

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**CONTENIDO DE CARBONO EN UN SISTEMA DE
PRODUCCION DE PALTO (*Persea americana* Mill) EN PILLCO
MARCA - HUANUCO - 2018.**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

TESISTA:

YAN CRISTHIAN ANDRÉS HUAYANAY

ASESOR:

M. Sc. HENRY BRICEÑO YEN

HUÁNUCO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A Dios; por darme la vida y la sabiduría para seguir avanzando hacia un futuro mejor.

A mis queridos padres por ser el pilar más importante en mi vida, Alcides Andrés Sebastián y Eusteria Huayanay Quito, por su inmenso amor, dedicación, entrega y apoyo incondicional, brindado durante todo este tiempo de mi formación profesional.

A mis hermanos Kenli, Brayan y Yosmel; por su gran apoyo, confianza y afecto al brindarme su fuerza para ser cada día mejor.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, “alma mater” en mi formación profesional, que sus aulas llevé a cabo la culminación de mi carrera profesional.

Al Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNHEVAL, por permitirme el acceso para la ejecución de mi tesis.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias Carrera Profesional de Agronómica, que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

Al Ing.M.Sc. Henry Briceño Yen, quien me ofreció su invaluable asesoramiento en la presente investigación. Por su paciencia, empeño y confianza.

A mis amigos y colegas, por su apoyo en mi larga carrera universitaria.

CONTENIDO DE CARBONO EN UN SISTEMA DE PRODUCCION DE PALTO (*Persea americana* Mill) EN PILLCO MARCA - HUANUCO - 2018.

YAN CRISTHIAN ANDRES HUAYANAY

RESUMEN

La investigación se realizó en un sistema de producción de palto (*Persea americana* Mill) var. Hass y fuerte, políticamente ubicado en el Centro de Investigación Frutícola Olerícola (CIFO) Distrito de Pillco Marca, Provincia y Región Huánuco; Posicionado geográficamente a 09° 55' 43" LS, 76° 18' 34" LO, y 1947 m de altitud. Con la finalidad de determinar el contenido de carbono orgánico (COS) en tres profundidades del suelo y estimar el carbono fijado en la biomasa aérea y subterránea de las plantas de palto mediante la utilización de las ecuaciones alométricas. La metodología empleada para el proceso de muestreo en campo de COS probabilístico en su forma de Muestreo Aleatorio Compuesto, mientras para la biomasa aérea y subterránea en su forma de muestreo estratificado óptimo en el área de estudio. Se determinó que el almacenamiento de carbono orgánico total en el suelo por superficie entre planta y bajo el árbol de 0 a 10 cm de profundidad presenta la menor tendencia a almacenar menor cantidad de carbono 9,45 y 10,37 t C/ha respectivamente. Sin embargo, a medida que aumenta la profundidad de suelo la tasa de fijación de carbono orgánico en el suelo tiende a incrementar 17,79 y 10,98 t C/ha de 20 a 30 cm de profundidad. Como también se estimó la biomasa aérea y subterránea de las plantas de palto de 7 años de edad. Los paltos evaluados llegaron almacenar 30,239 t C/ha en la biomasa aérea y 6,918 t C/ha en la biomasa subterránea. La tasa de fijación de carbono en las plantas del palto hasta la actualidad almacena 5,308 t/ha en la biomasa total.

Palabras clave: Carbono orgánico, suelo, almacenamiento, biomasa, tasa de fijación.

CARBON CONTENT IN A AVOCADO PRODUCTION SYSTEM (*Persea americana* Mill) IN PILLCO MARCA - HUANUCO - 2018.

YAN CRISTHIAN ANDRES HUAYANAY

ABSTRACT

The investigation was carried out in a system of avocado production (*Persea americana* Mill) var. Hass and strong, politically located in the Center for Fruit and Vegetable Research (CIFO) District of Pillco Marca, Province and region Huánuco; Geographically positioned to 09° 55' 43" LS, 76° 18' 34" LO, y 1947 m of altitude. In order to determine the organic carbon content (COS) at three depths of the soil and estimate the carbon fixed in the aerial and underground biomass of avocado plants by using allometric equations. The methodology used for the field sampling process of probabilistic COS in its Composite Random Sampling form, while for aerial and underground biomes in its optimal stratified sampling form in the study area. It was determined that the storage of total organic carbon in the soil by surface between plant and under the tree from 0 to 10 cm deep presents the lowest tendency to store less carbon 9.45 and 10.37 t C / ha respectively. However, as soil depth increases, the rate of organic carbon fixation in the soil tends to increase 17.79 and 10.98 t C / ha from 20 to 30 cm deep. As well as the area and underground biomass of the avocado plants of 7 years of age. The avocado evaluated reached storing 30,239 t C / ha in the aerial biomass and 6,918 t C / ha in the underground biomass. The carbon fixation rate in avocado plants to date stores 5,308 t / ha in total biomass.

Keywords: Organic carbon, soil, storage, biomass, fixation rate.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. GENERALIDADES DEL SUELO.....	3
2.1.1. El suelo.....	3
2.1.2. Muestreo de suelo.....	3
2.1.2.1. Unidad de muestreo.....	4
2.1.2.2. Muestreo compuesto.....	4
2.1.2.3. Muestreo aleatorio compuesto.....	5
2.1.3. Carbono orgánico.....	5
2.1.3.1. Carbono total del suelo.....	6
2.1.3.2. Fracciones de carbono orgánico en el suelo.....	8
2.1.3.3. Carbono y materia orgánica en el suelo.....	10
2.1.4. Importancia de la materia orgánica del suelo.....	11
2.1.4.1. Carbono orgánico y propiedades químicas del suelo.....	11
2.1.4.2. Carbono orgánico y propiedades físicas del suelo.....	12
2.1.4.3. Carbono orgánico y propiedades biológicas del suelo.....	13
2.1.4.4. Manejo de suelo y captura de carbono.....	13
2.1.4.5. Carbono orgánico y productividad del suelo.....	14
2.1.5. Disminución de la pérdida de carbono.....	14

2.1.6.	Carbono biomasa.....	14
2.1.6.1.	Biomasa.....	14
2.1.6.2.	Métodos para estimar el contenido de biomasa.....	15
2.1.6.3.	Biomasa aérea.....	16
2.1.6.4.	Biomasa subterránea.....	17
2.1.6.5.	Ecuación o modelos alométricos.....	17
2.1.6.6.	Captura de carbono en las plantas.....	18
2.1.7.	Descripción botánica del pato (Persea americana Mill).....	19
2.1.7.1.	Clasificación taxonómica del pato.....	19
2.1.7.2.	Generalidades.....	19
2.2.	ANTECEDENTES.....	20
2.3.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	22
2.3.1.	Variables.....	22
2.3.2.	Operacionalización de las variables.....	23
	Cuadro 2: Operacionalización de las variables.....	23
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	24
3.2.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	24
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS.....	25
3.3.1.	Datos registrados.....	25
3.4.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	28
3.4.1.	Técnicas de recolección de información.....	28
3.4.2.	Instrumentos de recolección y procesamiento de información.....	28
3.5.	MATERIALES, HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	29
3.5.1.	Materiales.....	29
3.5.1.1.	Materiales de laboratorio.....	30
3.5.2.	Herramientas.....	32
3.5.3.	Instrumentos.....	32
3.5.4.	Equipos.....	32
3.6.	CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	32

3.6.1.	Carbono orgánico en el suelo.	32
3.6.1.1.	Cálculo del carbono orgánico.....	38
3.6.2.	Carbono en la biomasa aérea y subterránea o raíz.	39
3.6.2.1.	Método indirecto para estimar carbono en la biomasa de raíces	41
IV.	RESULTADOS	43
4.1.	ANALISIS DE SUELO.....	43
4.2.	DENSIDAD APARENTE POR EL METODO DEL CILINDRO.....	43
4.3.	MATERIA ORGANICA.....	44
4.4.	CARBONO ORGANICO TOTAL (%).....	45
4.5.	CARBONO ORGANICO DEL SUELO (COS) POR SUPERFICIE.....	46
4.6.	BIOMASA AEREA TOTAL.....	47
4.7.	CARBONO EN LA BIOMASA AEREA Y SUBTERRANEA.....	48
V.	DISCUSIÓN	53
5.1.	ANALISIS DE SUELO.....	53
5.2.	MATERIA ORGANICA.....	53
5.3.	CARBONO ORGANICO TOTAL (%).....	54
5.4.	CARBONO ORGANICO DEL SUELO (COS) POR SUPERFICIE.....	54
5.5.	BIOMASA AEREA TOTAL.....	55
5.6.	CARBONO EN LA BIOMASA AEREA Y SUBTERRANEA.....	55
VI.	CONCLUSIONES	57
VII.	RECOMENDACIONES	59
VIII.	LITERATURA CITADA	60
ANEXO	64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Carbono orgánico en los suelos del mundo.....	7
Cuadro 2: Operacionalización de las variables	23
Cuadro 3: Materiales y reactivos	30
Cuadro 4: Análisis de suelo.....	43
Cuadro 5: Densidad aparente por el método del cilindro	43
Cuadro 6: Materia orgánica (%).....	44
Cuadro 7: Carbono total expresados en porcentaje.....	45
Cuadro 8: Carbono orgánico del suelo por superficie	46
Cuadro 9: Biomasa aérea total (Kg/árbol).....	47
Cuadro 10: Carbono en la biomasa aérea y subterránea (t/ha).....	49
Cuadro 11: Tasa de fijación de carbono y la tasa cuantificada en CO ₂	51
Cuadro 12: Peso seco constante de las muestras de suelo.....	64
Cuadro 13: Densidad aparente de las muestras de suelo por el método del cilindro con volumen conocido (g/cm ³).....	64
Cuadro 14: Porcentaje de carbono orgánico total en el suelo.....	64
Cuadro 15: Carbono orgánico total en el suelo por superficie.....	64
Cuadro 16: Altura total del árbol (m) mediante el eclímetro.....	65
Cuadro 17: Diámetro del árbol (D ₃₀)	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: El ciclo terrestre del carbono: el carbono del suelo y el carbono global disponible.	10
Figura 2: Procedimiento de toma de muestra con pala recta	34
Figura 3: Toma de las muestras	34
Figura 4: Profundidad de muestreo.....	35
Figura 5: Densidad aparente por el método del cilindro bajo árbol y entre planta. .	44
Figura 6: Porcentaje de materia orgánica bajo el árbol y entre planta.	45
Figura 7: Carbono orgánico total expresados en porcentaje	46
Figura 8: Carbono orgánico total de acuerdo a la profundidad del suelo	47
Figura 9: Promedio de la biomasa aérea total expresados en Kg/planta.	48
Figura 10: Almacenamiento de carbono aérea.	50
Figura 11: Almacenamiento de carbono subterránea.	50
Figura 12: Tasa de fijación de carbono y la tasa cuantificada en CO ₂	52
Figura 13: Análisis de suelos para la determinación de la materia orgánica	66
Figura 14: Distribución de árboles de palto (Hass y Fuerte) del CIFO-UNHEVAL..	71
Figura 15: Muestreo de suelo para la determinación de densidad aparente.	71
Figura 16: Muestreo de suelo para la determinación de carbono orgánico.	72
Figura 17: Muestreo de árboles para la determinación de la biomasa área y subterránea.	72

I. INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas de importancia que interviene en el efecto invernadero (GEI) del planeta y proviene del cambio de uso de la tierra, la deforestación en zonas tropicales, el uso de combustibles fósiles y la producción de cemento en países desarrollados. Una forma de mitigar estos efectos y reducir las emisiones, es secuestrándolo, fijándolo o capturándolo y manteniéndolo el mayor tiempo posible en la biomasa vegetal y principalmente en el suelo. El primer caso se logra a través de la fotosíntesis y en el segundo a través de la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

Debido a esta problemática mundial y sus posibles efectos sobre presentes y próximas generaciones, es que la mitigación del cambio climático se ha convertido en un reto primordial para la economía y la ciencia dedicada a la conservación del medio ambiente. Una forma de mitigar el cambio climático radica en reducir las concentraciones de CO_2 mediante la implementación de sistemas agroforestales y frutales como es caso del palto que son capaces de capturar el CO_2 de la atmósfera y almacenarlo en la biomasa aérea y subterránea, y en el suelo, manteniéndolo por largos periodos de tiempo (Gayoso y Guerra, citado por Osorio 2015).

Actualmente, los niveles de gases de efecto invernadero (GEI), en la atmosfera han contribuido al incremento de dicho efecto y por ende con el cambio climático, los sistemas de cultivo acumulan carbono en la biomasa sobre el suelo y del sistema radicular asimismo como carbono orgánico en el suelo, por lo que es necesario cuantificar el carbono fijado en una plantación de palto en las condiciones de Huánuco. Es conocido el efecto del carbono en el suelo, sobre las propiedades físicas, biológicas y químicas, de allí su importancia para determinar su contenido y así mismo definir un plan de manejo adecuado de la plantación establecida.

Por otro lado, se desconoce cuál es el contenido de carbono capturado en un sistema de plantación frutícola de palto, en condiciones de Huánuco, el mismo que actúa como un sumidero de dicho GEI, en tal sentido es pertinente conocer la cantidad de carbono fijado tanto en la biomasa aérea y subterránea y en el suelo para así determinar un adecuado sistema de manejo de la plantación, orientándolo a la conservación de dichos recursos.

La presente investigación contribuyó con la generación de datos y análisis específicos sobre el contenido de carbono en el suelo y carbono fijado en la biomasa aérea y subterránea, determinándose que almacenamiento del contenido de carbono en el suelo es mayor a mayor profundidad mientras que el carbono fijado es mayor en la biomasa aérea que la subterránea. Respecto a este contexto se trabajó en los siguientes objetivos:

Objetivo general

- A. Cuantificar el contenido de carbono en un sistema de producción de palto (*Persea americana* Mill) en Pillco Marca Huánuco.

Objetivos específicos

- a. Determinar el contenido de carbono orgánico (COS) en tres profundidades del suelo.
- b. Estimar el carbono fijado en la biomasa aérea y subterránea.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL SUELO

2.1.1. El suelo

El suelo es un cuerpo natural formado por una fase sólida (mineral y materia orgánica), una fase líquida y una fase gaseosa que ocupa la superficie de la tierra, organizada en horizontes o capas de materiales distintos a la roca madre como resultado de adicciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de materia y energía, que tiene capacidad para servir de soporte a las plantas con raíces en un medio natural (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA, citado por Asado 2012: 27)

2.1.2. Muestreo de suelo

El muestreo de suelos viene a ser la evaluación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, a través de procedimientos y técnicas aplicadas en el campo y laboratorio (Asado 2015b).

El muestreo es la actividad por la que se toman muestras representativas que permiten caracterizar el suelo en estudio, en tanto que la muestra puede ser definida como una parte representativa que presenta las mismas características o propiedades del material que se está estudiando y las muestras que serán enviadas al laboratorio, constituyen las muestras elegidas para ser analizadas de acuerdo a los objetivos establecidos (Ministerio del Ambiente 2014).

La operación del muestreo incluye la extracción del material que forma el suelo, de modo tal que tenga en cuenta la variabilidad y el manejo del mismo, la preparación de la muestra, y por último, la toma de fracciones de

dicha muestra para la realización de las determinaciones analíticas concretas (Asado 2015b).

2.1.2.1. Unidad de muestreo

MINAM (2014) reporta como aquella superficie de un predio o sector que esté representada por una muestra compuesta. La unidad de muestreo representa como máximo una superficie de 10 ha aun cuando este sea homogéneo y haya sido sometido a un mismo manejo.

Es el lote del cual se va extraer la muestra. Debe presentar características uniformes en cuanto al cultivo (variedad, edad), y la pendiente del terreno, color y textura del suelo. Por lo común, las unidades productivas tienen varias unidades de muestreo.

2.1.2.2. Muestreo compuesto

Asado (2015b) menciona que la muestra compuesta se refiere a la muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras individuales o submuestras, de donde se retiran de 0,5 a 1 kg de suelo. Como también recomienda, una muestra compuesta debería de estar conformada por 10 a 20 submuestras por parcela de muestreo.

Se trata de mezclar las muestras tomadas en un área determinada para obtener una sola que presumiblemente representa al total. Tiene la ventaja de que permite un muestreo mayor sin aumentar el número de análisis. Este tipo de muestreo es válido si: El volumen de la muestra representa a una población homogénea; En la muestra compuesta contribuyen por igual cada una de las muestras individuales; no se han efectuado cambios durante la manipulación para obtener la muestra compuesta; que pudieran afectar a los resultados analíticos, y el único objetivo es estimar unos valores medios sin ningún tipo de riesgos (MINAM 2014).

Este tipo de muestreo se realiza cuando la media es más importante que la variabilidad. El número de muestras para mezclar oscila entre 4 y 16 (máximo 25), y como regla general, el área representada por una muestra compuesta no debería ser superior a 1 ha (100 x 100 m). Este límite puede ser mayor (hasta 5 ha) si la zona a investigar es razonablemente homogénea, o sea si la zona puede considerarse como un todo (MINAM 2014).

2.1.2.3. Muestreo aleatorio compuesto

Este procedimiento consiste en tomar varias muestras y mezclarlas para obtener una muestra compuesta, de la cual se determina la muestra representativa. Se asume que el valor que se obtiene de la muestra compuesta es una estimación válida de la media que se hubiera obtenido promediando los resultados de las muestras que la componen. Esto es válido sólo si: El volumen muestreado representa una población homogénea, y cantidades iguales de cada muestra contribuyen a la muestra compuesta. Este tipo de muestreo solamente puede ser aplicado en sitios uniformes y con gran homogeneidad de suelo (MINAM 2014).

2.1.3. Carbono orgánico

Se conoce como materia orgánica del suelo (MOS) a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición, y que se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo (Rosell, 1999). Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera, 2000). El COS es el principal elemento que forma parte de la MOS, por esto es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro.

Al respecto cabe señalar que los métodos analíticos determinan COS, (calcificación húmeda o seca) y que la MOS se estima a partir del COS multiplicado por factores empíricos como el de van Benmelen equivalente 1,724 (Jackson, citados por Alemán y Guido 2016: 27). El factor de transformación de COS a MOS puede variar entre 1,9 para suelos superficiales y 2,5 para muchos subsuelos (Broadbent, citados por Alemán y Guido 2016: 27). Como existe una considerable variación entre diferentes suelos y horizontes en el factor de conversión COS - MOS, es preferible informar el valor de COS sin transformar. Un suelo para cultivar esta entre 11 y 30 g/kg de carbono orgánico (Alison, citados por Alemán y Guido 2016: 27).

2.1.3.1. Carbono total del suelo

Los suelos contienen más C que la suma existente en la vegetación y en la atmósfera (Swift, citado por Martínez *et al* s.f.). El carbono en los suelos puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica (Jackson 1964). La cantidad total de C orgánico almacenada en los suelos ha sido estimada por diversos métodos y su valor es cercano a 1,500 Pg a 1 m de profundidad (Schlesinger, Gifford, Swift, y FAO, citado por Martínez *et al* s.f.). Estimaciones de C inorgánico dan valores de alrededor de 1,700 Pg C, principalmente en formas estables como CaCO_3 y $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$, CO_2 , HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$ (FAO 2002). Los suelos que acumulan la mayor cantidad de COS corresponden al orden Histosol (Cuadro 1). Aun cuando el orden Histosol es el que tiene la menor superficie con respecto a otros órdenes, es el que tiene la mayor relación cantidad COS / superficie.

Cuadro 1: Carbono orgánico en los suelos del mundo.

ORDEN	Área (10^3 km ²)	COS (Pg) ²	COS/Área (Pg 10^{-3} km ²)
Histosols	1,745	357	0,205
Andisols	2,552	78	0,031
Inceptisols	21,580	352	0,016
Spodsols	4,878	71	0,015
Mollisols	5,480	72	0,013
Oxisols	11,772	119	0,010
Entisols	14,921	148	0,010
Ultisols	11,330	105	0,009
Alfisols	18,283	127	0,007
Vertisols	3,287	19	0,006
Aridisols	31,743	110	0,003
Misceláneos	7,644	18	0,002
TOTAL	135,215	1 576	0,327

Fuente: Eswaran *et al.*, citado por Martínez, Fuentes y Acevedo.

El C orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas de composición próxima al C elemental (Jackson 1964). En condiciones naturales, el C orgánico del suelo resulta del balance entre la incorporación al suelo del material orgánico fresco y la salida de C del suelo en forma de CO₂ a la atmósfera (Swift y Aguilera, citado por Martínez *et al.*, s.f.), erosión y lixiviación. Cuando los suelos tienen condiciones aeróbicas, una parte importante del carbono que ingresa al suelo (55 Pg C año⁻¹ a nivel global) es lábil y se mineraliza rápidamente y una pequeña fracción se acumula como humus estable (0,4 Pg C año⁻¹) (FAO 2001). El CO₂ emitido desde el suelo a la atmósfera no

solo se produce por la mineralización de la MOS donde participa la fauna edáfica (organismos detritívoros) y los microorganismos del suelo, sino también se genera por el metabolismo de las raíces de las plantas (Fortín *et al.*, citado por Martínez *et al.*, s.f.)

2.1.3.2. Fracciones de carbono orgánico en el suelo

Se conoce como materia orgánica del suelo (MOS) a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y / o vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición, y que se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo (Rosell 1999). Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Aguilera 2000).

El COS es el principal elemento que forma parte de la MOS, por esto es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro. Al respecto cabe señalar que los métodos analíticos determinan COS, (calcinación húmeda o seca) y que la MOS se estima a partir del COS multiplicado por factores empíricos como el de van Benmelen equivalente 1,724 (Jackson 1964). El factor de transformación de COS a MOS puede variar entre 1,9 para suelos superficiales y 2,5 para muchos subsuelos (Broadbent, citado por Martínez *et al.*, s.f.). Como existe una considerable variación entre diferentes suelos y horizontes en el factor de conversión COS – MOS, es preferible informar el valor de COS sin transformar (Allison, citado por Martínez *et al.*, s.f.).

En la materia orgánica del suelo (MOS) se distingue una fracción lábil, disponible como fuente energética, que mantiene las características químicas de su material de origen (hidratos de carbono, ligninas, proteínas, taninos, ácidos grasos), y una fracción húmica, más estable, constituida por ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas (Galantini 2002 y Aguilera 2000). Cada una de estas fracciones se obtiene por solubilización en medios ácidos

o alcalinos. Sin embargo, este tipo de fraccionamiento se encuentra limitado por la presencia de componentes no húmicos extraídos junto con la fracción húmica y que no pueden ser separados efectivamente mediante esta metodología (Hayes y Clapp, citado por Martínez *et al.*, s.f.)

Las sustancias húmicas son el principal componente de la MOS y representan, por lo menos el 50% de ésta (Simpson *et al.*, citado por Martínez *et al.*, s.f.). Las sustancias húmicas son el material orgánico más abundante del medioambiente terrestre. Dentro de la fracción húmica, las huminas son el componente más abundante. Las huminas incluyen una amplia gama de compuestos químicos insolubles en medio acuoso y contienen, además, compuestos no húmicos como largas cadenas de hidrocarburos, ésteres, ácidos y estructuras polares, que pueden ser de origen microbiano, como polisacáridos y glomalina, íntimamente asociados a los minerales del suelo (Hayes y Clapp, citado por Martínez *et al.*, s.f.). Las huminas representan más del 50% del COS en suelos minerales y más del 70 % del COS en sedimentos litificados (Kononova y Hedges *et al.*, citado por Martínez *et al.*, s.f.).

En la MOS total existe una fracción de gran tamaño ($> 53 \mu\text{m}$) cuyo contenido de COS es conocido como carbono orgánico particulado (COP) o C orgánico lábil que es más activo y de rápida descomposición (Franzlubbers y Arshad, citado por Martínez *et al.*, s.f.).

La relación C orgánico lábil: C orgánico total es un indicador del efecto de diferentes sistemas productivos sobre la fracción orgánica del suelo (Galantini 2002). Este indicador se utiliza para evaluar los cambios de MOS asociados a sistemas de labranza, uso y capacidad productiva de los suelos. La razón entre la concentración de C en la fracción arcilla-limo y el C orgánico total, o factor de enriquecimiento de C, es otro indicador que

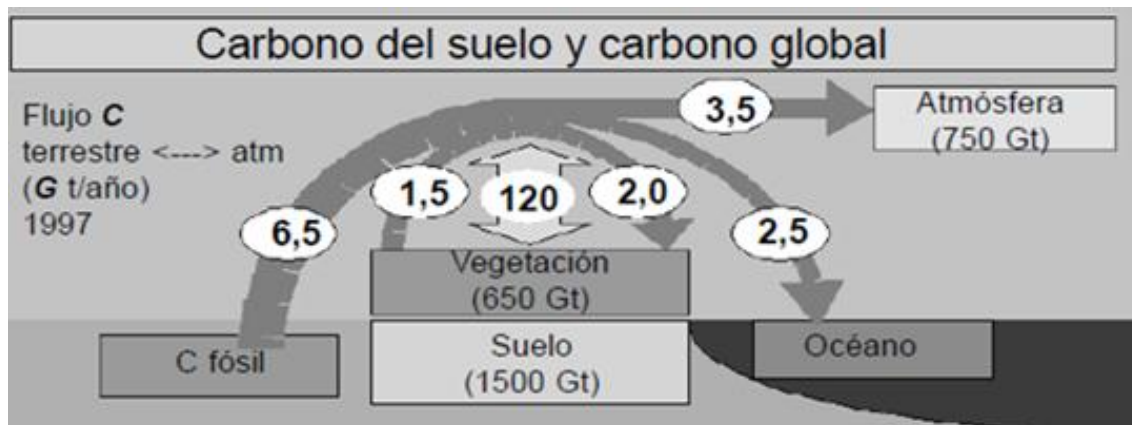
permite estudiar el almacenamiento de C en suelos con distinto historial de manejo (Matus, citado por Martínez *et al.*, s.f.).

2.1.3.3. Carbono y materia orgánica en el suelo

A. El papel de los suelos en el ciclo del carbono

El ciclo terrestre del carbono (Figura 1). El carbono orgánico del suelo representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera y se estima en cerca de 1 500 Pg C a 1 m de profundidad (cerca de 2 456 a dos metros de profundidad). El carbono inorgánico representa cerca de 1 700 Pg pero es capturado en formas más estables tales como el carbonato de calcio. La vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg) almacenan considerablemente menos cantidades que los suelos. Los flujos entre el carbono orgánico del suelo o terrestre y la atmósfera son importantes y pueden ser positivos bajo la forma de captura o negativos como emisión de CO₂ (FAO 2002).

Figura 1: El ciclo terrestre del carbono: el carbono del suelo y el carbono global disponible.



Fuente: International Geosphere Biosphere Program, citado por FAO 2002.

B. Dinámica del carbono orgánico en los suelos

Las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). En condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del carbono que ingresa al mismo es lábil y sola una pequeña fracción (1 %) del que ingresa (55 Pg/año) se acumula en la fracción húmica estable 0,4 Pg/año (FAO 2002)

2.1.4. Importancia de la materia orgánica del suelo.

El desarrollo de los cultivos se sustenta en la capacidad que tiene el suelo de proporcionarle las cantidades necesarias de nutrientes para su correcto desarrollo. La disponibilidad de dichos nutrientes depende de varios factores, siendo el contenido y calidad de la materia orgánica presente uno de los más determinantes (Jackson, citados por Alemán y Guido 2016).

Un suelo fértil tiene que poseer necesariamente un adecuado contenido de materia orgánica, el que oscila entre un 2 % para suelos arenosos hasta un 6 % para suelos húmicos. La influencia favorable de la materia orgánica y en especial del humus en los suelos ha sido reconocida desde la antigüedad. (Broadbent, citados por Alemán & Guido 2016).

2.1.4.1. Carbono orgánico y propiedades químicas del suelo

Influye directamente en la disponibilidad de nitrógeno, ya que la mayor parte de este elemento se encuentra almacenado en el suelo en forma orgánica (Carreira 2005).

Mejora la nutrición fosfórica de las plantas ya que favorece el desarrollo de microorganismos fosfolubilizadores que actúan sobre los fosfatos insolubles en el suelo (Rosell 1999).

Mejora la disponibilidad de micronutrientes para las plantas y aumenta la capacidad de intercambio catiónico en los suelos, particularmente en aquellos con bajo contenido en arcilla (Carreira 2005).

Favorece indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas, acidificando ligeramente el medio (Rosell 1999).

Contribuye a la absorción de moléculas de agua, por el elevado número de grupos funcionales que posee (carboxílicos, hidroxílicos, aminoácidos) (Carreira 2005).

2.1.4.2. Carbono orgánico y propiedades físicas del suelo

Mejora la estructura del suelo, principalmente a través de la formación de agregados estables (Jaramillo, citados por Alemán & Guido 2016).

Disminuye la densidad aparente del suelo, por tener una menor densidad que la fracción mineral (Rosell, 1999).

Aumenta la porosidad del suelo, mejorando su aireación, penetración y retención de agua (Jackson, 1964).

Reduce los efectos negativos de la acción mecánica del paso de maquinaria sobre el suelo, por ser menos compactable que el constituyente mineral (Jaramillo, citados por Alemán & Guido 2016).

Contribuye al aumento de la conductividad hidráulica del suelo como consecuencia de los espacios vacíos que se forman en la interfase entre las partículas orgánicas y minerales (Rosell, 1999).

Contribuye a reducir las pérdidas de suelo por erosión gracias a su capacidad de cohesionar las arcillas, y favorece el mantenimiento de temperaturas constantes en el suelo, al tener una conductividad térmica más baja que la fracción mineral (Jaramillo, citados por Alemán & Guido 2016).

2.1.4.3. Carbono orgánico y propiedades biológicas del suelo

Estimula el desarrollo y la actividad de los microorganismos del suelo ya que constituye su principal fuente de energía y nutrientes (Jackson, citados por Alemán & Guido 2016).

Favorece la presencia de lombrices y otros organismos que contribuyen a mejorar la estructura del suelo (Jaramillo, citados por Alemán & Guido 2016).

Puede limitar el desarrollo de microorganismos patógenos, directamente o favoreciendo el desarrollo de antagonistas (Rosell 1999).

Puede proporcionar actividad enzimática y por tanto facilitar la hidrólisis de moléculas de cadena larga, haciendo disponibles algunos nutrientes para las plantas (Jackson, citados por Alemán & Guido 2016).

Juega un papel importante en la absorción de sustancias reguladoras del crecimiento y de los plaguicidas aplicados al suelo (Jackson, citados por Alemán & Guido 2016).

2.1.4.4. Manejo de suelo y captura de carbono

En las tierras cultivadas, la labranza es la práctica más importante que puede tener un efecto considerable sobre las existencias de carbono, ya sea negativo cuando se usan los métodos convencionales o positivos cuando se aplica la labranza de conservación. Los efectos favorables de la labranza de conservación son muy altos durante los primeros años, hasta que alcanzan un cierto plafón; esta tendencia puede ser rápidamente revertida si se reintroduce la labranza convencional. Muy a menudo, en los Estados Unidos de América, la labranza de conservación no es una verdadera práctica de no labranza como ocurre generalmente en Brasil y Argentina. La no labranza o labranza de conservación incluye el manejo de los residuos de los cultivos en el lugar lo cual asegura el ingreso de materia orgánica y la siembra

directa a través de la cobertura de residuos. La labranza de conservación requiere un mínimo de 30 por ciento de residuos de cultivos, que a menudo no son suficientes para cubrir totalmente el suelo y prevenir la erosión.

2.1.4.5. Carbono orgánico y productividad del suelo

2.1.5. Disminución de la pérdida de carbono

Aparte de los factores climáticos -principalmente la temperatura- los procesos más importantes que causan pérdidas de carbono del suelo son la erosión y la mineralización de la materia orgánica. La lixiviación del carbono orgánico e inorgánico es otro mecanismo importante de pérdida de carbono en el suelo.

La erosión del suelo, tanto hídrica como eólica, representan la forma más importante del proceso de degradación del suelo y afecta a más de 1 000 millones de hectáreas en todo el planeta. La pérdida de suelo varía, por lo general, entre 1 y 10 t/ha/año, llegando en algunos casos hasta 50 t., (Alemán & Guido 2016)

2.1.6. Carbono biomasa

2.1.6.1. Biomasa

La biomasa se define como la suma total de la materia viva que se encuentra en un ecosistema en un momento determinado y se expresa en términos de peso seco, masa o volumen (Pardé, citado por Dávila 2011). Los estudios de biomasa son importantes para comprender el ecosistema de las plantas, ya que explican la distribución de la materia orgánica en el sistema y permiten evaluar los efectos de una intervención, respecto a su equilibrio en el ecosistema.

Biomasa es sinónimo de masa biológica y se entiende ésta como la cantidad total de materia orgánica en el ecosistema en un momento dado; en

el caso de la biomasa vegetal, la cantidad de materia viva producida por las plantas y almacenada en sus estructuras en forma de biomasa que tiene como fuente original el sol, y suele expresarse en unidades de energía (joules/m²) o de materia orgánica muerta (toneladas/ha). (Salas & Infante 2006:49)

La biomasa entonces representa la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las porciones aéreas y subterráneas del ecosistema. La porción aérea de la biomasa arbórea según Dauber (2006), se puede dividir en:

- a) Biomasa aérea total: Peso seco del material vegetal de los árboles, incluyendo fustes, corteza, ramas, hojas, semillas y flores, desde la superficie del suelo hasta la copa del árbol.
- b) Biomasa fustal: Biomasa que va desde la superficie del suelo donde empieza el tronco o fuste hasta la primera ramificación del árbol donde comienza la copa.
- c) Biomasa foliar: Biomasa desde el punto más alto de la copa o dosel hasta la primera ramificación, es decir, la diferencia entre biomasa aérea total y biomasa fustal.

Aunque la biomasa del suelo y raíces pueden representar hasta un 40 % de la biomasa total. Generalmente se realizan estudios de medición de biomasa aérea por su medición fácil y a menos costo.

2.1.6.2. Métodos para estimar el contenido de biomasa

Existen diferentes métodos para estimar la biomasa (Andrade, citado por Dávila 2011) los más utilizados frecuentemente son:

- a) Aplicación de una ecuación de regresión específica a especies de árboles individuales a diámetro y/o otras medidas de los árboles.

- b) Aplicación de una ecuación de regresión genérica a diámetro y otras medias de árboles.
- c) Estimación de tablas de biomasa específicas para especies o genéricas basadas en diámetro y/o altura.
- d) Uso de tablas de rendimiento estándar para estimar el volumen de fuste y aplicando la gravedad específica se convierte a biomasa de fuste, posteriormente se aplica un factor de expansión para estimar biomasa total del árbol.
- e) Uso de la técnica del árbol promedio.

En todas estas situaciones se debe medir el Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y la altura total de la vegetación leñosa (Connolly & Corea, citado por Quiceno y Tangarife 2013). Estudios realizados tanto en Norteamérica como en Europa y Asia, concuerdan en que la evaluación de la biomasa arbórea debe contemplar la separación de componentes en fuste, hojas y ramas, debería separarse también corteza y raíces (Macdiken, citado por Dávila 2011).

En términos porcentuales el fuste del árbol concentra la mayor cantidad de biomasa aérea, representado entre 55 al 77 % del total, luego están las ramas, de 5 a 37 %; seguido por las hojas entre 1 a 15 % y finalmente la corteza del fuste entre 5 a 16 % respectivamente. La contribución porcentual de los diferentes componentes (fuste, corteza, ramas, hojas y raíces) en la biomasa total de un árbol varía considerablemente dependiendo de la especie, edad, sitio y tratamiento del agro-ecosistema (Pardé, citado por Dávila 2011).

2.1.6.3. Biomasa aérea

Es la que conforma la estructura leñosa aérea de especies frutales, maderables y otros árboles y arbustos del sistema productivo (Medina 2004).

Está compuesta por los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea (Fundación 2000). Estos componentes de la biomasa se muestrean en parcelas de proporciones acordes a cada tipo de vegetación. Es muy importante hacer notar que el componente más importante de esta fuente son los árboles.

2.1.6.4. Biomasa subterránea

La biomasa de las raíces los representa los sistemas radiculares, constituyen otro sumidero de carbono (Medina 2004)

La biomasa abajo del suelo hace referencia a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado. Un método sencillo es realizar una estimación conservadora de este valor, basado en valores ya existentes o calculando un porcentaje de la biomasa arriba del suelo. Sin embargo, hay varias situaciones en la que es posible medirla y resulta importante (Fundación 2000).

Existe una variedad de métodos directos e indirectos para estimar la biomasa de raíces. Entre ellos, los más usados son los métodos directos (destructivos y no destructivos), es decir, la excavación de raíces o el muestreo de cilindros del suelo. También, existen métodos indirectos, que se han venido desarrollando en los últimos años como son: uso de cámaras de video, radar, o modelos tridimensionales, pero que presentan limitaciones tanto económicas como de su aplicabilidad práctica (Nieto *et al.*, citado por Dávila 2011).

2.1.6.5. Ecuación o modelos alométricos

Un modelo alométrico es una relación matemática entre una variable independiente y una dependiente, que tiene por objeto explicar las relaciones existentes entre los atributos y dimensiones del árbol y el peso seco de sus componentes (biomasa). La variable independiente puede ser

estimada a partir de métodos destructivos (peso de componentes de individuos) o partir de parámetros biométricos estimados en campo directamente (DAP, altura) (Nelson *et al.*, citado por Dávila 2011).

2.1.6.6. Captura de carbono en las plantas

El proceso de captura de carbono, se produce una vez que las plantas absorben CO₂ de la atmósfera a través del proceso de fotosíntesis, el CO₂ capturado participa en la composición de materias primas como la glucosa, para formar las estructuras de la planta y es almacenado en su tejido en forma de biomasa aérea (hojas, ramas, tallos) y subterránea (raíces gruesas y finas) o en el suelo (degradación de biomasa proveniente de la planta o órganos leñoso y no leñosos) en forma de humus estable que aporta CO₂ al entorno; aproximadamente se estima que una tonelada de CO₂ atmosférico, equivale a 0.27 ton de carbono en la biomasa. (Vallejo *et al.*, Citado por Quiceno y Tangarife 2013)

Sin embargo, la captura de CO₂ se realiza únicamente durante el desarrollo de los árboles, después de varios años, cuando los árboles han llegado a su madurez total, capturan únicamente pequeñas cantidades de CO₂ necesarias para su respiración y la de los suelos, por lo tanto, no es importante cuanto carbono el árbol captura inmediatamente, sino cuanto carbono captura durante toda su vida. (Ordoñez & Macera s.f.).

La pérdida de carbono o la liberación de CO₂ a la atmósfera, ocurre a través de la respiración de las plantas, seres vivos aerobios, animales, el suelo y la descomposición de la materia orgánica muerta o necromasa, aunque la respiración vegetal y la descomposición de materia orgánica libera gran cantidad de CO₂ a la atmósfera, estas emisiones han estado durante siglos en balance con el dióxido de carbono absorbido por la vegetación terrestre y por los océanos (Nakama *et al.*, 2009).

2.1.7. Descripción botánica del pato (*Persea americana* Mill)

2.1.7.1. Clasificación taxonómica del pato

Orden: Laurales

Familia: Lauraceae

Género: *Persea*

Especie: *Persea americana* Mill

2.1.7.2. Generalidades

A. Descripción del Árbol

El pato es un árbol extremadamente vigoroso, con tronco grueso, que alcanza hasta 80 cm de diámetro, de gran ramificación, copa con hojas perennifolias. Su altura alcanza hasta 25 a 30 m en su edad adulta. Posee sistema radicular amplio y superficial; sus hojas son brillantes de color verde en la mayoría de las variedades, sus flores son perfectas en racimos sub-terminales que se abren en dos momentos para exponer los órganos femeninos y masculinos en diferentes tiempos evitando así la autofecundación; factor que es de gran relevancia para las plantaciones.

B. Descripción botánica. Según Bernal y Díaz (2008)

- a) Raíz: Las raíces son superficiales, la profundidad alcanzada puede ser de 1 – 1,5 m. Tiene muy pocos pelos radicales y la principal absorción de nutrientes y agua se realiza en las puntas de las raíces a través de los tejidos primarios.
- b) Tallo: Es bastante vigoroso, su textura es escamosa de color grisáceo, posee un diámetro que puede alcanzar hasta 80 cm. Su madera puede ser aprovechada.

- c) Hojas: Pueden alcanzar hasta los 15 cm de largo y 7 cm de ancho, son simples, alternas, su borde es liso, el haz es de color verde oscuro y brillante, el envés de color blanquecino, su forma es elíptica.
- d) Ramificaciones: los palto cuentan con ramas gruesas y leñosas además tiene de color verde en las puntas de las ramas.
- e) Flores: Las flores del palto son hermafroditas de un diámetro aproximado de 1 cm, están dispuestas en panículas que se forman en la parte terminal de las ramas, son perfectas y están agrupadas en racimos subterminales que pueden llegar a contener hasta 450 flores; estas son de 1 cm de ancho y 6 – 7 mm de longitud, color verde amarillento claro.
- f) Inflorescencia: Las inflorescencias del palto son determinadas (en las que el meristemo del eje primario forma una flor terminal), e indeterminadas (en las que se forma una yema en el ápice del eje primario de la panícula que continúa con el crecimiento de un brote).
- g) Fruto: El fruto es una baya con una sola semilla, muy variable en tamaño, forma y características de su piel, pulpa y semilla.

2.2. ANTECEDENTES

En el año 2015, Osorio Yacolca, de la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA (UNAS) realizó una investigación en: “Almacenamiento y tasa de fijación de biomasa y carbono en diferentes niveles altitudinales en sistemas agroforestales en cacao, Distrito de JOSÉ CRESPO Y CASTILLO”. La investigación se realizó en tres parcelas agroforestales, con la finalidad de evaluar el almacenamiento de carbono orgánico en sistemas agroforestales de cacao en los componentes: Suelo, biomasa radicular, negromasa, biomasa aérea y hojarasca en diferentes niveles altitudinales. En el estudio de la investigación se determinó que el almacenamiento del carbono orgánico en las fracciones hojarasca, biomasa aérea, biomasa radicular y en el suelo de los sistemas agroforestales, es

mayor en el caserío Corvina (521 msnm) sin embargo a medida que el nivel altitudinal incrementa, la tasa de almacenamiento tiende a disminuir. Por otra parte, respecto a la fracción negromasa no es afectada por el factor altitudinal. Así mismo, se determinó que el nivel altitudinal afecta en la tasa de fijación y almacenamiento de carbono orgánico en los componentes de un sistema agroforestal de cacao, existiendo una tendencia inversamente proporcional del nivel altitudinal respecto al carbono orgánico total.

En el año 2015, Villegas García, de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSI Facultad de Agronomía y Veterinaria realizó una investigación en: “variación del carbono orgánico en el suelo del altiplano potosino oeste” la investigación se realizó un muestreo de 41 sitios, donde se consideró: Topografía (planicie lacustre, planicie aluvial, loma, ladera y bajío), vegetación (zacatal, zacatal salino, zacatalgobernadora, nopalera, gobernadora, gobernadora-izotal y barbecho). Se tomaron muestras del primer horizonte de cada sitio, donde la profundidad varió de 15 a 35 cm. Las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron en malla número 100, para el análisis de carbono orgánico por autoanalizador y en mufla. Para las determinaciones de pH, conductividad eléctrica, densidad aparente (g/cm) y carbonatos (%), las muestras se tamizaron en malla 2 mm. El objetivo de este trabajo fue estimar los contenidos de carbono orgánico por tres métodos (Ignición, Walkley y Black y autoanalizador) y carbono total, en suelos del Altiplano Potosino Oeste para varias topografías y tipos de vegetación. Asimismo, representar la relación del carbono con las propiedades físicas y químicas del suelo, en ecuaciones de predicción. Por lo tanto, los resultados fueron los siguientes: No existió diferencia significativa ($p > 0,05$) entre las determinaciones medias para los métodos Walkley y Black y de autoanalizador, esto en relación con las diferentes condiciones de muestreo; pero al momento de correlacionar las determinaciones 1:1 de los métodos, se encontró una relación baja ($r^2 = 0,48$

– 0,46). La variable independiente físico-química que más influyó en las ecuaciones de predicción fueron los carbonatos de calcio ($p < 0,0001$).

2.3. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

2.3.1. Variables

Suelo

Carbono orgánico del suelo (COS).

Biomasa aérea y subterránea (Ba y Br)

Almacenamiento de carbono en la biomasa.

Tasa de fijación de carbono.

2.3.2. Operacionalización de las variables

Cuadro 2: Operacionalización de las variables

Variables	Definición operacional	Indicadores	Unidad de medida	Fuente
Suelo	Toma de muestra	Muestreo de suelo compuesto	Kg/ha	
	Peso del suelo	Densidad aparente por el método del cilindro	g/cm ³	
Carbono orgánico del suelo (COS)	Toma de muestra a tres profundidades.	$COS = \% CO * da * Ps$	t C/ha	(Andrade e Ibrahim 2003)
		$Fraccion\ de\ carbono = \frac{\% MO}{1,724}$	%	
		$\% CO = 0,58 * \% m. o.$	%	Según Walkley y Black, citado por, Andrade e Ibrahim 2003.
Biomasa aérea (Ba)	Uso de modelos alométricos por el método indirecto	$B = 10^{(-1.12+2.62*\log(d30)+0.03*\log(ht))}$	Kg/planta	Andrade, Segura & Somarriba, en preparación, citado por Segura y Andrade 2012.
Biomasa subterránea (Br)		$Br = e^{(-1.0587+0.8836*\ln(Ba))}$	t C/ha	
Almacenamiento de carbono en la biomasa	Carbono en la biomasa aérea	valor <i>default</i> de fracción de carbono (0,5) 50 %	t C/ha	PANEL INTERGUBERNAMENTAL EN CAMBIO CLIMÁTICO – IPCC, Citado por Marín, Andrade y Sandoval 2016.
Tasa de fijación de carbono.	Carbono total = Ba + Br	$FC = \frac{\text{Almacenamiento de carbono}}{\text{Edad de la planta}}$	t/ha	IPCC, Citado por Marín, Andrade y Sandoval 2016.

Fuente: Elaboración propia

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se realizó en el Centro de Investigación Frutícola Olerícola de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHEVAL), ubicado en la Av. Universitaria Cayhuayna -Huánuco.

A. Ubicación política

Región : Huánuco.
Provincia : Huánuco.
Distrito : Pillco Marca.
Lugar : Cayhuayna.

B. Posición geográfica

Latitud sur : 09° 55' 43"
Longitud oeste : 76° 18' 34"
Altitud : 1947 msnm

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación

Es aplicada, porque se recurrió a las teorías científicas existentes sobre el contenido de carbono orgánico en el suelo y carbono fijado en la biomasa aérea y subterránea en un sistema de producción del palto para determinar la cantidad de carbono.

Nivel de investigación

Descriptivo, porque se describió el contenido de carbono orgánico en tres profundidades del suelo y el carbono fijado en la biomasa aérea y subterránea en un sistema de producción del palto.

3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y UNIDAD DE ANÁLISIS

Población: Toda el área de la plantación, suelo y la vegetación en estudio. 5950 m² y 238 plantas respectivamente (Figura 14).

Muestra: Para COS estuvo constituido por 6 muestras compuestas de suelo representando a toda el área en estudio 5 950 m², y para la biomasa aérea y subterránea estuvo representado por 20 árboles para la medición del diámetro de la planta D₃₀ y altura total (Figura 16 y 17).

Tipo de muestreo: Para COS probabilístico en su forma de Muestreo Aleatorio Compuesto porque todas las sub muestras del suelo tuvieron la misma probabilidad de formar parte del área neta. Mientras para la biomasa aérea y subterránea en su forma de muestreo estratificado óptimo en el área de estudio.

Unidad de análisis: Estuvo constituida por los arboles elegidos y los puntos de muestreo de suelo.

3.3.1. Datos registrados

Para la estimación del carbono en un sistema de producción de palto se registró datos de campo como: altura total (m); diámetro de la planta D₃₀ (cm) y densidad aparente (g/cm³).

A. Muestreo de suelo para materia orgánica

Esto se realizó a tres profundidades del suelo, a partir de la capa arable (0 – 10 cm; 10 – 20 cm y 20 – 30 cm); para disminuir la variabilidad se

consideró una muestra compuesta que viene a ser la mezcla de 6 submuestras individuales. La muestra individual estuvo constituida por cada una de las porciones de suelo que se tomó en el campo, cumpliendo una serie de requisitos.

- a. Cada muestra individual fueron del mismo volumen que las demás y representó la misma sección transversal del volumen de que se tomó la muestra.
- b. Las muestras fueron tomadas al azar con respecto al área de estudio.
- c. Se tomaron 36 submuestras individuales en 12 puntos de muestreo para que el volumen total del suelo pueda ser representados adecuadamente. Estas muestras cubrieron toda el área de estudio.
- d. El área del terreno donde se realizó la investigación para el muestreo del suelo se consideró homogéneo para el objetivo del análisis.
- e. Para el análisis del suelo se envió las muestras a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) para determinar materia orgánica. Mientras que el resto de los análisis (Textura, pH, CaCO_3 , densidad aparente) se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNHEVAL (Figura 13).

B. Muestreo de suelo para densidad aparente

Para ello se realizó un muestreo aleatorio simple, en dos puntos de la parcela de investigación (bajo árbol y entre planta) a tres profundidades cada una (0 – 10 cm; 10 – 20 cm y 20 – 30 cm). Se tomaron las respectivas muestras utilizando el barreno para determinar la densidad aparente a través del método del cilindro de volumen descrito por Mac Diken (1997). El análisis se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNHEVAL (Figura 15).

C. Muestreo de arboles

Para la biomas aérea y subterránea en su forma de muestreo estratificado óptimo en el área de estudio, se seleccionaron 20 árboles de palto (Figura 17)

D. Altura total de árbol

Para la medición de la altura total (ht) de todo los arboles muestreados fue medida mediante el eclímetro, como también para la verificación de las alturas se hizo uso de dos instrumentos (Teodolito y la regla graduada de 5 m), obteniendo ángulos y distancia. Para determinar la altura de cada árbol se utilizó formulas trigonométricas. Para la altura consistió en medir desde el suelo hasta el ápice de la copa de cada planta y la distancia horizontal entre el árbol y el operador, como también la altura del instrumento (teodolito) o de la vista del operador (eclímetro). Los resultados se expresaron en metros (m).

E. Diámetro del árbol (d_{30}).

Esta medida se tomó a los 30 cm de altura desde el suelo para cada uno de las plantas muestreadas, con una cinta métrica en donde se obtuvo el perímetro o circunferencia (LC) que fue convertido en $D_{(30)}$ a partir de la fórmula de (Villareal et al., citado por Quinceno, Tangarife y Álvarez 2016):

$$D_{(30)} = \frac{LC}{\pi}$$

F. Edad de la planta

Las plantaciones del palto se instalaron como plantas francas en febrero del 2012 en una superficie de 5 950 m² por plántulas producidas en vivero, la distribución de las plantaciones fue con una densidad de siembra de 5 x 5 m. En el mismo año setiembre del 2012 se injertaron a todas las

plantas en campo definitivo. Como también se contabilizó el número total de plantas instaladas haciendo uso del GPS.

G. Variedades de las plantas

Hass y Fuerte (Híbridos de la raza guatemalteca y raza mexicana). Para dar mayor confiabilidad al trabajo de investigación se identificó todas las variedades instaladas en el área de estudio.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

3.4.1. Técnicas de recolección de información

A. Técnicas bibliográficas

Análisis de contenido: Estudio y análisis de manera objetiva de los documentos con contenido importante para el experimento.

Fichaje: Permite recolectar la información bibliográfica para elaborar la literatura citada.

B. Técnicas de campo

Observación: Permite obtener información sobre las observaciones realizadas directamente a las muestras del suelo, altura total y D_{30} para la determinación de la materia orgánica, densidad aparente, carbono en el suelo y la biomasa total.

Descripción: Se describió los resultados obtenidos en campo y en el laboratorio.

3.4.2. Instrumentos de recolección y procesamiento de información

A. Instrumentos bibliográficos

Fichas de investigación: Textuales, comentarios, resumen

Fichas de localización: Bibliográficas, internet.

B. Instrumentos de campo

Libreta de campo: Donde se registró los datos de las variables del contenido de carbono en el suelo, en la biomasa aérea, subterránea y tablas de comparación de datos para fundamentar el procesamiento de la información, e ilustraciones que facilitan la comprensión de algunos procedimientos como también explicaciones de los trabajos realizados en el laboratorio y el comportamiento del suelo respectivamente.

3.5. MATERIALES, HERRAMIENTAS, EQUIPOS Y REACTIVOS

3.5.1. Materiales

- a. Mapa de ubicación del terreno a investigar.
- b. Tablero
- c. Libreta de campo
- d. Lápiz
- e. Bolsas plásticas transparentes.
- f. Tina pequeña
- g. Marcadores o plumones indelebles
- h. Estacas de madera
- i. Wincha métrica
- j. Listones
- k. Cuchillo
- l. Clavos
- m. Tamiz N° 10 o de 2 mm de diámetro
- n. Rodillo de madera

o. Etiquetas

3.5.1.1. Materiales de laboratorio

Cuadro 3: Materiales y reactivos

TIPO DE ANÁLISIS	MATERIALES	REACTIVOS
Textura del suelo	Muestra de suelo problema (50 g) Probeta o cilindro de sedimentación Hidrómetro ASTM-152-H Termómetro en grados centígrados Cronómetro Dispersador eléctrico Dispersador mecánico Balanza analítica Pipetas graduadas de 5 cc Frasco lavador Agua destilada	Oxalato de sodio saturado (5 ml) Hidróxido de sodio 1N (5 ml) Alcohol amílico
Carbonatos de calcio en el suelo	Muestra de suelo problema (5 g) Balanza analítica Cucharilla o espátula Vagueta Vasos de precipitado de 150 ml Probeta de 50 ml Erlenmeyer de 250 ml	Ácido clorhídrico HCl 0,1 N (50 ml) Heliantina o indicador anaranjado de metilo Hidróxido de sodio NaOH 0,1 N

	<p>Embudo Bombilla Papel filtro Soporte universal Pipeta volumétrica de 20 ml Gotero Bureta automática</p>	
pH del suelo	<p>pHmetro muestra del suelo problema (20 g) Balanza analítica Vaso de vidrio de 50 ml Espátula o cucharilla Vagueta Probeta de 20 ml Agua destilada</p>	<p>Solución tampón o buffer con pH 7,05</p>
Materia orgánica del suelo (Walkley y Black modificado) UNAS	<p>Muestra de suelo problema Balanza Cucharilla o espátula Erlenmeyer de 250 ml Buretas automáticas Probeta graduada de 10 ml Fiola de 100 ml Pipeta volumétrica de 20 ml Gotero Piceta con agua destilada Vasos de precipitado de 250 ml</p>	<p>Dicromato de potasio 1 N Ácido sulfúrico concentrado Ácido sulfúrico al 1/3 Indicador de difenilamina sulfúrica Sulfato ferroso amoniacal 0,2 N</p>

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Herramientas

- a. Pala recta
- b. Pico pequeño.
- c. Comba
- d. SERRUCHO

3.5.3. Instrumentos

- a. Barreno
- b. Eclímetro
- c. Teodolito
- d. Regla graduada o mira.

3.5.4. Equipos

- a. Estufa.
- b. Balanza electrónica
- c. Laptop
- d. Cámara fotográfica
- e. GPS

3.6. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.6.1. Carbono orgánico en el suelo.

A. Muestreo de suelos

Para la determinación del carbono orgánico, se tomaron muestras de suelo en la parcela de investigación con una pala recta y un barreno para determinar materia orgánica y densidad aparente a través del método del cilindro de volumen a profundidades de 0 – 10 cm; 10 – 20 cm; 20 – 30 cm. Para el análisis de la materia orgánica las muestras fueron enviadas al

laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), mientras que el resto de los análisis como la textura, carbonato de calcio (CaCO_3), pH y la densidad aparente se realizó en el laboratorio de suelos de la UNHEVAL.

B. Toma de muestra

Para la toma de una muestra representativa se consideró aquella que mejor refleja las condiciones de fertilidad del terreno de investigación. Para que exista representatividad, la muestra de suelo estuvo compuesta de varias sub muestras de igual tamaño. El número de sub muestras por muestra está dado por la variabilidad que presenta el nutriente más móvil dentro de los que se desea analizar. Estudios realizados en la Décima Región, señalan que dicha variabilidad se compensa con 20 a 25 sub muestras de 500 g cada uno por unidad de muestreo.

C. Descripción de los puntos de muestreo

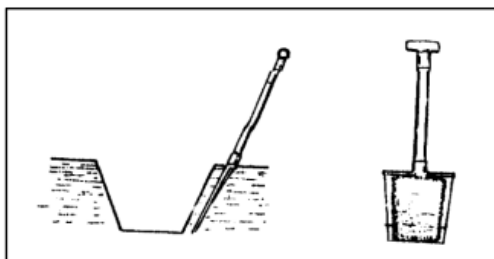
Para el análisis de textura, pH, carbonato de calcio y materia orgánica los puntos fueron seleccionados mediante el tipo de muestreo aleatorio compuesto. Donde se seleccionaron 6 puntos de muestreo bajo árbol y 6 puntos entre planta haciendo un total de 12 puntos a tres profundidades cada punto (0 – 10 cm; 10 – 20 cm y 20 – 30 cm), de forma tal que se obtuvo la mayor representatividad posible del área seleccionada (Figura 16).

De la misma forma para la determinación de la densidad aparente por el método del cilindro de volumen conocido los puntos de muestreo se realizaron mediante el tipo de muestreo aleatorio simple, donde se seleccionaron dos puntos (Bajo árbol y entre planta), a tres profundidades cada una (0 – 10 cm; 10 – 20 cm y 20 – 30 cm) (Figura 15).

D. Recolección de las sub muestras

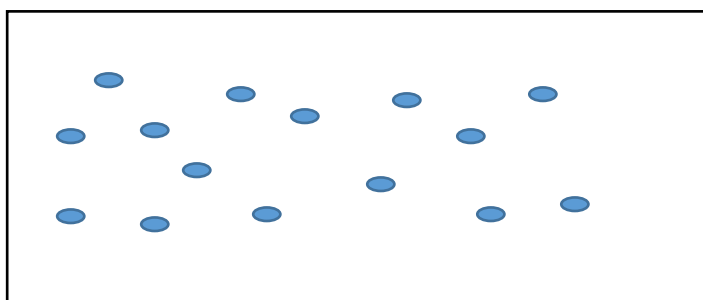
Para el análisis de textura, pH, carbonato de calcio y materia orgánica se realizó con una pala recta, como se indica en la Figura 2. Cuando se toman las sub muestras con la pala recta, no se pueden conservar algunos agregados (terrones) útiles para algunas determinaciones físicas, como densidad aparente y estructura.

Figura 2: Procedimiento de toma de muestra con pala recta



No se tomaron muestras en sitios cercanos a los bordes del predio, donde es común que se acumulen cantidades excesivas de fertilizante debido a las vueltas del tractor. Las muestras se tomaron a una distancia de 8 m del borde del terreno. Las sub muestras se depositaron en un balde de plástico para garantizar el homogenizado del suelo, para la toma de las sub muestras se realizará mediante la Figura 3.

Figura 3: Toma de las muestras



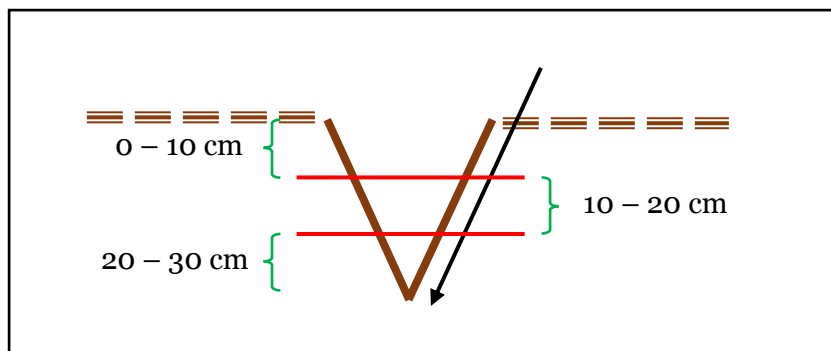
Para la determinación de la densidad aparente por el método del cilindro de volumen conocido las muestras se recolectaron con la ayuda de un barreno, de preferencia de acero inoxidable, con la cual se extrajeron pequeñas cantidades de suelo (misma profundidad y espesor) para facilitar la formación de la muestra compuesta. La barrena permite un muestreo más rápido, económico, sistemático y en ocasiones más homogéneo.

E. Profundidad de muestreo

Las muestras para la determinación de materia orgánica de suelo MOS, carbono orgánico de suelo COS y densidad aparente se realizó a tres profundidades distintas (0 -10 cm; 10 – 20 cm; 20 – 30 cm). La pala recta se utilizó para muestrear materia orgánica, mientras que el barreno se utilizó para muestrear densidad aparente por el método del cilindro de volumen conocido por ser el más adecuado.

Para el análisis de materia orgánica, textura, pH y carbonato de calcio, se hicieron huecos en forma de “V” a las tres profundidades requeridas, en seguida se cortaron de 2 a 3 cm de grueso de uno de los lados de “V” y se eliminaron los bordes hasta alcanzar los 3 cm de ancho a lo largo de la profundidad. Para la densidad aparente se hicieron huecos o pequeñas calicatas a las tres profundidades distintas (Figura 4).

Figura 4: Profundidad de muestreo



F. Extracción de las muestras

Se comenzó por la eliminación de la cobertura vegetal, hojarasca, piedras, raíces grandes, etc., en cada punto elegido, y con una pala recta limpia (libre de óxidos) se realizó un corte en el suelo en forma de "V" (figura 4), arrojándola primera pala a un costado. En la segunda pala se sacó a la profundidad de muestreo una porción de 3 cm de espesor, descartando los bordes mediante un corte con cuchillo. Luego se introdujo las muestras a un recipiente grande y limpio (balde) desmenuzando los terrones.

G. Cuarteo y obtención de la muestra compuesta

Una vez obtenido la última sub muestra (todas deben tener un volumen similar) se extendió sobre un plástico, en seguida se mezcló y dividió en cuatro partes iguales por medio de una cruz y se eliminó los dos cuartos opuestos. El material restante se mezcló de nuevo y se volvió a cuartear (eliminando dos cuartos). Se repitió hasta reducir su tamaño aproximadamente a 0,5 kg para ser enviados al laboratorio (bolsa plástica y limpia).

H. Secado de las muestras

Las muestras obtenidas fueron secadas naturalmente en papel de azúcar bajo sombra en condiciones de laboratorio y sin contaminantes. El suelo se extendió formando una capa de grosor no superior a 15 mm, utilizando una bandeja que no absorba humedad del suelo. El secado se realizó hasta que la pérdida de masa de la muestra de suelo no sea mayor de un 5 % en 24 horas.

I. Embolsado e identificación de las muestras compuestas

La muestra compuesta se introdujo en una bolsa resistente (o doble bolsa) y limpia. En seguida se identificó claramente con una etiqueta atada (o entre las dos bolsas) o con marcador resistente al agua (nunca poner la

etiqueta en contacto con la muestra). Cada muestra compuesta estuvo perfectamente identificada, en términos de su procedencia. En la etiqueta se registraron los siguientes datos:

- a. Responsable de la muestra o tesista
- b. Teléfono
- c. Fecha de muestreo
- d. Número de muestra
- e. Profundidad de muestreo
- f. Lugar de muestreo
- g. Tamaño del área muestreada
- h. Análisis solicitado
- i. Tipo de relieve
- j. Cultivo anterior
- k. Cultivo actual
- l. Observaciones

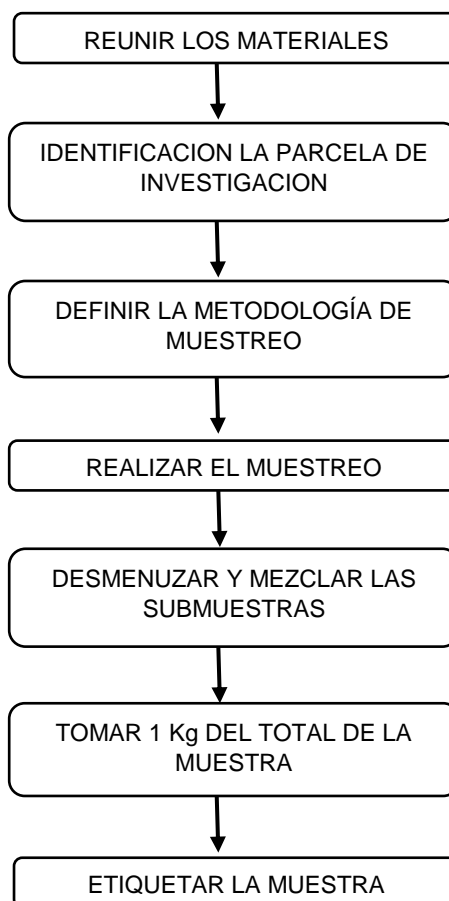
Las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos de la UNAS para el análisis de materia orgánica mientras el análisis de textura, pH, carbonato de calcio y densidad aparente se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias UNHEVAL todo ello acompañada por la hoja de identificación, cuya información ayudó a la interpretación y recomendación.

J. Análisis de la muestra en laboratorio

Con los resultados del laboratorio se ha obtenido los niveles de nutrientes, materia orgánica y carbono orgánico presentes en el suelo, así como otras características del suelo los cuales son muy útiles al momento de dar una buena recomendación. Actualmente los laboratorios utilizan modernos aparatos para la determinación de los diferentes estudios del suelo como fertilidad, MOS y COS. Las características de estos aparatos son el de

medir de forma rápida y exacta las cantidades de minerales que se encuentran en el suelo.

K. Flujo de muestreo de suelo.



3.6.1.1. Cálculo del carbono orgánico

Carbono orgánico: El contenido de carbono orgánico (CO), presente en los suelos, se expresa en porcentaje, y se obtiene con base al contenido de materia orgánica (MO), del suelo, resolviendo la ecuación:

$$\text{Fraccion de Carbono (CO\%)} = \frac{MO\%}{1.724}$$

$$\% CO = 0.58 * \% MO$$

Dónde:

CO = Carbono orgánico total (%),

MO = Materia orgánica (%).

Se emplea el factor de Van Benmelen de 1.724 que resulta de la suposición de que la materia orgánica del suelo contiene un 58 % de Carbono ($1/0.58 = 1.724$). A continuación, el contenido de carbono del suelo se calculó con base en la ecuación propuesta por Andrade e Ibrahim (2003):

$$COS = \% CO * da * Ps$$

Dónde:

COS=Carbono orgánico del suelo (t/ha).

% CO= Concentración de carbono orgánico en el suelo (%).

da= Densidad aparente (g/cm^3).

Ps= Profundidad del suelo (cm).

3.6.2. Carbono en la biomasa aérea y subterránea o raíz.

El trabajo se realizó en tres etapas: la primera, toma de datos y muestreo de los árboles de palto; la segunda, trabajo de gabinete que consistió en la tabulación de los resultados, y, por último, el análisis e interpretación de datos que permitió estimar el almacenamiento de carbono tanto en la biomasa aérea y subterránea.

Los árboles de paltos evaluados presentaban edades de 7 años, con una densidad de plantación de 5×5 m respectivamente. Al momento de la evaluación se tuvo un total de 238 árboles en la plantación. Para la cuantificación de biomasa se seleccionaron 20 árboles en su forma de muestreo estratificado óptimo. En cada árbol seleccionado se midió la circunferencia del tronco a una altura de 30 cm desde el suelo con la ayuda de una cinta métrica para luego dividirlo por π y así obtener el diámetro (D_{30}) del árbol.

$$D_{30} = \frac{LC}{\pi}$$

Donde:

D_{30} = Diámetro a 30 cm del suelo.

Lc = Longitud de la circunferencia.

Para la estimación de la altura del palto se utilizó el instrumento del eclímetro (obteniendo ángulos y distancias). Como también se hizo uso del teodolito y una regla graduada de 5 m para la verificación de la altura de las plantas. Para determinar la altura de cada árbol se utilizó la siguiente fórmula:

$$H = \text{Tan}(x) * D + h$$

Donde:

H = altura del árbol de palto (m)

Tan(x) = Tangente del ángulo en grados.

D = Distancia o separación horizontal del instrumento al árbol (m)

h = Altura del instrumento o vista del operador (m)

Con el D_{30} obtenido y la altura total, se aplicó las ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa aérea y subterránea total por árbol desarrollada por Andrade, Segura & Somarriba, en preparación, citado por Segura y Andrade 2012.

$$B = 10^{(-1,12+2,62*\log(d30)+0,03*\log(ht))}$$

$$Br = e^{(-1,0587+0,8836*\ln(Ba))}$$

Donde

B = Biomasa aérea total (kg/árbol)

d_{30} = diámetro del árbol a 30 cm del suelo.

ht = altura total (m)

Br = Biomasa bajo el suelo (t/ha)

Ba = Biomasa aérea (t/ha)

La biomasa aérea se multiplica por el valor *default* 0,5 fracción de carbono recomendada por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático para estimar el almacenamiento de carbono. La tasa de fijación de carbono para las plantas del palto se estimó dividiendo el almacenamiento de carbono en biomasa arriba del suelo entre la edad promedio de cada componente.

3.6.2.1. Método indirecto para estimar carbono en la biomasa de raíces

Método Relación "R" entre raíces y follaje en promedio de 0,26

Trópico 0,24 D. st (\pm) = 0,14

Templado 0,26 DsT(\pm) 0,07

Boreal 0,27 (\pm) 0,1

$$Br = R \times Ba$$

Donde:

Biomasa de raíces = Br (t/ha)

Relación = R

Biomasa aérea = Ba (t/ha).

$$Br = e^{(-1,0587+0,8836 \cdot \ln(Ba))}$$

Donde:

Br = Biomasa bajo el suelo (t/ha)

Ba = Biomasa arriba del suelo (t/ha)

Modelo alométrico para estimar la biomasa arriba del suelo de los árboles frutales (modelo multiespecies)

$$Ba = 10^{((-1,12+2,62*\text{Log}(d30)+0,03*\text{Log}(ht))}$$

Modelo alométrico para estimar la biomasa arriba del suelo de los árboles forestales.

$$Ba = 10^{((-0,94+1,32*\text{Log}(dap)+1,14*\text{Log}(ht))}$$

- ✓ Ba = biomasa (kg/árbol)
- ✓ Dap = 1.30 m altura,
- ✓ ht = alt. total (m)

$$Bt = Ba + Br$$

Carbono en la biomasa se calculó utilizando el valor de (0,5). La tasa de fijación de "C" acumulada se estimó dividiendo el almacenamiento de carbono entre la edad de la planta.

La tasa cuantificada en términos de CO₂, usando la constante de 3,67 que resulta de la siguiente suposición "La fracción de carbono en el dióxido de carbono es la razón de sus pesos. El peso atómico del carbono es 12 unidades de masa atómica, mientras que el peso del dióxido de carbono es 44, porque incluye dos átomos de oxígeno y cada uno pesa 16. Así, para cambiar desde uno al otro, se usa la fórmula: una tonelada de carbono es igual a 44/12 = 3.67 toneladas de dióxido de carbono".

El CO₂ removido de la atmósfera por los árboles, se calculó multiplicando el carbono total obtenido por el coeficiente Kr (44/12).

$$1t C \leftrightarrow 3,67t CO_2 \quad ; \quad 1t \text{ biomasa } (+/-) 0,5t C$$

$$COS = \text{Area} * \text{Profundidad} * DA * \text{Fracción de carbono}$$

IV. RESULTADOS

4.1. ANALISIS DE SUELO

Cuadro 4: Análisis de suelo

TESISTA:		ANDRES HUAYANAY, YAN CRISTHIAN				PROCEDENCIA:		CIFO - UNHEVAL		
N°	COD. CAMPO	DATOS Referencia	ANALISIS MECANICO			Ph	M.O.	N	CaCO3	
			Arena %	Arcilla %	Limo %					TEXTURA
1	Bajo árbol	0 - 10 cm	58.40	19.68	21.92	Franco arenoso	7.84	1.41	0.06	1.52
2	Bajo árbol	10 -20 cm	60.32	21.74	17.94	Franco arcillo arenoso	7.73	0.67	0.03	1.22
3	Bajo árbol	20 - 30 cm	58.18	19.74	22.08	Franco arenoso	7.59	0.45	0.02	1.42
4	Entre planta	0 - 10 cm	58.26	19.88	21.86	Franco arenoso	7.84	1.34	0.06	1.12
5	Entre planta	10 - 20 cm	56.04	19.82	24.14	Franco arenoso	7.73	1.11	0.05	1.32
6	Entre planta	20 - 30 cm	60.04	20.04	19.92	Franco arcillo arenoso	7.63	0.74	0.03	1.07

Fuente: Universidad nacional agraria de la selva

En el cuadro 4, se observa el análisis de suelo de las muestras enviadas a la Universidad Nacional Agraria de la Selva, como también resultados de análisis de suelos obtenidos en el laboratorio especializado de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias UNHEVAL.

4.2. DENSIDAD APARENTE POR EL METODO DEL CILINDRO

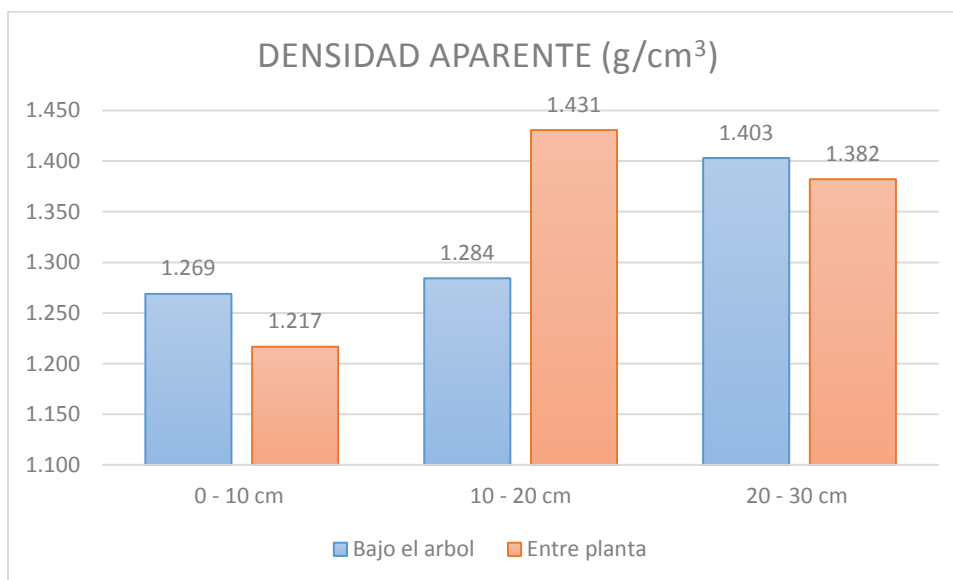
Cuadro 5: Densidad aparente por el método del cilindro

DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Bajo el arbol	1.269	1.284	1.403
Entre planta	1.217	1.431	1.382

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 5, se observa los resultados de los análisis de las muestras las densidades de suelo de acuerdo a la profundidad del suelo bajo árbol y entre planta, realizadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNHEVAL.

Figura 5: Densidad aparente por el método del cilindro bajo árbol y entre planta.



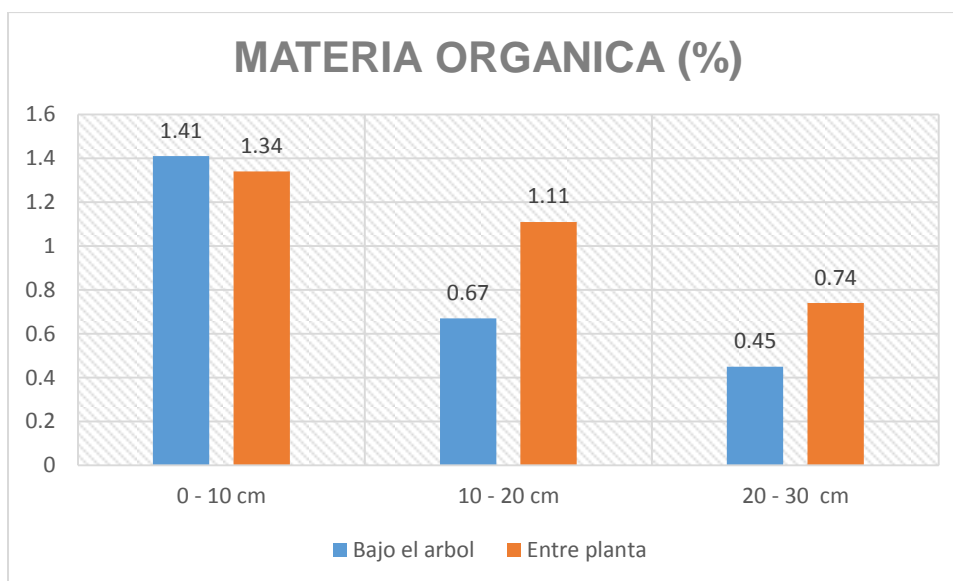
4.3. MATERIA ORGANICA

Cuadro 6: Materia orgánica (%)

ANÁLISIS DE SUELO			
% M.O.	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Bajo el árbol	1.41	0.67	0.45
Entre planta	1.34	1.11	0.74

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelo UNAS

Figura 6: Porcentaje de materia orgánica bajo el árbol y entre planta.



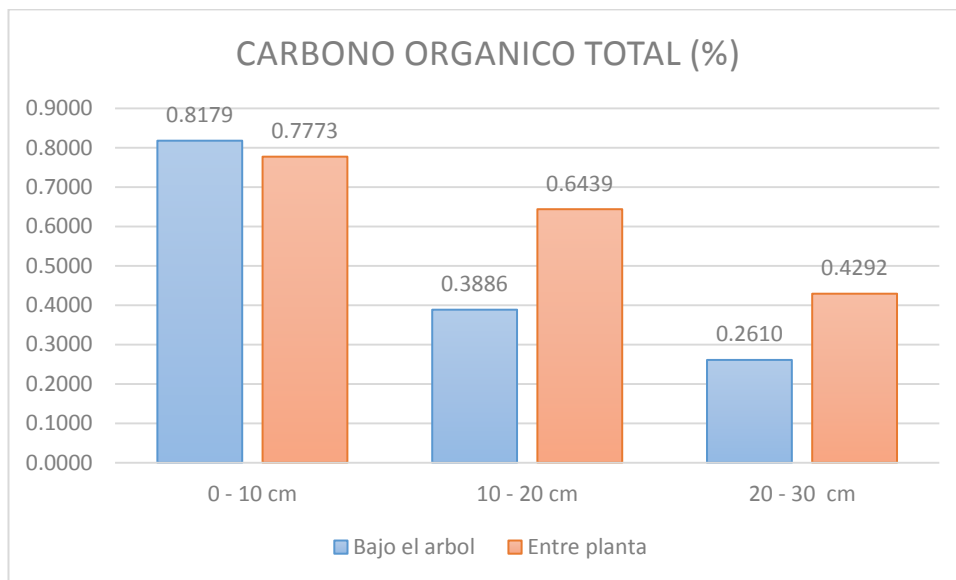
Como se puede observar en la figura 6, la materia orgánica bajo el árbol y entre planta tiene una concentración mayor en los primeros 10 cm de profundidad 1,41 y 1,34 %, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad del suelo el porcentaje del contenido de la materia orgánica tiende a disminuir 0,45 y 0,74 % respectivamente de 20 a 30 cm de profundidad del suelo.

4.4. CARBONO ORGANICO TOTAL (%)

Cuadro 7: Carbono total expresados en porcentaje

Carbono orgánico total %			
% CO	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Bajo el arbol	0.8179	0.3886	0.2610
Entre planta	0.7773	0.6439	0.4292
Factor de Van Benmelen	1.724		

Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Carbono orgánico total expresados en porcentaje

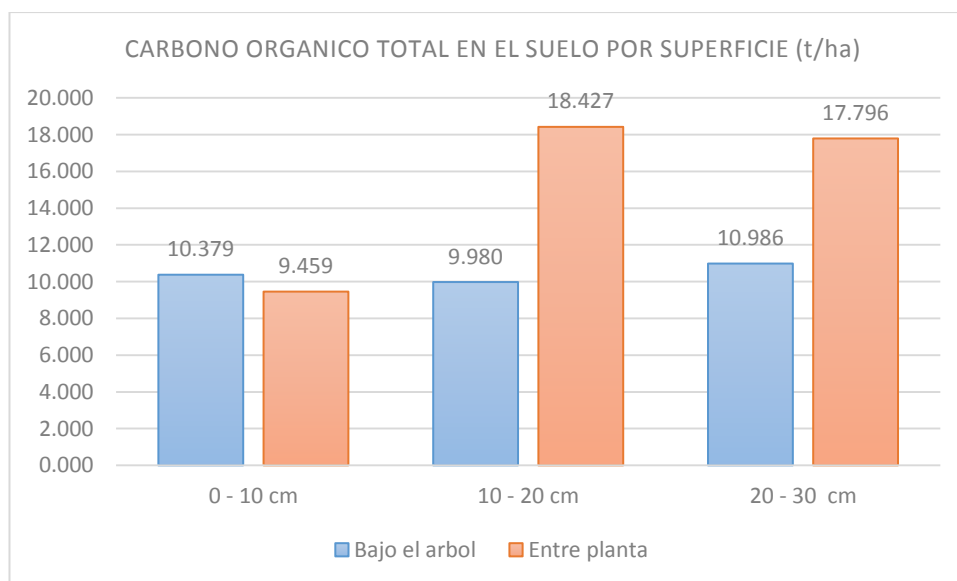
En la figura 7 se observa el carbono orgánico total representado en porcentaje, es decir la presencia del carbono orgánico bajo el árbol y entre planta en mayor cantidad se encuentra en los primeros 10 cm de profundidad 0,81 y 0,77 % C, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad del suelo el porcentaje del carbono orgánico total tiende a disminuir 0,26 y 0,42 % C respectivamente.

4.5. CARBONO ORGANICO DEL SUELO (COS) POR SUPERFICIE

Cuadro 8: Carbono orgánico del suelo por superficie

Carbono orgánico total en el suelo por superficie			
COS (t/ha)	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Bajo el arbol	10.379	9.980	10.986
Entre planta	9.459	18.427	17.796

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Carbono orgánico total de acuerdo a la profundidad del suelo

En la figura 8, se observa el carbono orgánico total en el suelo, es decir carbono almacenado bajo el árbol y entre planta en profundidades distintas. Por lo tanto, bajo el árbol y entre planta de 0 a 10 cm de profundidad presenta menor tendencia a almacenar menor cantidad de carbono 10,37 y 9,45 t/ha, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad de suelo la tasa de fijación de carbono orgánico en el suelo tiende a aumentar 10,98 y 17,79 t/ha.

4.6. BIOMASA AEREA TOTAL

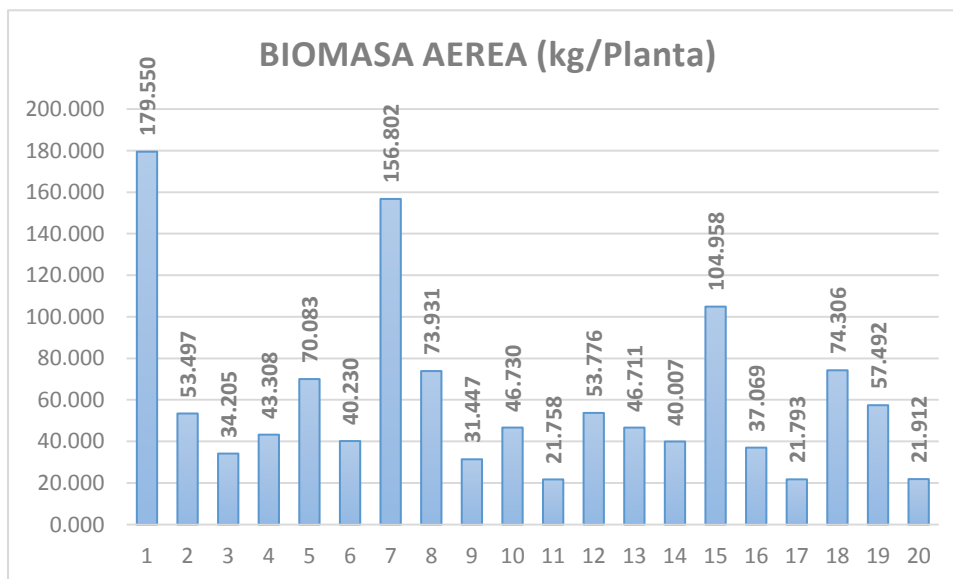
Cuadro 9: Biomasa aérea total (Kg/árbol).

N° Árbol	BIOMASA AEREA TOTAL kg/Planta
1	179.550
2	53.497
3	34.205
4	43.308
5	70.083
6	40.230

7	156.802
8	73.931
9	31.447
10	46.730
11	21.758
12	53.776
13	46.711
14	40.007
15	104.958
16	37.069
17	21.793
18	74.306
19	57.492
20	21.912
PROM	60.478

Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Promedio de la biomasa aérea total expresados en Kg/planta.



En la figura 9, se observa la biomasa aérea total de un sistema de producción de palto, donde se muestra la biomasa de cada árbol determinado mediante el eclímetro (instrumentos de medición).

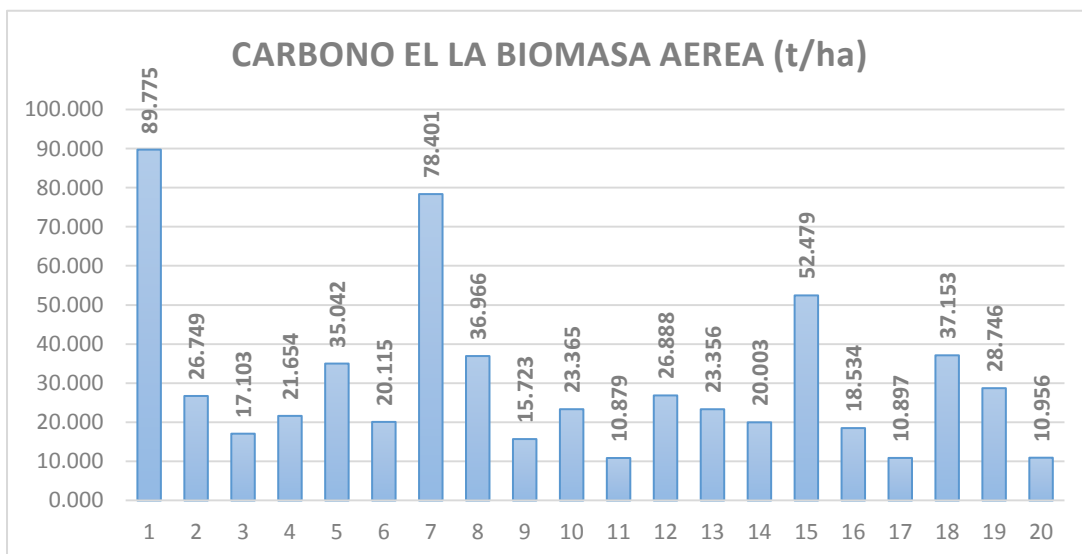
4.7. CARBONO EN LA BIOMASA AEREA Y SUBTERRANEA

Cuadro 10: Carbono en la biomasa aérea y subterránea (t/ha).

N° Árbol	CARBONO EN LA BIOMASA AEREA t/ha	CARBONO EN LA BIOMASA RAICES t/ha	CARBONO EN LA BIOMASA TOTAL t/ha
1	89.775	18.451	108.226
2	26.749	6.330	33.078
3	17.103	4.263	21.366
4	21.654	5.252	26.906
5	35.042	8.035	43.077
6	20.115	4.920	25.036
7	78.401	16.370	94.771
8	36.966	8.424	45.390
9	15.723	3.958	19.682
10	23.365	5.617	28.981
11	10.879	2.858	13.737
12	26.888	6.359	33.247
13	23.356	5.615	28.970
14	20.003	4.896	24.900
15	52.479	11.481	63.960
16	18.534	4.577	23.112
17	10.897	2.863	13.759
18	37.153	8.462	45.615
19	28.746	6.745	35.491
20	10.956	2.876	13.832
PROM	30.239	6.918	37.157

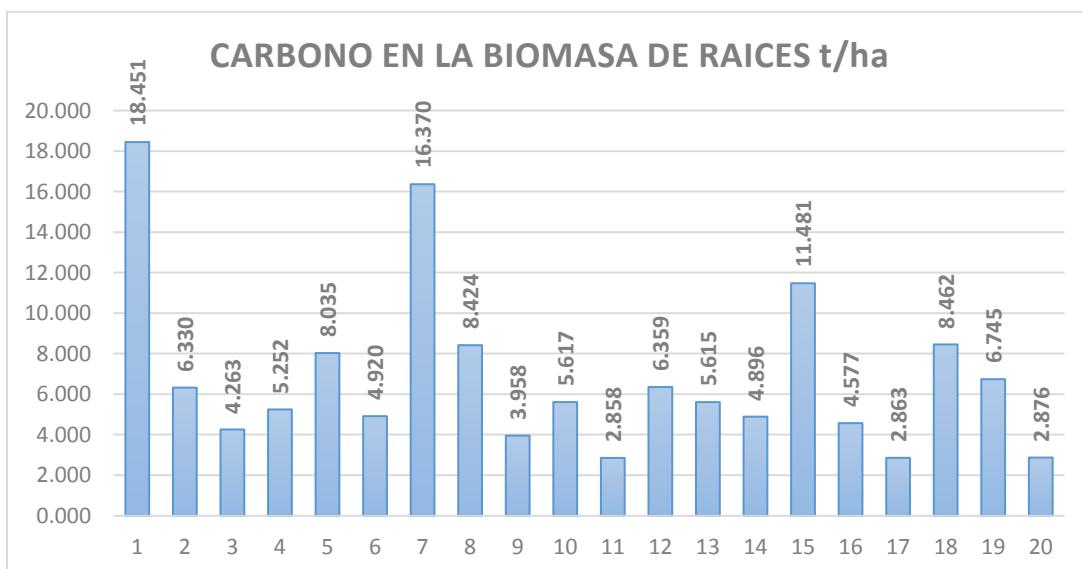
Fuente: Elaboración propia

Figura 10: Almacenamiento de carbono aérea.



En la figura 10, se observa el almacenamiento de carbono en la biomasa aérea por árbol donde se puede observar en algunas plantas la mayor tendencia de almacenamiento de carbono.

Figura 11: Almacenamiento de carbono subterránea.



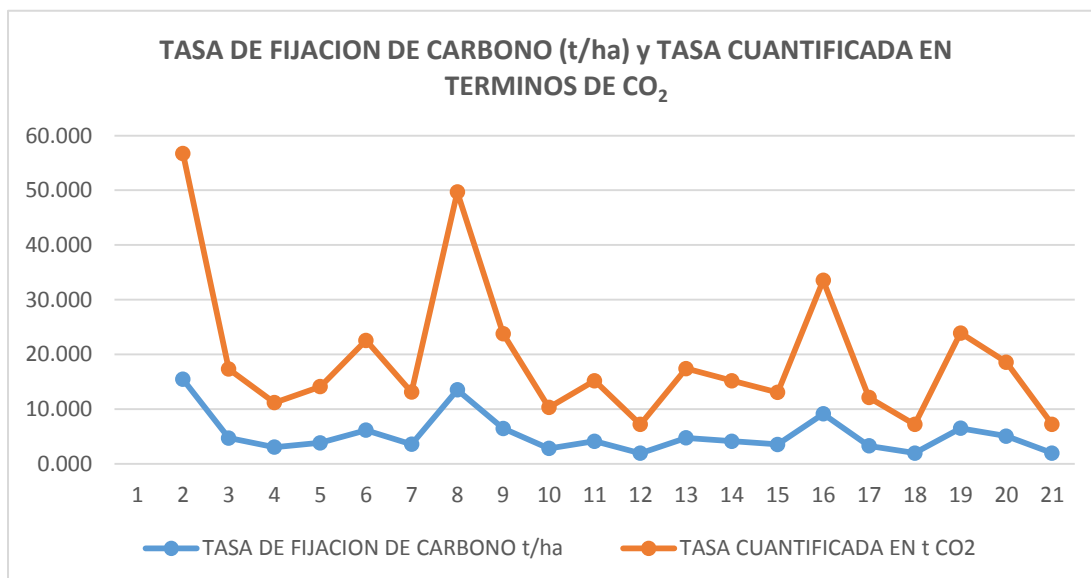
En la figura 11, se observa el almacenamiento de carbono orgánico en la fracción de la biomasa radicular esta tiende a presentar menor tendencia de almacenamiento a diferencia de carbono almacenado en la biomasa aérea.

Cuadro 11: Tasa de fijación de carbono y la tasa cuantificada en CO₂.

N° Árbol	TASA DE FIJACION DE CARBONO (t/ha)	TASA CUANTIFICADA EN TERMINOS DE CO ₂ (t)
1	15.461	56.741
2	4.725	17.342
3	3.052	11.202
4	3.844	14.106
5	6.154	22.585
6	3.577	13.126
7	13.539	49.687
8	6.484	23.797
9	2.812	10.319
10	4.140	15.195
11	1.962	7.202
12	4.750	17.431
13	4.139	15.189
14	3.557	13.055
15	9.137	33.533
16	3.302	12.117
17	1.966	7.214
18	6.516	23.915
19	5.070	18.608
20	1.976	7.252
PROM	5.308	19.481

Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Tasa de fijación de carbono y la tasa cuantificada en CO₂.



En la figura 12, se observa la relación que existe entre la tasa de fijación de carbono y la tasa cuantificada en términos de CO₂ durante los siete años de edad de las plantas 19,481 t CO₂ en promedio. Es decir, el CO₂ removido de la atmósfera por las plantas del palto.

Marín, Andrade y Sandoval (2016) estimó que los sistemas de producción de cacao fijan carbono atmosférico en la biomasa total, entre ellos hace mención que en el sistema agroforestal (SAF) con cítricos y el SAF con aguacate presentaron la mayor tasa de fijación de carbono con valores de 17,7 y 16,9 t CO₂/ha/año, lo que corresponde a 64,3 y 46,3 kg CO₂e/kg cacao producido.

V. DISCUSIÓN

5.1. ANALISIS DE SUELO

En el presente trabajo de investigación se determinó la clase textural, pH, % materia orgánica, % nitrógeno, % carbonato de calcio del suelo. La textura es un factor muy importante para evaluar el potencial de infiltración, movimiento y almacenamiento del agua del suelo, en el análisis se determinó que es un suelo de textura franco arenoso es decir representa al grupo de suelos francos con macro y micro poros media, con una humedad disponible alta, fertilidad alta, retención de nutrimentos media, drenaje regular, aireación media, erosión hídrica alta, erosión eólica media y labranza moderada.

Es importante señalar que la relación entre la textura con la densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez nos permite calcular el peso del suelo a fin de interpretar correctamente los datos de análisis de suelos y realizar aplicaciones racionales de abonos, fertilizantes y enmiendas.

Los resultados obtenidos en el análisis de pH del suelo (Grado de acidez del suelo), se determinó un rango de 7,59 a 7,84 la cual nos indica que es un suelo levemente alcalino, suelos generalmente con CaCO_3 . En el análisis respectivo de las muestras se obtuvo CaCO_3 a un rango de 1,07 a 1,52, que nos indica % de calcáreo a un nivel bajo, de la misma forma el análisis de nitrógeno total se determinó a rangos de 0,02 a 0,06 que nos indica porcentaje de nitrógeno total a un nivel bajo.

5.2. MATERIA ORGANICA

En las parcelas del sistema de producción de paltos se ha notado ciertas diferencias en el contenido de la materia orgánica del suelo bajo el árbol y

entre la planta en diferentes profundidades del suelo, por parte, bajo el árbol y entre la planta de 0 a 10 cm de profundidad presenta mayores tendencias del contenido de la materia orgánica 1,41 y 1,34 % ; sin embargo, a medida que aumenta la profundidad del suelo el porcentaje del contenido de la materia orgánica tiende a disminuir 0,45 y 0,74 % respectivamente de 20 a 30 cm de profundidad del suelo.

5.3. CARBONO ORGANICO TOTAL (%)

El carbono orgánico total del suelo en el sistema de producción de palto se encontró ciertas diferencias respecto al porcentaje de almacenamiento de carbono orgánico total en el suelo bajo el árbol y entre planta en diferentes profundidades de suelo, por su parte, bajo el árbol y entre planta de 0 a 10 cm de profundidad presenta mayor tendencia del porcentaje de carbono orgánico total 0,818 y 0,777 % C, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad del suelo el porcentaje de carbono orgánico total en el suelo tiende a disminuir 0,389 y 0,644 % C de 10 a 20 cm de profundidad de suelo, de la misma forma 0,261 y 0,429 % C de 20 a 30 cm de profundidad de suelo.

5.4. CARBONO ORGANICO DEL SUELO (COS) POR SUPERFICIE

En la parcela de un sistema de producción de palto donde se realizó el trabajo de investigación se encontró ciertas diferencias respecto al almacenamiento de carbono orgánico en el suelo bajo el árbol y entre planta en diferentes profundidades de suelo. Por su parte, bajo el árbol y entre planta de 0 a 10 cm de profundidad presenta menor tendencia a almacenar menor cantidad de carbono 10,37 y 9,45 t/ha, sin embargo, a medida que aumenta la profundidad de suelo la tasa de fijación de carbono orgánico en el suelo tiende a incrementar 10,98 y 17,79 t/ha respectivamente.

Villogas (2014) encontró que el carbono total almacenado en el suelo de los sistemas agroforestales de 10, 8, 6 años fue 62,95; 62,46 y 73,73 t C/ha respectivamente. Los rangos encontrados en nuestra investigación son inferiores a los encontrados por el autor. Sin embargo, de acuerdo a nuestra investigación la profundidad de suelo entre planta y bajo el árbol muestran ciertas diferencias en la cantidad de almacenamiento de carbono orgánico por superficie. Tal como lo refiere INGRAM y FERNÁNDEZ, citado por Osorio (2015); indicando que los niveles del almacenamiento de carbono en el suelo están controlados por factores de reducción entre los cuales están las pérdidas directas por erosión, lixiviación y por las causas del manejo de residuos de las cosechas que puedan limitar la cantidad de carbono que entran en el suelo, sin embargo es importante considerar los parámetros ambientales, posición geográfica y nivel altitudinal, siendo este último un factor importante que influyen en parámetros como la temperatura, precipitación, entre otros.

5.5. BIOMASA AEREA TOTAL

De los datos obtenidos para la biomasa aérea de un sistema de producción de palto se determinó que la biomasa aérea llegó acumular 60,478 kg/planta en promedio esto se determinó mediante ecuaciones alométricas. Por su parte Honorio y Baker, citado por Osorio (2015) refieren que los valores de biomasa no son similares en cualquier lugar, sino que varían sustancialmente de acuerdo a las condiciones ambientales y físicas de cada zona. En este caso la biomasa varía de acuerdo a zona y nivel de altitud en la captura de carbono tanto en la biomasa aérea y subterránea.

5.6. CARBONO EN LA BIOMASA AEREA Y SUBTERRANEA

De los datos obtenidos en un sistema de producción de palto presenta mayor tendencia de almacenar carbono orgánico en la biomasa aérea alcanzando en promedio 30,239 t C/ha, mientras que el almacenamiento de

carbono orgánica en la fracción de la biomasa radicular almacena 6,918 t C/ha siendo el que presenta menor tendencia de almacenamiento de carbono orgánico. De ello se deduce que mediante la fotosíntesis de la parte aérea de la planta del palto almacena en mayor cantidad de carbono. Villogas (2014) encontró que el carbono en la biomasa aérea fue superior para el sistema agroforestal de 10 años con 104,03 t C/ha y menor para los sistemas agroforestales de 8 y 6 años con 69,76 y 68,40 t c/ha respectivamente. De acuerdo al tiempo de instalación el cultivo de cacao lleva instalado 5 años, por lo que nuestros datos guardan cierta relación con los datos recopilados por el autor.

VI. CONCLUSIONES

El potencial de la tasa de fijación de carbono durante los siete años de la plantación del palto es de 5,308 t/ha en la biomasa aérea y subterránea, que corresponde a una acumulación de dióxido de carbono equivalente a 19,481 t/ha de CO₂. Las estimaciones de biomasa y carbono mostraron que esta especie de plantas frutales puede considerarse una alternativa para la mitigación o remoción del CO₂ de la atmósfera, a la vez la producción para la alimentación y generar ingresos económicos mediante la exportación de la producción orgánica.

En la biomasa aérea logró almacenar la mayor cantidad de carbono 30,239 t C/ha de 7 años de edad de la planta, en la biomasa de raíces 6,918 t C/ha. De ello se deduce que mediante la fotosíntesis de la parte aérea de la planta del palto almacena en mayor cantidad de carbono. En el suelo se determinó un almacenamiento de carbono orgánico bajo el árbol de 10,379 a 10,986 t/ha y entre planta de 9,459 a 17,796 t/ha. Debido a la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

El suelo puede actuar como fuente o reservorio de C hacia la atmósfera, dependiendo del uso que se le asigne. El manejo agrícola convencional de suelos, con uso intensivo del arado, promueve la liberación de C hacia la atmósfera, mientras que el uso conservacionista favorece la acumulación de C en formas orgánicas dentro del suelo. El COS favorece la agregación del suelo y consecuentemente interviene en la distribución del espacio poroso del suelo, afectando diversas propiedades físicas, como humedad aprovechable, capacidad de aire y movimiento de agua y gases en el suelo. Además, el COS, formado por compuestos de diversa naturaleza química y estado de descomposición, interviene en las propiedades químicas del suelo, aumenta la CIC y la capacidad tampón sobre la reacción del suelo (pH).

La pérdida del COS indica un cierto grado de degradación del suelo, ya que el COS constituye un componente principal de la materia orgánica del suelo (MOS), en general, esto contribuye a las funciones claves del suelo, ya que es fundamental para la estabilización de la estructura del suelo, la retención y liberación de nutrientes vegetales y permite la infiltración y almacenamiento del agua en el suelo, por lo tanto, es importante para garantizar la salud del suelo, la fertilidad y producción de alimentos. De la misma forma la pérdida del COS afecta negativamente no solo a la salud del suelo y la producción de alimentos, sino que también agrava el cambio climático.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda instalar plantas de palto en la región de Huánuco ya que el potencial de la tasa de fijación de carbono en estas especies es muy importante para la mitigación del CO₂ atmosférico, de la misma forma para la captura de carbono en el suelo. Es una de las alternativas claves para la reducción de la contaminación del medio ambiente (Remoción del CO₂), simultáneamente se garantiza la alimentación de la población y a la vez para generar ingresos económicos mediante la exportación de la producción.

Realizar el estudio del almacenamiento de carbono orgánico, con variables de evaluación concernientes a parámetros ambientales (temperatura, precipitación, intensidad de luz, etc) y su relación con los parámetros físico y químicos del suelo.

En posteriores trabajos en captura de carbono orgánico, incrementar el número de repeticiones de las muestras obtenidas y observadas en la metodología, para obtener mejores resultados y reducir el margen de error en la investigación, con la finalidad de incrementar el nivel de confiabilidad.

Realizar estudios dirigidos a la generación de ecuaciones alométricas para las especies frutales y sobre todo en paltos.

VIII. LITERATURA CITADA

Aguilera, SM. 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile. pp. 77–85.

Alemán Vásquez, IM. Guido Paniagua, FP. 2016. comparación de dos técnicas para la determinación de carbono orgánico del suelo, en el LAFQA Departamento de Química, UNAN-MANAGUA, septiembre-diciembre, 2015. Tesis Lic. Managua, Nicaragua, UNAN. 155 p.

Andrade, HJ; Ibrahim, M. 2003. Como monitorear el secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles. Agroforestería en las Américas v. 10 (39-40). p. 109-116.

Asado Hurtado, AM. 2012. El suelo, soporte de vida. Huánuco, Perú. Editorial Universitaria. 419 p.

Asado Hurtado, AM. 2015b. El análisis de los suelos y su importancia (diapositivas). Huánuco, Perú. 1 diapositiva, color.

Bernal E., JA y Díaz D., CA. 2008. (Compiladores). Tecnología para el cultivo del aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Centro de Investigación de la Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. 241 p.

Carreira, D. 2005. Carbono oxidable. Una forma de medir la materia orgánica del suelo. Tecnologías en análisis de suelos. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.

Dauber, E. 2006. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. (En línea). Revista Forestal Iberoamericana. Consultado el 27 noviembre del 2017. IUFRO – RIFALC. Venezuela. Disponible en: <http://www.revforiberoamericana.ula.ve>

Dávila Romero, HA. 2011. Estimación de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.), en los departamentos de Suchitepquez y Retalhuleu del sur-occidente de Guatemala. (En línea). Consultado el 20 junio de 2019. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A11560e/A11560e.pdf>

FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2001. Soil carbon sequestration for improved land management. World soil reports 96. Roma, IT. 58 p.

FAO (Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, IT) . 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes mundiales del suelo 96. Roma, IT, FAO. 83 p.

Fundación Solar, GT. 2000. Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo. Guatemala. 32 p.

Galantini, J. A. 2002. Contenido y calidad de las fracciones orgánicas del suelo bajo rotaciones con trigo en la región semiárida pampeana. INTA, Argentina. 125 – 146 pp.

Jackson, M. L., 1964. Análisis químico de suelos (Traducido por J. Beltrán). Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 662 p.

Marín Q, MP del; Andrade, HJ; Sandoval, AP. 2016. Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del Tolima, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 19 (2): 351-360.

Martínez H., E. Fuentes E., JP. Acevedo H., E. s.f. Carbono orgánico y propiedades del suelo. (En línea). Universidad de Chile, facultad de ciencias agronómicas, departamento de producción agrícola. Laboratorio de relación

suelo-agua-planta. Santiago de Chile. Consultado el 17 de octubre de 2017. Disponible en: http://repositorio.uchile.cl/Martinez_Eduardo.pdf?sequence=1

Medina C. 2004. Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistemas de café con sombra (*Coffea arabica* L.), hacienda Santa Maura, Jinotega, Nicaragua. Tesis. Managua, Nicaragua. UNI. 108 P.

MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2014. Guía para el muestreo de suelos. (En línea). MAVET IMPRESIONES E.I.R.L. Consultado el 22 de noviembre 2017. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/sites/22/2013/10/-final.pdf>

Nakama, V., Lupi, A. M., Ferrere, P., Alfieri, A. 2009. Las plantaciones forestales como sumideros de carbono atmosférico. Estudio de caso en la Provincia de Buenos Aires. Instituto de Suelos y Recursos biológicos CIRN INTA. Buenos Aires, Argentina. 11 p.

Ordoñez, J. & Macera, O. (sf.). La captura de carbono ante el cambio climático. Madera y Bosques. (En línea). Consultado el 11 mayo de 2019. Disponible en: www.inecol.edu.mx/myb/resumeness/7.1/pdf/Ordonez%20y%20Masera%202001.pdf.

Osorio Yacolca, JE. 2015. Almacenamiento y tasas de fijación de biomasa y carbono en diferentes niveles altitudinales en sistemas agroforestales de cacao, distrito de José Crespo y Castillo. Tesis para optar el grado de ingeniero en recursos naturales renovables mención conservación de suelo y agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 82 p.

Quiceno Urbina, NJ y Tangarife Marín, GM. 2013. Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chiguirochatare de

Barrancominas, departamento del Guainía. Tesis. Mg. Manizales, Caldas. Universidad de Manizales. 84 p.

Quiceno Urbina, NJ; Tangarife Marín, GM; y Álvarez León, R. 2016. Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena piapoco chigüiro-chátare de barrancominas, departamento del Guainía Colombia. (En línea). Revista luna azul, N° 43, 171-202. Consultado el 23 junio del 2018. Disponible en: http://200.21.104.25/lunazul/index.php?option=com_content&view=article&id=198.

Rosell, R. A. 1999. Materia orgánica, fertilidad de suelos y productividad de cultivos. Proceed XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. (Texto completo en CD Rom.) Pucón, Chile.

Salas, J. & Infante, A. 2006. Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. (En línea). Revista Forestal Latinoamericana, Venezuela. Consultado el 27 noviembre del 2017. Disponible en: <http://eslared.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/pubelectronicas/forestallatinoamericana/vol21num2/articulo3.pdf>.

Segura, MA y Andrade, HJ. 2012. Huella de carbono en cadenas productivas de café (*Coffea arabica* L.) con diferentes estándares de certificación en costa rica. (En línea). Revista luna azul N° 35: 60 – 67. Consultado 05 mayo del 2019. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321727349016.pdf>

Villegas García, VA. 2015. Variación del carbono orgánico en suelo del altiplano potosino oeste. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma de San Luis Potosi. 47 p.

Villogas, V. 2014. Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales (SAF) con cacao (*Theobroma cacao*) en producción. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo – U.N.A.S. Tingo María, Perú. 96 p.

ANEXO

Cuadro 12: Peso seco constante de las muestras de suelo.

PESO SECO DEL SUELO CONSTANTE (120 HRS)	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Bajo el árbol	124.577	126.091	137.749
Entre planta	119.453	140.461	135.698

Cuadro 13: Densidad aparente de las muestras de suelo por el método del cilindro con volumen conocido (g/cm³).

DENSIDAD APARENTE (Da)	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Bajo el árbol	1.269	1.284	1.403
Entre planta	1.217	1.431	1.382
Volumen cilindro	98.175 g/cm ³		

Cuadro 14: Porcentaje de carbono orgánico total en el suelo

Carbono orgánico total %			
% CO	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Bajo el árbol	0.8179	0.3886	0.2610
Entre planta	0.7773	0.6439	0.4292
Factor de Van Benmelen	1.724		

Cuadro 15: Carbono órgano total en el suelo por superficie

Carbono orgánico total en el suelo por superficie			
COS (t/ha)	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Bajo el árbol	10.379	9.980	10.986
Entre planta	9.459	18.427	17.796

Cuadro 16: Altura total del árbol (m) mediante el eclímetro.

BIOMASA EN EL SISTEMA AEREO (ECLIMETRO)					
N° Árbol	Lc (cm)	Alt. Vista (m)	Longitud (m)	Angulo Elev.	Altura del árbol con el Eclímetro (m)
1	60	1.51	6	22°20'	3.97
2	38	1.51	4	13°40'	2.48
3	32	1.51	4	17°10'	2.74
4	35	1.51	4	18°30'	2.85
5	42	1.51	4	23°10'	3.22
6	34	1.51	4	21°20'	3.07
7	57	1.51	4	30°10'	3.83
8	43	1.51	4	13°13'	2.45
9	31	1.51	4	16°10'	2.66
10	36	1.51	4	21°20'	3.07
11	27	1.51	3	12°10'	2.15
12	38	1.51	4	19°50'	2.95
13	36	1.51	4	20°50'	3.03
14	34	1.51	4	14°40'	2.55
15	49	1.51	4	23°10'	3.22
16	33	1.51	4	16°50'	2.72
17	27	1.51	3	14°10'	2.27
18	43	1.51	4	19°10'	2.90
19	39	1.51	4	18°20'	2.83
20	27	1.51	4	16°50'	2.72
Promd.	38.05				2.88

Cuadro 17: Diámetro del árbol (D_{30})

D_{30}	Log (ht)	Log (D_{30})	Ln (Ba)
19.099	0.599	1.281	4.497
12.096	0.394	1.083	3.286
10.186	0.438	1.008	2.839
11.141	0.455	1.047	3.075
13.369	0.508	1.126	3.557
10.823	0.487	1.034	3.001
18.144	0.583	1.259	4.362
13.687	0.389	1.136	3.610
9.868	0.425	0.994	2.755
11.459	0.487	1.059	3.151
8.594	0.332	0.934	2.387
12.096	0.470	1.083	3.292
11.459	0.481	1.059	3.151
10.823	0.407	1.034	2.996
15.597	0.508	1.193	3.960
10.504	0.435	1.021	2.920
8.594	0.356	0.934	2.388
13.687	0.462	1.136	3.615
12.414	0.452	1.094	3.358
8.594	0.435	0.934	2.394
$\pi = 3.1416$			

Figura 13: Análisis de suelos para la determinación de la materia orgánica

ANÁLISIS DE SUELOS										
TESISTA:		ANDRES HUAYANAY, YAN CRISTHIAN			PROCEDENCIA:		CIFO - UNHEVAL			
N°	COD. CAMPO	DATOS	ANÁLISIS MECÁNICO			Ph	M.O.	N	CaCO3	
			Arena	Arcilla	Limo					TEXTURA
		Referencia	%	%	%		%	%	%	
1	Bajo árbol	0 - 10 cm	58.40	19.68	21.92	Franco arenoso	7.84	1.41	0.06	1.52
2	Bajo árbol	10 -20 cm	60.32	21.74	17.94	Franco arcillo arenoso	7.73	0.67	0.03	1.22
3	Bajo árbol	20 - 30 cm	58.18	19.74	22.08	Franco arenoso	7.59	0.45	0.02	1.42
4	Entre planta	0 - 10 cm	58.26	19.88	21.86	Franco arenoso	7.84	1.34	0.06	1.12
5	Entre planta	10 - 20 cm	56.04	19.82	24.14	Franco arenoso	7.73	1.11	0.05	1.32
6	Entre planta	20 - 30 cm	60.04	20.04	19.92	Franco arcillo arenoso	7.63	0.74	0.03	1.07

Figura 14: Distribución de árboles de palto (Hass y Fuerte) del CIFO-UNHEVAL.

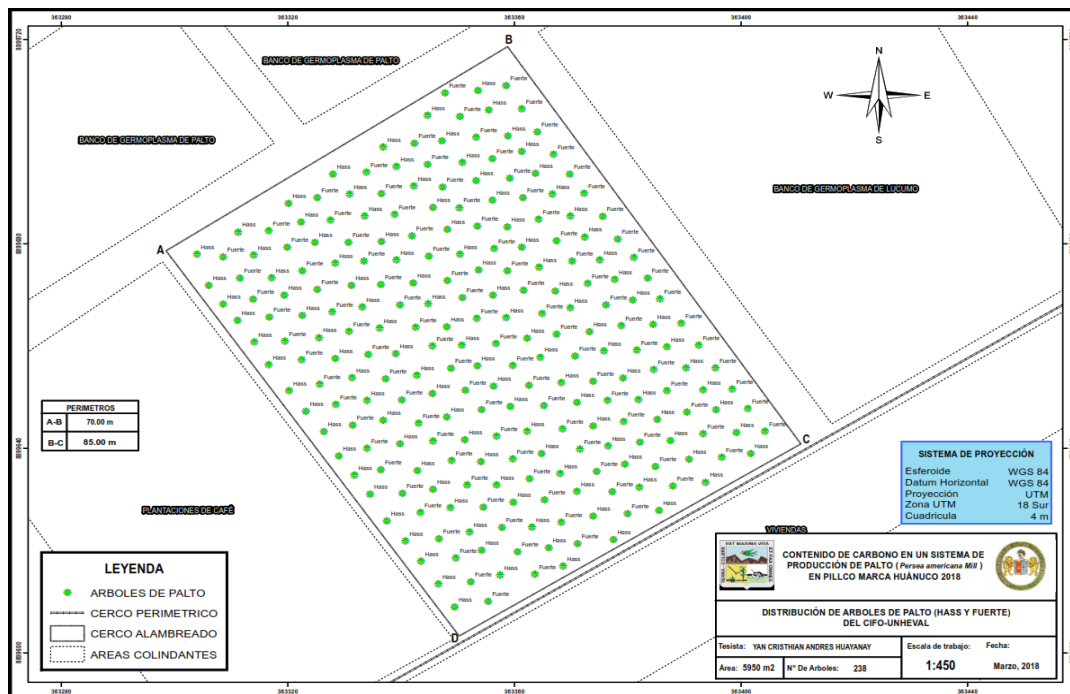


Figura 15: Muestreo de suelo para la determinación de densidad aparente.

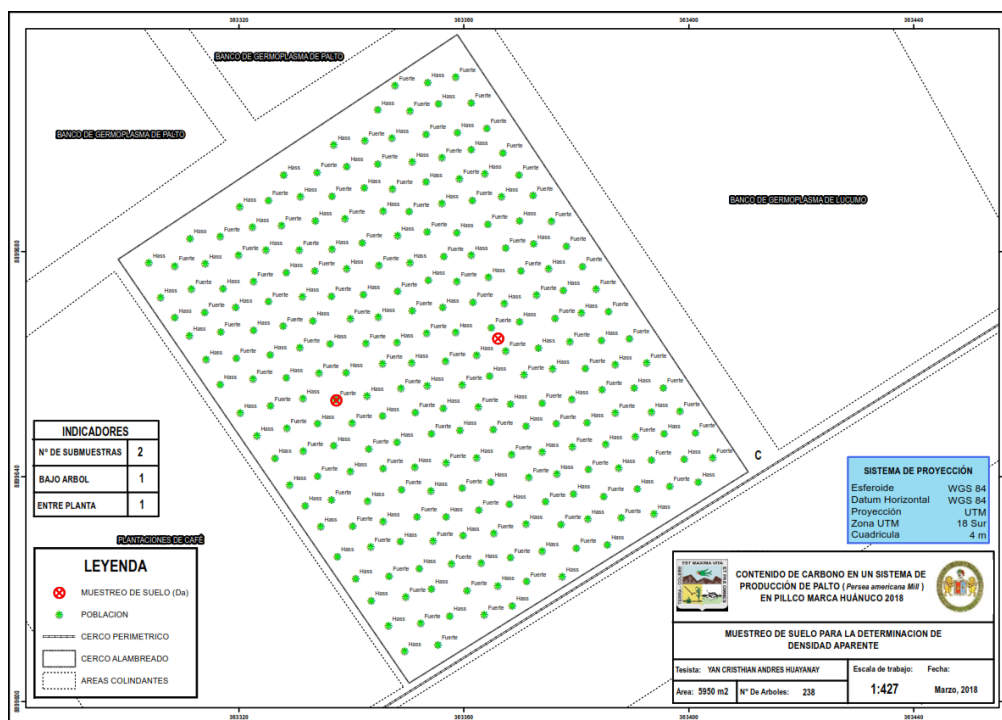


Figura 16: Muestreo de suelo para la determinación de carbono orgánico.

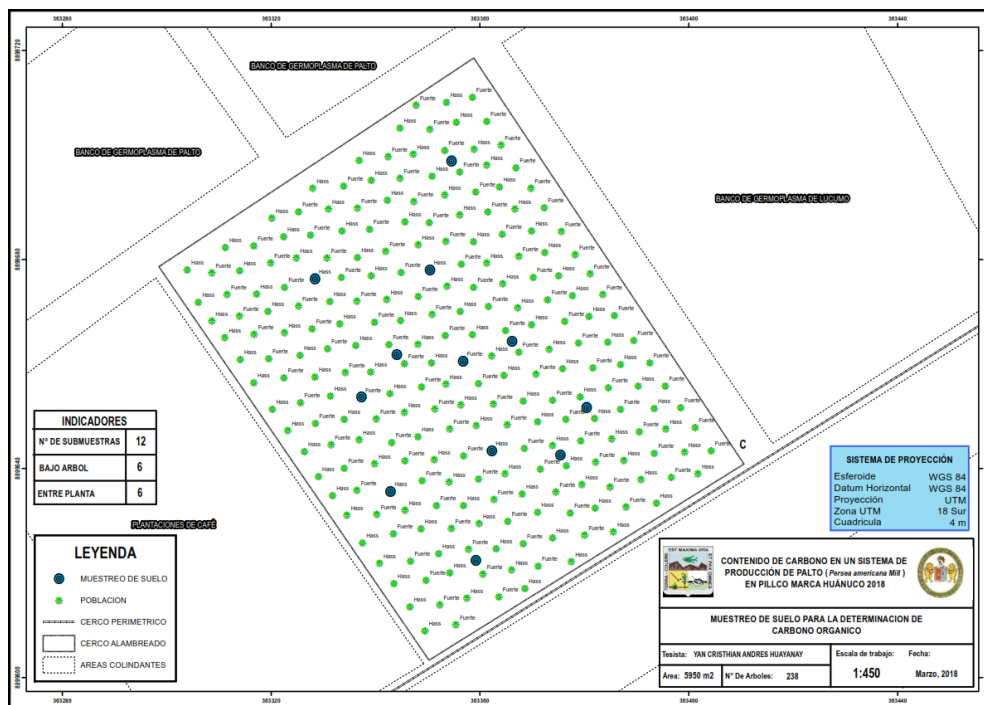


Figura 17: Muestreo de árboles para la determinación de la biomasa aérea y subterránea.

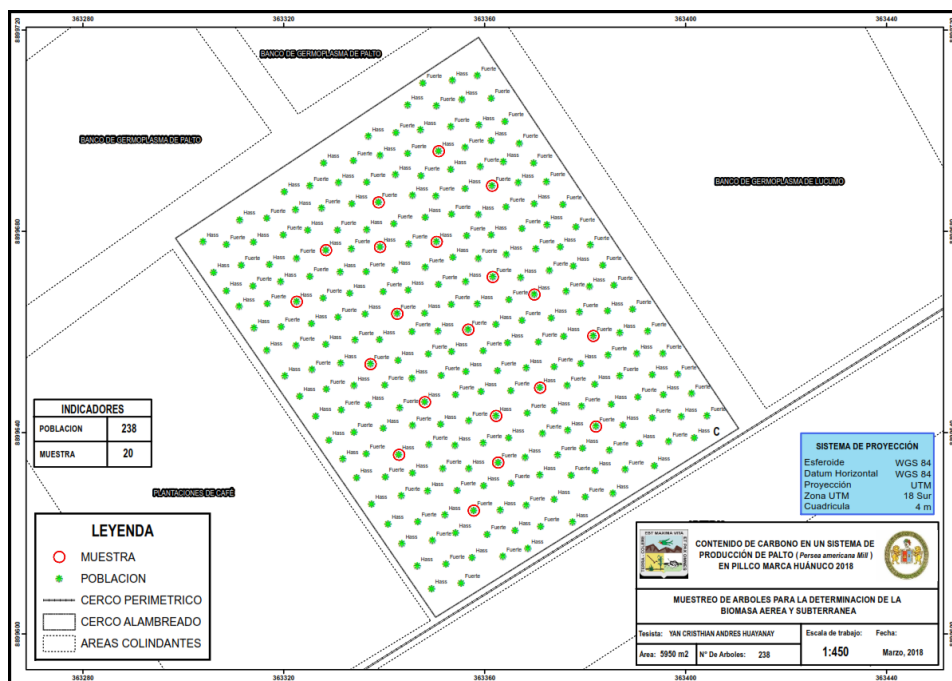




Figura 1: Parcela experimental donde se realizó el estudio



Figura 2: Extracción de muestra para la determinación de la materia orgánica a tres profundidades del suelo bajo el árbol.



Figura 3: Extracción de muestra para la determinación de la materia orgánica a tres profundidades del suelo entre planta.



Figura 4 y 5: cuarteo de las muestras de acuerdo a la profundidad del suelo.



Figura 6: muestreo de suelo para la determinación de la densidad aparente por el método del cilindro entre planta.



Figura 7: muestreo de suelo para la determinación de la densidad aparente por el método del cilindro a tres profundidades del suelo.



Figura 8 y 9: Extracción de las muestras para la determinación de la densidad aparente a tres profundidades del suelo.



Figura 10: Supervisión del jurado durante la ejecución del proyecto de tesis.



Figura 11: Determinación de la textura del suelo.



Figura 12: Determinación de carbonatos de calcio (CaCO_3).



Figura 13: Determinación del pH del suelo.



Figura 14: Determinación de la altura de la planta haciendo el uso del clinómetro.



Figura 15: Determinación de la altura de la planta mediante el uso de la regla graduada.



Figura 16: Determinación de la altura de la planta mediante el uso del teodolito.



Figura 17: Determinación de la circunferencia para hallar el diámetro del árbol (D_{30}).



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
HUÁNUCO - PERU
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO**

En la ciudad de Huánuco a los 28 días del mes de agosto del año 2019, siendo las 17:00 horas de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos Profesionales de la Facultad de Ciencias Agrarias, se reunieron en la Sala Magna de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNHEVAL, los miembros integrantes del Jurado Calificador, nombrados mediante Resolución N° 316-2019-UNHEVAL/FCA-D, de fecha 25/06/2019, para proceder con la evaluación de la sustentación de la tesis titulada:

"Contenido de carbono en un sistema de producción de palto (Persea americana Mill) en Pilloo Marca - Huánuco - 2018"

presentada por el (la) Bachiller en Ingeniería Agronómica:

Yan Cristhian Andrés Huayanay

Bajo el asesoramiento de M. Sc. Henry Briceno Yen

El Jurado Calificador está integrado por los siguientes docentes:

PRESIDENTE : Mg. Eugenio Fausto Pérez Trujillo
SECRETARIO : Mg. Fléli Ricardo Jara Claudio
VOCAL : Dr. Fernando Jeremías González Paniña
ACCESITARIO : _____

Finalizado el acto de sustentación, luego de la deliberación y verificación del calificativo por el Jurado, se obtuvo el siguiente resultado: APROBADO por UNANIMIDAD con el cuantitativo de 17 y cualitativo de MUY BUENO, quedando el sustentante APTO para que se le expida el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRONOMO. El acto de sustentación se dio por concluido, siendo las 19:00 horas.

Huánuco, 28 de agosto de 2019

[Firma]
PRESIDENTE

[Firma]
SECRETARIO

[Firma]
VOCAL

- Deficiente (11, 12, 13) Desaprobado
- Bueno (14, 15, 16) Aprobado
- Muy Bueno (17, 18) Aprobado
- Excelente (19, 20) Aprobado



UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
HUÁNUCO - PERU
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



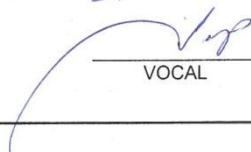
OBSERVACIONES:

Huánuco, 28 de agosto de 2019


PRESIDENTE



SECRETARIO


VOCAL

LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES:
