

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“DETERMINACIÓN DE CARBONO FIJADO Y ALMACENADO EN SUELO
Y BIOMASA EN PLANTACIONES DE PALMA ACEITERA EN EL DISTRITO
DE CAMPO VERDE, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, REGION DE
UCAYALI, 2012”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO
AMBIENTAL**

Bach. Erick Lloyd P. Rojas Perez.

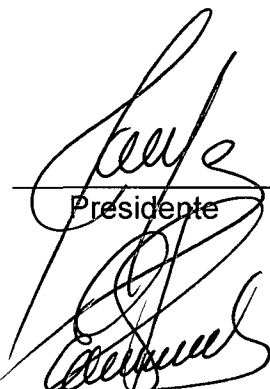
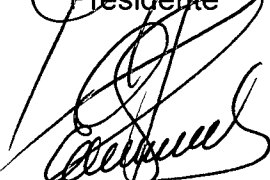
Pucallpa – Perú

2012

ACTA DE APROBACIÓN

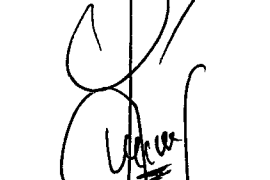
Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, integrado por los siguientes Catedráticos:

Ing. M.Sc. Rubén Manturano Perez;


Presidente

Secretario

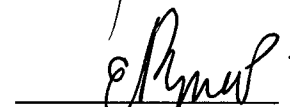
Ing. M.Sc. Edwin Poquioma Yuimachi;

Ing. M.Sc. Gabriel Mercado Jáuregui;


Miembro

Asesor

Dr. Grober Panduro Pisco

Bach. Erick Lloyd Pierre Rojas Perez.


Tesisista

DEDICATORIA

A Dios, por todo lo que me brinda
cada día.

A mis padres Armando y Bertha por el
apoyo incondicional y formación personal.

AGRADECIMIENTOS

Pongo de manifiesto mi más sincero agradecimiento a todas las personas, instituciones y maestros por brindarme el apoyo necesario para la ejecución de la presente tesis.

- A la Universidad Nacional de Ucayali por brindarme los ambientes y maestros que contribuyeron a mi formación profesional y que hacen posible que hoy este a puertas de dar un gran paso, la obtención del título profesional de Ingeniero ambiental.
- Al Doctor Grober Panduro Pisco, asesor de la presente tesis, por su dedicación, apoyo y asesoramiento incondicional en todas las etapas de la investigación y ejecución de la presente tesis.
- A los señores agricultores de las plantaciones estudiadas, por su gran apoyo, hospitalidad y buena disposición. Sr. Carlos Díaz Ingunza, Sr. Prospero Villar Chávez y Sr. Aron Molina Guerra
- Al Técnico de Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali, señor Juan Huaycama Manihuari, por su constante apoyo en la parte de laboratorio del presente trabajo de investigación.
- A todas las personas que de una u otra forma aportaron en la realización y ejecución del presente trabajo de tesis.

**“DETERMINACIÓN DE CARBONO FIJADO Y ALMACENADO EN SUELO Y BIOMASA
EN PLANTACIONES DE PALMA ACEITERA EN EL DISTRITO DE CAMPO VERDE,
PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, REGION DE UCAYALI, 2012”**

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo principal generar información acerca del potencial de captura de carbono de plantaciones de palma aceitera, ubicadas en márgenes de la carretera Campo Verde–Neshuya, área perteneciente a la zona de vida de Bosque húmedo tropical (bh-T) que cuenta con bosques intervenidos.

Se empleó la metodología no destructiva validada por ICRAF y las metodologías establecidas en el diplomado “Manejo Integrado del Cultivo de la Palma Aceitera, con énfasis en la Prescripción Técnica de Programas Nutricionales”. El carbono almacenado en la biomasa se calculó a partir del % de C en la biomasa y el peso seco. El carbono fijado en el suelo se cuantificó a partir del % de C en el suelo, la densidad aparente y la profundidad de muestreo, utilizando la metodología establecida por Walkley Black.

Como resultado, en el Caserío San Pedro se obtuvo San Pedro tenemos 58.83 Mg ha^{-1} de C, en el caserío de Palmeras del Ucayali se tiene 67.29 Mg ha^{-1} de C y en el caserío de La Merced de Neshuya 64.85 Mg ha^{-1} de C. Cabe destacar que la evaluación se realizó en un perfil de suelo de 0 a 30, obteniendo subtotales de 0 a 15 cm y 15 a 30 cm en cada perfil.

Se concluye que una plantación de Palma aceitera, almacena carbono y contribuye con la reducción de la concentración de CO_2 atmosférico (gas altamente contribuyente al cambio climático), siendo recomendable que las plantaciones deben ser instaladas en áreas técnicamente recomendadas porque la cantidad de carbono se incrementa con la mayor producción de biomasa arbórea de las plantas.

Palabras clave: Calentamiento global, fijación, almacenamiento, carbono, palma aceitera.

**"DETERMINATION OF CARBON SET AND STORED IN SOIL AND BIOMASS IN OIL
PALM PLANTATION IN THE DISTRICT OF CAMPO VERDE, PROVINCE OF CORONEL
PORTILLO, UCAYALI REGION, 2012"**

ABSTRACT

The present study aimed to generate information about the main carbon sequestration potential of a system of oil palm plantation, located to the left and right margin of the road Green field - Neshuya, area belonging to the living area of tropical rainforest (bh-T) has also intervened or anthropogenic vegetation. These latest findings are highly relevant, since it is known that an oil palm plantation will develop differently depending on the location, weather conditions and nutrients.

In order to make these estimates, we use the methodology proposed by ICRAF, in addition to those established in the diploma "Integrated Crop Management of Oil Palm, with emphasis on the specification of nutritional programs." The carbon stored in biomass was calculated from the percentage of carbon in the biomass and dry weight and soil carbon was quantified calving of % C in soil bulk density and sampling depth, using the method of Walkley Black.

As a result, in the hamlet San Pedro San Pedro we obtained 58.83 Mg C ha⁻¹, in the hamlet of palm trees Ucayali has 67.29 Mg C ha⁻¹ and in the village of La Merced Neshuya 64.85 Mg ha⁻¹ of C. Note that the evaluation was conducted in a soil profile of 0-30, obtaining subtotals 0-15 cm and 15-30 cm in each profile.

We conclude that an oil palm plantation, stores carbon and contributes to the reduction of the concentration of atmospheric CO₂ (gas highly contributor to climate change), and it is recommended that plantations should be installed in areas technically recommended because the amount of carbon increases with the increased production of tree biomass plant.

Keywords: Global warming, carbon sequestration, oil palm.

INDICE

Páginas

ACTA DE APROBACION	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I INTRODUCCIÓN	1
II MARCO TEÓRICO	2
2.1 Aspectos Generales de la Palma Aceitera	2
2.2 Características Botánicas de la Palma aceitera	4
2.3 Componentes Abióticos	8
2.4. Cambio Climático	12
2.5. Protocolo de Kioto	14
2.6. El Carbono	16
III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.1 Descripción del área de estudio	22
3.2 Metodología	28
3.3 Instrumentos de recolección de datos	32
3.4. Procedimiento de levantamiento de información	32
3.4.1 Determinación de la Biomasa total	32
3.4.1.1. Biomasa en las partes vivas de la palma	32
* EVALUACIÓN DE LA BIOMASA EN EL ESTÍPITE	33
* EVALUACIÓN DE LA BIOMASA EN LAS HOJAS	34
3.4.1.2. Determinación de la Biomasa seca Herbácea (BHb)	36
3.4.1.3. Determinación de la biomasa seca muerta	37
3.4.1.4. Determinación de la Biomasa viva total y Biomasa muerta total	39
3.4.2. Determinación de carbono en la biomasa (CAB)	39
3.4.3. Determinación de carbono fijado en el suelo	39
IV RESULTADOS	41
4.1. Determinación de carbono almacenado en la biomasa	41
4.1.1. Evaluación de la Biomasa y Carbono en las HOJAS	41
4.1.2. Evaluación de la Biomasa y Carbono en el ESTÍPITE	42
4.2. Determinación de carbono almacenado en la COBERTURA HERBÁCEA	44
4.2.1. Evaluación de Biomasa y Carbono en la Cobertura Herbácea	44
4.3. Determinación de carbono almacenado en la BIOMASA MUERTA	45
4.3.1. Evaluación de Biomasa y Carbono en la Biomasa Muerta	45
4.4. Determinación de carbono Fijado en el SUELO	47
4.4.1. Evaluación de carbono fijado en el Suelo	47
4.5. Resumen de los cálculos obtenidos	49
V DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	53
5.1. Discusión de captura de "C" en el sistema de plantación	53
5.2. Análisis de los resultados	55

VI CONCLUSIONES	56
VII RECOMENDACIONES	57
VIII BIBLIOGRAFÍA	58
IX ANEXOS	61

INDICE DE GRÁFICOS	Páginas
Gráfico 1: Tasa de elevación del estipe (cm) de la palma aceitera	6
Gráfico 2: Temperatura Máxima, Media y Mínima (°C). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)	24
Gráfico 3: Precipitación (mm). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)	25
Gráfico 4: Humedad Relativa (%). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)	25
Gráfico 5: Distribución del carbono almacenado en las hojas por parcela de investigación	42
Gráfico 6: Distribución del carbono almacenado en el Estípote por parcela de investigación	43
Gráfico 7: Distribución del carbono almacenado en la Herbácea por parcela de investigación	45
Gráfico 8: Distribución del carbono almacenado en la Biomasa Muerta por parcela de investigación	46
Gráfico 9: Distribución del carbono fijado en el Suelo a diferentes profundidades de 0 – 30 cm	48
Gráfico 10: Producción de Biomasa seca de las hojas (t/ha)	49
Gráfico 11: carbono almacenado y fijado en cada caserío.	50
Gráfico 12: Porcentajes de los niveles de captura de carbono de los componentes por parcela	51

INDICE DE CUADROS	Páginas
Cuadro 1: Clasificación de la Palma aceitera	4
Cuadro 2: Descripción de los distintos tipos de depósitos de carbono	21
Cuadro 3: Parámetros climáticos del año 2012	23
Cuadro 4: Datos generales de la Parcela ubicada en San Pedro	29
Cuadro 5: Datos generales de la Parcela ubicada en Palmeras del Ucayali	30
Cuadro 6: Datos generales de la Parcela ubicada en La Merced de Neshuya	30
Cuadro 7: Cálculo de contenido de biomasa seca en las Hojas (BSHojas)	41
Cuadro 8: Cálculo del contenido de Carbono almacenado en las hojas (CAhojas)	41
Cuadro 9: Cálculo de contenido de biomasa seca en el Estípote (BSestípote)	42
Cuadro 10: Cálculo del contenido de Carbono en el Estípote (CAestípote)	43
Cuadro 11: Cálculo de contenido de biomasa seca en la cobertura Herbácea (BS herbácea)	44

Cuadro 12: Cálculo del contenido de Carbono en la Herbácea (CAherbácea)	44
Cuadro 13: Cálculo de contenido de biomasa seca de la Biomasa Muerta (BSbm)	45
Cuadro 14: Cálculo del contenido de Carbono en la Biomasa muerta (CAbm)	46
Cuadro 15: Cálculo de contenido de CAS (carbono fijado en el suelo), a partir del % de CO obtenido en laboratorio	47
Cuadro 16: Cálculo del CAS en cada parcela a profundidades de 0 y 30 cm	48
Cuadro 17: Resumen de los resultados obtenidos toneladas de masa seca por hectárea "tMS/ha".	49
Cuadro 18: Resumen de los resultados en toneladas de C por hectárea o megagramo de C por hectárea "tC/ha", "MgC ha-1".	50

INDICE DE IMÁGENES

Páginas

Imagen 1: Distribución espacial simulada de las raíces de palma aceitera en palmas de 11 años de edad.	5
Imagen 2: Hoja de palma aceitera	7
Imagen 3: Hoja de palma aceitera	8
Imagen 4: Mapa de zonas de vida de Ucayali – según ONERN	26
Imagen 5: Mapa de vegetación del área de influencias directa	27
Imagen 6: Mapa de ubicación de las parcelas de investigación	31
Imagen 7: Filotaxia y distribución del número de hojas	33
Imagen 8: Corte transversal de la hoja 17 en la inserción del Raquis con el Pecíolo.	33
Imagen 9: Método para muestreo de biomasa herbácea (BHb)	36
Imagen 10: Método para muestreo de biomasa muerta (Bbm)	37
Imagen 11: Distribución de la biomasa muerta dentro de una parcela	38
Imagen 12: Diseño de toma de muestras de suelo, en parcelas 1*1	40

Páginas

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

* Identificación de las tres unidades de investigación (San Pedro, Palmeras del Ucayali y La Merced de Neshuya)	83
Fotografía 1: Entrada al caserío San Pedro	83
Fotografía 2: Caserío La Merced de Neshuya.	83
Fotografía 3: Entrada al caserío Palmeras del Ucayali.	83
* Selección de las plantas a ser evaluadas	84
Fotografía 4: Plantación de palma aceitera de 10 años de edad.	84
Fotografía 5: Selección y diferenciación de los 20 ejemplares por parcela.	84
* Recolección de datos de campo para estípites	85

Fotografía 6: Medición de la longitud de circunferencia de cada planta seleccionada.	85
Fotografía 7: Medida de la altura de cada planta seleccionada.	85
* Recolección de datos de campo para hojas	86
Fotografía 8: Corte de la hoja N° 17, para determinación de biomasa seca foliar de las hojas.	86
Fotografía 9: (1) Corte transversal de una hoja. (2) Medición del ancho del corte transversal de la hoja N° 17. (3) Medición del alto del corte transversal de la hoja N° 17	86
* Recolección de datos de campo para Herbáceas	87
Fotografía 10: (1) Uso de cuadrilla de 50x50 cm ² para análisis en laboratorio. (2) Recolección de muestra en bolsas plásticas. (3) Muestra rotulada.	87
* Recolección de datos de campo para Biomasa muerta	88
Fotografía 11: Vista de la forma en la es acumulada la Biomasa muerta en una plantación de Palma aceitera.	88
Fotografía 12: Método para determinar la Cantidad de biomasa de la Necromasa empleando una cuadrilla de 50*50 cm.	88
* Recolección de datos de campo para Suelo	89
Fotografía 13: Método de recolección de muestras para suelo y densidad aparente para cálculos en laboratorio y gabinete.	89
* Tratamiento de muestras en laboratorio	90
Fotografía 14: Pesado de muestra fresca de Cobertura Herbácea, (mismo tratamiento para Biomasa Muerta).	90
Fotografía 15: Secado de muestra fresca de Cobertura Herbácea (mismo tratamiento para Biomasa Muerta).	90
Fotografía 16: Trituración de la muestra de suelo, hasta obtener partículas finas.	91
Fotografía 17: Obtención de partículas finas por medio de filtros de menor diámetro	91
Fotografía 18: Trituración hasta obtención de partículas más finas.	92
Fotografía 19: Muestras de suelo listas para el análisis de carbono por el método de Walkley Black.	92
Fotografía 20. Establecimiento de letrero ubicado en la entrada de la parcela de investigación, en el caserío de San Pedro.	92

I. INTRODUCCIÓN

El 16 de febrero del 2005 entró en vigencia el protocolo de Kyoto. Uno de los objetivos de este acuerdo internacional es el reducir en un 5.2 % las emisiones de gases con efecto invernadero (GEI); para alcanzar este objetivo se propusieron estrategias de mitigación. Una de ellas es incrementar la capacidad de fijación de carbono de la biosfera mediante los llamados *sumideros de carbono* (entre los que se consideran las actividades de forestación y reforestación). Sin embargo, los reservorios de C del suelo y los sistemas de producción agrícolas y agroforestales, aún no están considerados dentro de los llamados mecanismos de mitigación. Por consiguiente es importante generar información sobre el potencial de fijación de C en estos sistemas.

El Ministerio del Ambiente (MINAM), es la autoridad ambiental nacional y ente rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Conduce el proceso de elaboración de estrategias y concertación de políticas y metas con miras a promover el desarrollo sostenible. Tiene entre sus funciones promover la implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en el país, promoviendo políticas de adaptación y mitigación al Cambio Climático, en el proceso de desarrollo sostenible.

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 C en los países tropicales. Aunque existe mucha información sobre el manejo agronómico de este cultivo, no se tiene la suficiente información sobre el potencial de fijación de C en este agroecosistema. Es por ello que en el presente estudio se evaluó la cantidad de C almacenado y fijado en este agroecosistema en la región Ucayali, Provincia de coronel Portillo, Distrito de Campo Verde, el cual nos da una idea del potencial de fijación de Carbono de la Palma aceitera constituyéndose en la base para futuros proyectos de secuestro de Carbono.

II. MARCO TEÓRICO

Según Raygada (2005), en el "Manual técnico para el cultivo de Palma Aceitera" muestra la siguiente información sobre Aspectos generales de la Palma aceitera.

2.1. Aspectos Generales de la Palma Aceitera

La Palma Aceitera, conocida también como Palma Africana, por ser nativa de la región del Golfo de Guinea de dicho continente. Si bien es utilizada por el hombre en su alimentación desde hace 5000 años, ha sido recientemente —unos 80 años— que se ha expandido enormemente su cultivo en los trópicos húmedos del Asia Sur Oriental y de América.

El Cultivo en el Perú, en América y en el Mundo

El interés por la palma aceitera en el Perú se remonta al año 1965, cuando a solicitud del gobierno, llega a nuestro país una Misión Técnica del Instituto de Investigaciones para los Aceites y Oleaginosas, de Francia. (IRHO) La evaluación realizada por esta Misión Técnica, estableció que existen grandes sectores de la Amazonía peruana que reúnen las condiciones agro-climáticas adecuadas para el desarrollo de la Palma Aceitera. Es así que, en diferentes momentos, se emprenden proyectos para el establecimiento del cultivo, siendo dos de ellos del Estado, uno con capital privado y otras experiencias más recientes con pequeños palmicultores asociados.

La primera experiencia estatal tuvo sus inicios dentro del marco de la "Colonización Tingo María-Tocache-Campanilla", en la que con asesoría del IRHO, en el año 1968 se establecieron las primeras 200 Ha. en Tocache. Cuatro años más tarde, se constituyó EMDEPALMA, que llevó la plantación a una extensión de 5,270 Ha. con una planta de procesamiento de 20 T.M. de racimos por hora.

La empresa privada Palmas del Espinos S.A., se creó en 1979, e inició los trabajos de campo el año 1981, llegando a establecer una plantación de 7,500 Ha. a la fecha. Su producción es procesada por Industrias del Espino S.A.

Una segunda experiencia estatal fue la instalación de 700 Ha. de Palma Aceitera en la zona del río Manítí, en la provincia de Maynas.

Una experiencia que viene dando resultados interesantes es la que procede de organizaciones de productores asentados en los sectores Neshuya y Aguaytía, en la Región Ucayali, que con sendas plantas de procesamiento de racimos de fruta, atienden plantaciones de palmicultores asociados, en una extensión total de 3,850 Ha.

En la Región San Martín, la Asociación de Productores Agropecuarios "José Carlos Mariátegui" está instalando una plantación de 500 Ha. de Palma Aceitera, en el distrito de Uchiza, que beneficia a un total de 54 palmicultores, quienes han recibido, no sólo sus títulos de propiedad sino también, asistencia técnica y crediticia. En la misma Región se han sembrado 1000 Ha. en el Pongo de Caynarachi y la planta de extracción se encuentra en proceso de instalación.

A pesar del tiempo transcurrido y de los esfuerzos realizados, el Perú ha logrado instalar plantaciones de Palma Aceitera en un total de 16,355 Ha. de las cuales están en actual producción 12,436 Ha. y la diferencia de 3,919 en proceso de desarrollo; en tanto que Ecuador bordea las 150,000 Ha. y Colombia ha sobrepasado las 200,000 Ha. sembradas. Este último país viene alcanzando una tecnología propia que llega a la fabricación de plantas de extracción de aceites del fruto de la palma.

2.2. Características Botánicas de la Palma aceitera

El "MODELO DE CULTIVO DE PALMA ACEITERA EN HONDURAS" (2008). De la Universidad Politécnica de Madrid. En cuanto a la conformación botánica y taxonómica.

2.2.1. Clasificación y descripción de la Palma Aceitera.

La apariencia es la de un árbol esbelto, cuyo tallo llega a los 25 m. de altura y está coronado por hojas largas y arqueadas. Es monoica, es decir, que en una misma planta se producen las inflorescencias masculinas y femeninas.

Cuadro 1: Clasificación de la Palma aceitera

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Orden	:	Arecales
Familia	:	Arecaceae
Género	:	Elaeis
Especie Africana	:	Guineensis
Especie Americana	:	Oleífera

Fuente: Curso Internacional sobre Plagas y enfermedades-anatomía de la palma de aceite

2.2.2. Conformación Botánica de la Palma Aceitera (Partes vivas de la Palma a ser evaluadas).

2.2.2.1 Raíz

La palma aceitera presenta un sistema radical muy desarrollado, distribuido principalmente en los primeros 50 cm de suelo, formado por una masa de raíces que parten del bulbo, que es la prolongación del tallo en el suelo. Se trata de un órgano voluminoso, de unos 80 cm aproximadamente, y que profundiza entre 40 y 50 cm en el suelo (Surre y

Ziller, 1969). Las raíces se ramifican radial y horizontalmente y se dividen según su diámetro y su posición jerárquica en primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias (Hartley, 1983; Purvis, 1956).

El número de raíces primarias puede llegar a ser entre 8.000 y 10.000 carecen casi completamente de poder de absorción, por encontrarse casi enteramente lignificadas, únicamente poseen poder de absorción en sus extremos y su función principal es asegurar el anclaje de la planta (Surre y Ziller, 1969).

Las raíces secundarias que emergen de las raíces largas, con un diámetro menor, de 2-4 mm, su función principal es ser portadoras de las raíces terciarias, las cuales tienen poca longitud (10 cm) que junto con las raíces cuaternarias, desempeñan el papel de absorción.

Las raíces de la palma aceitera pueden alcanzar varios metros de largo, y su mayor concentración se da en torno a las 0,4 m de profundidad. Pueden llegar a entrelazarse las raíces de una palma con las vecinas (Alvarado y Sterling, 1993). Según Jourdan y Rey (1997) a partir de los 5 años de edad, las raíces horizontales primarias de palmas vecinas compiten unas con otras en el suelo.

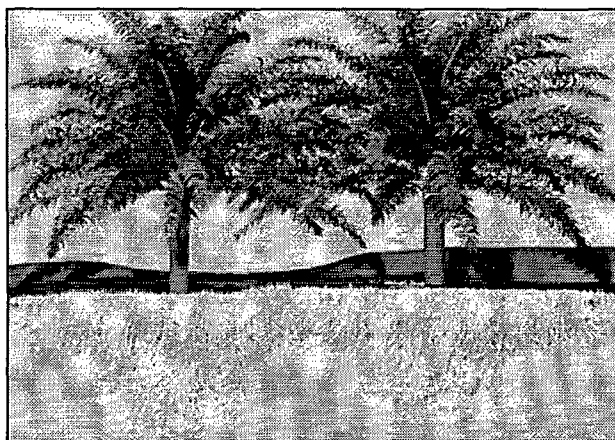


Imagen 1: Distribución espacial simulada de las raíces de palma aceitera en palmas de 11 años de edad.

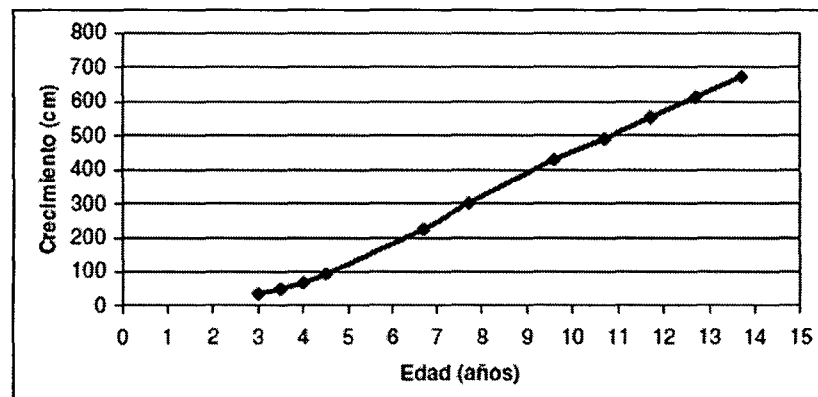
Fuente. "Modelo de cultivo de Palma aceitera en Honduras" (1996). De la Universidad Politécnica de Madrid.

2.2.2.2. Tallo

El tallo o tronco de la palma aceitera requiere para su desarrollo de tres a cuatro años, una vez que ha tenido lugar casi todo el crecimiento horizontal de las raíces. Se eleva a razón de unos 25 a 30 cm al año (Surre y Ziller, 1969), aunque Quesada (1997) sostiene que el crecimiento en Malasia es de 45 cm anuales.

Se trata de un estipe, con un diámetro de forma cilíndrica, que, según Raygada (2005), puede llegar entre 45-68 cm que puede alcanzar hasta 40 m de altura. En una primera fase del crecimiento presenta las bases de inserción de los peciolos que siguen todavía vivos, lo que forma gruesas escamas que le dan al árbol su peculiar aspecto.

Gráfico 1: Tasa de elevación del estipe (cm) de la palma aceitera



Fuente "Modelo de cultivo de Palma aceitera en Honduras" (1996). De la Universidad Politécnica de Madrid.

2.2.2.3. Hojas

El tronco de la palma aceitera está coronado por un penacho de hojas. Cada una de estas tiene una longitud entre 5 y 8 metros y puede llegar a un peso de 5-8 kg cada una. En las plantas adultas pueden llegar a aparecer hasta 56 hojas. Si estas no se podan durante las labores de cosecha y actividades de mantenimiento, pueden llegar a sobrepasar las 60 hojas (Quesada, 1997).

Se trata de una hoja pinnada, con folíolos dispuestos como pluma a cada lado del peciolo, (Imagen 02) aunque aparenta ser una hoja compuesta. Consta de dos partes: raquis y peciolo. A ambos lados del raquis existen de 100 a 160 pares de folíolos dispuestos en distintos planos. El cuerpo del peciolo es asimétrico con dos caras: una inferior, redondeada y otra superior, lisa. (Surre y Ziller, 1969).

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.

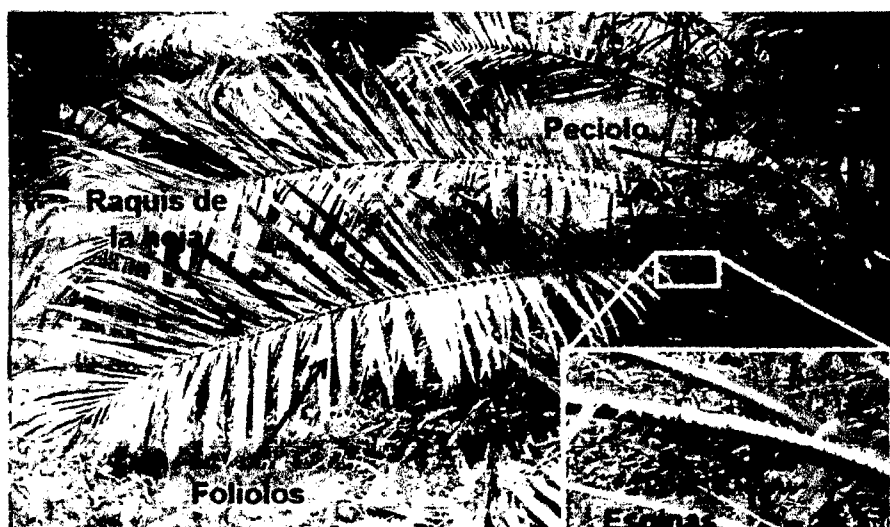


Imagen 2: Hoja de palma aceitera

Fuente. "Anatomía de la Palma". Pedro Nel Franco Bautista

***Filotaxia de la palma**

La distribución de las hojas indica que ellas están dispuestas en ocho espirales respecto de eje virtual. Conocer este ordenamiento permite identificar la ubicación de cada hoja, lo cual resulta indispensable tanto en la toma de muestras para los análisis foliares, como en el conteo de

algunas plagas. A las hojas que han emergido, pero que no han abierto se les denomina flechas.

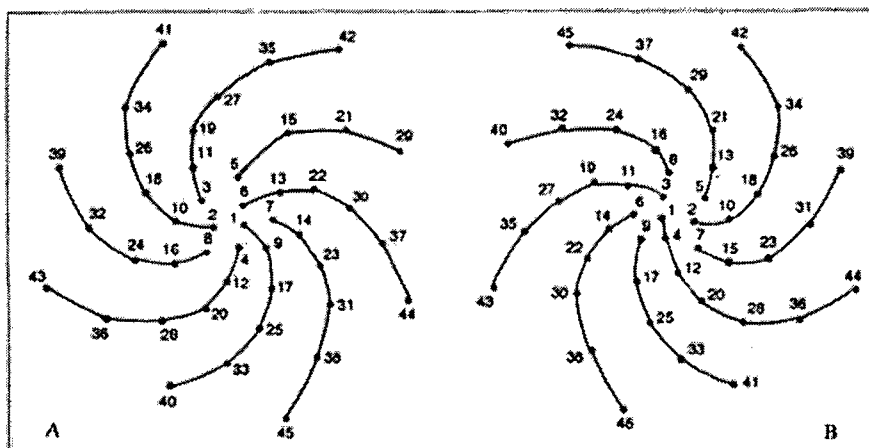


Imagen 3: Hoja de palma aceitera

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

2.2.2.4. Fruto y los Racimos

Los frutos se agrupan en racimos y cada fruto desarrollado puede adoptar distintas formas dependiendo de la posición que ocupe en el mismo. Su coloración exterior varía de negro a rojo. Un racimo presenta de peso medio unos 25 kilos y cada fruto pesa en promedio unos 10 gramos. La cantidad media de frutos por racimo es de 1000-3000 frutos por racimo (Raygada, 2005).

2.3. Componentes Abióticos

Así mismo el estudio realizado por la Universidad Politécnica de Madrid (2008), en cuanto a los componentes abióticos señala que son muy importantes en el cultivo de la palma aceitera, ya que la interacción palma-medio, determina la producción y desarrollo de las plantaciones permitiendo a los productores diseñar sus políticas de manejo que le permita alcanzar el mejor rendimiento económico a sus inversiones.

Los resultados en diferentes plantaciones comerciales de palma han determinado que el factor clima, es tal vez, más importante que las características físico químicas de los suelos, es de importancia el análisis detallado de los factores climáticos y del estudio de su influencia en los niveles de producción.

2.3.1 CLIMA

TEMPERATURA

La temperatura media anual para la palma se halla comprendida entre los 22 y 32 °C. Este rango de temperaturas coincide con las de las zonas tropicales húmedas, localizadas a menos de 500 msnm. Además, la palma se ve afectada por condiciones climáticas extremas, retardando su crecimiento y la maduración del fruto si las temperaturas son más bajas de lo normal (18 °C) y produciendo el cierre de estomas y, en consecuencia, disminuyendo la fotosíntesis, si las temperaturas son superiores a los (38°C) con baja humedad relativa (Raygada, 2005).

PRECIPITACIÓN

Muchos autores, como Quesada (1997) o Raygada (2005), coinciden en que la precipitación anual se encuentra comprendida entre los 1.750 y los 2000 mm. En dicho rango, los procesos fisiológicos, el crecimiento y la producción se ven favorecidos. Además, lo ideal es que las precipitaciones se encuentren distribuidas a lo largo del año, al menos 100 mm al mes (Hartley, 1988).

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 otros 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 Pitty (1997), la cantidad y calidad de Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) que una hoja es capaz de interceptar o captar, viene determinada por distintos factores, entre los que se encuentran: la edad, el tamaño y la filotaxia de la hoja.

Quesada (1997) afirma que con una disponibilidad lumínica de 1.500-2.000 horas de luz al año (5 horas de luz al día), el cultivo mantiene sus funciones fisiológicas y productivas en óptimas condiciones. Otros autores, sin embargo, aseguran que con 4 horas de luz al día, el cultivo presenta buenas producciones y tasas de crecimiento.

SUELO

La Universidad Politécnica de Madrid (2008) señala que el suelo cumple una importante labor en las explotaciones de palma, sobre todo en aquellas en las que las condiciones climáticas son marginales, dado que la disponibilidad de nutrientes y agua viene determinada por el estado del suelo.

Características físicas:

Quesada (1997) 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 él, 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.

Los mejores resultados se obtienen cuando los nutrientes mantienen un buen equilibrio, los suelos son ricos en humus y las características físicas permiten la exploración nutritiva e hídrica de las raíces, ya que son muy sensibles a la compactación y a la cohesibilidad de los suelos (Surre y Ziller, 1969).

Fisiografía y drenaje:

Son preferibles terrenos con pendientes suaves, ya que las grandes pendientes favorecen la erosión por escorrentía y dificultan el manejo del cultivo. Asimismo, es necesario que el suelo tenga un grado adecuado de porosidad para garantizar el drenaje.

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).

2.4. Cambio Climático

En tanto Álvarez de la “UNIVERSIDAD EARTH” (2005) señala que el grupo Internacional sobre el Cambio Climático (IPCC), ha estimado que la temperatura ha aumentado en 0.3 a 0.6°C durante los últimos 100 años. Se espera que la temperatura continúe en aumento hasta tal punto que afecte los biomas regionales y mundiales. Se ha aceptado que esa alteración en la temperatura es motivo de los gases causantes del efecto invernadero, principalmente en dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso.

El aumento acelerado de las concentraciones de dióxido de carbono ha sido por efecto de las actividades humanas con la quema de combustibles fósiles, la fabricación de cemento y la creciente deforestación de los bosques para la agricultura. Se estima que el intercambio de carbono dado entre la vegetación, el suelo y la atmósferas radica en 125 000 millones de toneladas al año, de esto el 80% se da entre el bosque y la atmósfera. Se cree que la deforestación ha generado la cuarta parte de las emisiones de dióxido de carbono en el decenio de 1980.

Las actividades humanas han sido las causantes de los incrementos de GEI. En los últimos siglos han sido liberadas grandes cantidades de carbono como consecuencia de estas actividades.

Así mismo el Manual técnico “Guía para la determinación de Carbono en pequeñas propiedades rurales” (ICRAF-2009), sostiene que la atmósfera es el menor y el más dinámico de los reservorios del ciclo del carbono. Mientras tanto, todos los cambios que ocurren en este reservorio tienen una estrecha relación con los cambios del ciclo global de carbono y del clima. Gran parte del carbono presente en la atmósfera ocurre en la forma de dióxido de carbono (CO₂, también conocido como gas carbónico). En

menor proporción, el carbono atmosférico se presenta en la forma de metano (CH₄), Perfluorocarbonos (PFCs) e Hidrofluorocarbonos (HFC). Todos estos son considerados Gases del Efecto de Invernadero (GEI), que contribuyen con el equilibrio térmico de la Tierra. Cualquier actividad relacionada al uso del suelo que modifique la **cantidad de biomasa** en la vegetación y en el suelo, tiene el potencial de alterar la cantidad de carbono almacenado y emitido hacia la atmósfera, lo que influye directamente en la dinámica del clima de la Tierra.

El intercambio de carbono entre el reservorio terrestre y el atmosférico es el resultado de procesos naturales de la fotosíntesis y respiración, y de la emisión de gases causada por la acción humana. La captura de carbono por medio de la fotosíntesis ocurre cuando las plantas absorben energía solar y CO₂ de la atmósfera, produciendo oxígeno e hidratos de carbono (azúcares como la glucosa), que sirven de base para su crecimiento. Por medio de este proceso las plantas fijan el carbono en la biomasa de la vegetación, y consecuentemente constituyen, junto con sus residuos (madera muerta y hojarasca), un stock natural de carbono. El proceso inverso ocurre con la emisión de carbono por medio de la respiración de las plantas, animales y por la descomposición orgánica (forma de respiración de las bacterias y hongos). A ésta se suman las emisiones de GEI debido a la deforestación, incendios, gases industriales y quema de combustibles: acciones antropogénicas que contribuyen con el desequilibrio del ciclo de carbono.

Aporte de las plantaciones agroforestales en la fijación de carbono atmosférico

Las plantaciones agroforestales contribuyen en gran manera a la descontaminación atmosférica, pues son fijadoras naturales de dióxido de carbono atmosférico, ente principal causante del calentamiento global.

Estas absorben y fijan el dióxido de carbono acumulado en la atmósfera como producto de las emisiones de gases que generan las actividades humanas y que de cierta forma año con año van en aumento incontrolable.

Las plantaciones son además, excelentes depósitos del carbono emitido por la nueva generación industrial y por esto son de gran importancia en el rol de la descontaminación ambiental pues mediante la fotosíntesis absorben este gas contaminante y lo fijan en toda su estructura y el suelo y de acuerdo con lo establecido en el Protocolo de Kyoto los árboles desempeñan una función incomparable como sumideros de carbono porque son capaces de atrapar y almacenar el dióxido de carbono que se libera a la atmósfera.

2.5. Protocolo de Kioto

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.

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 de un modo costo-efectivo. Estos mecanismos son:

- 1) Comercio de Emisiones (CE), 2) Implementación Conjunta (IC) y 3) Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

MECANISMO PARA PAISES EN DESARROLLO

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 venta 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.

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.

Aunque el valor de estos certificados aún no es claro en este mercado, se pueden distinguir dos grandes escenarios en donde se están negociando. Uno, definido por las transacciones de Carbono que buscan cumplir con el marco establecido por el Protocolo de Kioto y otro, por las iniciativas paralelas de comercio de emisiones fuera del protocolo, como son las iniciativas voluntarias de restricción de emisiones y las decisiones federales y estatales de EE.UU. para mitigar GEI, país que no hace parte del Protocolo de Kioto.

2.6. El Carbono

Según un estudio realizado por la Universidad Politécnica de Madrid (2008), el carbono es el elemento químico fundamental de los compuestos orgánicos, que circula por los océanos, la atmósfera, el suelo, y subsuelo. Estos son considerados depósitos (reservorios) de carbono. El carbono pasa de un depósito a otro por medio de procesos químicos, físicos y biológicos.

2.6.1. Principales procesos fisiológicos relacionados al Carbono

Algunos factores ambientales, tales como radiación solar, agua, temperatura, fotoperiodo, fertilidad del suelo influyen de forma directa sobre los procesos fisiológicos de la palma (Cayon, 2002).

2.6.1.1. Fotosíntesis y Respiración

El sistema fotosintético de la palma aceitera es C3, que, al tratarse de un cultivo permanente, la fotosíntesis se lleva a cabo en estratos acumulados y superpuestos de hojas, que se sombrean unas a otras. Así, la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) incidente es absorbida a medida que va atravesando las capas de hojas, lo que produce que la mayor parte de ella pueda ser aprovechada. Esto es debido a que las hojas que se encuentran en estratos inferiores, necesitan una tasa fotosintética menor que las hojas de estratos superiores (Cayon, 2002).

El IAF (Índice de Área Foliar) aumenta con la edad de las palmas, alcanzando un valor máximo a los 10 años. En la mayoría de los suelos aptos para el cultivo de palma, relativamente fértiles, palmas con unas 40 hojas y sembradas en una densidad de 148 palmas/ha, presentan un IAF de 6,0 (Corley et al. 1976).

La fotosíntesis puede verse afectada por diversos factores, tales como: edad de la hoja, intensidad luminosa, estrés hídrico, concentración de CO₂, temperatura y nutrición mineral.

***Edad de la hoja:** Se ha observado que la tasa fotosintética en plantas de palma tiende a disminuir con la edad de las hojas. Se han hecho estudios en hojas de palma de aceite adultas y se ha visto que la tasa fotosintética con luz saturante se incrementó ligeramente en hojas jóvenes y decreció progresivamente en las hojas más viejas y que se produce un ligero aumento de la eficiencia fotoquímica con la edad de la hoja, con valores medios de 4,16 g de CO₂ fijados/MJ de radiación solar (Corley, 1982), mientras que Monteith (1977) asigna un valor de 8,05 g de CO₂/MJ como máxima eficiencia teórica.

La reducción de la tasa fotosintética de las hojas viejas no tiene gran incidencia sobre la producción fotosintética total, ya que, gracias al sombreamiento, la intensidad de luz que incide sobre estas hojas es baja y presentan mayor eficiencia que las hojas jóvenes en hacer la fotosíntesis con bajas intensidades de luz.

***Radiación solar:** Cuando la radiación solar es baja, la absorción de CO₂ atmosférico por parte de las hojas de palma aceitera puede disminuir o incluso ser casi nulo (Cayon, 2002).

Según Monteith (1964), cuando la radiación solar es menor al 30% de la radiación solar plena, la tasa fotosintética es independiente de la intensidad de la luz y depende de la concentración de CO₂ atmosférico y de la resistencia foliar a la absorción del CO₂.

***Estrés hídrico:** En situaciones de sequia, la fotosíntesis puede ser inhibida debido al cierre de los estomas como respuesta a la elevada temperatura foliar (Rees, 1961).

La eficiencia fotoquímica puede reducirse a partir de unos 35 °C. Según Corley (1982), la temperatura foliar alta es el factor que más limita la realización de la fotosíntesis en la palma de aceite.

***Asimilación de CO₂:** Se han realizado diversos estudios en los que se ha medido la concentración de CO₂ en palmas maduras y en todos se ha llegado a la conclusión de que su concentración varía enormemente a lo largo del día, en un periodo de 24 horas, aumentando enormemente durante la noche y disminuyendo rápidamente durante la mañana (Henson, 1999).

Un estudio realizado por Henson (1999) revela que existe una variación diurna en la concentración de CO₂ de unos 250 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, obteniendo valores de 350 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ en los últimos momentos del periodo de luz. Las concentraciones de CO₂ son mayores en periodos de días con baja radiación.

También observó que en plantaciones jóvenes de palma, durante su desarrollo, las concentraciones de CO₂ por la mañana aumentaban gradualmente a la vez que se acumulaba biomasa (Henson, 1991).

Durante periodos de fotosíntesis intensa, las concentraciones mínimas de CO₂ ocurren a 10 m del punto de entrada, correspondiente con la parte más alta de la copa, lo que se corresponde con la zona de máxima exposición a la radiación y por tanto, con mas actividad fotosintética (Corley, 1983; Dufrene, 1989; Dufrene et al., 1993). Durante la noche,

aumenta la concentración de CO₂, debido a que predomina la actividad de respiración.

Las medidas del gradiente indican que las copas de las palmas constituyen la mayor región de absorción de CO₂. Por ello, durante las horas de luz, la dirección del flujo de CO₂ ira en sentido ascendente, hacia la copa, mientras que habrá un flujo descendente de aire proveniente de la atmosfera o uno ascendente, proveniente del suelo. La variación total del flujo se asocia a variaciones de radiación y humedad (Henson, 1994).

La respiración oscura o mitocondrial se ha dividido en respiración de crecimiento (R_c), que corresponde a la actividad respiratoria asociada al crecimiento y almacenamiento del organismo, y respiración de mantenimiento (R_m), relacionada con el gasto de energía para soportar la organización celular. En la palma aceitera, los órganos que más contribuyen a la R_m son las hojas, mientras que los racimos son los que más contribuyen a R_c. La R_c y R_m contribuyeron del 22-25% y del 75-78% respectivamente a la respiración total y constituyeron alrededor del 18-58% de asimilación bruta (Cayon, 2002).

Además, en las plantas C₃ se da la fotosrrespiración. En la palma de aceite no existen estimaciones de la tasa de fotosrrespiración, pero se ha observado que con temperaturas foliares superiores a los 42 °C, la fotosrrespiración puede llegar a consumir la mayor parte del CO₂ asimilado por la fotosíntesis (Corley, 1982).

Rees y Tinker (1963) demostraron que la respiración del tronco, raquis y raíces en la palma de aceite puede disminuir la acumulación de materia seca. Los órganos de larga duración, tales como las hojas, el tronco y parte del sistema radicular tienen potencialmente mayor R_m que R_c. Cuando se comparan valores medios de respiración total de los órganos

de la palma y su contribución a la respiración total de la misma, se puede comprobar que los folíolos son los que más contribuyen a las pérdidas por respiración total, seguidos por los racimos, peciolos, raquis y raíces.

Algunos trabajos demuestran que la asimilación bruta de carbohidratos fue de 47,6 t de CH_2O /ha/año en los sitios secos y 59,7 t CH_2O /ha/año en los sitios húmedos, equivalentes a 69,9 y 87,5 t CO_2 /ha/año respectivamente. Las pérdidas por respiración fueron del 76,1% y 75,8% de la asimilación bruta en el sitio seco y húmedo respectivamente (Cayon, 2002).

Corley (1982), estudio en las palmas de tres años de edad la tasa de respiración oscura y concluyó que disminuyó gradualmente con la edad de las hojas, de 1,7 mg CO_2 /dm²/h en la hoja 1 hasta 1,4 mg CO_2 /dm²/h en la hoja 36. Como el peso foliar específico aumenta con la edad de la hoja, la disminución de la tasa de respiración es mayor por unidad de peso seco foliar, de 2,0 mg CO_2 /peso seco/h en la hoja 1 a 1,3 mg CO_2 /g peso seco/h en la hoja 36. En conclusión Henson (1992) saca que si la respiración se puede reducir sin afectar a la asimilación total de la planta o viceversa, entonces la producción de materia seca de la palma de aceite puede aumentar.

***Nutrición mineral:** Estudios realizados sobre los efectos de la deficiencia de nitrógeno sobre palmas en vivero, muestran que la concentración de clorofila de las hojas, la tasa fotosintética, la eficiencia fotoquímica y el peso foliar específico se vieron fuertemente reducidos por la falta de nitrógeno, la resistencia de los estomas a la difusión de CO_2 aumento por la deficiencia de nitrógeno, lo que afectó directamente a la fotosíntesis de la hoja (Cayon, 2002).

2.6.2. Decisión sobre el depósito de carbono a medir

De acuerdo con la Guía de Buenas Prácticas del Uso de la Tierra, cambio del Uso de la tierra y bosques, existen cinco tipos de depósitos de carbono que pueden ser medidos. Estos depósitos de Carbono se detallan, en siguiente cuadro.

Cuadro 2: Descripción de los distintos tipos de depósitos de carbono

TIPO DE DEPOSITO	DESCRIPCIÓN	
Biomasa Viva	Biomasa sobre el suelo	Toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, incluyendo troncos, tocones vivos, ramas, cáscaras, semillas y hojas. Para facilitar las mediciones se evalúa por separado la biomasa aérea arbórea y la biomasa aérea no arbórea.
	Biomasa Subterránea	Toda la biomasa de raíces vivas. Se excluyen raíces finas de menos de 2mm de diámetro, porque difícilmente se distinguen de la materia orgánica.
Materia Orgánica Muerta	Madera Muerta	Toda biomasa forestal no viva: troncos caídos, árboles muertos en pie, y tocones mayores de 10 cm de diámetro.
	Hojarasca	Toda la biomasa no viva sobre el suelo (hojas, ramas y cáscaras de frutos).
Suelo	Materia orgánica del suelo	Comprende el carbono orgánico en los suelos minerales y orgánicos a una profundidad específica seleccionada por el proponente del proyecto.

Fuente: IPCC 2005 citado por Rüginitz et al guía para la determinación de Carbono en pequeñas propiedades rurales.

III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.

3.1.1. UBICACIÓN Y DURACION DEL EXPERIMENTO.

El trabajo de investigación se realizó en tres zonas ubicadas en el Distrito de Campo Verde, correspondientes al Caserío La Merced de Neshuya, (C.F.B Km. 50 Interior 8 km), Caserío San Pedro (C.FB Km 46.200) y Palmeras del Ucayali (C.FB Km 46.500 interior 3 Km), todas ubicadas, en la carretera Campo Verde – Neshuya.

La duración de la tesis fue de 6 meses, según lo planificado, iniciando en abril del 2012 y finalizando en Octubre de 2012.

3.1.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS

El clima de la región se caracteriza por ser cálido y húmedo. El promedio de 20 años (1984-2003), reportan los siguientes datos promedios del clima: temperatura 25.7°C, oscilación 11; precipitación 1622.9 mm; humedad relativa 85%. Se reporta también 1422.5 horas de sol anual y 1261.4 mm de evapotranspiración potencial anual (SENAMHI, 2003).

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 3: Parámetros climáticos del año 2012

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 definitivamente la estación seca, es decir, de menor caída pluvial.

Gráfico 2: Temperatura Máxima, Media y Mínima (°C). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)

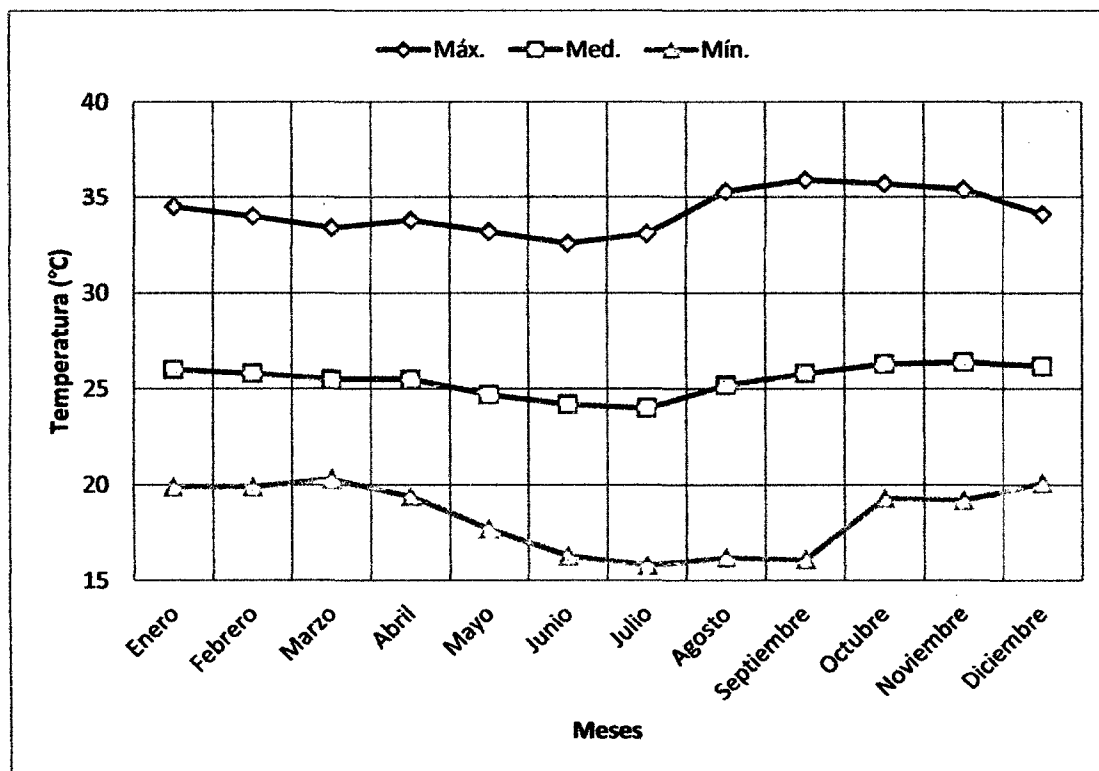


Gráfico 3: Precipitación (mm). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)

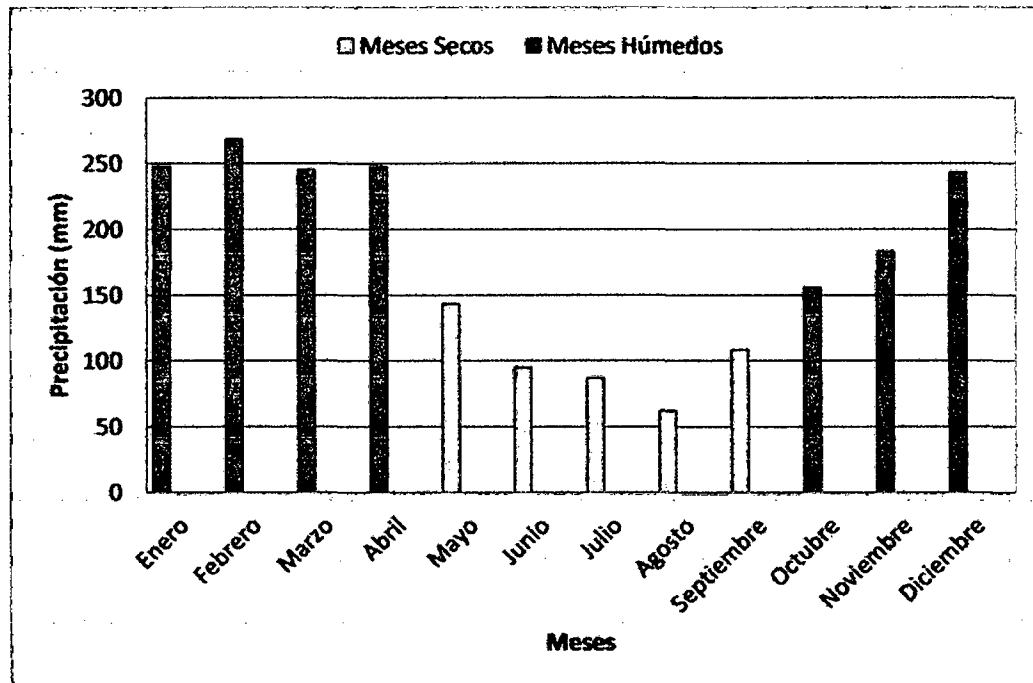
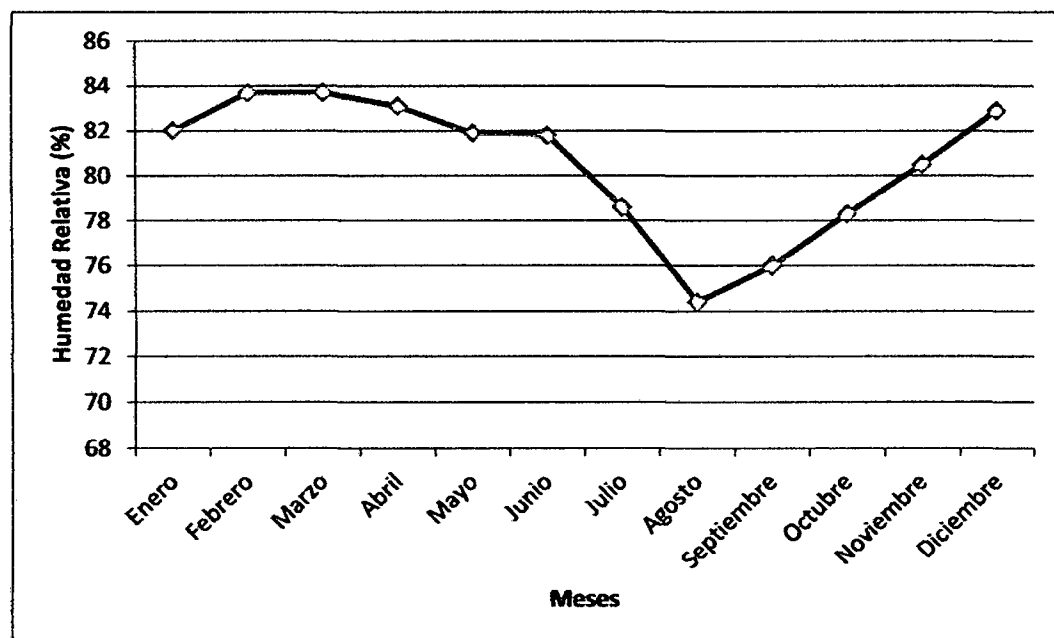


Gráfico 4: Humedad Relativa (%). Estación Meteorológica Las Palmeras de Ucayali (Registro: 2000-2010)



3.1.3. ZONAS DE VIDA Y VEGETACIÓN:

Hasta el momento se ha señalado que los niveles de captura de carbono difieren en gran medida del tipo de plantación que se evalúe, el tipo de zona en la que se desarrolle, la vegetación, los nutrientes y los cuidados del agricultor. Por lo tanto a continuación diferenciamos el tipo de vegetación y zonas de vida:

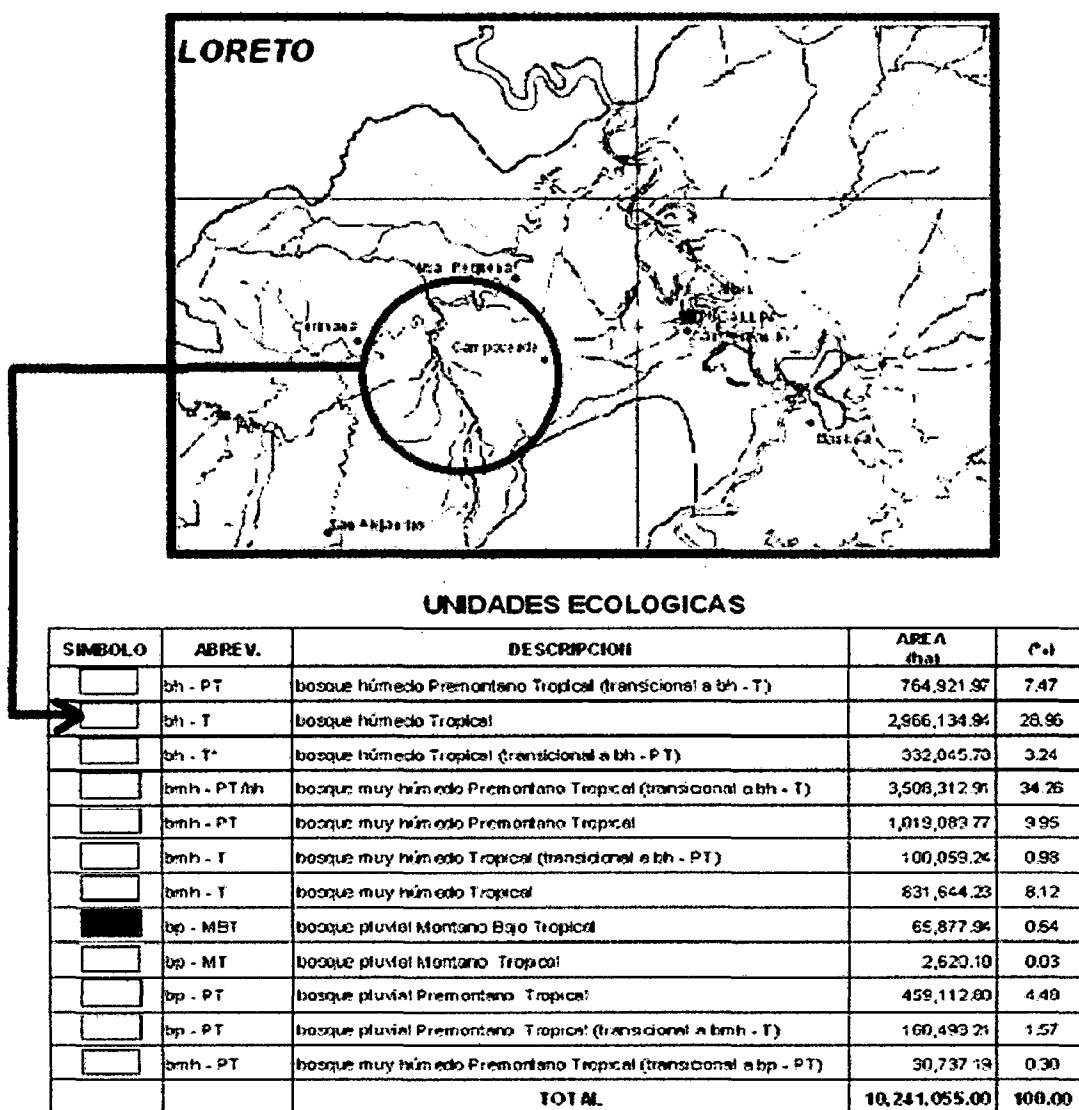


Imagen 4: Mapa de zonas de vida de Ucayali – según ONERN

Fuente: Plan vial departamental participativo de Ucayali 2008

MAPA DE VEGETACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

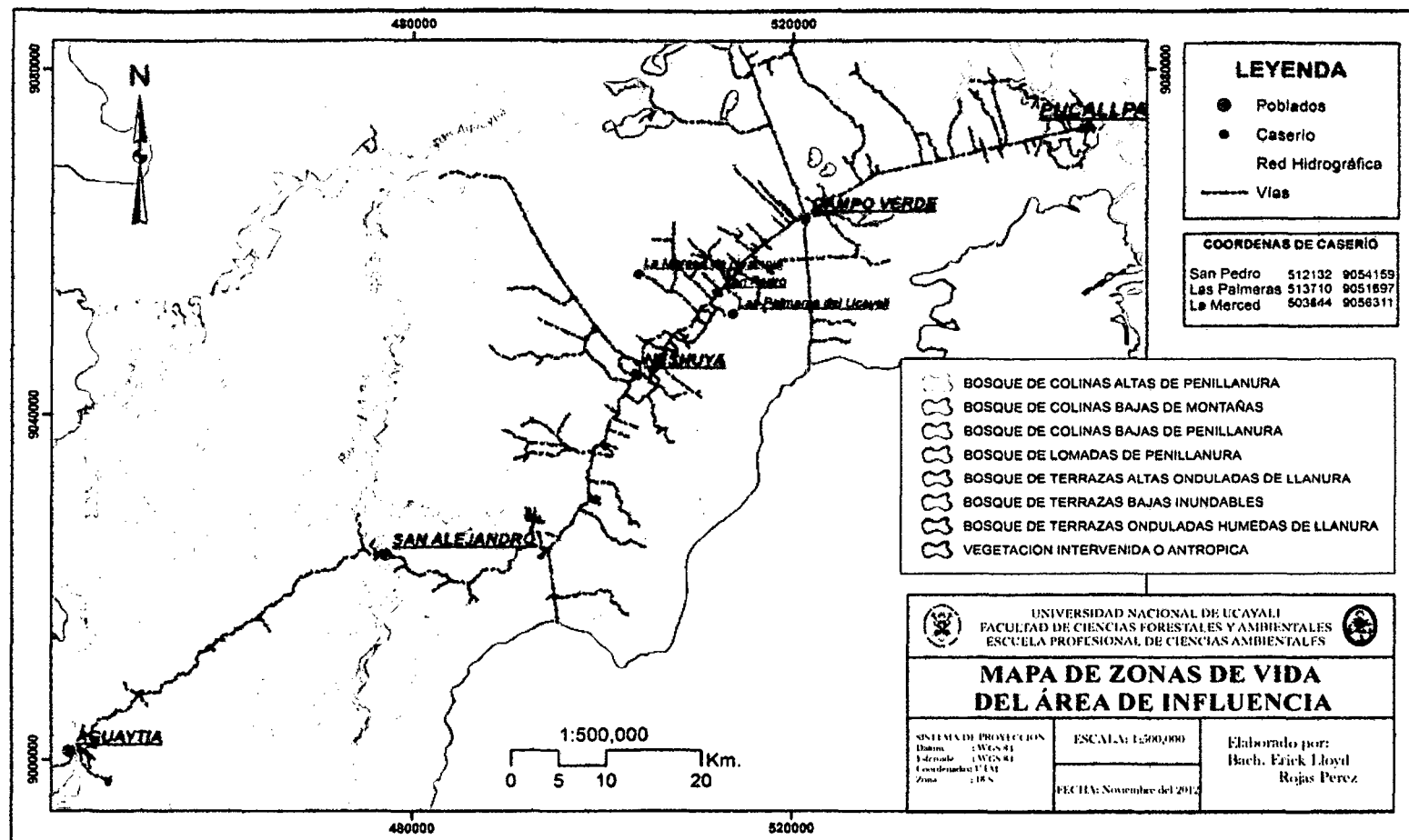


Imagen 5: Mapa de vegetación del área de influencias directa

Fuente: Elaboración propia.

Según la clasificación de las zonas de vida o unidades ecológicas descrito por la ONERN, el área de influencia directa del proyecto (Distrito de Campo Verde), se encuentra ubicado en la zona de vida “Bosque Húmedo - Tropical (bh-T)” (ver imagen) y además el área del proyecto posee una vegetación intervenida o Antrópica (ver imagen).

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente estudio se empleo el método no experimental, descriptivo, el cual consiste en observar y medir parámetros biométricos y a partir de ello determinar el carbono almacenado en las plantaciones de palma aceitera y Carbono fijado en el suelo. Es decir, no se manipularon las variables estudiadas.

3.2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN

Las plantaciones escogidas para la investigación fueron establecidas hace 10 años con una densidad de siembra de 143 plantas/ha.

La población constituye un total de 30 has de Palma aceitera, constituido por 4290 individuos, ubicadas en las zonas antes mencionadas.

MUESTRA

Para la selección de las muestras es necesario conocer los depósitos de Carbono que se analizaron en la investigación, estos son:

- * Biomasa Viva (Selección de arboles y cobertura herbácea)
- * Materia Orgánica Muerta (Biomasa muerta)
- * Suelos

Para el caso de la biomasa viva (árboles) se seleccionan 20 árboles por cada una de las parcelas haciendo un total de 60 individuos de Palma

aceitera de los cuales se analizaron la cantidad de carbono almacenado en las partes vivas de la Planta (Estípites y hojas).

Para la biomasa viva (Herbácea) y Biomasa Muerta se extrajeron dos muestras por parcela tratando de que estas estén dispersas entre las plantas de Palma seleccionadas. Obteniéndose un total de 6 muestras por las tres parcelas de estudio.

Finalmente para determinar el carbono en el suelo la muestra fue extraída del área de cobertura de las plantas seleccionadas, un total de 12 submuestras de suelo para determinar el carbono, más 04 submuestras para determinar la densidad aparente del suelo.

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

3.2.3 SELECCIÓN DE LOS SITIOS

A continuación se muestra la descripción de los sitios en donde se desarrolló la investigación. Todos estos Caseríos, se encuentran ubicados al margen derecho e izquierdo de la Carretera Campo Verde-Neshuya.

Cuadro 4: Datos generales de la Parcela ubicada en San Pedro

Nombre del agricultor	Carlos Díaz Ingunza
Ubicación geográfica del fundo	Distrito de Campo Verde Provincia de Coronel Portillo C.FB Km 46.200
Nombre del fundo	Estancia Domita
Nombre del caserío	San Pedro
Sector al que pertenece	Campo Verde
Hectáreas instalados	11 has de palma aceitera 10 años

Fuente: PANDURO, 2012. "Caracterización de suelos, en plantaciones de palma aceitera, con fines de prescripción técnica, en la Provincia de Coronel Portillo y Padre Abad, región Ucayali"

Cuadro 5: Datos generales de la Parcela ubicada en Palmeras del Ucayali

Nombre del agricultor (a)	Prospero Villar Chávez
Ubicación geográfica del fundo	Distrito de Campo Verde Provincia de Coronel Portillo C.FB Km 46.500 interior 3 Km
Nombre del fundo	S/N
Nombre del caserío	Las Palmeras del Ucayali
Sector al que pertenece	Campo Verde
Hectáreas instalados	12 has de palma aceitera de 10 años de edad

Fuente: PANDURO, 2012. "Caracterización de suelos, en plantaciones de palma aceitera, con fines de prescripción técnica, en la Provincia de Coronel Portillo y Padre Abad, región Ucayali"

Cuadro 6: Datos generales de la Parcela ubicada en La Merced de Neshuya

Nombre del agricultor (a)	Aron Molina Guerra
Ubicación geográfica del fundo	Distrito de Campo Verde Provincia de Coronel Portillo C.F.B Km. 50 Interior 8 Km
Nombre del fundo	La molina
Nombre del caserío	La Merced de Neshuya
Sector al que pertenece	Campo Verde
Hectáreas instalados	07 has de palma aceitera de 10 años de edad.

Fuente: PANDURO, 2012. "Caracterización de suelos, en plantaciones de palma aceitera, con fines de prescripción técnica, en la Provincia de Coronel Portillo y Padre Abad, región Ucayali"

A continuación se muestra en la imagen los sitios donde se realizaron los muestreos.

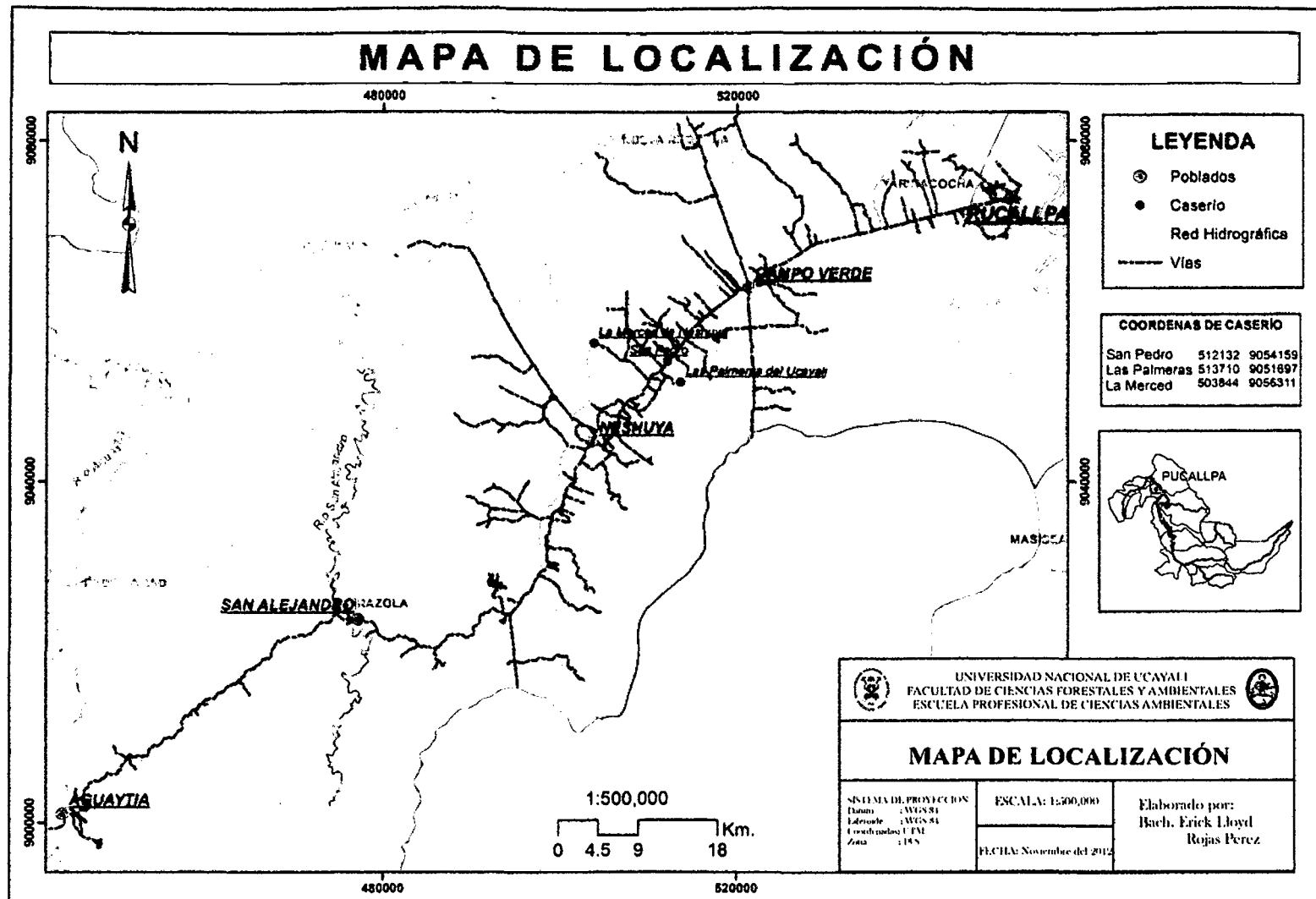


Imagen 6: Mapa de ubicación de las parcelas de investigación
Fuente. Elaboración propia

3.2.4 COMPONENTES ESTUDIADOS

Se consideran los siguientes componentes:

- Almacenamiento de Carbono en la biomasa aérea.
- Almacenamiento de Carbono en la biomasa muerta.
- Fijación de Carbono en el suelo.

3.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 Materiales.

Libreta, tablero de campo, lápices, lapiceros, plumón indeleble, bolsas, stickers, sobres de manila y costales.

3.3.2 Equipos.

Cámara digital, balanza digital, balanza romana, estufa, laptop, impresora.

3.3.3 Herramientas.

Cinta métrica, Calibrador o Vernier, Wincha, pala recta, machete, tijera de podar, barreno, cuadrilla de madera, Oz y cilindro de volumen conocido.

3.4. PROCEDIMIENTO PARA LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.4.1. Determinación de la Biomasa total

3.4.1.1. Biomasa en las partes vivas de la palma.

Para la determinación del carbono en las partes vivas de la palma se consideró sólo las hojas y estípites por cada palma de las parcelas de investigación.

Para la evaluación se utiliza el método no destructivo. Por lo cual primero se determina el peso seco de los órganos antes mencionados por formulas planteadas por Corley (1971) además de emplear la metodología del ICRAF. Finalmente también se siguen los procedimientos establecidos en el Diplomado "Manejo Integrado del Cultivo de la Palma Aceitera, con Énfasis en la Prescripción Técnica de Programas Nutricionales, (2010)".

*** EVALUACIÓN DE LA BIOMASA EN LAS HOJAS:**

Para este método es necesario conocer el *Peso seco foliar*, pues conociendo este valor, podemos estimar la cantidad de carbono almacenado, ya que este viene dado por el producto entre el peso seco foliar y un fracción de carbono dado por la IPCC equivalente a 0,5.

El procedimiento para estimar el *Peso seco foliar* consiste en localizar e identificar la hoja número 17, teniendo en cuenta la filotaxia y distribución de las hojas (ver Imagen N° 07). Luego se corta dicha hoja lo más cerca que sea posible a su base, sin cortar racimos o inflorescencias. Ya en el suelo, se realizará un corte transversal del raquis en su punto de inserción con el peciolo, Luego con la ayuda de un Vernier se mide las dimensiones del ancho y altura, del corte transversal (ver Imagen N° 08).



Imagen 7: Filotaxia y distribución del número de hojas



Imagen 8: Corte transversal de la hoja 17 en la inserción del Raquis con el Peciolo.

Cálculos Matemáticos para obtener la Biomasa seca

Para determinar la materia seca de las hojas se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS(hojas) = (0.1023P + 0.2062) \times 38 \times 143 / 1000$$

$MS(hojas)$ = Masa seca de las hojas (toneladas/ha)
 P = Producto de alto y Ancho medidos (cm^2)
143 = Densidad de siembra (plantas/ha)
38 = Cantidad aproximada de hojas por palma
1000 = Constante para transformar a toneladas
Los valores de 0.1023 y 0.2062, son constantes de tipo estadístico para convertir los valores de la ecuación a kilogramos.

*** EVALUACIÓN DE LA BIOMASA EN EL ESTÍPITE:**

Este procedimiento consiste en conocer el peso seco del estípote, para ello es necesario medir correctamente la altura y diámetro del estípote.

Diámetro del estípote Se midió la longitud de la circunferencia del estípote a una altura de 1,5 metros del suelo con ayuda de una cinta métrica (Imagen 09), luego se calculó el diámetro y radio.

Altura del estípote La medición de la altura del estípote se realizó midiendo desde el suelo, en el plato de la palma, hasta la base de la hoja 41 (Imagen 07) de la palma para lo cual se empleó una Wincha, teniendo en cuenta la filotaxia de las hojas (Imagen 10).

$$r = \text{Longitud de la circunferencia} / 2\pi$$

r = Radio del estípote (metros)
 h = altura del estípote en metros

Cálculos Matemáticos para obtener la Biomasa seca

Para la biomasa seca del estipite se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS(estipite) = \frac{(V \cdot S \cdot 143)}{1000}$$

$MS(estipite)$ = Masa seca del estipite (toneladas/ha)

$$V = (\pi r^2 h)(1000)$$

1000 = Constante para transformar m³ a litros

$$S = 0.159 \text{ Kg/l}$$

S = La densidad del tronco seco estimada, individuo 10 años

1000 = Constante para transformar toneladas a ha

143 = Constante equivalente a densidad de siembra/ha

3.4.1.2. Determinación de la Biomasa Seca Herbácea (BHb)

La biomasa herbácea (BHb) está compuesta de biomasa de arbustos menores de 2,5 cm de diámetro; gramíneas y otras hierbas.

Para la determinación de la (BHb) se trabajó con la metodología del ICRAF (2009), se utilizó un marco cuadrado de 0.25 m² (50cm x 50cm). La biomasa se estimó por muestreo directo en dos cuadrantes de 0.25 m², distribuidas al azar dentro de cada parcela de investigación.

Se cortó toda la vegetación a nivel del suelo en el cuadrante señalado, se registró el peso fresco total recolectado y se seleccionó una submuestra de 100 gr para luego ser colocado en una bolsa de papel correctamente identificada, secándola en hornos de aire caliente a 60 °C hasta obtener peso seco constante. De esta manera se obtuvo la masa seca de la herbácea.

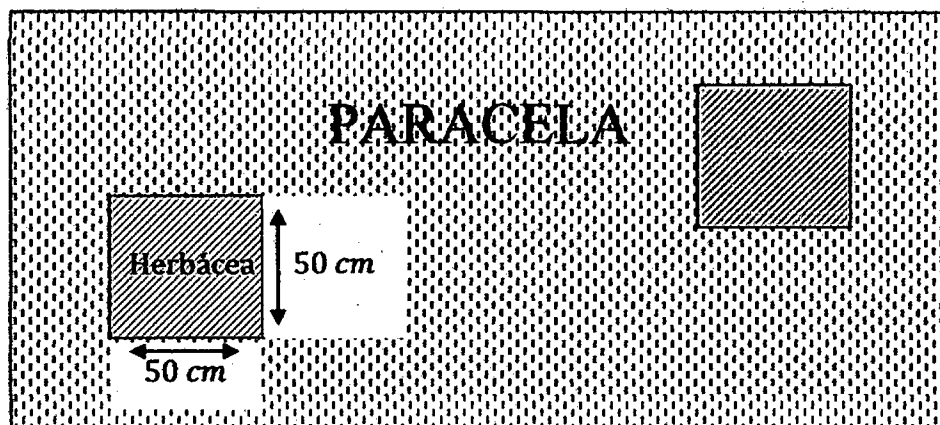


Imagen N° 09 Método para muestreo de biomasa herbácea (BHb)

$$MS(BHb) = \left(\frac{PS_{submuestra}}{PF_{submuestra}} \right) \cdot PFT \cdot 4 / 100$$

$MS(BHb)$ = Masa Seca de la herbácea en tMS/ha
 $PS_{submuestra}$ = Peso seco de la submuestra en gr
 $PF_{submuestra}$ = Peso fresco de la submuestra en gr
 PFT = Peso fresco total en gramos
 4 = Constante para llevar el cálculo a gr/m²
 100 = constante para llevar al cálculo a $\frac{tMS}{ha}$ (toneladas de masa seca por hectarea)

3.4.1.3. Determinación de la biomasa seca muerta

Así como la biomasa herbácea (BHb), para el caso de la medición de la biomasa muerta o necromasa (compuesta por la materia orgánica en descomposición). Se emplea la misma metodología.

Es decir usamos la cuadrilla de madera de 0.25m² para seleccionar la muestra y registramos el peso fresco total, el peso fresco de la submuestra y finalmente el peso seco constante obtenido luego de llevar la submuestra a la estufa, secándola en el horno de aire caliente a 60 °C. De esta manera seleccionamos el peso seco de la Biomasa muerta.

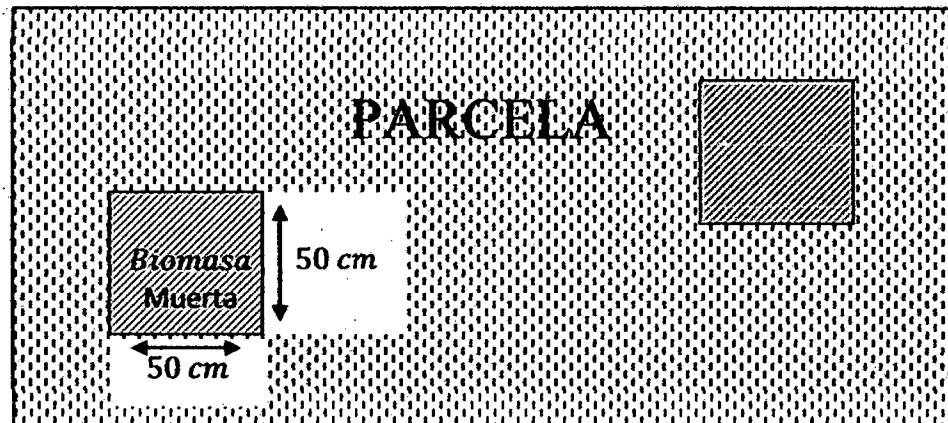


Imagen 10: Método para muestreo de biomasa muerta (Bbm)

$$MS(bm) = \left(\frac{PS_{submuestra}}{PF_{submuestra}} \times PFT \times 4 \right) \times \left(\frac{9}{200} \right)$$

$MS(bm)$ = Masa seca de la biomasa muerta * tMS/ha
 $PS_{submuestra}$ = Peso seco de la submuestra gr
 $PF_{submuestra}$ = Peso fresco de la submuestra gr
 PFT = Peso fresco total gr
 $4,100$ = Constante transformación de unidades
 $\frac{9}{200}$ = Constante para obtener masa seca en área de necromasa

*tMS/ha = Toneladas de masa seca por hectárea.

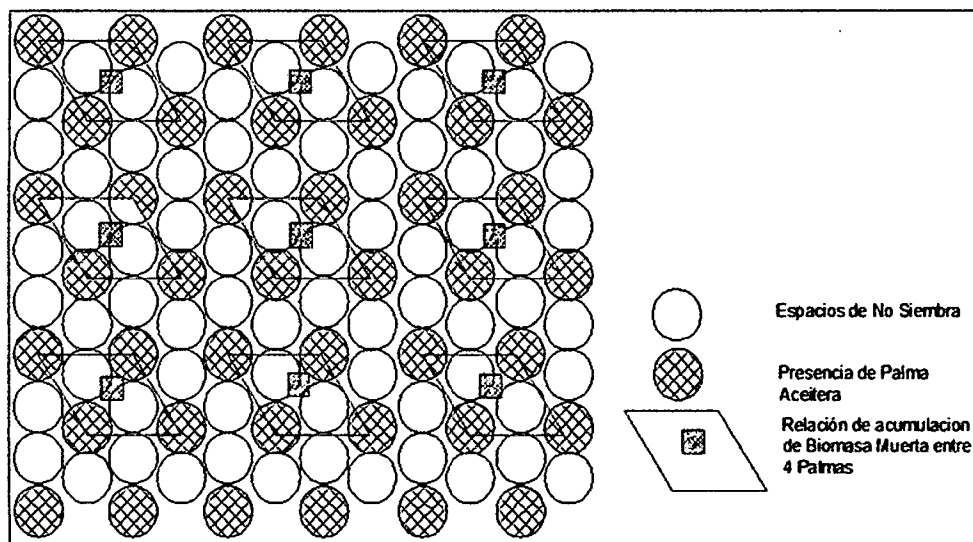


Imagen 11: Distribución de la biomasa muerta dentro de una parcela

NOTA



Para el cálculo de la Biomasa muerta seca por hectárea, es decir t/ha o Mg ha^{-1} de C, el cálculo difiere al de la biomasa seca de la cobertura herbácea, ya que esta última (herbácea) cubre toda la hectárea en cuestión. Sin embargo, la biomasa muerta sólo está acumulada en ciertas secciones tal como se muestra en la (Imagen N° 13).

Es por ello que se debe estimar el área promedio que ocupa la acumulación de biomasa muerta por cada 4 plantas diferentes en una hectárea y luego multiplicar dicha área por la densidad de acumulación de biomasa muerta en una hectárea. Para cuestiones de cálculos se considera un área promedio de biomasa muerta de 12.5 m^2 y una densidad de biomasa muerta por hectárea de 36 unidades por hectárea (estimaciones propias de la investigación). Esto significa una sub área de 450 m^2 por cada parcela de investigación.

3.4.1.4. Determinación de la biomasa viva total, y biomasa muerta total

La Biomasa seca total de las plantas de palma aceitera fue obtenida de la adición de los componentes evaluados.

$$\begin{aligned} *BS_{viva total} &= M_{Shojas} + M_{Sestipite} + M_{Sher} \\ **BS_{muerta total} &= MS_{bm} \end{aligned}$$

Así mismo se determinó la biomasa total por la siguiente fórmula:

$$***BS_{total} = BS_{viva total} + BS_{muerta total}$$

3.4.2. Determinación de carbono en la biomasa (CAB)

La cantidad de carbono almacenado en la biomasa CAB, se determinó empleando la metodología desarrollada por el ICRAF (2009), por la siguiente fórmula:

$$CAB = BS_{total} * FC$$

$$\begin{aligned} CAB &= \text{Carbono almacenado en la biomasa tC/ha} \\ BS_{total} &= \text{Biomasa seca total tMS/ha} \\ FC &= \text{Fracción de Carbono, según IPCC} = 0.5 \\ \frac{tC}{ha} &= MgC/ha - 1 <> \text{Equivalentes} \end{aligned}$$

3.4.3. Determinación de carbono fijado en el suelo

Se recomienda el muestreo mediante el uso de barrenos, dado que el establecimiento de calicatas es muy costoso. Así como utilizar el método Walkley Black porque no demanda equipos costosos, además es recomendable medir el depósito de carbono del suelo a profundidades de por lo menos dos horizontes (de 0-15 y 15-30 cm de profundidad.) Para

cada profundidad seleccionada, deberán ser colectadas muestras de suelo separadas para análisis de carbono orgánico y densidad aparente.

En cada parcela se seleccionan dos puntos de muestreo de 1 x 1 m. se debe colectar tres muestras para cada profundidad, utilizando un Barreno y una muestra adicional para calcular la densidad aparente, utilizando un cilindro metálico de volumen conocido.

Para determinar el contenido de C, las muestras deben ser secadas a una temperatura de 55 °C durante tres días (obtendremos la masa del suelo), posteriormente se muelen, homogenizan y tamizan para finalmente ser analizadas en el laboratorio y determinar el contenido de carbono (%) por el método de Walkley Black. El carbono almacenado en el suelo (CAS) se cuantifica a partir del contenido de carbono en el suelo (%CS), la densidad aparente (DA) y la profundidad de muestreo (P); utilizando la siguiente fórmula:

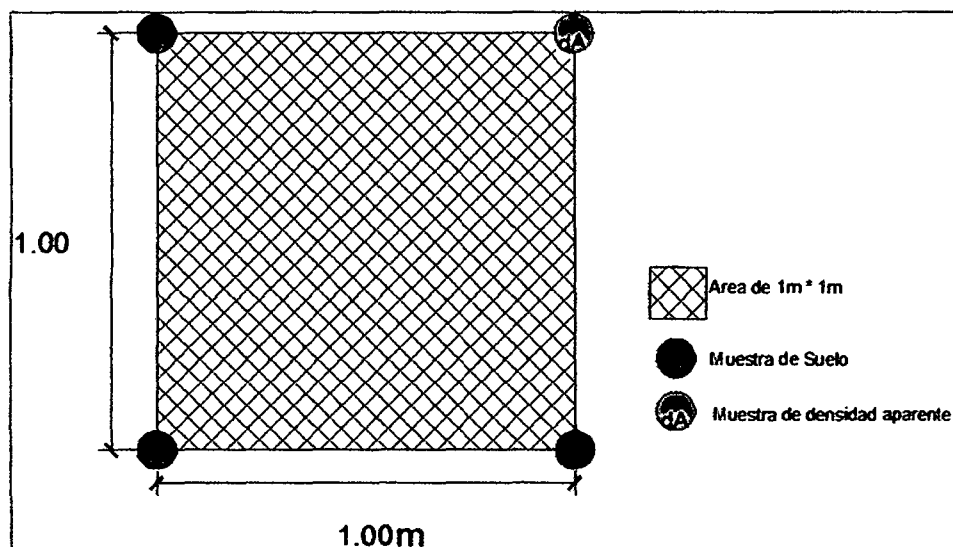


Imagen 12: Diseño de toma de muestras de suelo, en parcelas 1*1

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

CAS	=	Carbono Almacenado en el suelo
%CS	=	Porcentaje de carbono en el suelo
DA	=	Densidad aparente del suelo
P	=	Profundidad de muestreo

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación de carbono almacenado en la biomasa.

4.1.1. Evaluación de la Biomasa y Carbono en las HOJAS:

De acuerdo a los datos medidos en campo tenemos que, para calcular la biomasa seca en las hojas, debemos medir la altura y el ancho del raquis en su punto de inserción con el peciolo, estos datos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 7: Cálculo de contenido de biomasa seca en las Hojas (BShojas)

Caseríos Campo Verde	Prom. Alto (cm)	Prom. Ancho (cm)	*P (cm ²)	Biomasa seca (t MS/ha)
San Pedro	3.335	6.16	20.54	12.54
La Merced de Neshuya	3.445	6.6	22.74	13.76
Palmeras del Ucayali	3.40	6.41	21.76	13.22

* $P = \text{Promedio.alto} * \text{Promedio.ancho (cm}^2\text{)}$

** $BShojas = \{[(0.1023 * P) + 2062] * 38 * 143\} / 1000$

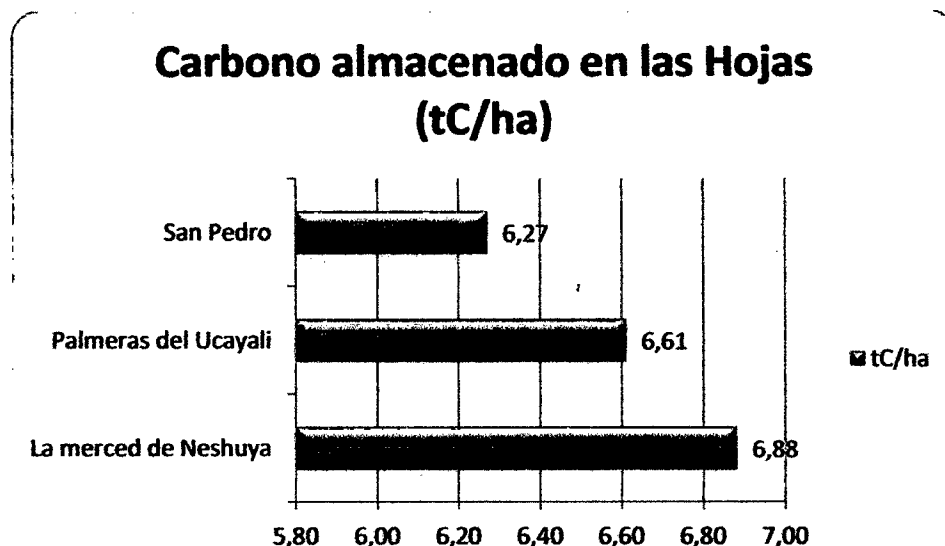
Cuadro 8: Cálculo del contenido de Carbono almacenado en las hojas (CAhojas)

Caseríos Campo Verde	Biomasa seca (t MS/ha)	PC (tC/t MS)	Carbono (tC/ha)
San Pedro	12.54	0.5	6.27
La Merced de Neshuya	13.76	0.5	6.88

Palmeras del Ucayali	13.22	0.5	6.61
-------------------------------------	--------------	------------	-------------

$$* CA_{hojas} = BS_{hojas} * FC$$

Grafico 5: Distribución del carbono almacenado en las hojas por parcela de investigación



4.1.2. Evaluación de la Biomasa y Carbono en el ESTÍPITE:

Para el caso del estípite, según la metodología descrita, es necesario conocer la longitud de la circunferencia del tronco, así como la altura del mismo, esto se observa en el cuadro siguiente.

Cuadro 9: Cálculo de contenido de biomasa seca en el Estípite (BSestípite)

Caseríos Campo Verde	long.Circ. (m)	h(m)	Radio(m) *	volumen (litros) **	Densidad seca (kg/l)	Biomasa seca (t MS/ha) ***
San Pedro	1.819	2.7025	0.29	711.58	0.159	16.18
La Merced de Neshuya	1.915	2.7495	0.30	802.38	0.159	18.24

Palmeras del Ucayali	2.0535	2.531	0.33	849.32	0.159	19.31
-------------------------------------	--------	-------	------	--------	-------	-------

$$*Radio (m) = \frac{Long.Circ}{2\pi} ; Volumen (m^3) = \pi * r^2 * h$$

$$**Volumen (litros) = \frac{Volumen}{1000}$$

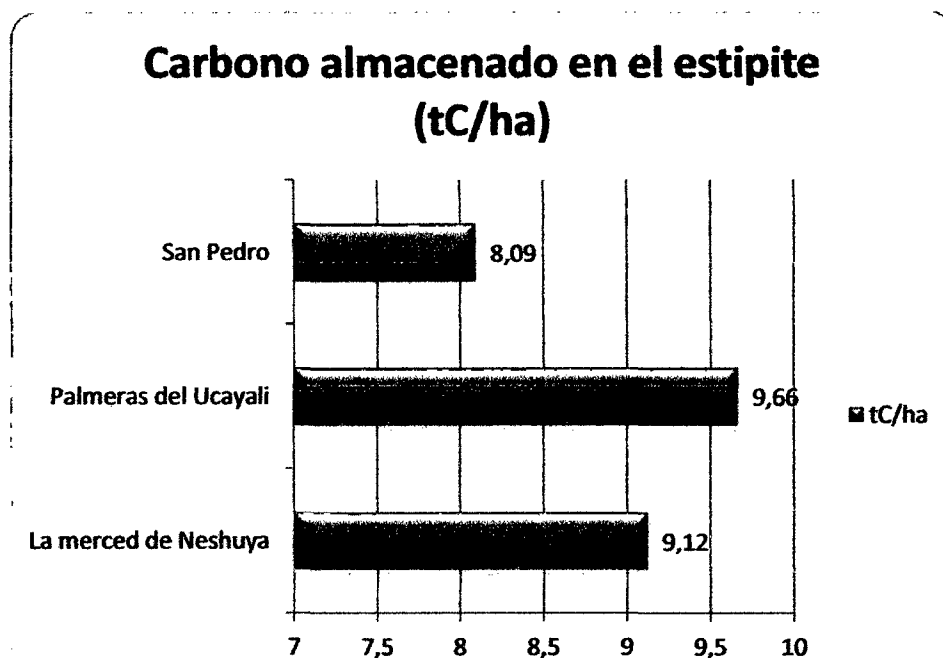
$$*** Biomasa seca (\frac{tMS}{ha}) = \frac{Densidad * Volumen * 143}{1000}$$

Cuadro 10: Cálculo del contenido de Carbono en el Estípite (CAestípite)

Caseríos Campo Verde	Biomasa seca (t MS/ha)	FC (t C/t MS)	Carbono (tC/ha)
San Pedro	16.18	0.5	8.09
La Merced de Neshuya	18.24	0.5	9.12
Palmeras del Ucayali	19.31	0.5	9.66

$$* CAestipite = BS_{estipite} * FC$$

Gráfico 6: Distribución del carbono almacenado en el Estípite por parcela de investigación



En estos dos últimos gráficos 6 y 7, puede observarse el carbono almacenado en las partes vivas de la palma, es decir, hojas y estípite, ambas calculadas a partir del contenido de biomasa seca.

4.2. Determinación de carbono almacenado en la COBERTURA HERBÁCEA.

4.2.1. Evaluación de Biomasa y Carbono en la Cobertura Herbácea:

Para el caso de la cobertura herbácea se necesita determinar mediante la metodología especificada, los pesos secos obtenidos a través de una submuestra fresca (contenido de humedad) llevada al horno, empleando las formulas matemáticas indicadas.

Cuadro 11: Cálculo de contenido de biomasa seca en la cobertura Herbácea (BS herbácea)

Caseríos	peso fresco (gr)	peso seco (gr)	PFT (gr)	* Biomasa seca(gr/m2)	Biomasa seca (t MS/ha)
----------	---------------------	-------------------	----------	--------------------------	------------------------------

San Pedro	100	53.65	231.20	496.16	4.96
La Merced de Neshuya	100	47.55	227.10	431.94	4.32
Palmeras del Ucayali	100	61.40	214.3	526.32	5.26

$$* BS_{herb\acute{a}cea} = \left(\frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \right) * PFT(\text{peso fresco total}) * 0.04$$

* Donde 0.04 es un factor para transformar unidades a tMS/ha

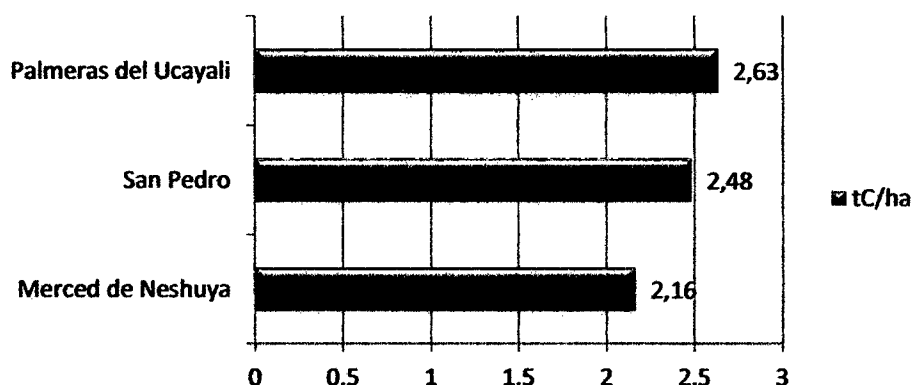
Cuadro 12: Cálculo del contenido de Carbono en la Herbácea (CA_{herbácea})

Caseros Campo Verde	Biomasa seca (t MS/ha)	FC (t C/t MS)	Carbono (tC/ha)
San Pedro	4.96	0.50	2.48
La Merced de Neshuya	4.32	0.50	2.16
Palmeras del Ucayali	5.26	0.50	2.63

$$* CA_{herb\acute{a}cea} = Fc * BS_{herb\acute{a}cea}$$

Gráfico 7: Distribución del carbono almacenado en la Herbácea por parcela de investigación

Carbono almacenado en la Cobertura herbácea tC/ha



4.3. Determinación de carbono almacenado en la BIOMASA MUERTA.

4.3.1. Evaluación de Biomasa y Carbono en la Biomasa Muerta:

Para el caso de la Biomasa muerta se necesita determinar el peso seco obtenido a través de una submuestra fresca llevada al horno, empleando las formulas matemáticas especificadas.

Cuadro 13: Cálculo de contenido de biomasa seca de la Biomasa Muerta (BSbm)

Caseríos	peso fresco (gr)	peso seco (gr)	PFT (gr)	* Biomasa seca(gr/m ²)	Biomasa seca (t MS/ha)	Biomasa seca (t MS/pa)
San Pedro	200	146.05	480 0	14020.8	140.21	6.31
La Merced de Neshuya	200	165.3	595 0	19670.7	196.71	8.85
Palmeras del Ucayali	200	155.67 5	537 5	16735.0 6	167.35	7.53

$$* BSbm = \left(\frac{\text{peso seco}}{\text{peso fresco}} \right) * PFT(\text{peso fresco total}) * 0.045$$

$$* \frac{MS}{Pa} = \text{Masa seca por parcela}$$

*

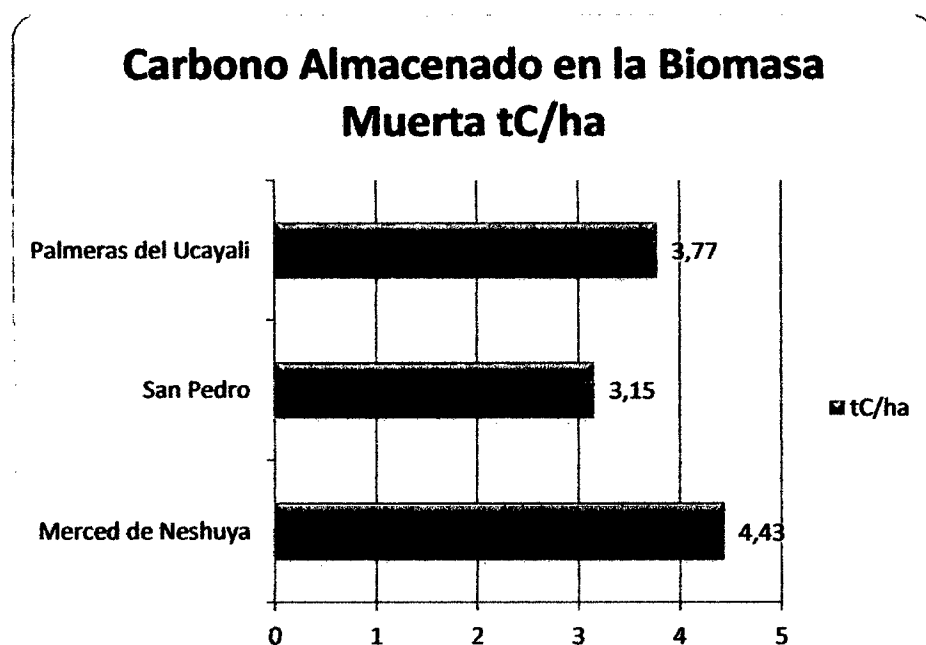
Donde 0.045 es factor para transformar unidades a $\frac{tMS}{parcela}$ (toneladas de masa seca/ parcela)

Cuadro 14: Cálculo del contenido de Carbono en la Biomasa muerta (CAbm)

Caseríos Campo Verde	Biomasa seca (t MS/ha)	FC (t C /t MS)	*Carbono (tC/ha)
San Pedro	6.31	0.50	3.15
La Merced de Neshuya	8.85	0.50	4.43
Palmeras del Ucayali	7.53	0.50	3.77

$$* CA_{bm} = Fc * BS_{Biomasa\ muerta}$$

Gráfico 8: Distribución del carbono almacenado en la Biomasa Muerta por parcela de investigación



4.4. Determinación de carbono Fijado en el SUELO.

4.4.1. Evaluación de carbono fijado en el Suelo

Cuadro 15: Cálculo de contenido de CAS (carbono fijado en el suelo), a partir del % de CO obtenido en laboratorio

Parcelas	Cuadrante	Gasto	N FeSO4	meq FeSO4	meq K2CrO2	Peso suelo (gr)	%CO (carbono orgánico)	peso seco (gr)	volumen Cilindro (cm3)	densidad aparente (gr/cm3)	CAS (tC/ha)	CAS (tC/ha)
San Pedro	1	22.2	0.35	63.43	10	1	0.45	375.3	229.02	1.64	11.01	31.03
San Pedro		23	0.35	65.71	10	1	0.78	391.9	229.02	1.71	20.02	
San Pedro	2	21	0.35	60.00	10	1	1.06	322.0	229.02	1.41	22.35	41.09
San Pedro		22.4	0.35	64.00	10	1	0.86	331.0	229.02	1.45	18.73	
Merced de Neshuya	1	21.6	0.35	61.71	10	1	0.98	328.3	229.02	1.43	20.99	40.55
Merced de Neshuya		22.5	0.35	64.29	10	1	0.85	351.4	229.02	1.53	19.56	
Merced de Neshuya	2	21.2	0.35	60.57	10	1	1.03	328.3	229.02	1.43	22.19	42.82
Merced de Neshuya		22.1	0.35	63.14	10	1	0.91	347.7	229.02	1.52	20.63	
Palmeras del Ucayali	1	21.3	0.35	60.86	10	1	1.02	351.8	229.02	1.54	23.46	44.15
Palmeras del Ucayali		22.5	0.35	64.29	10	1	0.85	371.7	229.02	1.62	20.69	
Palmeras del Ucayali	2	19.6	0.35	56.00	10	1	1.26	325.2	229.02	1.42	26.75	46.57
Palmeras del Ucayali		22.2	0.35	63.43	10	1	0.89	339.4	229.02	1.48	19.83	

Profundidad de 0 a 15 cm.	
Profundidad de 15 a 30 cm.	

$$\%CO = \frac{(\text{meq } K_2Cr_2O_7 - \text{meq } FeSO_4) \times 0.4}{\text{Peso de suelo}}$$

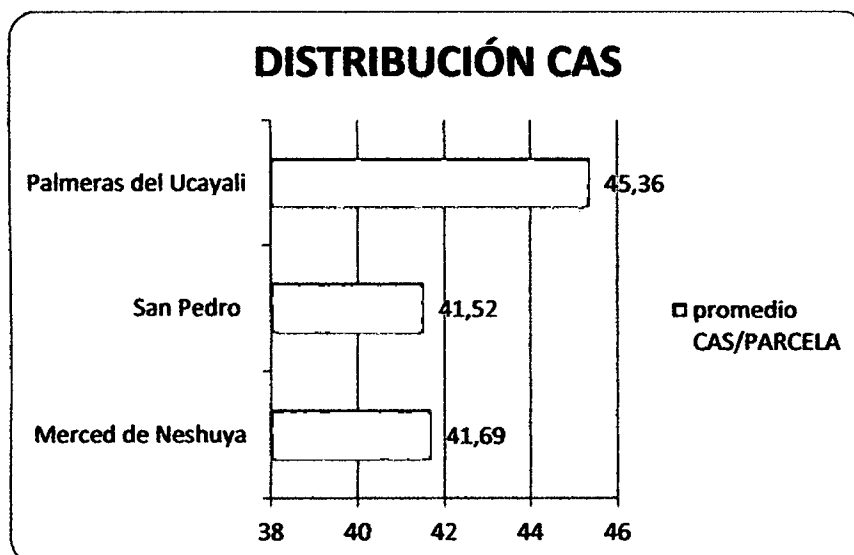
$$CAS = \text{Profundidad de muestra} \times \text{densidad aparente} \times \%CO$$

$$CAS = \sum CAS' \quad (\text{Sumatoria de los subtotales de contenido de carbono de 0 a 15 cm y 15 a 30 cm en cada perfil})$$

Cuadro 16: Cálculo del CAS en cada parcela a profundidades de 0 y 30 cm

Parcelas	tipo de muestra	CAS (tC/ha)	Promedio CAS/Parcela
San Pedro	1	41.95	41.52
	2	41.09	
La Merced de Neshuya	1	40.55	41.69
	2	42.82	
Palmeras del Ucayali	1	44.15	45.36
	2	46.57	

Gráfico 9: Distribución del carbono fijado en el Suelo a diferentes profundidades de 0 – 30 cm



4.5. Resumen de los cálculos obtenidos.

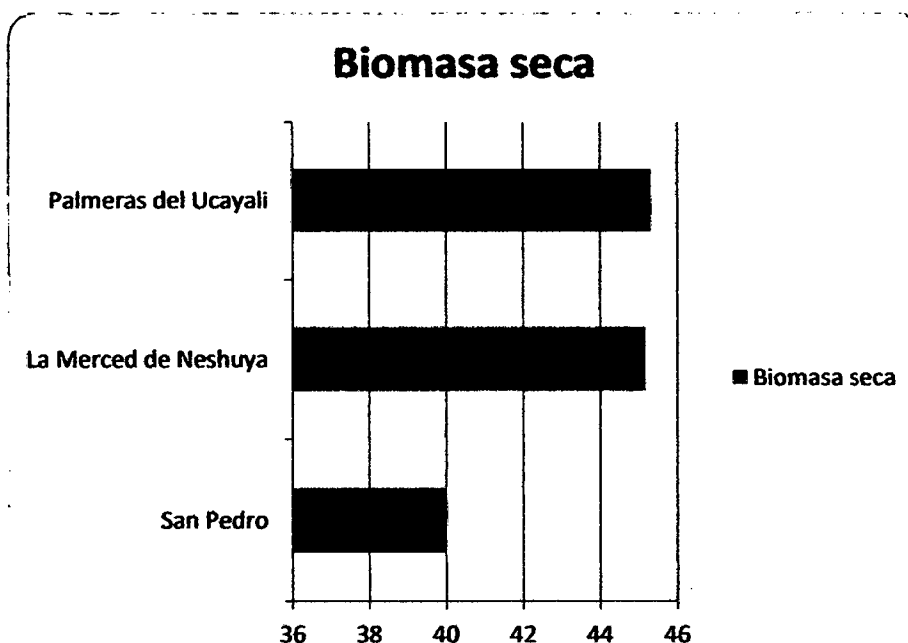
La evaluación de carbono muestra los siguientes resultados en resumen:

Cuadro 17: Resumen de los resultados obtenidos toneladas de masa seca por hectárea “tMS/ha”.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA POR HECTAREA EN CADA UNA DE LOS CASERIOS EVALUADOS
(toneladas de masa seca (tMS)/hectárea)

Caseríos Variables	San Pedro	La Merced de Neshuya	Palmeras del Ucayali
Partes vivas (hojas + estípites)	28.72	32.00	32.53
hojas	12.54	13.76	13.22
estípites	16.18	18.24	19.31
herbácea	4.96	4.32	5.26
biomasa muerta	6.31	8.85	7.53
Total	39.99	45.17	45.32

Gráfico 10: Producción de Biomasa seca de las hojas (t/ha)



Cuadro 18: Resumen de los resultados en toneladas de C por hectárea o megagramo de C por hectárea "tC/ha", "MgC ha⁻¹".

CONTENIDO DE CARBONO POR HECTAREA EN CADA UNA DE LOS CASERIOS EVALUADOS (Biomasa aérea + suelo a profundidad < 30 cm + necromasa)

Caseríos			
Variables	San Pedro	La Merced de Neshuya	Palmeras del Ucayali
Partes vivas	14.36	16.00	16.26
hojas	6.27	6.88	6.61
estípites	8.09	9.12	9.66
herbácea	2.48	2.16	2.63
biomasa muerta	3.09	4.40	3.77
Suelo	36.06	41.69	45.36
total	55.99	64.25	68.03

Gráfico 11: carbono almacenado y fijado en cada caserío.

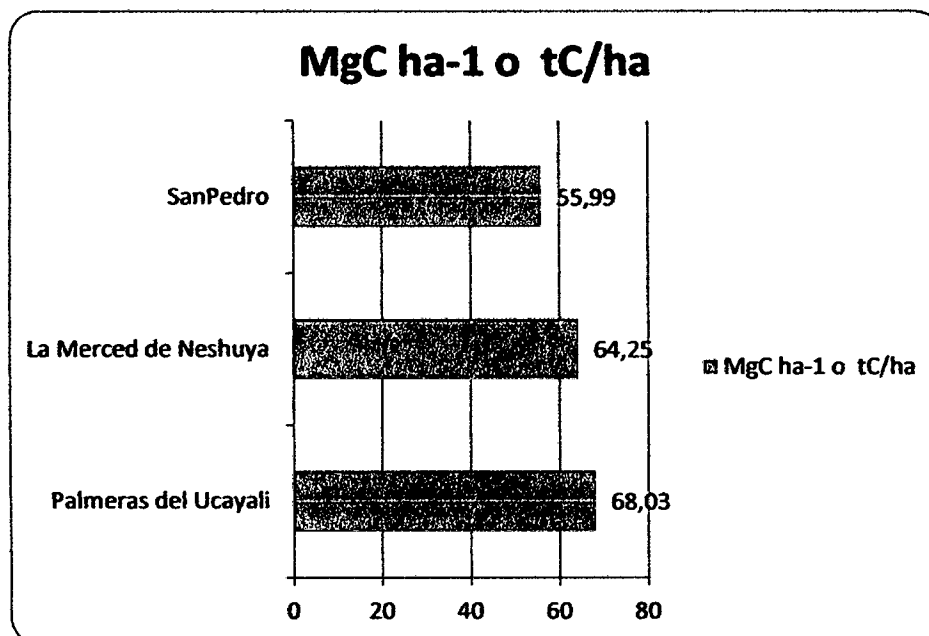
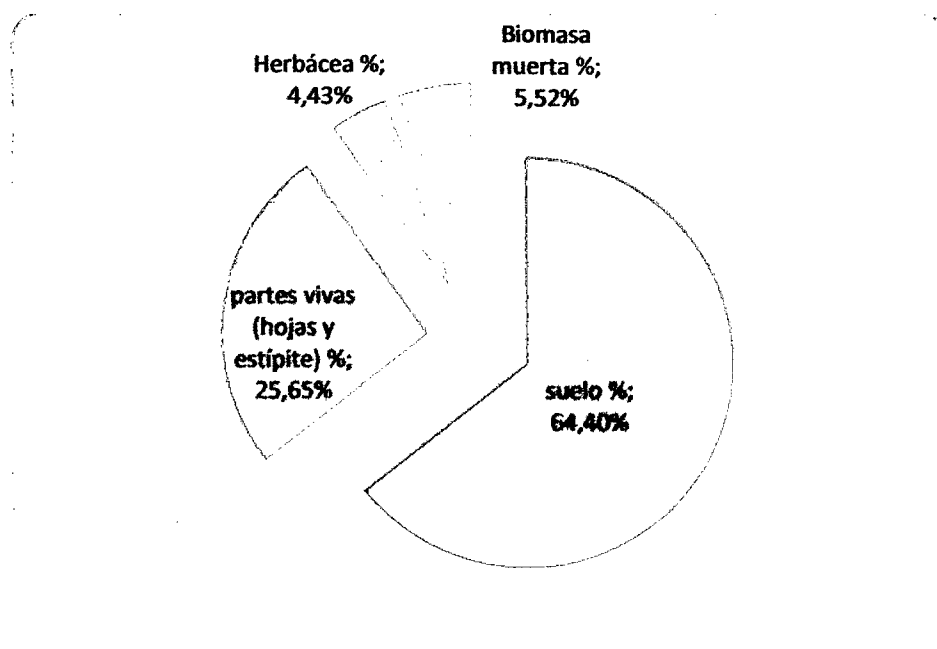
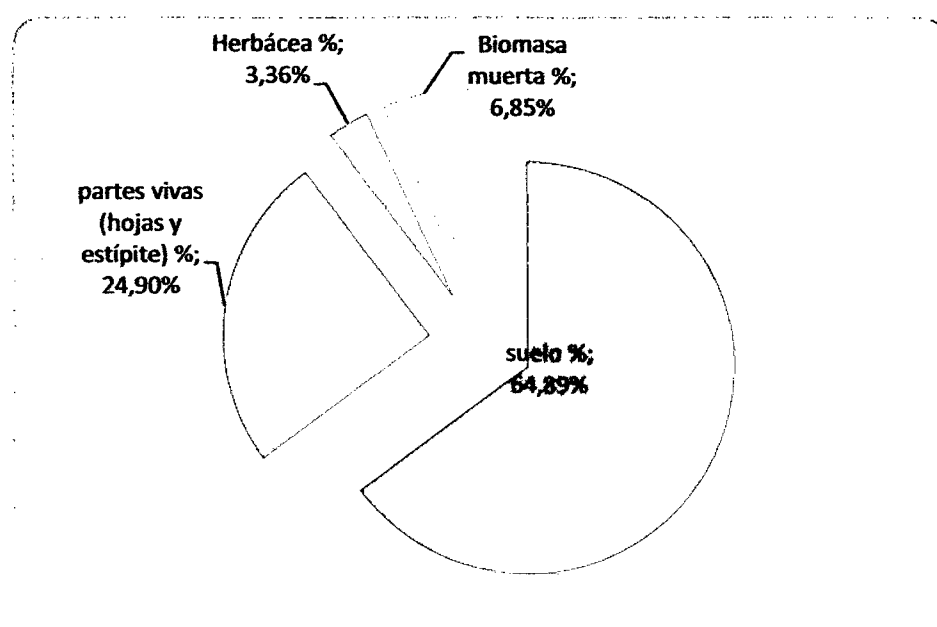


Gráfico 12: Porcentajes de los niveles de captura de carbono de los componentes por parcela

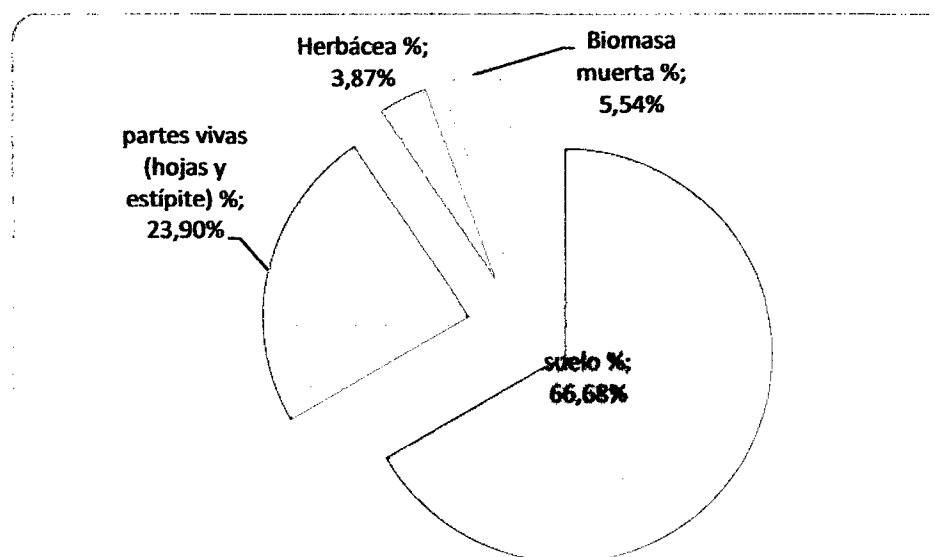
a. San Pedro



b. La Merced de Neshuya



c. Palmeras del Ucayali



La distribución de los niveles de captura de Carbono de las partes del sistema de plantación de Palma aceitera, muestra que es el SUELO, el componente que ha alcanzado los mayores niveles de captura, seguido de las partes vivas de la palma, la Biomasa muerta y finalmente la Cobertura Herbácea.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Discusión de captura de “C” en el sistema de plantación.

- a. Niveles de captura de carbono alcanzados por el sistema de plantación de Palma aceitera (partes vivas de la palma + cobertura herbácea + biomasa muerta + suelo):

En Costa Rica, Leblanc, Russo, Cueva y Subía (2006), realizaron un estudio sobre **“Fijación de carbono en palma aceitera en la región tropical húmeda de Costa Rica”**, en plantaciones de siete años de edad, encontrando que la fijación total media de carbono en el sistema de cultivo de palma africana (biomasa aérea + suelo) alcanzó 96.02 Mg ha^{-1} de C (perfil de suelo, 0 cm a 30 cm) y $126.03 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C (perfil de suelo, 0 cm a 50 cm). Por otro lado, Cañari 2013, realizó un estudio sobre **“Fijación y Almacenamiento de Carbono en Plantaciones de Palma Aceitera en el Eje de la Carretera Neshuya-Curimaná, Provincia de Padre Abad, Región Ucayali”**, en Plantaciones de diez años de edad, encontrando 74.19 tC/ha. , acumulados. Por otro lado, Espinoza 2013, realizó un estudio sobre captura de carbono en plantaciones de palma aceitera de 30 años de edad en ecosistemas de suelos degradados, encontrando 8.840 ton/ha de carbono en la biomasa viva y 3.730 ton/ha de carbono acumulado en el suelo.

Nuestros resultados son diferentes, debido a que las condiciones de suelo, clima y manejo no son las mismas ya que al ser ecosistemas diferentes, las condiciones ambientales, de suelo son variables, brindando a las plantas la oportunidad de desarrollarse con mayor efectividad y eficiencia en cuanto al aprovechamiento de dichas condiciones, especialmente fotosíntesis. Además, en el estudio de Costa Rica, las plantas fueron de siete años de edad y, es conocido

que las plantas cuanto menor edad tengan, mayor es su capacidad de capturar el Carbono atmosférico y almacenarlo en sus estructura o fijarlo en el suelo. Esto lo corroboramos con los resultados obtenidos por Espinoza 2013 que en plantas de 30 años de edad, encontró 8.840 ton/ha de carbono en la biomasa viva y 3.730 ton/ha de carbono acumulado en el suelo; es decir, contrario a nuestros resultados.

b. Los Porcentajes de captura de los componentes del sistema:

b.1. Del sistema de plantación:

Los resultado de investigaciones realizadas por H.; LEBLANC, H.; RUSSO, R.; CUEVA, J.; SUBÍA E. 2006 y Cañari 2013, la mayor cantidad de carbono se encontró fijado en el suelo. Cañari 2013, reporta que el suelo es el elemento que mayor cantidad de carbono a fijado con porcentaje de 58.85% equivalente a 30.52 tC/ha ó Mg ha⁻¹.

En nuestro estudio, el suelo fue el componente que almaceno mayor cantidad de carbono. En el caserío de San Pedro se tiene un 64.40% equivalente a 36.06 Mg ha⁻¹ de la captura de carbono total, así mismo en el caserío de La Merced de Neshuya se tiene un 64.89% equivalente a 41.69 Mg ha⁻¹ y finalmente en el caserío de Palmeras del Ucayali se tiene un 66.68% equivalente a 45.36 Mg ha⁻¹, siendo el resto distribuidos entre hojas, estípites, materia muerta y cobertura herbácea.

b.2. De la biomasa aérea (hojas + estípites + cobertura herbácea):

En el estudio realizado en Costa Rica por Leblanc, Russo, Cueva y Subía (2006, se alcanzó niveles de captura de carbono del orden de

22.61 Mg ha⁻¹. Cañari 2013, obtuvo un 31.08% equivalente a 23.06 Mg ha⁻¹.

En el presente estudio se alcanzó niveles de captura de carbono de la siguiente manera; En el Caserío de San Pedro 30.08%, equivalente a 16.84 Mg ha⁻¹, en La Merced de Neshuya 28.26%, equivalente a 18.16 Mg ha⁻¹, en Palmeras del Ucayali 27.77%, equivalente a 18.9 Mg ha⁻¹.

La explicación con respecto a Cañari es que las zonas de vida muestran diferentes unidades ecológicas, siendo los suelos de nuestra zona de estudio, mas arcillosos que los de Cañari, ubicados entre la Carretera Neshuya-Curimaná, donde las plantas tienen oportunidad para manifestar mejor y mayor desarrollo y, como tal, mayor capacidad de captura de Carbono.

b.3. De la biomasa muerta o necromasa:

En el estudio realizado por Cañari 2013 en áreas ubicadas en la Carretera Neshuya-Curimaná, se alcanzó niveles del 7.46 Ton/ha., en la necro masa o biomasa muerta.

En nuestra investigación, se encontró los siguientes niveles de captura de carbono en los siguientes rangos, según ubicación: Caserío de San Pedro 3.09 ton/ha, La Merced de Neshuya 4.40 ton/ha. y Palmeras del Ucayali 3.77 ton/ha.

Sintetizando estos resultados encontramos que en ciertos componentes y parámetros medidos, obtuvimos resultados inferiores a los obtenidos por Leblanc 2006 y Cañari 2013; sin embargo, son superiores a los obtenidos por Espinoza 2103.

Puede explicarse estos resultados, desde el punto de vista del manejo que se da a las plantaciones, a la edad de las plantaciones, al tipo de suelo, al ecosistema y cobertura herbácea que finalmente también aporta al suelo.

VI. CONCLUSIONES

1. El promedio de carbono almacenado y fijado en plantaciones de palma aceitera con edad de 10 años, según los sectores estudiados, están distribuidos de la siguiente manera, el promedio total es de 62.09 tonC /ha: suelo: 41.04, partes vivas (estípites y hojas): 15.45, cobertura herbácea: 2.42, y Biomasa muerta: 3.75, todas expresadas en tonC /ha.
2. El suelo fue el componente que almacenó mayor cantidad de carbono en todos los sectores, siendo los promedios siguientes:

En el caserío de San Pedro se tiene un 64.40% de la captura de carbono total, así mismo en el caserío La Merced de Neshuya se tiene un 64.89% y finalmente en el caserío de La Merced de Neshuya se tiene un 66.68% todas ellas evaluadas sobre un perfil de suelo de 0 a 30 cm. Así mismo cabe resaltar 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.

3. No se encontraron diferencias estadísticas significativas con la prueba de Tukey ($p < 0.05$), en los componentes evaluados: estípites, hojas, herbácea, biomasa muerta y suelo en los sectores San Pedro, Palmeras del Ucayali y La Merced de Neshuya debido a que se encuentran en la misma zona de vida Bosque Húmedo Tropical y además presentan características similares de suelo.

VII. RECOMENDACIONES

1. Evaluar otros sistemas de producción agrícola, agroforestal de captura de carbono por ser una oportunidad adicional de ingresos económicos.
2. Identificar o establecer una metodología para estimar el potencial de almacenamiento de carbono en los frutos (racimo), cantidad que contribuiría a incrementar el potencial de captura de carbono del sistema; la metodología establecida por Corley 1971, no es precisa.
3. Promover nuevas investigaciones para desarrollar nuevas metodologías especialmente no destructivas para conocer el potencial de captura de carbono otras especies cuyo sistema de plantación brinde otros beneficios adicionales al proceso de Captura de carbono.

VIII. BIBLIOGRAFÍA:

- ALVARADO, A.; STERLING, F. 1993. Evaluación del patrón de distribución del sistema radical de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). Agronomía Costarricense 17(1): 41-48.
- ÁLVAREZ ESCOTO, Noelia R. (2005). Fijación de carbono en la biomasa y en el suelo de especies forestales nativas del trópico húmedo- Universidad Earth. Guácimo, Costa Rica. Diciembre, 2005. 41p.
- ARÉVALO SOLSOL, Pedro (2001). MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE PALMA ACEITERA. Ministerio de Agricultura. Lima-Perú 2001. 16p.
- BRACK EGG, Antonio (2009). POLITICA NACIONAL DEL AMBIENTE. Ministerio del Ambiente – MINAM. Lima-Perú. Junio 2009. 48p.
- CAÑARI ESPINOSA, Armando A. (2013). Tesis Fijación y almacenamiento de Carbono en plantaciones de palma aceitera en el eje de la carretera Neshuya- Curimana, Provincia de Padre Abad, región de Ucayali; 2012. Universidad Nacional de Ucayali-Pucallpa. 101pag
- 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.
- CORLEY, R.H.V; GRAY, B.S. (1976). "Growth and morphology" En "Oil Palm Research". Ed. por R.H.V. Corley, J.J. Hardon y B.J Wood, pp. 7-21, Elsevier, Amsterdam.
- CORLEY, R.H.V.; BREURE, C.J. (1982). "Measurements in oil palm experiments". Internal Report. Unipamol, Malasia, Sdn. Bhd.
- CORLEY, R.H.V (1983). "Photosynthesis and age of oil palm leaves". Photosynthetica, 17, 97-100.
- DUFRENE, E. (1989). "Photosynthese, consommation en eau et modelisation de la production chez le palmier a huile (*Elaeis guineensis* Jacq.)". Thesis, Univ. Of Paris-Sud, Orsay.
- ESPINOZA PÉREZ, D. 2013. "Almacenamiento y fijación de carbono en una plantación de aguaje (*Mauritia flexuosa*) y palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en campus de la Universidad Nacional de Ucayali, 2013". Tesis para optar título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de Ucayali.

- FRANCO BAUTISTA, Pedro N. 2010. Diplomado Internacional de Especialización Profesional "Manejo Integrado del Cultivo de la Palma Aceitera, con Énfasis en la Prescripción Técnica de Programas Nutricionales"- Pucallpa, Perú Agosto de 2010. 06p.
- FRANCO BAUTISTA, Pedro N. (2010). ANATOMÍA DE LA PALMA DE ACEITE. Curso Internacional sobre Plagas y enfermedades. Pucallpa mayo de 2010. 22p.
- FRANCO BAUTISTA, Pedro N. (2010). CURSO INTERNACIONAL SOBRE PLAGAS Y ENFERMEDADES QUE ATACAN EL CULTIVO DE PALMA ACEITERA. Pucallpa, Perú mayo de 2010. 88p.
- GOREU (2008). Plan vial departamental participativo de Ucayali. Pucallpa, Perú Diciembre de 2008. 147p.
- H. Leblanc, R. Russo, J.J. Cueva, E. Subía. Fijación de carbono en palma aceitera en la región tropical húmeda de Costa Rica- Universidad EARTH, Las Mercedes de Guácimo, Limón, Costa Rica. 2006. 06p.
- HARTLEY, C. W. 1983. La palma de aceite, Mexico, sur la plantation de San Alberto (Colombie). Continental. 958 p.
- HENSON, I.E. (1999). "Comparative ecophysiology of oil palm and tropical rainforest". En "Oil Palm and the environment: a Malaysian perspective". Ed. por Gurmit Singh et al. pp. 9-39, Malaysian Oil Palm Growers' Council, Kuala Lumpur.
- HENSON, I.E. (1991). "Age-related changes in stomatal and photosynthetic characteristics of leaves fo oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) *Elaeis*, 3, 336-348.
- HENSON, I.E. (1992). "Carbon assimilation, respiration and productivity of young oil palm (*Elaeis guineensis*)". *Elaeis*, 4, 51-59.
- HENSON, I.E. (1994). "Estimating ground CO₂ flux and its components in a stand of oil palm". *PORIM Bulletin*, 28, 1-2.
- JOURDAN, C.; REY, H. 1997. Modeling and simulation of the architecture and development of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. I. The Model. *Plant and Soil*. 190: 217-233.
- LINO ZEVALLOS, Karen. A. 2009. "Determinación del stock de biomasa y carbono en las sucesiones secundarias de bolaina en la cuenca media del río Aguaytía, Ucayali, Perú"-Pucallpa – Perú 2009. Tesis 82 p.

- MELADO HERREROS, Ángela (2008). Modelo de cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis* jacq.) en honduras. Universidad politécnica de Madrid escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. Junio de 2008. 265p.
- MINAM (2009). Identificación de Metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales. Lima-Perú 2009. 99p.
- MONTEITH, J.L; SZEIC, G; YABUKI, K. (1964). "The journal of Applied Ecology". Vol. 1, No.2. 17: 321-337.
- MONTEITH, J.L. (1977). "Climate and the efficiency of crop production in Britain". Philosophical Transactions of the Royal Society. 107, 1-27.
- PANDURO PISCO, Grober (2011). "caracterización de suelos en plantaciones de palma aceitera, con fines de biorremediación en la provincia de coronel portillo y padre abad, Región Ucayali". Pucallpa- Perú. DGI-UNU. 2011. 37p.
- PURVIS, C. 1956. The root system of the oil palm, its distribution morphology and anatomy. J. of WAIFOR. TAN, K.S. 1979. Root development of oil palms on inland 4:60-82.
- QUESADA, G. 1997. Cultivo e industria de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*). Departamento Agrícola, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 67.
- RAYGADA ZAMBRANO, Ruperto (2005). MANUAL TECNICO PARA EL CULTIVO DE LA PALMA ACEITERA. Lima- Perú Noviembre 2005. 104p.
- REES, A.R. (1961). "Midday closure of stomata in the oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq." Journal of Experimental Botany, 12, 129-146.
- REES, A. R.;TINKER, P.B. (1963). "Dry-matter production and nutrient content of plantation of oil palms in Nigeria. I. Growth and dry matter production". Pl. Soil, 19, 19-32.
- Rüginitz, M. T; Chacón, M. L.; Porro R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales -- 1. ed. -- Lima, Perú.: Centro Mundial Agroforestal (ICRAF) / Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). 2009. 79 p.
- SENAMHI (2012). Datos climáticos de los meses de Agosto, Septiembre, Octubre, Noviembre de la estación Las Palmeras. Huánuco-Perú 2012.
- SURRE, C y ZILLER, R. 1969. La Palmera de aceite. Ed. Blume, Barcelona, España, 231,19-20.

ANEXOS

ANEXO I: Datos medidos de las hojas.

CASERIOS	SAN PEDRO		LA MERCEDE DE NESHUYA		PALMERAS DEL UCAYALI	
CARACTERISTICAS MEDIBLES	Alto (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)
1	3	6.3	3.7	7	3.4	7.2
2	3.3	6.2	3.5	6.8	3.7	7.6
3	3.4	6.2	3.6	6.7	3.7	6.6
4	3.3	6.5	3.7	6.2	3.2	5.9
5	3.4	6.4	3.3	6	3.2	6
6	3.6	6.3	2.9	4.8	3.6	6.6
7	3.6	5.7	3.8	7.1	3.1	6.1
8	3.0	5.9	3.2	6.5	3.6	6.3
9	3.4	6.3	3.6	7	3	5
10	3.7	6.6	3	6.8	3.9	6.6
11	2.8	5.8	3.5	7	3.7	6.3
12	3.3	6	3.5	7.1	3.4	7.5
13	3.2	6	3.6	7	3	6
14	3.5	6.2	3.4	7.1	3.3	6.2
15	3.5	6	3.7	6.3	3.8	7.6
16	3.3	6.2	3.7	6.5	3.5	6.9
17	3.5	6	3.5	7.1	3.1	5.8
18	3.3	6	3.5	6.7	3.4	6
19	3.4	6.2	3.1	6.2	3.3	6.5
20	3.2	6.4	3.1	6.1	3	5.5

ANEXO II: Datos medidos del estípite.

Caseríos Campo Verde	SAN PEDRO		LA MERCEDE DE NESHUYA		PALMERAS DEL UCAYALI	
CARACTERISTICAS MEDIBLES	long.Circ. (m)	h(m)	long.Circ. (m)	h(m)	long.Circ. (m)	h(m)
1	1.9	4.1	2	2.3	2.35	2.35
2	1.76	2.7	2.09	2.1	2.50	2.60
3	2.2	2.05	1.99	2.6	1.92	2.8
4	1.74	2.53	2.05	2.43	1.99	2.22
5	1.9	2.4	1.75	2.48	1.9	2.4
6	1.7	3.4	1.6	1.4	2.02	2.8
7	1.81	2.5	2.26	2.5	2.4	2.68
8	1.57	3	1.88	2.4	1.97	3.2
9	1.72	2	1.75	2.68	1.57	1.3
10	1.89	2.65	1.04	4.4	2.5	3.2
11	1.84	2.4	2.07	3	2.32	1.85
12	1.78	2.85	2.2	4.7	1.72	2.3
13	1.61	2.95	2.02	4.8	1.57	2.5
14	1.42	3.2	2.1	2.8	2	1.82
15	1.73	2.25	2	2.85	1.92	4
16	1.98	2.9	1.94	2.35	2.46	2.6
17	1.83	2.4	1.94	2.25	2.03	2.15
18	1.8	2.07	1.9	2.9	2.04	2.15
19	1.9	2.8	1.84	2.15	1.9	3.4
20	2.3	2.9	1.88	1.9	1.99	2.3

ANEXO III: Datos medidos de Herbáceas y Biomasa Muerta

Datos Obtenidos en campo de Herbácea

Parcela	N° Muestra	peso fresco (gr)	peso seco (gr)
San Pedro	1	246.1	52.8
San Pedro	2	216.3	54.5
La Merced de Neshuya	1	234.2	48.4
La Merced de Neshuya	2	220	46.7
Palmeras del Ucayali	1	224.8	60.5
Palmeras del Ucayali	2	203.8	62.3

Datos Obtenidos en campo de la Biomasa Muerta

Parcela	N° Muestra	peso fresco (Kg)	peso seco (gr)	sub área (m2)	Sub área/parc (m2)	numero de sub áreas/parc
San Pedro	1	4.5	190.9	12.5	450	36
San Pedro	2	5.1	101.2	12.5	450	36
La Merced de Neshuya	1	6.4	152.2	12.5	450	36
La Merced de Neshuya	2	5.5	178.4	12.5	450	36
Palmeras del Ucayali	1	5.45	171.55	12.5	450	36
Palmeras del Ucayali	2	5.3	139.8	12.5	450	36

ANEXO IV: Datos medidos del Suelo

Datos de campo medidos en el suelo

Parcelas	Cuadrante	Prof. Muestreo	Gasto	N	meq FeSO4	meq K2CrO2	Peso suelo (gr)
San Pedro	1	15	22.2	0.35	63.43	10	1
San Pedro		30	23	0.35	65.71	10	1
San Pedro	2	15	21	0.35	60.00	10	1
San Pedro		30	22.4	0.35	64.00	10	1
La Merced de Neshuya	1	15	21.6	0.35	61.71	10	1
La Merced de Neshuya		30	22.5	0.35	64.29	10	1
La Merced de Neshuya	2	15	21.2	0.35	60.57	10	1
La Merced de Neshuya		30	22.1	0.35	63.14	10	1
Palmeras del Ucayali	1	15	21.3	0.35	60.86	10	1
Palmeras del Ucayali		30	22.5	0.35	64.29	10	1
Palmeras del Ucayali	2	15	19.6	0.35	56.00	10	1
Palmeras del Ucayali		30	22.2	0.35	63.43	10	1

ANEXO V: Análisis estadístico

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%

ANOVA de un factor

Información

Carbono en la Hojas (tC/ha)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	Varianza entre component es
					Límite inferior	Límite superior			
San Pedro	20	6.2735	.48304	.10801	6.0474	6.4996	5.07	7.35	
Merced de Neshuya	20	6.8660	.83771	.18732	6.4739	7.2581	4.43	8.06	
Palmeras del Ucayali	20	6.6450	1.05972	.23696	6.1490	7.1410	4.73	8.59	
Total	60	6.5948	.85062	.10982	6.3751	6.8146	4.43	8.59	
Modelo			.82827	.10693	6.3807	6.8090			
Efectos fijos									.05535
Efectos aleatorios				.17287	5.8510	7.3386			

ANOVA Prueba de un factor

Carbono en la Hojas (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3.586	2	1.793	2.614	.082
Intra-grupos	39.104	57	.686		

ANOVA Prueba de un factor

Carbono en la Hojas (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3.586	2	1.793	2.614	.082
Intra-grupos	39.104	57	.686		
Total	42.690	59			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Carbono en las Hojas (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
San Pedro	Merced de Neshuya	-.59250	.26192	.070	-1.2228	.0378
	Palmeras del Ucayali	-.37150	.26192	.338	-1.0018	.2588
Merced de Neshuya	San Pedro	.59250	.26192	.070	-.0378	1.2228
	Palmeras del Ucayali	.22100	.26192	.678	-.4093	.8513
Palmeras del Ucayali	San Pedro	.37150	.26192	.338	-.2588	1.0018
	Merced de Neshuya	-.22100	.26192	.678	-.8513	.4093

Subconjuntos homogéneos

Carbono en la Hojas (tC/ha)

HSD de Tukey^a

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
San Pedro	20	6.2735
Palmeras del Ucayali	20	6.6450
Merced de Neshuya	20	6.8660
Sig.		.070

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

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

ANEXO VI: 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%

ANOVA de un factor

Información

Carbono en el Estípite (tC/ha)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	Varianza entre componentes
					Límite inferior	Límite superior			
San Pedro	20	8.1315	2.25391	.50399	7.0766	9.1864	5.35	13.88	
Merced de Neshuya	20	9.3720	4.04492	.90447	7.4789	11.2651	3.24	20.58	
Palmeras del Ucayali	20	9.9230	3.66691	.81995	8.2068	11.6392	2.90	18.09	
Total	60	9.1422	3.43597	.44358	8.2546	10.0298	2.90	20.58	
Modelo			3.41017	.44025	8.2606	10.0238			
Efectos fijos									
Efectos aleatorios				.52978	6.8627	11.4216			.26052

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	33.679	2	16.840	1.448	.244
Intra-grupos	662.867	57	11.629		
Total	696.546	59			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Carbono en el Estípite (tC/ha)

HSD de Tukey

		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
(I) Sector en Evaluación	(J) Sector en Evaluación				Límite inferior	Límite superior
San Pedro	Merced de Neshuya	-1.24050	1.07839	.488	-3.8356	1.3546
	Palmeras del Ucayali	-1.79150	1.07839	.229	-4.3866	.8036
Merced de Neshuya	San Pedro	1.24050	1.07839	.488	-1.3546	3.8356
	Palmeras del Ucayali	-.55100	1.07839	.866	-3.1461	2.0441
Palmeras del Ucayali	San Pedro	1.79150	1.07839	.229	-.8036	4.3866
	Merced de Neshuya	.55100	1.07839	.866	-2.0441	3.1461

Subconjuntos homogéneos

Carbono en el Estípite (tC/ha)

HSD de Tukey^a

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
San Pedro	20	8.1315
Merced de Neshuya	20	9.3720
Palmeras del Ucayali	20	9.9230
Sig.		.229

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

Carbono en el Estípite (tC/ha)

HSD de Tukey^a

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
San Pedro	20	8.1315
Merced de Neshuya	20	9.3720
Palmeras del Ucayali	20	9.9230
Sig.		.229

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

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

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

**Medias
Información**

Carbono Biomasa Viva (tC/ha)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	Varianza entre componentes
					Límite inferior	Límite superior			
San Pedro	20	14.4045	2.29037	.51214	13.3326	15.4764	11.87	20.13	
Merced de Neshuya	20	16.2385	4.62751	1.03474	14.0728	18.4042	7.67	28.05	
Palmeras del Ucayali	20	16.5680	4.43352	.99137	14.4930	18.6430	7.63	25.81	
Total	60	15.7370	3.97951	.51375	14.7090	16.7650	7.63	28.05	
Modelo									
Efectos fijos			3.92920	.50726	14.7212	16.7528			
Efectos aleatorios				.67301	12.8413	18.6327			.58688

ANOVA de un Factor

Carbono Biomasa Viva (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	54.352	2	27.176	1.760	.181
Intra-grupos	880.000	57	15.439		
Total	934.352	59			

Pruebas post hoc

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
San Pedro	Merced de Neshuya	-1.83400	1.24252	.310	-4.8240	1.1560
	Palmeras del Ucayali	-2.16350	1.24252	.199	-5.1535	.8265
Merced de Neshuya	San Pedro	1.83400	1.24252	.310	-1.1560	4.8240
	Palmeras del Ucayali	-.32950	1.24252	.962	-3.3195	2.6605
Palmeras del Ucayali	San Pedro	2.16350	1.24252	.199	-.8265	5.1535
	Merced de Neshuya	.32950	1.24252	.962	-2.6605	3.3195

Subconjuntos homogéneos Carbono Biomasa Viva (tC/ha)

HSD de Tukey^a

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
San Pedro	20	14.4045
Merced de Neshuya	20	16.2385
Palmeras del Ucayali	20	16.5680
Sig.		.199

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

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

ANEXO VIII: 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

Información

Carbono Componente Herbáceo (tC/ha)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	Varianza entre componentes
					Límite inferior	Límite superior			
San Pedro	2	2.4800	.16971	.12000	.9553	4.0047	2.36	2.60	
Merced de Neshuya	2	2.1600	.15556	.11000	.7623	3.5577	2.05	2.27	
Palmeras del Ucayali	2	2.6300	.12728	.09000	1.4864	3.7736	2.54	2.72	
Total	6	2.4233	.24484	.09996	2.1664	2.6803	2.05	2.72	
Modelo			.15188	.06200	2.2260	2.6207			
Efectos fijos									.04610
Efectos aleatorios				.13860	1.8270	3.0197			

ANOVA de un Factor

Carbono Componente Herbáceo (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.231	2	.115	4.997	.111
Intra-grupos	.069	3	.023		
Total	.300	5			

Pruebas post hoc

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
San Pedro	Merced de Neshuya	.32000	.15188	.235	-.3147	.9547
	Palmeras del Ucayali	-.15000	.15188	.632	-.7847	.4847
Merced de Neshuya	San Pedro	-.32000	.15188	.235	-.9547	.3147
	Palmeras del Ucayali	-.47000	.15188	.105	-1.1047	.1647
Palmeras del Ucayali	San Pedro	.15000	.15188	.632	-.4847	.7847
	Merced de Neshuya	.47000	.15188	.105	-.1647	1.1047

Subconjuntos homogéneos

Carbono Componente Herbáceo (tC/ha)

HSD de Tukey^a

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Merced de Neshuya	2	2.1600
San Pedro	2	2.4800
Palmeras del Ucayali	2	2.6300
Sig.		.105

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

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

ANEXO IX: 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.

ANOVA de un factor

Medias
Información

Carbono Biomasa Muerta (tC/ha)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	Varianza entre componentes
					Límite inferior	Límite superior			
San Pedro	2	3.0950	1.09602	.77500	-6.7523	12.9423	2.32	3.87	
Merced de Neshuya	2	4.4000	.02828	.02000	4.1459	4.6541	4.38	4.42	
Palmeras del Ucayali	2	3.7700	.62225	.44000	-1.8207	9.3607	3.33	4.21	
Total	6	3.7550	.81154	.33131	2.9033	4.6067	2.32	4.42	
Modelo									
Efectos fijos			.72784	.29714	2.8094	4.7006			
Efectos aleatorios				.37680	2.1338	5.3762			.16105

ANOVA de un Factor

Carbono Biomasa Muerta (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1.704	2	.852	1.608	.335
Intra-grupos	1.589	3	.530		
Total	3.293	5			

Pruebas post hoc

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
San Pedro	Merced de Neshuya	-1.30500	.72784	.312	-4.3464	1.7364
	Palmeras del Ucayali	-.67500	.72784	.663	-3.7164	2.3664
Merced de Neshuya	San Pedro	1.30500	.72784	.312	-1.7364	4.3464
	Palmeras del Ucayali	.63000	.72784	.695	-2.4114	3.6714
Palmeras del Ucayali	San Pedro	.67500	.72784	.663	-2.3664	3.7164
	Merced de Neshuya	-.63000	.72784	.695	-3.6714	2.4114

Subconjuntos homogéneos

Carbono Biomasa Muerta (tC/ha)

HSD de Tukey^a

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
San Pedro	2	3.0950
Palmeras del Ucayali	2	3.7700
Merced de Neshuya	2	4.4000
Sig.		.312

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

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

ANEXO X: 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

Carbono Suelo 0-15cm (tC/ha)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	Varianza entre componentes
					Límite inferior	Límite superior			
San Pedro	2	21.0050	1.90212	1.34500	3.9152	38.0948	19.66	22.35	
Merced de Neshuya	2	21.5900	.84853	.60000	13.9663	29.2137	20.99	22.19	
Palmeras del Ucayali	2	25.1050	2.32638	1.64500	4.2033	46.0067	23.46	26.75	
Total	6	22.5667	2.42577	.99032	20.0210	25.1124	19.66	26.75	
Modelo			1.80278	.73598	20.2244	24.9089			
Efectos fijos									
Efectos aleatorios				1.28035	17.0578	28.0756			3.29289

ANOVA DE UN FACTOR

Carbono Suelo 0-15cm (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	19.672	2	9.836	3.026	.191
Intra-grupos	9.750	3	3.250		
Total	29.422	5			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Carbono Suelo 0-15cm (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
San Pedro	Merced de Neshuya	-.58500	1.80278	.945	-8.1183	6.9483
	Palmeras del Ucayali	-4.10000	1.80278	.204	-11.6333	3.4333
Merced de Neshuya	San Pedro	.58500	1.80278	.945	-6.9483	8.1183
	Palmeras del Ucayali	-3.51500	1.80278	.271	-11.0483	4.0183
Palmeras del Ucayali	San Pedro	4.10000	1.80278	.204	-3.4333	11.6333
	Merced de Neshuya	3.51500	1.80278	.271	-4.0183	11.0483

Subconjuntos homogéneos

Carbono Suelo 0-15cm (tC/ha)

HSD de Tukey^a

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
San Pedro	2	21.0050
Merced de Neshuya	2	21.5900
Palmeras del Ucayali	2	25.1050
Sig.		.204

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

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



ANEXO XI: 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

Carbono Suelo 15-30cm (tC/ha)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	Varianza entre componentes
					Límite inferior	Límite superior			
San Pedro	2	19.3750	.91217	.64500	11.1795	27.5705	18.73	20.02	
Merced de Neshuya	2	20.0950	.75660	.53500	13.2972	26.8928	19.56	20.63	
Palmeras del Ucayali	2	20.2600	.60811	.43000	14.7963	25.7237	19.83	20.69	
Total	6	19.9100	.72941	.29778	19.1445	20.6755	18.73	20.69	
Modelo			.76905	.31396	18.9108	20.9092			
Efectos fijos									
Efectos aleatorios				.31396 ^a	18.5591 ^a	21.2609 ^a			-.07424

a. Advertencia: La varianza entre componentes es negativa. Ha sido reemplazada por 0,0 al calcular esta medida para los efectos aleatorios.

ANOVA DE UN FACTOR

Carbono Suelo 15-30cm (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.886	2	.443	.749	.545
Intra-grupos	1.774	3	.591		
Total	2.660	5			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Carbono Suelo 15-30cm (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
San Pedro	Merced de Neshuya	-.72000	.76905	.658	-3.9336	2.4936
	Palmeras del Ucayali	-.88500	.76905	.552	-4.0986	2.3286
Merced de Neshuya	San Pedro	.72000	.76905	.658	-2.4936	3.9336
	Palmeras del Ucayali	-.16500	.76905	.975	-3.3786	3.0486
Palmeras del Ucayali	San Pedro	.88500	.76905	.552	-2.3286	4.0986
	Merced de Neshuya	.16500	.76905	.975	-3.0486	3.3786

Subconjuntos homogéneos

Carbono Suelo 15-30cm (tC/ha)

HSD de Tukey^a

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
San Pedro	2	19.3750
Merced de Neshuya	2	20.0950
Palmeras del Ucayali	2	20.2600
Sig.		.552

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

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

ANEXO XII: 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

Carbono Suelo 0-30cm (tC/ha)

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo	Varianza entre componentes
					Límite inferior	Límite superior			
San Pedro	2	40.3900	.98995	.70000	31.4957	49.2843	39.69	41.09	5.56648
Merced de Neshuya	2	41.6850	1.60513	1.13500	27.2635	56.1065	40.55	42.82	
Palmeras del Ucayali	2	45.3600	1.71120	1.21000	29.9855	60.7345	44.15	46.57	
Total	6	42.4783	2.57191	1.04998	39.7793	45.1774	39.69	46.57	
Modelo			1.47022	.60022	40.5682	44.3885			
Efectos fijos				1.48854	36.0737	48.8830			
Efectos aleatorios									

ANOVA DE UN FACTOR

Carbono Suelo 0-30cm (tC/ha)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	26.589	2	13.295	6.150	.087
Intra-grupos	6.485	3	2.162		
Total	33.074	5			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples

Carbono Suelo 0-30cm (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
San Pedro	Merced de Neshuya	-1.29500	1.47022	.687	-7.4386	4.8486
	Palmeras del Ucayali	-4.97000	1.47022	.085	-11.1136	1.1736
Merced de Neshuya	San Pedro	1.29500	1.47022	.687	-4.8486	7.4386
	Palmeras del Ucayali	-3.67500	1.47022	.168	-9.8186	2.4686
Palmeras del Ucayali	San Pedro	4.97000	1.47022	.085	-1.1736	11.1136
	Merced de Neshuya	3.67500	1.47022	.168	-2.4686	9.8186

Subconjuntos homogéneos

Carbono Suelo 0-30cm (tC/ha)

HSD de Tukey^a

Sector en Evaluación	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
San Pedro	2	40.3900
Merced de Neshuya	2	41.6850
Palmeras del Ucayali	2	45.3600
Sig.		.085

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

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

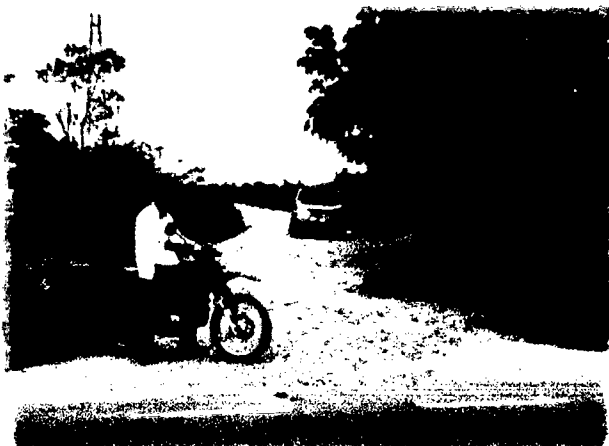
Iconografía

*** Identificación de las tres unidades de investigación (San Pedro, Palmeras del Ucayali y La Merced de Neshuya)**



Fotografía 1: Entrada al caserío San Pedro

Fotografía 2: Caserío La Merced de Neshuya.



Fotografía 3: Entrada al caserío Palmeras del Ucayali.

*** Selección de las plantas a ser evaluadas**



Fotografía 4: Plantación de palma aceitera de 10 años de edad.



Fotografía 5: Selección y diferenciación de los 20 ejemplares por parcela.

*** Recolección de datos de campo para estípites**



Fotografía 6: Medición de la longitud de circunferencia de cada planta seleccionada.



Fotografía 7: Medida de la altura de cada planta seleccionada.

*** Recolección de datos de campo para hojas**



Fotografía 8: Corte de la hoja N° 17, para determinación de biomasa seca foliar de las hojas.



Fotografía 9: (1) Corte transversal de una hoja. (2) Medición del ancho del corte transversal de la hoja N° 17. (3) Medición del alto del corte transversal de la hoja N° 17

*** Recolección de datos de campo para Herbáceas**



Fotografía 10: (1) Uso de cuadrilla de 50x50 cm² para análisis en laboratorio. (2) Recolección de muestra en bolsas plásticas. (3) Muestra rotulada.

*** Recolección de datos de campo para Biomasa muerta**

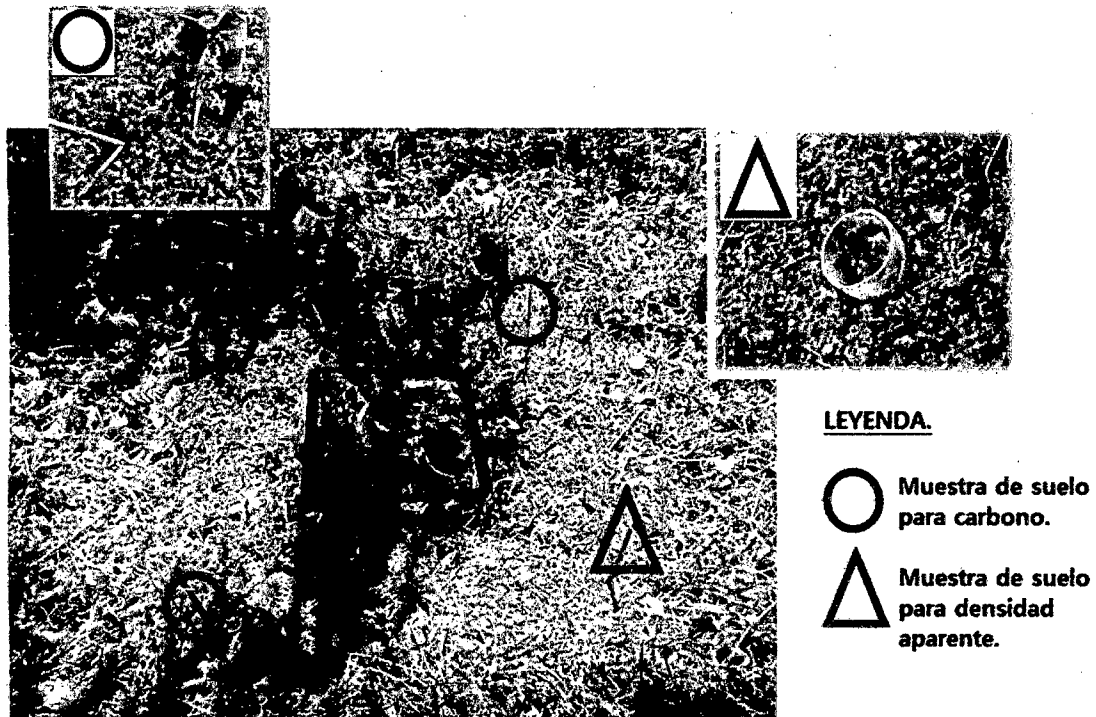


Fotografía 11: Vista de la forma en la es acumulada la Biomasa muerta en una plantación de Palma aceitera.



Fotografía 12: Método para determinar la Cantidad de biomasa de la Necromasa empleando una cuadrilla de 50*50 cm.

*** Recolección de datos de campo para Suelo**



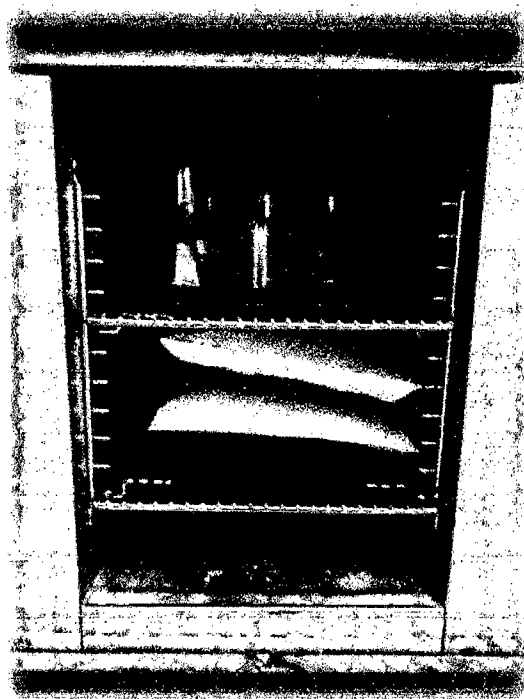
Fotografía 13: Método de recolección de muestras para suelo y densidad aparente para cálculos en laboratorio y gabinete.

*** Tratamiento de muestras en laboratorio**

Pesado, secado de muestras para Herbáceas y Biomasa Muerta



Fotografía 14: Pesado de muestra fresca de Cobertura Herbácea, (mismo tratamiento para Biomasa Muerta).



Fotografía 15: Secado de muestra fresca de Cobertura Herbácea (mismo tratamiento para Biomasa Muerta).

Secado, trituración, cernido y preparación de muestras de suelo para análisis Químico.



Fotografía 16: Trituración de la muestra de suelo, hasta obtener partículas finas.



Fotografía 17: Obtención de partículas finas por medio de filtros de menor diámetro



Fotografía 18: Trituración hasta obtención de partículas más finas.



Fotografía 19: Muestras de suelo listas para el análisis de carbono por el método de Walkley Black.



Fotografía 20. Establecimiento de letrero ubicado en la entrada de la parcela de investigación, en el caserío de San Pedro.