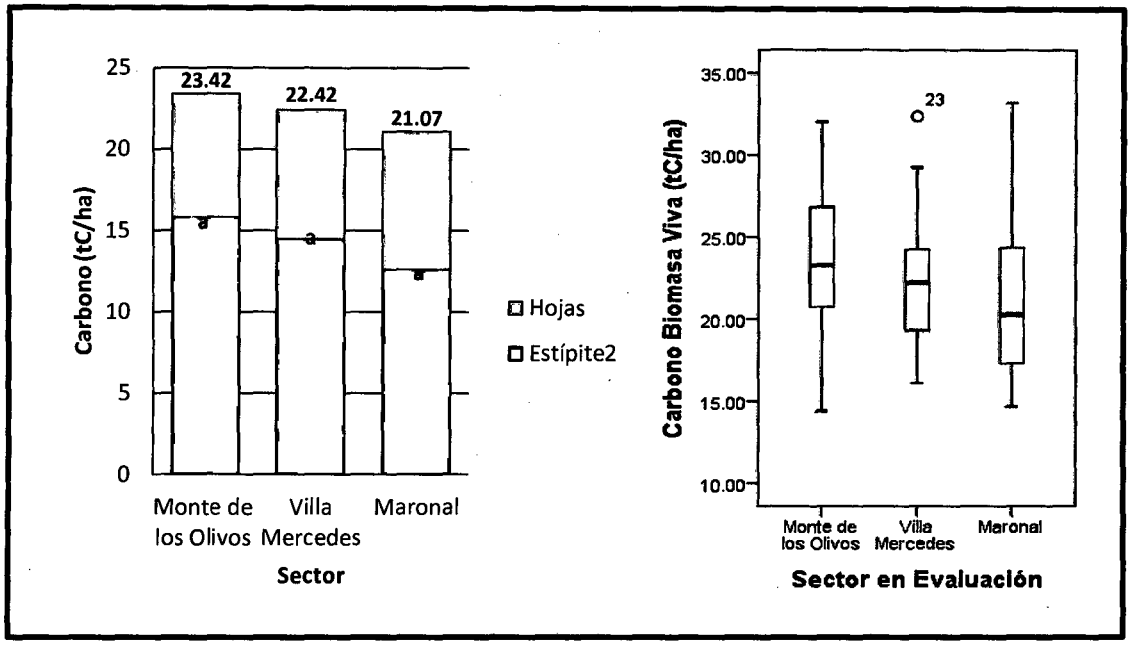


Figura 23: Distribución en barras y cajas del carbono almacenado la biomasa viva total (tC/ha)



En un estudio realizado por H.; LEBLANC, H.; RUSSO, R.; CUEVA, J.; SUBÍA E. 2006, en Costa Rica, bajo condiciones climáticas y edáficas similares (excepto la precipitación que fué 3464 mm); se estimó el carbono en la biomasa aérea total en palma africana de 7 años de edad, teniendo como resultado 22.68 tC/ha (hojas 10.88 tC/ha y 11.8 tC/ha en el tallo), similar a lo encontrado en el estudio, (22.30 tC/ha). La diferencia radica en la menor edad, este resultado se puede explicar por la precipitación puesto que es mayor a la zona de investigación, según promedio reportados por la Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali fue de 2083,7 mm anuales, donde la precipitación afecta los procesos fisiológicos como la fotosíntesis, el crecimiento y la producción (Cayon 2002, citado por Melado 2008). Además estos valores obtenidos por Leblanc, *et al*, también puede atribuirse al método que utilizaron, que fue el método destructivo, teniendo muestras pequeñas y obteniendo un error muestral mayor.

Thenkabail *et al.* (2004) estimaron carbono por unidad de área en plantaciones de palma aceitera de 1 a 5 años en África Occidental, usando datos del satélite IKONOS y técnicas de análisis multiespectral de sensores remotos, validados en campo por muestreos destructivos. Encontraron valores entre 14.75 y 14.94 tC/ha en dos áreas piloto, estos valores son menores a los encontrados en nuestra investigación, atribuyendo estos a la menor edad de la plantación, con menor tamaño del estípite y hojas; teniendo como resultado menor cantidad de biomasa seca y consecuentemente, menor almacenamiento de carbono.

Estudios realizados por Alegre *et al.* (2002) y Callo-Concha *et al.* (2001), en bosque primario registró en árboles en pie 160,1 tC/ha y 196.1 tC/ha, respectivamente siendo 7 y 8 veces mayor a lo reportado en la presente investigación, de los mismos autores en bosque secundario registraron 121 tC/ha y 67.9 tC/ha, siendo 5 y 3 veces mayor a lo registrado, estos resultados son debido a la mayor variabilidad de especies que presentan los bosques primarios y secundarios, además de la dinámica forestal de estos sistemas, por lo que esta dinámica consiste en la renovación del área por el incremento de poblaciones jóvenes, mediante la gestión de luz por los aclareos naturales (Lapeyre et al., 2004).

3.2 Estimación del carbono en la biomasa muerta

En el cuadro N° 11 se observan los valores de carbono almacenado en la biomasa muerta, asimismo en la Figura N° 24 se muestra una distribución de barras de la cantidad de carbono, en los sectores Monte de los Olivos, Villa Mercedes, Maronal.

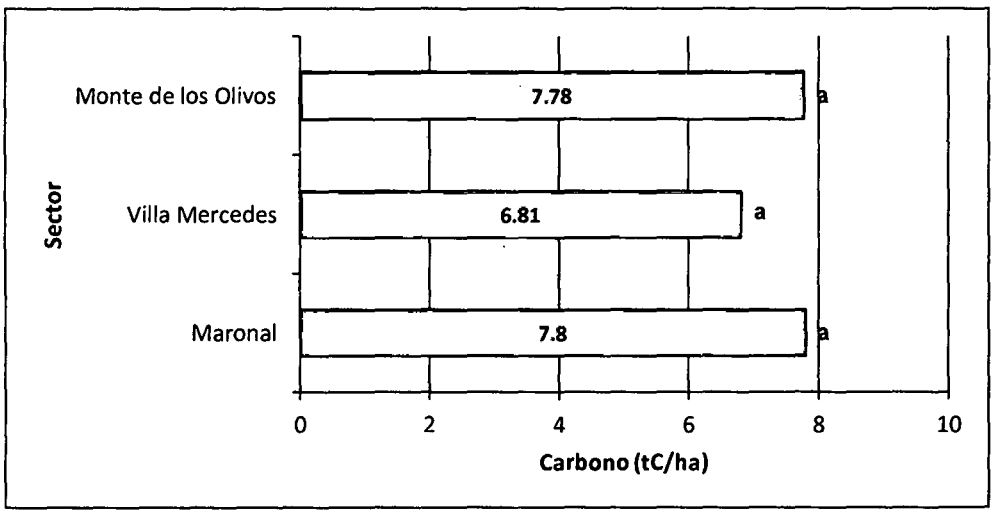
Al evaluar el contenido de carbono en la biomasa muerta de los tres sectores evaluados en el eje de la carretera Neshuya-Curimaná, no se encontró diferencias estadísticas significativas (Prueba Tukey $p<0.05$).

Cuadro N° 11: Carbono almacenado en la biomasa muerta (tC/ha)

Zona	Sector	Carbono (tC/ha)
Carretera Neshuya-Curimaná	Monte de los Olivos	7.78 a
	Villa Mercedes	6.81 a
	Maronal	7.80 a
Promedio		7.47

Medias seguidas de las mismas letras no son estadísticamente diferentes, por Tukey a p<0.05

Figura 24: Distribución de carbono almacenado la biomasa muerta (tC/ha)



El promedio de carbono en la biomasa muerta en la zona de estudio fue de 7.47 tC/ha, mayor a lo reportado por Alegre *et al* (2002), quien indica una cantidad de contenido de carbono de 4.14 tC/ha. Esta diferencia probablemente se debe a que en el estudio en comparación, no se menciona la edad de la plantación de palma asumiendo entonces que son de menor edad por la cantidad de carbono en biomasa muerta encontrada. Otro factor a la que se puede atribuir esta diferencia es debido a que estas se encuentran en condiciones de uso comercial por lo que el numero de hojas en la palma es menor, debido a que son podadas durante la cosecha o actividades de mantenimiento, aumentando de esta manera la cantidad de biomasa en el suelo.

Comparando la biomasa muerta (hojarasca) de la palma aceitera con otros ecosistemas y cultivos, tenemos que en bolainales (Lino, 2009) y bosques secundarios (Callo-Concha *et al.*, 2001) registraron 4.35 tC/ha y 2.35 tC/ha, respectivamente siendo estos resultados, menores a lo obtenido en el experimento, atribuyendo a que las hojas que son el componente principal de la biomasa muerta en el suelo de las plantaciones de palma aceitera, por lo que el peso que estas representan en su estado fresco varía entre 5-8 kg por hoja (Ortiz y Fernández, 1994), siendo mucho mayor al peso de los componentes de la hojarasca de bolainales y bosques secundarios que son un peso que varía en gramos.

3.3 Estimación del carbono en el componente herbáceo

En el cuadro N° 12 se muestran los contenidos de carbono en el componente herbáceo, además en la figura N° 25 se observa gráficamente la distribución en barras de dichos valores.

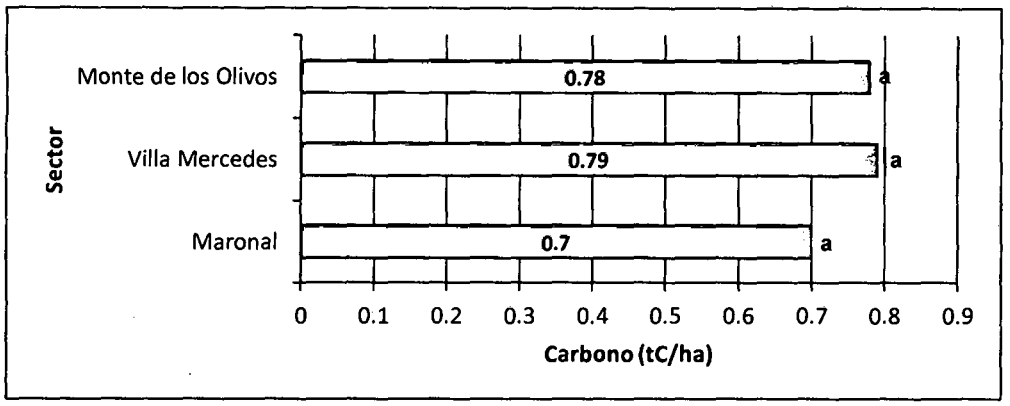
Era predecible que en las tres zonas evaluadas el contenido de carbono en la herbácea no representará diferencias estadísticas significativas según prueba de Tukey ($p<0.05$), debido a que en las zonas de estudio este componente es controlado por los productores. El componente herbáceo predominante en las áreas de estudio fue el Kudzu Tropical.

Cuadro N° 12: Carbono almacenado en la herbácea (tC/ha)

Zona	Sector	Carbono (tC/ha)
Carretera Neshuya-Curimana	Monte de los Olivos	0.70 a
	Villa Mercedes	0.79 a
	Maronal	0.78 a
Promedio		0.76

Medias seguidas de las mismas letras no son estadísticamente diferentes, por Tukey a $p<0.05$

Figura 25: Distribución en barras del carbono almacenado en el componente herbáceo (tC/ha)



Para la variable contenido de carbono en el estrato herbáceo, se ha obtenido resultados promedios de 0.76 tC/ha, similar a lo reportado en bosque primario y secundario por Callo-Concha *et al.*, 2001, cuyos valores registrados fueron los siguientes 0.78 y 0.75 tC/ha, respectivamente.

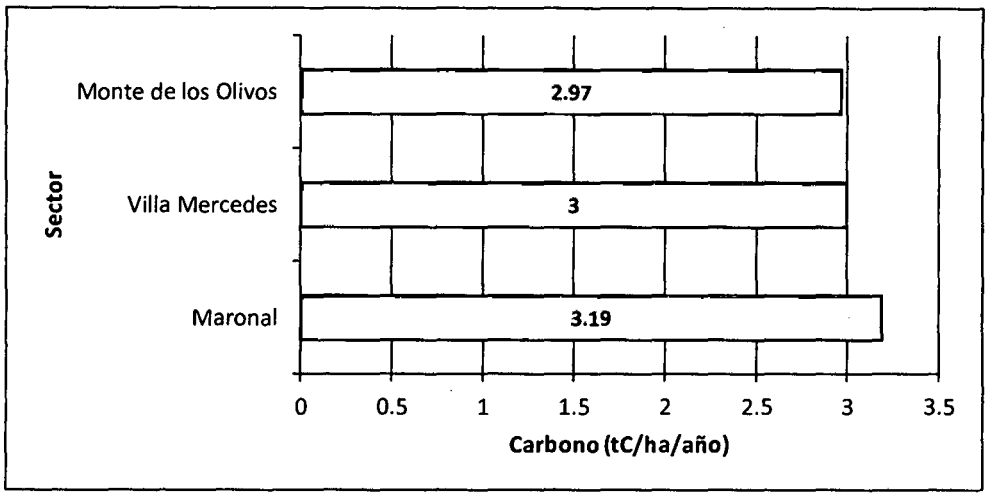
3.4 Estimación de la Fijación Anual de Carbono (FAC)

El carbono fijado anualmente por las plantas de palma aceitera, en los Sectores evaluados se determinó dividiendo el Carbono aéreo total por la edad de la plantación (10 años). La tasa de fijación anual fue similar para los tres Sectores del eje de la carretera Neshuya-Curimaná, promediando un valor de 3.05 tC/ha/año.

Cuadro N° 13: Fijación Anual de Carbono (tC/ha/año)

Sector	Carbono (tC/ha)			Carbono Aéreo Total (tC/ha)	FAC (tC/ha/año)
	Biomasa Viva	Biomasa Muerta	Herbácea		
Monte de los Olivos	23.42	7.78	0.70	31.9	3.19
Villa Mercedes	22.42	6.81	0.79	30.02	3.00
Maronal	21.07	7.80	0.78	29.65	2.97
Promedio	**22.30**	**7.47**	**0.76**	**30.53**	**3.05**

Figura 26: Distribución en barras de la Fijación Anual de Carbono (tC/ha/año)



La tasa anual de fijación de carbono en la biomasa aérea de la palma aceitera al décimo año es similar al promedio reportado por Leblanc, *et al*, 2006 en igual tipo de plantación, de una edad de 7 años, cuyo valor alcanzó 3.24 tC/ha/año.

Por su parte, Álvarez *et al.*, 2005, realizaron un estudio con ocho especies forestales (*Vochysia guatemalensis*, *Hyeronima alchorneoides*, *Calophyllum brasiliense*, *Jacaranda copaia*, *Virola koschnyi*, *Strhypnodendrum excelsum*, *Zanthoxylum mayanum* y *Dipteryx panamensis*), en Costa Rica, a edad 14 años, tuvo como resultado 3.32 tC/ha/año (incluye fuste, ramas, hojas) que es comparable al promedio obtenido en la presente investigación.

Igualmente, Chacon *et al.*, 2007, realizó estudios en bosques secundarios de 15 años de edad en la región tropical húmeda de Costa Rica, encontrando fijación de 46.4 tC/ha con una tasa de fijación de 3.1 tC/ha/año; resultados similares a los obtenidos en el presente estudio.

3.5 Estimación del Carbono Equivalente

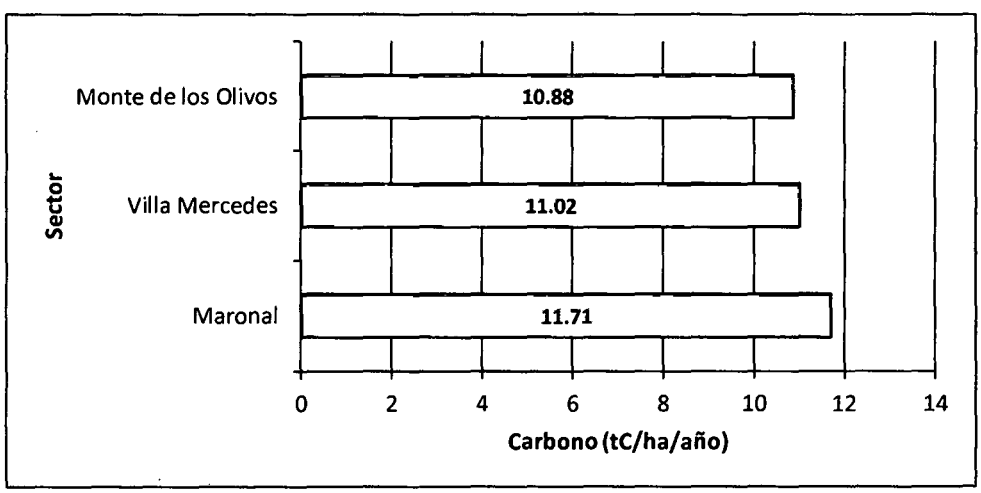
El carbono equivalente se ha calculado multiplicando la tasa de fijación anual de carbono por 3.67, donde una 1tC=3.67 tCO_2, obtenido en razón a los pesos moleculares 44/12.

En el Cuadro N° 14 y Figura N° 27 y se muestran valores y gráficos de la cantidad de Dióxido de Carbono (CO_2), capturado por año por parte de las plantaciones de palma aceitera en los tres sectores evaluados, no habiendo diferencia significativa entre estas zonas de estudio.

Cuadro N° 14: Carbono Equivalente (tCO_2/ha/año)

Sector	FAC (tC/ha/año)	Carbono Equivalente (tCO_2/ha/año)
Monte de los Olivos	3.19	11.71
Villa Mercedes	3.00	11.02
Maronal	2.97	10.88
Promedio	**3.05**	**11.20**

Figura 27: Distribución en barras del Carbono Equivalente (tCO_2/ha/año)



El promedio de captación de carbono encontrado fue de 11.20 tCO_2/ha/año siendo mayor a lo reportado en sistemas agroforestales de cacao de 3 años: asociado con capirona y guaba; 6 años: cacao 3 años-guaba y guanábana 6 años con valores de 8.86 tCO_2/ha/año, 6.99 tCO_2/ha/año (Larella, 2007). En otro estudio por el contrario en un sistema agroforestal cacao-carambola-cítrico-guaba de 20 años de edad reporto una cantidad de 15.8 tCO_2/ha/año (Ramírez, 2012), que es mayor a lo registrado en el presente estudio.

3.6 Estimación del carbono en el suelo

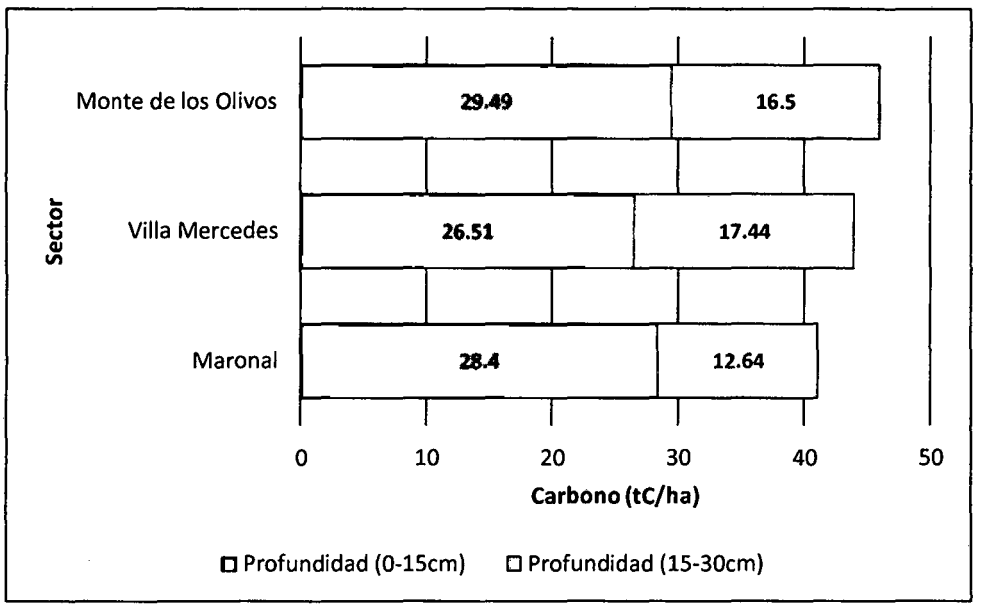
En el cuadro N° 15 y figura 28 se muestran la cantidad de reserva de carbono en el suelo a dos profundidades de 0-15cm y 15-30cm. Estos valores encontrados fueron sometidos a la Prueba de Tukey ($p<0.05$), donde no se encontró diferencias estadísticas significativas en las dos profundidades evaluadas. El carbono fijado en el suelo tuvo un promedio a una profundidad de 0-15 cm de 28.13 tC/ha y a profundidad de 15-30 cm se obtuvo un valor de 15.53 tC/ha. Esto significa que a medida que se profundiza el muestreo en el perfil del suelo, el contenido de carbono va disminuyendo, esto es debido a que el material vegetal proveniente de las hojas, residuos del cultivo y otro material cae sobre la superficie del suelo, descomponiéndose y enriqueciendo las primeras capas con carbono orgánico.

Cuadro N° 15: Carbono almacenado en el suelo (tC/ha)

Zona	Sector	Carbono en el Suelo (0-15cm) (tC/ha)	Carbono en el suelo (15-30cm) (tC/ha)	Carbono en el suelo (tC/ha)
Carretera Neshuya-Curimana	Monte de los Olivos	29.49 a	16.50 a	45.99 a
	Villa Mercedes	26.51 a	17.44 a	43.95 a
	Maronal	28.40 a	12.64 a	41.04 a
Promedio		**28.13**	**15.53**	**43.66**

Medias seguidas de las mismas letras no son estadísticamente diferentes, por Tukey a $p<0.05$

Figura 28: Distribución en barras del carbono almacenado en el suelo a profundidades de 0-15cm y 15-30cm (tC/ha)



En cuanto al carbono fijado en el suelo a profundidad de 0 a 30 cm, en los sectores evaluados, no se encontraron diferencias estadísticas significativas. Sometidas a la prueba de Tukey ($p<0.05$), el valor promedio encontrado fue de 43.66 tC/ha, siendo menor a lo reportado por Alegre *et al.* (2002), en un estudio similar, obteniendo un valor de 57.15 en un perfil de suelo de 0-40 cm, asumiéndose esta diferencia en los 10 cm de profundidad restantes, que en nuestro estudio, no se realizó.

Estudios realizados en bosque secundario y primario por Yquise *et al.*, 2006, se encontraron valores de 100.14 y 108.05 tC/ha respectivamente siendo estos mayores a lo encontrado en nuestro estudio. Esta diferencia se puede explicar debido a que las áreas en estudio anteriormente eran zonas degradadas donde en algún momento estuvieron poblados por bosques y luego pastizales. En esta transición de bosque-pastos-plantación, ocurre un proceso denominado mineralización que genera pérdidas de contenido de carbono orgánico, este proceso se genera por

erosión hídrica, erosión eólica, degradación química y degradación física (FAO, 2002).

Otro de los factores a la que se le puede atribuir es la lenta descomposición de la materia orgánica de los residuos generados por las plantaciones de palma aceitera, debido a que estos componentes aportan carbono orgánico al suelo.

3.7 Carbono Total

En el cuadro N° 16 y Figura 29 se observan los valores del carbono en el sistema que comprende el carbono en la biomasa aérea + carbono en el suelo. En los valores encontrados no se nota una diferencia significativa. El valor promedio de la Zona del eje de la carretera Neshuya-Curimaná alcanzó un valor de 74.19 tC/ha.

Cuadro Nº 16: Carbono almacenado y fijado total (Carbono aéreo total + carbono en el suelo) tC/ha

Sector	Carbono (tC/ha)			Carbono Aéreo Total (tC/ha)	Carbono Suelo** (tC/ha)	Carbono Total (tC/ha
	Biomasa Viva	Biomasa Muerta	Herbácea			
MO*	23.42	7.78	0.70	31.9	45.99	77.89
VM*	22.42	6.81	0.79	30.02	43.95	73.97
M*	21.07	7.80	0.78	29.65	41.04	70.69
Promedio	**22.30**	**7.47**	**0.76**	**30.53**	**43.66**	**74.19**

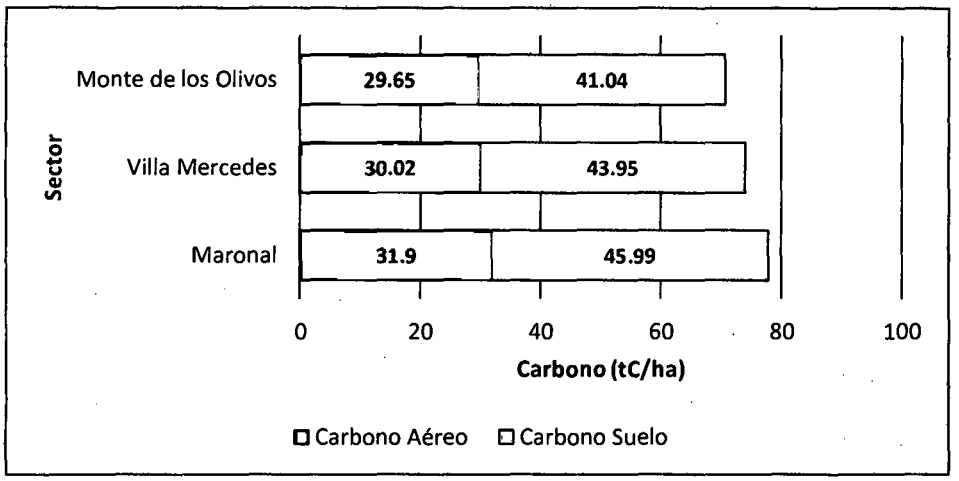
*MO= Monte de los Olivos

*VM= Villa Mercedes

*M= Maronal

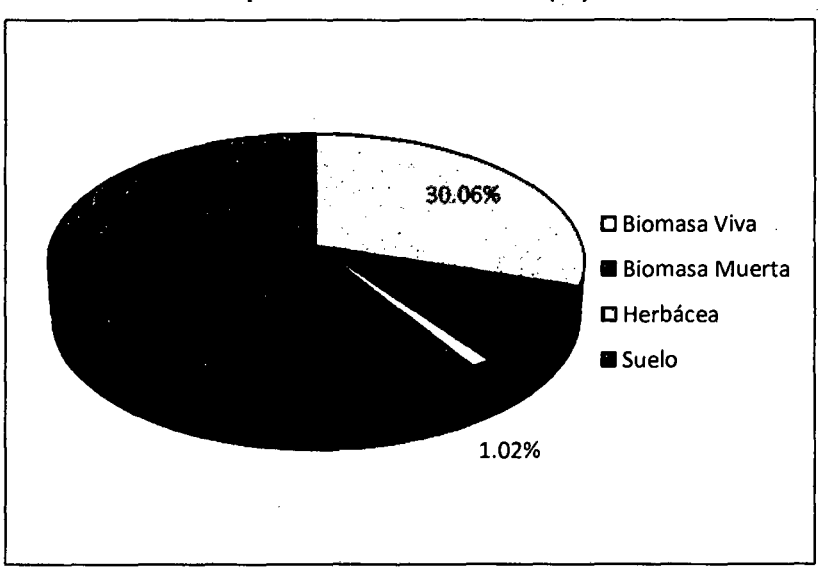
** **Profundidad (0-30 cm)**

Figura 29: Distribución en barras del Carbono Total (tC/ha).



En la figura N° 30 se muestra el aporte porcentual de carbono por cada componente. El suelo es el elemento que mayor cantidad de carbono a fijado con porcentaje de 58.85%, seguido de la biomasa Viva (Hojas + estípite) con un valor porcentual de 37.34%, en la biomasa muerta con 10.07%, y el componente herbáceo con un valor de 1.02% de carbono almacenado. Los porcentajes encontrados son los esperados, coincidiendo con lo manifestado por la FAO, 2002, que el componente suelo es el que mayor cantidad de carbono acumula con respecto a la vegetación.

Figura 30: Distribución Porcentual del carbono evaluado de los componentes de estudio (%)



IV. CONCLUSIONES

1. Las Plantaciones de Palma Aceitera de diez años de edad en los sectores estudiados, acumularon 74.19 tC/ha, distribuidos de la siguiente manera: suelo 43.66 tC/ha, (55.85% del total); biomasa viva (hojas + estípite): 22.30 tC/ha (30.06%); el resto quedo almacenado en la biomasa muerta con 7.47 tC/ha (10.07%) y herbácea con 0.76 tC/ha (1.02%).

2. El flujo del carbono obtenido en el estudio tuvo un valor de 3.05 tC/ha/año, y en consecuencia capturó un promedio por año de dióxido de carbono 11.20 tCO_2/ha/año, en un periodo de 10 años.

3. No se encontraron diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey ($p<0.05$), en los componente evaluados: estípite, hojas, herbácea, biomasa muerta y suelo en los sectores Monte de los Olivos, Villa Mercedes y Maronal, debido a que se encuentran en la misma zona de vida Bosque Húmedo Tropical y además presentan características similares de suelo.

4. Los resultados muestran que las plantaciones de palma aceitera tienen menor potencial de almacenamiento de carbono, entre 7 a 8 veces con respecto a especies de bosques primarios y 3 a 5 veces con respecto a especies de bosques secundarios, esto debido a la menor variabilidad de especies y a la dinámica forestal de los bosques.

V. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar métodos no destructivos como la utilizada en la presente investigación, para la determinación del potencial de almacenamiento de carbono en plantaciones de palma aceitera, ya que al utilizar un método destructivo se estaría extrayendo físicamente la planta, y esto representaría una pérdida económica para el agricultor.

2. Es preciso realizar estudios sobre el almacenamiento de carbono en el sistema radicular y plantas epífitas, debido a que estos componentes aumentarían la cantidad carbono total en este agroecosistema.

3. Debe incentivarse el comercio de Carbono atmosférico agrupando a los productores de palma aceitera, quienes orientados y agrupados, pueden obtener pago por servicios ambientales, adicional a la venta de los frutos de palma aceitera.

4. Promover el establecimiento de plantaciones de palma aceitera en zonas deforestadas y en proceso de degradación como una fuente de recursos económicos y como una forma adicional de mitigar el calentamiento global.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. AGUS, F.; RUNTUNUWU, E.; JUNE, T.; SUSANTI, E.; KOMARA, H.; LAS, I.; VAN NOORDWIJK, M. 2009. Carbon budget in land use transitions to plantation. Indonesian Journal of Agricultural Research and Development.

2. ALEGRE, J.; ARÉVALO, Y.; RICSE A. 2002. Reservas de carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia peruana.

3. ALVAREZ, N. 2005. Fijación de carbono en la biomasa y en el suelo de especies forestales nativas del trópico húmedo. Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad EARTH. Guácimo. Costa Rica. 11-13p.

4. ARAUJO, T.; HIGUCHI N.; CARVALHO, J. 1999. Comparison of formula for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Par. Brazil. *Forest Ecology and Management* 117: 43-52.

5. BROWN, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests. A primer. Roma, Italia. FAO. 55 p. (Informe Montes N°134).

6. BROWN, P.; CABARLE, B.; LIVERNASH, R. 1997. Carbon counts: Estimating climate change mitigation in forestry projects. Estados Unidos, World Resources Institute. 25 p.

7. BULGARELLI, J et al. (2002). "Curvas de crecimiento vegetativo en un cruce comercial de Deli x AVROS". ASD Oil Palm Papers, No 24. p. 30-31.

8. CALLO-CONCHA, D.; KRISHNAMURTHY, L.; ALEGRE, J. 2001. Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF'S y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú.

9. CAYON, D.G. (2002); "Ecofisiología de la palma de aceite". II Curso Internacional sobre "Manejo de palma aceitera". Maracaibo, 8 de octubre de 2002. Colegio de Ingenieros del estado Zulia. pp. 24-43.

10. CIESLA, W. 1996. Cambio climático, Bosques y Ordenación Forestal: una visión en conjunto. Roma: Estudios FAO, Montes, no. 120. 146 p.

11. CORLEY, R.; HARDON, J.; TAN, G. 1971. Analysis of groeth of the oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) estimation of groeth parameters and aplication in breeding. Euphytica 20: 307-315p.

12. DIXON, R. 1995. Sistemas agroforestales y gases invernadero. En: Agroforestería en las Américas. Turrialba, Vol. 2. no. 7; 22-26.

13. EAMUS, K.; MCGUINNESS, W.; BURROWS. 2000. Review of allometric relationships for estimating woody biomasa for Queensland, the northern territory and western Australia. National Carbon accounting system. 56 p. (Technical report N° 5).

14. EGUREN, L.2004. El mercado de Carbono en América Latina y el caribe: Balance y perspectivas. Santiago de Chile: CEPAL. 83 p. (Serie Medio Ambiente y Desarrollo).

15. ERICKSON, J. 1992. El efecto invernadero: el desastre del mañana, hoy. Madrid: McGraw-Hill I/ Interamericana. 217p.

16. FAO. 2005. Informe Nacional Complementario Argentina: Proyectos Fijación de Carbono. Disponible en: http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/J2053S/j2053s09.htm

17. FERNALD, E.; ANDERSON, J.; KRAF, P. 1994. Atlas Agropecuario de Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

18. FRANCIS, J. 2000. Estimating biomass and carbon content of saplings in Puerto Rican secondary forests. *Caribbean Journal of Science* 36(3-4): 346-350.

19. GIBBS, H.K.; BROWN, S.; NILES J.O.; FOLEY J.A. 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD+ a reality. Environ. Res. Lett. 2 045023 (13pp).

20. GOREU. 2004. Gerencia Regional de Desarrollo Económico.

21. GOREU. 2010. Gerencia Regional de Desarrollo Económico.

22. HARTLEY, C. 1988. The oil palm. Longman Scientific and Technical. New York. 761p.

23. IIAP. 2003. Propuesta de zonificación ecológica y económica de la cuenca del río Aguaytía. Pucallpa, Perú. 125p.

24. IPCC. 1995. The Suplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Inglaterra: Cambridge University Press.

25. IPCC. 1997. Guidance for Green House Gas Inventories – Cuadernillo de Trabajo (Volumen 2) Actualizado en 1996. http://www.ipcc.ch

26. IPCC. 2006. Glosario del IPCC para el Cambio Climático. Consultado 20 Dic. 2012. Disponible en: http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/toolboxes/glossary.htm

27. IPCC. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Preparado por el Porgrama de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, Eggleston H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. y Tanabe, K. (eds.). Publicado por IGES Japón.

28. JAQUEMARD, J. 1979. "Contribution to the study of the heigh growth of the stems of Elaeis guineensis Jacq. Study of the L2T × D10D cross. Oleagineux, 34, 492-497p.

29. KLINGE, H.; HERRERA R. 1983. Phytomass structure of natural plant communities on spodosolsin Southern Venezuela: The tall Amazon Caatinga Forest. *Vegetatio* 53: 65-64.

30. LAPEYRE, T.; ALEGRE, J.; ARÉVALO, L. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en Diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú.

31. LEBLANC, H.; RUSSO, R.; CUEVA, J.; SUBÍA E. 2006. Fijación de carbono en palma aceitera en la región tropical húmeda de Costa Rica. Revista de la Universidad EARTH. 197-202p.

32. MÁRQUEZ, L. 1997. Validación de campo de los métodos del Instituto Winrock para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo para cuantificar carbono en sistemas agroforestales. Guatemala. Universidad del Valle de Guatemala. 45 p.

33. MELADO, A. 2008. Modelo de Cultivo de Palma Aceitera. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 7-9p.

34. NACIONES UNIDAS. 1998. Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. 3p.

35. ONERN. 1976. Mapa Ecológico del Perú. Elaborado DR. Leslie R. Holdridge

36. ORTIZ, R.; FERNANDEZ, O. 1994. El Cultivo de la Palma Aceitera. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

37. PARRESOL, B. 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science* 45(4): 573-593.

38. PNUMA. 1998. La lucha contra el cambio climático: El compromiso del Parlamento Latinoamericano. Buenos Aires. 174 p.

39. POUND, B. 1998. "Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en America". Natural Resources Institute, Chatham, Kent ME4 4TB, Reino Unido. 97-101p; 109-111p.

40. QUESADA, G. 1997. Cultivo e Industria de la Palma de Aceite (Elais guineensis). Ministerio de Agricultura y Ganadería. INTA. p.42.

41. RAMIREZ, C. 2012. Captura de carbono en una parcela agroforestal con Theobroma cacao en el campus de la Universidad Nacional de Ucayali; Pucallpa-Perú.

42. RAYGADA, R. 2005. "Manual Técnico para el cultivo de la palma aceitera". Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA); Proyecto de Desarrollo Alternativo Tocache-Uchiza (PRODATU). p. 27-80.

43. ROJAS, F. 1983. Cultivo de la palma de aceite. Editorial UNED. San José, Costa Rica. 13p.

44. RÜGNITZ, M. T.; CHACÓN, M. L.; PORRO R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales -- 1. ed. -- Lima, Perú.: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 79 p.

45. SANCHEZ, D. 1995. "Integration of livestock with perennial crops. World Animal Review" 82(1): 50-57p.

46. SEGURA, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en *Quercus costarricensis*, en un bosque de altura en la cordillera de Talamanca, Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Escuela de Ciencias Ambientales. 126 p.

47. SURRE, C.; ZILLER, R. 1969. "La Palmera de Aceite". Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Ed. Blume, Barcelona. 1a edición.

48. THENKABAIL, P.S.; STUCKY, N.; GRISCOM, B.W.; ASHTON, M.S.; DIELS, J.; VAN DER MEER, B; ENCLONA, E. 2004. Biomass estimations and carbon stock calculations in the oil palm plantations of African derived savannas using IKONOS data. International Journal of Remote Sensing 25: 1–27.

49. YQUISE, A.; POCOMUCHA, V.; VARGAS Y. 2006. Carbono almacenado en diferentes sistemas de uso de la tierra del distrito de José Crespo Y Castillo, Huánuco, Perú.

VII. ANEXOS

ANEXO 7.1 Datos de campo del ancho y alto del raquis de las hojas

N°	Sector					
	Monte de los Olivos		Villa Mercedes		Maronal	
	Ancho (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)
1	6.7	3.4	6.4	3.7	7.6	3.8
2	6.8	3.3	6.6	3.2	6.7	3.7
3	7.0	3.2	7.8	3.7	8.3	3.9
4	6.2	3.0	6.7	3.9	7.6	3.7
5	8.3	3.8	7.0	3.3	6.1	3.3
6	6.9	3.5	7.0	3.5	7.1	3.7
7	7.1	3.3	6.9	3.3	6.8	3.5
8	7.6	3.8	5.7	2.9	8.1	3.8
9	7.6	3.6	7.6	3.9	8.1	3.8
10	7.1	3.7	7.8	4.1	6.6	3.4
11	7.1	3.3	7.8	3.8	8.6	4.2
12	7.0	3.8	7.0	3.7	8.2	4.0
13	7.0	3.5	7.0	3.6	8.0	4.0
14	8.5	3.9	7.6	4.0	7.3	3.6
15	7.1	3.4	7.4	3.8	6.8	3.9
16	7.2	3.3	7.2	3.5	7.4	3.8
17	7.1	3.4	8.4	4.7	7.0	3.5
18	7.2	3.4	7.7	3.8	7.5	3.7
19	7.0	3.3	6.9	3.3	8.4	4.8
20	8.3	3.7	7.6	3.5	7.2	3.6

ANEXO 7.2 Datos de campo de longitud de la circunferencia y altura del estípite

N°	Sector					
	Monte de los Olivos		Villa Mercedes		Maronal	
	LC (m)	H (m)	LC (m)	H (m)	LC (m)	H (m)
1	1.87	4.60	1.88	2.80	2.16	3.30
2	1.68	5.20	1.91	4.00	1.93	2.94
3	2.00	2.10	1.97	3.92	2.07	3.80
4	1.60	4.70	1.94	4.30	2.07	5.00
5	1.83	5.20	2.09	2.65	1.75	3.08
6	2.29	4.60	2.10	3.70	1.86	2.49
7	1.96	4.90	2.06	4.30	2.18	4.02
8	1.91	5.20	2.89	3.60	1.94	2.40
9	2.21	5.40	1.95	4.00	2.08	3.05
10	2.08	6.00	1.90	4.88	2.09	2.46
11	1.94	4.40	1.92	3.68	1.85	2.72
12	2.04	5.30	1.95	3.00	1.96	2.84
13	1.84	5.00	2.40	4.16	1.90	3.60
14	2.10	4.80	2.25	2.83	1.74	3.12
15	1.89	5.00	2.20	1.94	2.12	2.50
16	1.88	5.00	2.15	4.20	1.58	4.01
17	2.11	3.60	2.26	3.60	2.20	3.64
18	1.73	3.40	1.88	4.20	2.07	4.43
19	1.64	3.80	2.08	3.10	2.23	4.76
20	2.00	4.60	2.11	3.70	2.02	5.00

ANEXO 7.3 Datos de peso fresco y seco del componente herbáceo

N°	Sector					
	Monte de los Olivos		Villa Mercedes		Maronal	
	Peso Fresco ($gr/0.25m^2$)	Peso Seco (50 gr)	Peso Fresco ($gr/0.25m^2$)	Peso Seco (50 gr)	Peso Fresco ($gr/0.25m^2$)	Peso Seco (50 gr)
1	202.0	13.9	200.3	11.8	150.3	13.3
2	152.5	12.8	201.1	11.9	170.2	13.2

ANEXO 7.4 Datos de peso fresco y seco de la biomasa muerta

N°	Sector					
	Monte de los Olivos		Villa Mercedes		Maronal	
	Peso Fresco ($Kg0.25m^2$)	Peso Seco (100 gr)	Peso Fresco ($Kg/0.25m^2$)	Peso Seco (100 gr)	Peso Fresco ($Kg/0.25m^2$)	Peso Seco (100 gr)
1	4	81	4	59.9	6	74.5
2	2	69.2	1.8	87.7	5	70

ANEXO 7.5 Datos de Densidad Aparente y % de Carbono en el Suelo

N° Cuad.	Prof. (cm)	Sector					
		Monte de los Olivos		Villa Mercedes		Maronal	
		Densidad Aparente	% C	Densidad Aparente	% C	Densidad Aparente	% C
C1	0-15	**1.20**	1.59	**1.26**	1.13	**1.40**	1.05
	15-30	1.25	0.81	1.32	0.92	1.57	0.44
C2	0-15	1.17	1.72	**1.21**	1.75	**1.18**	1.97
	15-30	1.22	0.98	1.33	0.84	1.22	0.81

ANEXO 7.6 Cálculo de Carbono en la Biomasa Viva (hojas + estípite)

Sector	Carbono Hojas (tC/ha)	Carbono Estípite (tC/ha)	Carbono Biomasa Viva (tC/ha)
Monte de los Olivos	6.89	14.55	21.44
Villa Mercedes	7.14	8.95	16.10
Maronal	8.59	13.93	22.52
Monte de los Olivos	6.80	13.28	20.07
Villa Mercedes	6.43	13.20	19.63
Maronal	7.45	9.91	17.36
Monte de los Olivos	6.79	7.60	14.39
Villa Mercedes	8.58	13.76	22.34
Maronal	9.56	14.73	24.29
Monte de los Olivos	5.73	10.89	16.62
Villa Mercedes	7.82	14.64	22.46
Maronal	8.38	19.38	27.76
Monte de los Olivos	9.33	15.75	25.08
Villa Mercedes	6.98	10.47	17.45
Maronal	6.16	8.53	14.69
Monte de los Olivos	7.27	21.82	29.10
Villa Mercedes	7.37	14.76	22.13
Maronal	7.86	7.79	15.66
Monte de los Olivos	7.07	17.03	24.10
Villa Mercedes	6.89	16.51	23.40
Maronal	7.18	17.28	24.46
Monte de los Olivos	8.59	17.16	25.75
Villa Mercedes	5.15	27.20	32.36
Maronal	9.12	8.17	17.29
Monte de los Olivos	8.16	23.86	32.02
Villa Mercedes	8.80	13.76	22.56
Maronal	9.12	11.94	21.05
Monte de los Olivos	7.86	23.48	31.35
Villa Mercedes	9.45	15.94	25.39
Maronal	6.80	9.72	16.52
Monte de los Olivos	7.07	14.98	22.05

Villa Mercedes	8.80	12.27	21.07
Maronal	10.60	8.42	19.02
Monte de los Olivos	7.95	19.95	27.91
Villa Mercedes	7.76	10.32	18.08
Maronal	9.68	9.87	19.55
Monte de los Olivos	7.37	15.31	22.68
Villa Mercedes	7.56	21.68	29.24
Maronal	9.45	11.76	21.21
Monte de los Olivos	9.77	19.15	28.92
Villa Mercedes	9.01	12.96	21.97
Maronal	7.86	8.55	16.41
Monte de los Olivos	7.27	16.16	23.43
Villa Mercedes	8.38	8.49	16.87
Maronal	7.93	10.16	18.10
Monte de los Olivos	7.16	15.99	23.15
Villa Mercedes	7.56	17.56	25.13
Maronal	8.38	9.06	17.43
Monte de los Olivos	7.27	14.50	21.77
Villa Mercedes	11.53	16.63	28.17
Maronal	7.37	15.94	23.31
Monte de los Olivos	7.36	9.21	16.57
Villa Mercedes	8.69	13.43	22.12
Maronal	8.27	17.17	25.45
Monte de los Olivos	6.98	9.25	16.23
Villa Mercedes	6.89	12.13	19.02
Maronal	11.77	21.41	33.18
Monte de los Olivos	9.10	16.65	25.74
Villa Mercedes	7.95	14.90	22.86
Maronal	7.76	18.46	26.22

ANEXO 7.7 Cálculo de Carbono en el Componente Herbáceo

Sector	Carbono Herbácea (tC/ha)
Monte de los Olivos	0.66
Villa Mercedes	0.78
Maronal	0.92
Monte de los Olivos	0.74
Villa Mercedes	0.79
Maronal	0.64

ANEXO 7.8 Cálculo de Carbono en la Biomasa Muerta

Sector	Carbono BM (tC/ha)
Monte de los Olivos	8.73
Villa Mercedes	8.21
Maronal	10.94
Monte de los Olivos	6.83
Villa Mercedes	5.41
Maronal	4.67

ANEXO 7.9. Cálculo de Carbono en el Suelo

Sector	Profundidad (0-15 cm)	Profundidad (15-30 cm)	Profundidad (0-30 cm)
Monte de los Olivos	28.68	15.18	43.87
Villa Mercedes	21.29	18.26	39.55
Maronal	21.96	10.48	32.43
Monte de los Olivos	30.30	17.82	48.12
Villa Mercedes	31.73	16.62	48.36
Maronal	34.84	14.80	49.64

ANEXO 7.10 Resultado de Análisis de las Características Físicas y Químicas del Suelo de los Sectores Evaluados

MINISTERIO DE AGRICULTURA

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Pucallpa

RESULTADO DE ENSAYO

69-2011

Solicitante: Universidad Nacional de Ucayali — Dirección Legal: -,-
Solicitud: SU000028EEAP-11 — Procedencia: Carretera Neshuya Curimana Km 6
Fecha de muestreo: 25/11/2011 — Fecha de Recepción Lab.: 28/11/2011
Cultivo Anterior: -,- — Cultivo a Instalar: -,-
Tipo de Muestra: Suelo — Nº de Muestra: 01 — Ensayo Solicitado: Caracterización
Fecha de Emisión de Resultados: 07/12/2011 — Muestreado por: El Solicitante

Nº	Código	Prof. cm	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural	pH H2O	P ppm	Al	K	Ca	Mg	CICE	Sat. Al %	% Sat. De Bases	M.O %	N %	D. Apr. g/cm3
											Cmok(+)/Lt							
1	Maria A. Retis De Arevalo	-,-	26,32	39,44	34,24	Franco	5,52	14,84	0,20	0,69	0,80	0,39	2,08	9,60	90,40	1,42	0,06	1,36

METODOLOGIA: Métodos analíticos para suelos y tejido vegetal usados en el trópico humedo: Autores, Q.F Olinda Ayre V. y Q.F Rafael Román Lima - Perú 1992

pH	: Suelo/agua : 1:2.5	Ca, Mg	: Extrac. KCL
CO	: Nelson & Sommers	K, P	: Extrac. NaHCO3-EDTA-SUPERFLOC
P	: Olsen Modificado	K, Ca, Mg	: Absorción Atómica
		D. Apr.	: PIAS - EDZ

Estación Experimental Pucallpa — Lab. de Análisis de Suelos y Tejidos Vegetales — INIA - Pucallpa

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Pucallpa
Ingº CIP. Alina A. Camacho Villalobos
Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas (e)

Carretera Federico Basadre Km 4.00, Casilla Nº 203, Pucallpa- Perú
Teléfono: (511) 061 57-1913 / Telefax: 061 57-5009, http//:www.inia.gob.pe, e-mail: pucallpa@inia.gob.pe

MINISTERIO DE AGRICULTURA

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Pucallpa

RESULTADO DE ENSAYO

69-2011

Solicitante: Universidad Nacional de Ucayali — **Dirección Legal:** -,- — **Cultivo Anterior:** -,- — **Cultivo a Instalar:** -,-
Solicitud: SU0000028EEAP-11 — **Procedencia:** C. Neshuya Curimana Km 5 La Villa — **Tipo de Muestra:** Suelo — **Nº de Muestra:** 01 — **Ensayo Solicitado:** Caracterización
Fecha de muestreo: 24/11/2011 — **Fecha de Recepción Lab.:** 28/11/2011 — **Fecha de Emisión de Resultados:** 07/12/2011 — **Muestreado por:** El Solicitante

Nº	Código	Prof. cm	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural	pH H2O	P ppm	Al	K	Ca	Mg	CICE	Sat. Al %	% Sat. De Bases	M.O %	N %	D. Apr. g/cm3
									..... Cmol(+)/Lt									
1	Aurelio Nuñez Sosa	-,-	30,32	39,44	30,24	Franco Arcilloso	4,73	3,81	3,50	0,17	1,12	0,33	5,12	68,42	31,58	1,76	0,08	1,33

METODOLOGIA: Métodos analíticos para suelos y tejido vegetal usados en el tropico humedo: Autores, Q.F Olinda Ayre V. y Q.F Rafael Román Lima - Perú 1992

pH	: Suelo/agua : 1:2.5	Ca, Mg	: Extrac. KCL
CO	: Nelson & Sommers	K, P	: Extrac. NaHCO3-EDTA-SUPERFLOC
P	: Olsen Modificado	K, Ca, Mg	: Absorción Atómica
		D. Apr.	: PIAS - EDZ

Estación Experimental Pucallpa — Lab. de Análisis de Suelos y Tejidos Vegetales — INIA - Pucallpa

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Pucallpa

Ing° CIP. Alina A. Camacho Villalobos
Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas (e)

Carretera Federico Basadre Km 4.00, Casilla Nº 203, Pucallpa- Perú
Teléfono: (511) 061 57-1913 / Telefax: 061 57-5009, http//:www.inia.gob.pe, e-mail: pucallpa@inia.gob.pe

MINISTERIO DE AGRICULTURA

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Pucallpa

RESULTADO DE ENSAYO

69-2011

Solicitante: Universidad Nacional de Ucayali — **Dirección Legal:** -,- — **Cultivo Anterior:** -,- — **Cultivo a Instalar:** -,-
Solicitud: SU000028EEAP-11 — **Procedencia:** Curimana Km 26,800 El maronal — **Tipo de Muestra:** Suelo — **Nº de Muestra:** 01 — **Ensayo Solicitado:** Caracterización
Fecha de muestreo: 24/11/2011 — **Fecha de Recepción Lab.:** 28/11/2011 — **Fecha de Emisión de Resultados:** 07/12/2011 — **Muestreado por:** El Solicitante

Nº	Código	Prof. cm	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural	pH H2O	P ppm	Al	K	Ca	Mg	CICE	Sat. Al %	% Sat. De Bases	M.O %	N %	D. Apr. g/cm3
											Cmol(+)/Lt							
1	Juan G. Gastelu Gonzales	-,-	14,32	25,44	60,24	Franco Arenoso	6,30	3,42	0,20	0,13	0,56	0,20	1,09	18,36	81,64	0,73	0,03	1,50

METODOLOGIA: Métodos analíticos para suelos y tejido vegetal usados en el tropico humedo: Autores, Q.F Olinda Ayre V. y Q.F Rafael Román Lima - Perú 1992

pH	: Suelo/agua : 1:2.5	Ca, Mg	: Extrac. KCL
CO	: Nelson & Sommers	K, P	: Extrac. NaHCO3-EDTA-SUPERFLOC
P	: Olsen Modificado	K, Ca, Mg	: Absorción Atómica
		D. Apr.	: PIAS - EDZ

Estación Experimental Pucallpa — Lab. de Análisis de Suelos y Tejidos Vegetales — INIA - Pucallpa

Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Pucallpa
Ing° CIP. Anna A. Camacho Villalobos
Laboratorio de Análisis de Suelos y Plantas (e)

Carretera Federico Basadre Km 4.00, Casilla Nº 203, Pucallpa- Perú
Teléfono: (511) 061 57-1913 / Telefax: 061 57-5009, http//:www.inia.gob.pe, e-mail: pucallpa@inia.gob.pe

ANEXO 7.11 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) de hojas de plantaciones de palma aceitera.

Medias

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Carbono en la Hojas * Sector en Evaluación	60	100.0%	0	.0%	60	100.0%

Informe

Carbono en la Hojas

Sector en Evaluación	N	Media	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Error típ. de la media
Monte de los Olivos	20	7.5895	.98161	5.73	9.77	.21949
Villa Mercedes	20	7.9370	1.32683	5.15	11.53	.29669
Maronal	20	8.4645	1.32851	6.16	11.77	.29706
Total	60	7.9970	1.25587	5.15	11.77	.16213

ANOVA de un factor

ANOVA

Carbono en la Hojas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7.764	2	3.882	2.594	.083
Intra-grupos	85.291	57	1.496		
Total	93.055	59			

Pruebas post hoc (Tukey p<0.05)

Comparaciones múltiples

Carbono en la Hojas

HSD de Tukey

(I) Sector en Evaluación	(J) Sector en Evaluación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Monte de los Olivos	Villa Mercedes	-.34750	.38682	.644	-1.2784	.5834
	Maronal	-.87500	.38682	.070	-1.8059	.0559
Villa Mercedes	Monte de los Olivos	.34750	.38682	.644	-.5834	1.2784
	Maronal	-.52750	.38682	.367	-1.4584	.4034
Maronal	Monte de los Olivos	.87500	.38682	.070	-.0559	1.8059
	Villa Mercedes	.52750	.38682	.367	-.4034	1.4584

Subconjuntos homogéneos

Carbono en la Hojas

HSD de Tukey[a]

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Monte de los Olivos	20	7.5895
Villa Mercedes	20	7.9370
Maronal	20	8.4645
Sig.		.070

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 20.000.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
BIBLIOTECA CENTRAL
U N U

ANEXO 7.12 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) del estípite de plantaciones de palma aceitera.

Medias

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Carbono Estípite (tC/ha) * Sector en Evaluación	60	100.0%	0	.0%	60	100.0%

Informe

Carbono Estípite (tC/ha)

Sector en Evaluación	N	Media	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Error típ. de la media
Monte de los Olivos	20	15.8285	4.47838	7.60	23.86	1.00140
Villa Mercedes	20	14.4780	4.29578	8.49	27.20	.96057
Maronal	20	12.6090	4.31632	7.79	21.41	.96516
Total	60	14.3052	4.49145	7.60	27.20	.57984

ANOVA de un factor

ANOVA

Carbono Estípite (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	104.548	2	52.274	2.745	.073
Intra-grupos	1085.666	57	19.047		
Total	1190.214	59			

Pruebas post hoc (Tukey p<0.05)

Comparaciones múltiples

Carbono Estípite (tC/ha)

HSD de Tukey

(I) Sector en Evaluación	(J) Sector en Evaluación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Monte de los Olivos	Villa Mercedes	1.35050	1.38010	.593	-1.9706	4.6716
	Maronal	3.21950	1.38010	.059	-.1016	6.5406
Villa Mercedes	Monte de los Olivos	-1.35050	1.38010	.593	-4.6716	1.9706
	Maronal	1.86900	1.38010	.372	-1.4521	5.1901
Maronal	Monte de los Olivos	-3.21950	1.38010	.059	-6.5406	.1016
	Villa Mercedes	-1.86900	1.38010	.372	-5.1901	1.4521

Subconjuntos homogéneos

Carbono Estípite (tC/ha)

HSD de Tukey[a]

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Maronal	20	12.6090
Villa Mercedes	20	14.4780
Monte de los Olivos	20	15.8285
Sig.		.059

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 20.000.

ANEXO 7.13 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) de la biomasa viva (hojas + estípite) de plantaciones de palma aceitera.

Medias

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Carbono Biomasa Viva (tC/ha) * Sector en Evaluación	60	100.0%	0	.0%	60	100.0%

Informe

Carbono Biomasa Viva (tC/ha)

Sector en Evaluación	N	Media	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Error típ. de la media
Monte de los Olivos	20	23.4185	5.02786	14.39	32.02	1.12426
Villa Mercedes	20	22.4175	4.17732	16.10	32.36	.93408
Maronal	20	21.0740	4.78562	14.69	33.18	1.07010
Total	60	22.3033	4.69828	14.39	33.18	.60655

ANOVA de un factor

ANOVA

Carbono Biomasa Viva (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	55.358	2	27.679	1.265	.290
Intra-grupos	1247.001	57	21.877		
Total	1302.358	59			

Pruebas post hoc (Tukey p<0.05)

Comparaciones múltiples

Carbono Biomasa Viva (tC/ha)

HSD de Tukey

(I) Sector en Evaluación	(J) Sector en Evaluación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Monte de los Olivos	Villa Mercedes	1.00100	1.47909	.778	-2.5583	4.5603
	Maronal	2.34450	1.47909	.260	-1.2148	5.9038
Villa Mercedes	Monte de los Olivos	-1.00100	1.47909	.778	-4.5603	2.5583
	Maronal	1.34350	1.47909	.637	-2.2158	4.9028
Maronal	Monte de los Olivos	-2.34450	1.47909	.260	-5.9038	1.2148
	Villa Mercedes	-1.34350	1.47909	.637	-4.9028	2.2158

Subconjuntos homogéneos

Carbono Biomasa Viva (tC/ha)

HSD de Tukey[a]

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Maronal	20	21.0740
Villa Mercedes	20	22.4175
Monte de los Olivos	20	23.4185
Sig.		.260

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 20.000.

ANEXO 7.14 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) en el componente herbáceo de plantaciones de palma aceitera.

Medias

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Carbono Componente Herbáceo (tC/ha) * Sector en Evaluación	6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

Informe

Carbono Componente Herbáceo (tC/ha)

Sector en Evaluación	N	Media	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Error típ. de la media
Monte de los Olivos	2	.7000	.05657	.66	.74	.04000
Villa Mercedes	2	.7850	.00707	.78	.79	.00500
Maronal	2	.7800	.19799	.64	.92	.14000
Total	6	.7550	.10154	.64	.92	.04145

ANOVA de un factor

ANOVA

Carbono Componente Herbáceo (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.009	2	.005	.322	.747
Intra-grupos	.042	3	.014		
Total	.052	5			

Pruebas post hoc (Tukey p<0.05)

Comparaciones múltiples

Carbono Componente Herbáceo (tC/ha)

HSD de Tukey

(I) Sector en Evaluación	(J) Sector en Evaluación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Monte de los Olivos	Villa Mercedes	-.08500	.11895	.773	-.5821	.4121
	Maronal	-.08000	.11895	.794	-.5771	.4171
Villa Mercedes	Monte de los Olivos	.08500	.11895	.773	-.4121	.5821
	Maronal	.00500	.11895	.999	-.4921	.5021
Maronal	Monte de los Olivos	.08000	.11895	.794	-.4171	.5771
	Villa Mercedes	-.00500	.11895	.999	-.5021	.4921

Subconjuntos homogéneos

Carbono Componente Herbáceo (tC/ha)

HSD de Tukey[a]

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Monte de los Olivos	2	.7000
Maronal	2	.7800
Villa Mercedes	2	.7850
Sig.		.773

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2.000.

ANEXO 7.15 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) en la biomasa muerta de plantaciones de palma aceitera.

Medias

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Carbono Biomasa Muerta (tC/ha) * Sector en Evaluación	6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

Informe

Carbono Biomasa Muerta (tC/ha)

Sector en Evaluación	N	Media	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Error típ. de la media
Monte de los Olivos	2	7.7800	1.34350	6.83	8.73	.95000
Villa Mercedes	2	6.8100	1.97990	5.41	8.21	1.40000
Maronal	2	7.8050	4.43356	4.67	10.94	3.13500
Total	6	7.4650	2.30951	4.67	10.94	.94285

ANOVA de un factor

ANOVA

Carbono Biomasa Muerta (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1.288	2	.644	.076	.928
Intra-grupos	25.381	3	8.460		
Total	26.669	5			

Pruebas post hoc (Tukey p<0.05)

Comparaciones múltiples

Carbono Biomasa Muerta (tC/ha)

HSD de Tukey

(I) Sector en Evaluación	(J) Sector en Evaluación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Monte de los Olivos	Villa Mercedes	.97000	2.90869	.942	-11.1846	13.1246
	Maronal	-.02500	2.90869	1.000	-12.1796	12.1296
Villa Mercedes	Monte de los Olivos	-.97000	2.90869	.942	-13.1246	11.1846
	Maronal	-.99500	2.90869	.939	-13.1496	11.1596
Maronal	Monte de los Olivos	.02500	2.90869	1.000	-12.1296	12.1796
	Villa Mercedes	.99500	2.90869	.939	-11.1596	13.1496

Subconjuntos homogéneos

Carbono Biomasa Muerta (tC/ha)

HSD de Tukey[a]

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Villa Mercedes	2	6.8100
Monte de los Olivos	2	7.7800
Maronal	2	7.8050
Sig.		.939

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2.000.

ANEXO 7.16 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey (p<0.05) en el suelo (profundidad de 0-15 cm) de plantaciones de palma aceitera.

Medias

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Carbono Suelo (tC/ha) * Sector en Evaluación	6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

Informe

Carbono Suelo 0- 15 cm (tC/ha)

Sector en Evaluación	N	Media	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Error típ. de la media
Monte de los Olivos	2	29.4900	1.14551	28.68	30.30	.81000
Villa Mercedes	2	26.5100	7.38219	21.29	31.73	5.22000
Maronal	2	28.4000	9.10754	21.96	34.84	6.44000
Total	6	28.1333	5.43783	21.29	34.84	2.21998

ANOVA de un factor

ANOVA

Carbono Suelo 0-15 cm (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	9.094	2	4.547	.098	.909
Intra-grupos	138.756	3	46.252		
Total	147.850	5			

Pruebas post hoc (Tukey p<0.05)

Comparaciones múltiples

Carbono Suelo 0-15 cm (tC/ha)

HSD de Tukey

(I) Sector en Evaluación	(J) Sector en Evaluación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Monte de los Olivos	Villa Mercedes	2.98000	6.80089	.903	-25.4390	31.3990
	Maronal	1.09000	6.80089	.986	-27.3290	29.5090
Villa Mercedes	Monte de los Olivos	-2.98000	6.80089	.903	-31.3990	25.4390
	Maronal	-1.89000	6.80089	.959	-30.3090	26.5290
Maronal	Monte de los Olivos	-1.09000	6.80089	.986	-29.5090	27.3290
	Villa Mercedes	1.89000	6.80089	.959	-26.5290	30.3090

Subconjuntos homogéneos

Carbono Suelo 0-15 cm (tC/ha)

HSD de Tukey[a]

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Villa Mercedes	2	26.5100
Maronal	2	28.4000
Monte de los Olivos	2	29.4900
Sig.		.903

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2.000.

ANEXO 7.17 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) en el suelo (profundidad de 15-30 cm) de plantaciones de palma aceitera.

Medias

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Carbono Suelo (tC/ha) * Sector en Evaluación	6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

Informe

Carbono Suelo 15-30 cm (tC/ha)

Sector en Evaluación	N	Media	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Error típ. de la media
Monte de los Olivos	2	16.5000	1.86676	15.18	17.82	1.32000
Villa Mercedes	2	17.4400	1.15966	16.62	18.26	.82000
Maronal	2	12.6400	3.05470	10.48	14.80	2.16000
Total	6	15.5267	2.82994	10.48	18.26	1.15532

ANOVA de un factor

ANOVA

Carbono Suelo15-30 cm (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	25.882	2	12.941	2.742	.210
Intra-grupos	14.161	3	4.720		
Total	40.043	5			

Pruebas post hoc (Tukey p<0.05)

Comparaciones múltiples

Carbono Suelo 15-30 cm (tC/ha)

HSD de Tukey

(I) Sector en Evaluación	(J) Sector en Evaluación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Monte de los Olivos	Villa Mercedes	-.94000	2.17262	.905	-10.0188	8.1388
	Maronal	3.86000	2.17262	.316	-5.2188	12.9388
Villa Mercedes	Monte de los Olivos	.94000	2.17262	.905	-8.1388	10.0188
	Maronal	4.80000	2.17262	.215	-4.2788	13.8788
Maronal	Monte de los Olivos	-3.86000	2.17262	.316	-12.9388	5.2188
	Villa Mercedes	-4.80000	2.17262	.215	-13.8788	4.2788

Subconjuntos homogéneos

Carbono Suelo 15-30 cm (tC/ha)

HSD de Tukey[a]

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Maronal	2	12.6400
Monte de los Olivos	2	16.5000
Villa Mercedes	2	17.4400
Sig.		.215

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2.000.

ANEXO 7.18 Análisis de Medias, Análisis de Varianza con un factor (ANOVA), Prueba de Tukey ($p<0.05$) en el suelo (profundidad de 0-30 cm) de plantaciones de palma aceitera.

Medias

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Incluidos		Excluidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Carbono Suelo (tC/ha) * Sector en Evaluación	6	100.0%	0	.0%	6	100.0%

Informe

Carbono Suelo 0-30 cm (tC/ha)

Sector en Evaluación	N	Media	Desv. Típ.	Mínimo	Máximo	Error típ. De la media
Monte de los Olivos	2	45.9950	3.00520	43.87	48.12	2.12500
Villa Mercedes	2	43.9550	6.22961	39.55	48.36	4.40500
Maronal	2	41.0350	12.16931	32.43	49.64	8.60500
Total	6	43.6617	6.64516	32.43	49.64	2.71288

ANOVA de un factor

ANOVA

Carbono Suelo 0-30 cm (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	24.860	2	12.430	.190	.836
Intra-grupos	195.931	3	65.310		
Total	220.791	5			

Pruebas post hoc (Tukey p<0.05)

Comparaciones múltiples

Carbono Suelo 0-30 cm (tC/ha)

HSD de Tukey

(I) Sector en Evaluación	(J) Sector en Evaluación	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Monte de los Olivos	Villa Mercedes	2.04000	8.08149	.966	-31.7303	35.8103
	Maronal	4.96000	8.08149	.823	-28.8103	38.7303
Villa Mercedes	Monte de los Olivos	-2.04000	8.08149	.966	-35.8103	31.7303
	Maronal	2.92000	8.08149	.932	-30.8503	36.6903
Maronal	Monte de los Olivos	-4.96000	8.08149	.823	-38.7303	28.8103
	Villa Mercedes	-2.92000	8.08149	.932	-36.6903	30.8503

Subconjuntos homogéneos

Carbono Suelo 0-30 cm (tC/ha)

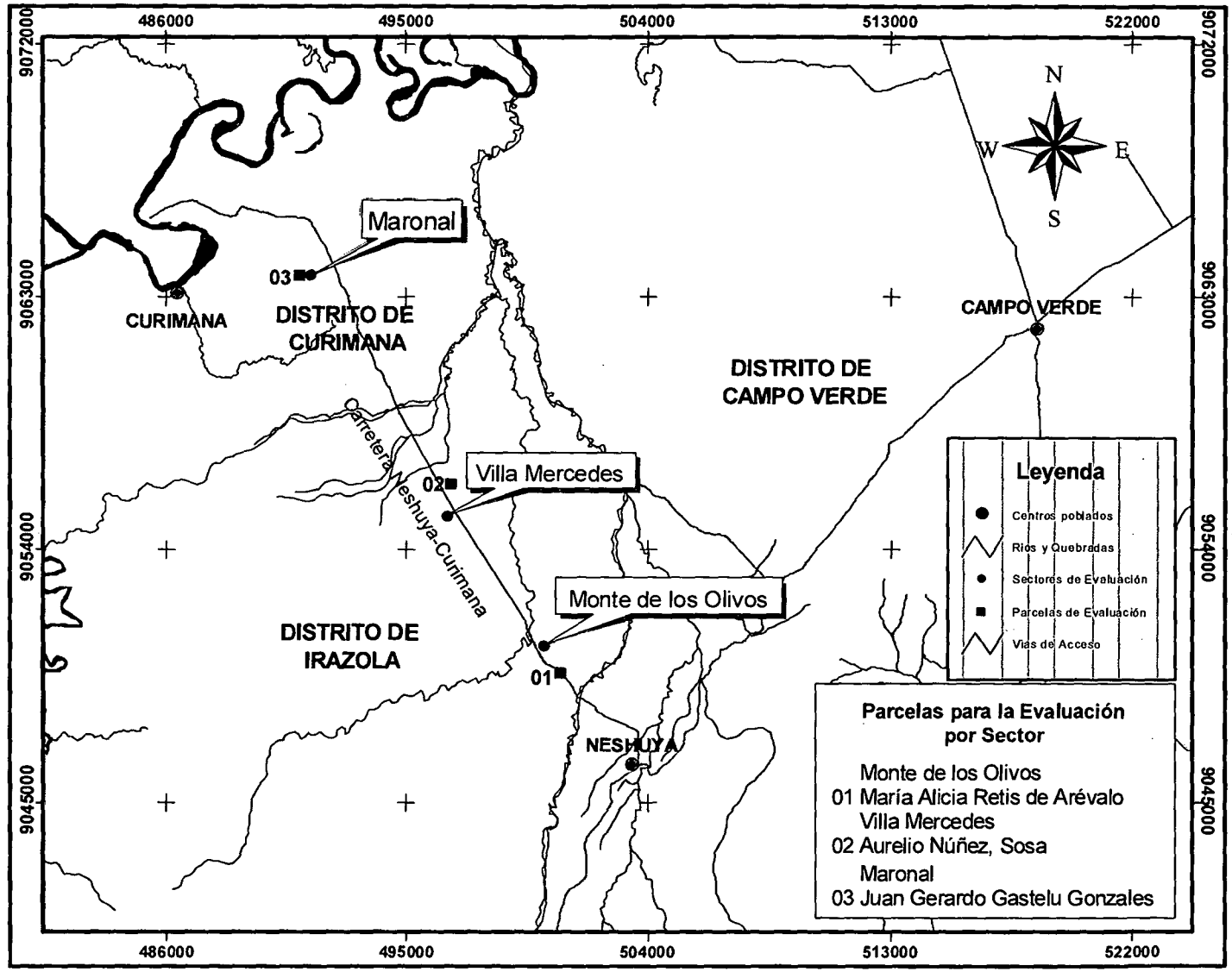
HSD de Tukey[a]

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Maronal	2	41.0350
Villa Mercedes	2	43.9550
Monte de los Olivos	2	45.9950
Sig.		.823

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 2.000.

ANEXO 7.19 Mapa de Ubicación de las Parcelas en Evaluación



VIII. ICONOGRAFÍA

8.1 Fase de Campo

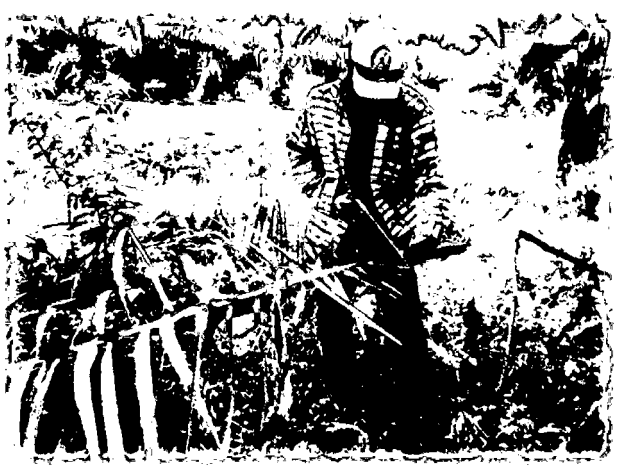
Fotografía N° 01: Marcaje y codificación de plantas de palma aceitera evaluadas.



Fotografía N° 02: Identificación y corte de la hoja N° 17.



Fotografía N° 03: Corte Transversal del raquis en el punto de inserción con el peciolo



Fotografía N° 04: Medición del alto y ancho del corte transversal



Fotografía N° 05: Medición de longitud de circunferencia del estípite.



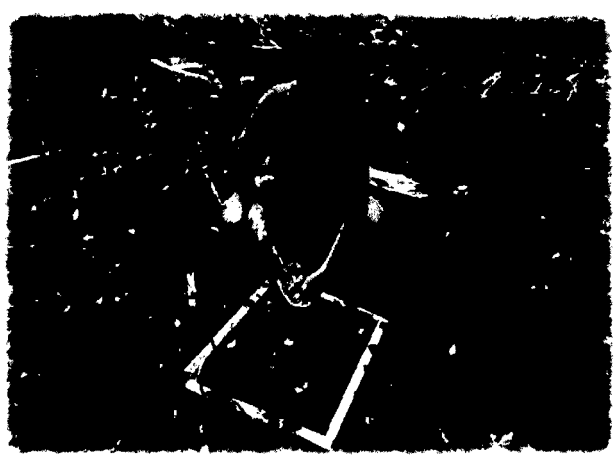
Fotografía N° 06: Medición de la altura del estípite.



Fotografía N° 07: Marco cuadrado de 0.25 m^2



Fotografía N° 08: Recolección de muestras de herbácea dentro del marco cuadrado

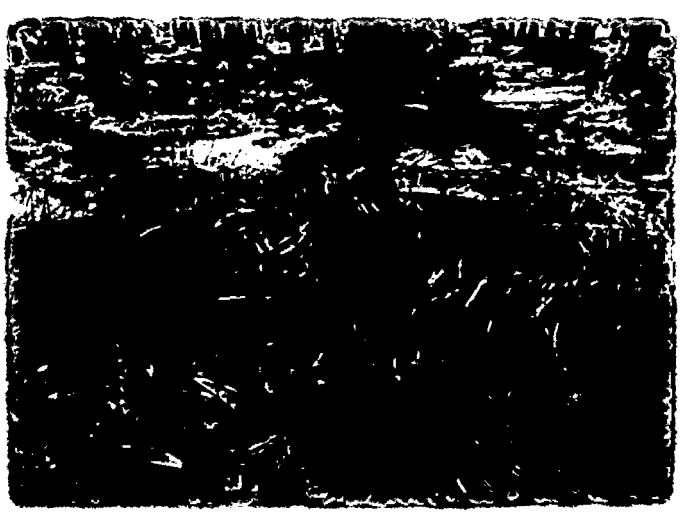


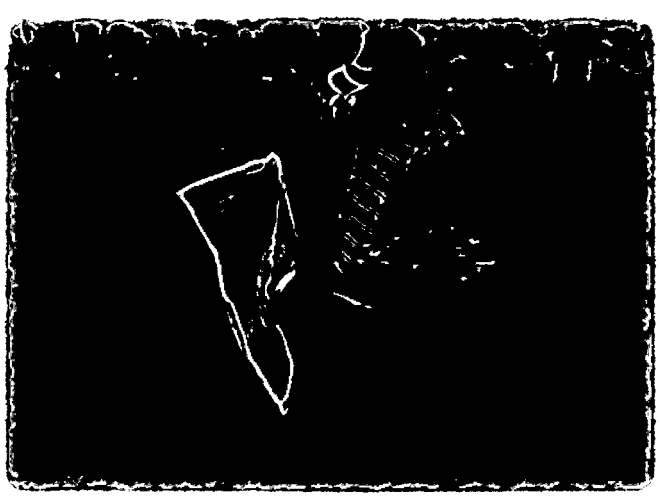
Fotografía N° 09 y 10: Medición del largo y ancho de un montículo de biomasa muerta



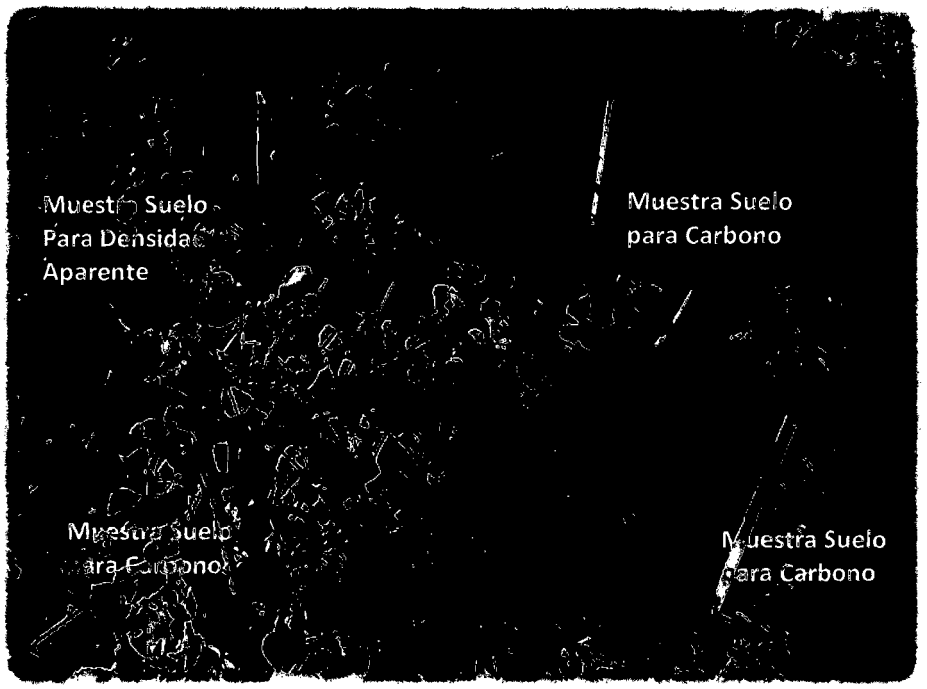


Fotografía N° 11 y 12: Recolección y pesado de las muestras de biomasa Muerta





Fotografía N° 13: Identificación para recolección de muestras de suelo, de acuerdo al modelo elaborado



Fotografía N° 14: Recolección de muestra de suelo con barreno para determinación de % de carbono a dos profundidades de 0-15 cm y 15-30 cm



Fotografía N° 15 y 16: Recolección de muestras de suelo (a dos profundidades 0-15 cm y 15-30 cm) para determinación de densidad a aparente





8.2 Fase de Laboratorio

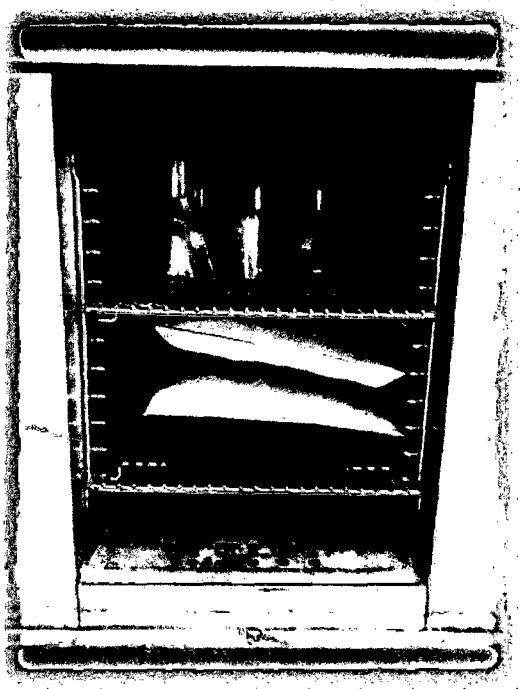
Fotografía N° 17: Pesado de la materia fresca de la Herbácea



Fotografía N° 18: Pesado de 50 gr de la materia fresca de la herbácea



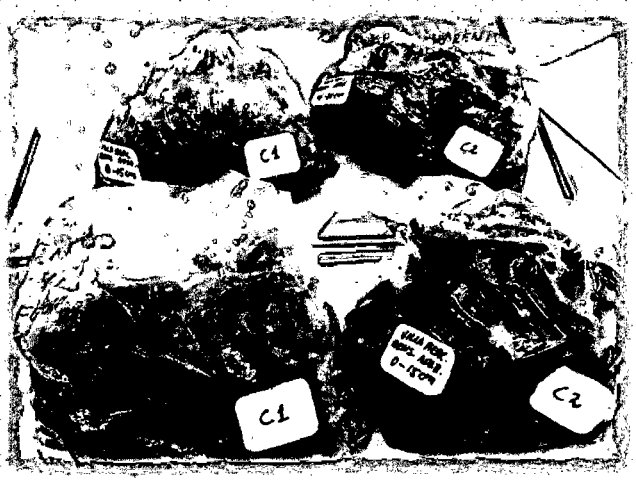
Fotografía N° 19: Herbácea y biomasa muerta en la estufa (60°C) para obtener peso seco



Fotografía N° 20: Muestras de suelo para determinar % de carbono



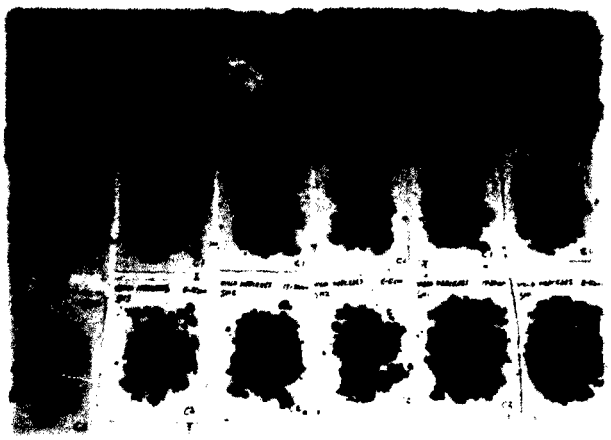
Fotografía N° 21: Muestras de suelo para determinar densidad aparente



Fotografía N° 22: Muestras de suelo en estufa (105°C) para obtener peso seco, para determinar densidad aparente.



Fotografía N° 23: Secado de muestras de suelo a T° ambiente.



Fotografía N° 24: Molido de muestras de suelo para determinar %C



Fotografía N° 25 y 26: Tamizado de muestras de suelo para determinar %C

