

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**TESIS**

---

**“Comparación de la cantidad de carbono orgánico almacenado en dos sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma Cacao L.*) y naranja (*Citrus Sinensis*), Caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, 2021”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AMBIENTAL**

AUTORA: Vara Estrada, Kenia

ASESOR: Zacarias Ventura, Héctor Raúl

HUÁNUCO – PERÚ

2023

# U

# D

# H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Educación Ambiental y Ecoeficiencia

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)**

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Biotecnología ambiental

**Disciplina:** Biotecnología ambiental

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70842311

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22515329

Grado/Título: Doctor en ciencias de la educación

Código ORCID: 0000-0002-7210-5675

**DATOS DE LOS JURADOS:**

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública	22511841	0000-0002-5671-1907

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
(A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las **17:00** horas del día **15** del mes de **MARZO** del año **2023**, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el Jurado Calificador integrado por los docentes:

**Mg. SIMEÓN EDMUNDO CALIXTO VARGAS** (Presidente)

**Mg. FRANK ERICK CÁMARA LLANOS** (Secretario)

**Mg. RAÚL CAJAHUANCA TORRES** (Vocal)

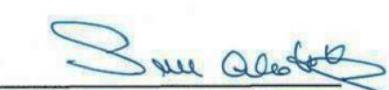
Nombrados mediante la Resolución N° **555 - 2023 - D - FI - UDH**, para evaluar la Tesis intitulada:

**"COMPARACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO ORGÁNICO ALMACENADO EN DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y NARANJA (*Citrus sinensis*), CASERIO PUERTO NUEVO, DISTRITO DE LUYANDO, PROVINCIA DE LEÓN CID PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO 2021**, presentado por el (la) Bachiller **Kenia VARA ESTRADA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) **APROBADA** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **14** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

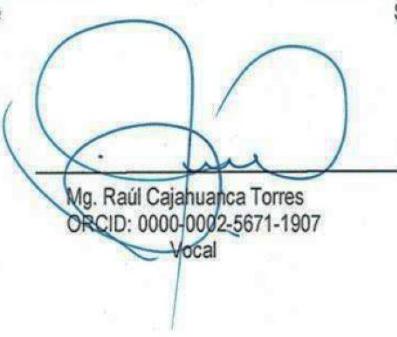
Siendo las **18:05** horas del día **15** del mes de **MARZO** del año **2023**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas  
ORCID: 0000-0002-5114-4114  
Presidente



Mg. Frank Erick Cámaras Llanos  
ORCID: 0000-0001-9180-7405  
Secretario



Mg. Raúl Cajahuanca Torres  
ORCID: 0000-0002-5671-1907  
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **HÉCTOR RAÚL ZACARIAS VENTURA**, asesor del P.A. de Ingeniería Ambiental y designado mediante documento: RESOLUCIÓN RN°319-2021-D-FI-UDH de la Bach. **Kenia, VARA ESTRADA**, de la investigación titulada ““COMPARACIÓN DE LA CANTIDAD DE CARBONO ORGÁNICO ALMACENADO EN DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y NARANJA (*Citrus sinensis*), CASERÍO DE PUERTO NUEVO, DISTRITO DE LUYANDO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2021”

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 19% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 02 de mayo de 2023.

ZACARIAS VENTURA, Héctor Raúl

DNI N° 22515329

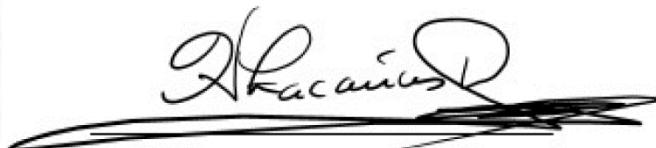
## TESIS

### INFORME DE ORIGINALIDAD



### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.unas.edu.pe">repositorio.unas.edu.pe</a> Fuente de Internet	6%
2	<a href="http://www.unas.edu.pe">www.unas.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://distancia.udh.edu.pe">distancia.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://www.virtualcentre.org">www.virtualcentre.org</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja	<1%



ZACARIAS VENTURA, Héctor Raúl  
DNI N° 22515329

## **DEDICATORIA**

A los autores de mi vida, Mesías y Clidia, a mis padrinos Grover y Yolid, a mi hermana Xenia, a toda mi familia y a todas las personas que siempre me impulsan a salir adelante con el objetivo de un futuro mejor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios, por poner en mi sendero a todas las personas idóneas que aportaron e hicieron posible el desarrollo de esta investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT.....	VII
INTRODUCCIÓN .....	XIII
CAPITULO I .....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	17
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	17
1.3. OBJETIVOS.....	18
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	18
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.6.1. VIABILIDAD TÉCNICA .....	20
1.6.2. VIABILIDAD OPERATIVA.....	20
1.6.3. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	21
1.6.4. VIABILIDAD AMBIENTAL.....	21
CAPITULO II.....	22
MARCO TEÓRICO .....	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	22
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	22
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	23
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES .....	24
2.2. BASES TEÓRICAS .....	26
2.2.1. CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO (COS).....	26

2.2.2. EL PAPEL FUNDAMENTAL DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS .....	29
2.2.3. CAMBIO CLIMÁTICO .....	29
2.2.4. EFECTO INVERNADERO .....	29
2.2.5. SISTEMAS AGROFORESTALES Y FIJACIÓN DE CARBONO. ....	30
2.2.6. PARÁMETROS TÉCNICOS PARA INVENTARIOS .....	31
2.2.7. ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO .....	34
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	36
2.3.1. EL CARBONO .....	36
2.3.2. CICLO DE CARBONO.....	36
2.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO .....	38
2.4. HIPÓTESIS.....	42
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	42
2.5. VARIABLES.....	42
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	42
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	42
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	43
CAPÍTULO III.....	44
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	44
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	44
3.1.1. ENFOQUE .....	44
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	44
3.1.3. DISEÑO .....	44
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	45
3.2.1. POBLACIÓN .....	45
3.2.2. MUESTRA .....	45
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS... .....	46
3.3.1. FASE DE CAMPO .....	46
3.3.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	47
3.3.3. FASE DE LABORATORIO.....	54
3.3.4. FASE FINAL DE GABINETE .....	60

3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	62
3.4. ÁMBITO GEOGRÁFICO TEMPORAL Y PERÍODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.4.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	62
3.4.2. UBICACIÓN POLÍTICA.....	63
3.4.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	64
3.4.4. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA AGROFORESTAL .....	64
CAPÍTULO IV.....	66
RESULTADOS.....	66
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS .....	66
4.1.1. CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO .....	66
4.1.2. CARBONO ALMACENADO EN HOJARASCA.....	70
4.1.3. CARBONO ALMACENADO EN RAÍCES FINAS .....	73
4.1.4. COMPARACIÓN DE CARBONO ALMACENADO SAF CACAO Y SAF NARANJA.....	76
CAPÍTULO V.....	78
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
CONCLUSIONES .....	84
RECOMENDACIONES .....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Sub muestras por cada sistema agroforestal.....	46
Tabla 2 Herramientas y materiales empleados en fase de campo .....	47
Tabla 3 Herramientas, equipos y materiales empleados en fase de laboratorio .....	55
Tabla 4 Carbono almacenado en el suelo de sistema agroforestal con cacao (Theobroma cacao L.).....	66
Tabla 5 Carbono almacenado en el suelo del SAF naranja (Citrus sinensis) .....	67
Tabla 6 Prueba de normalidad para los datos del carbono almacenado en el suelo de los SAF cacao (Theobroma cacao L.) y naranja (Citrus sinensis). .	68
Tabla 7 T de Student para los datos del carbono almacenado en el suelo de los SAF cacao (Theobroma cacao L.) y naranja (Citrus sinensis) .....	69
Tabla 8 Resutados de datos para obtención de carbono en hojarasca en SAF con cacao (Theobroma cacao L.) y naranja (Citrus sinensis) .....	70
Tabla 9 Prueba de normalidad para los datos del carbono almacenado en la hojarasca de los SAF cacao (Theobroma cacao L.) y naranja (Citrus sinensis) .....	71
Tabla 10 T de Student para los datos del carbono almacenado en la hojarasca de dos SAF .....	72
Tabla 11 Carbono almacenado en raíces finas del SAF cacao (Theobroma cacao L.) .....	73
Tabla 12 Carbono almacenado en raíces finas del SAF naranja (Citrus sinensis).....	74
Tabla 13 Prueba de normalidad para los datos del carbono almacenado en la raíz de los SAF cacao (Theobroma cacao L.) y naranja (Citrus sinensis) ...	75
Tabla 14 T de Student para los datos del carbono almacenado en las raíces de dos SAF .....	75

Tabla 15 Carbono almacenado total en el sistema suelo de los sistemas agroforestales cacao (*Theobroma cacao* L.) y naranja (*citrus sinensis*) ..... 76

Tabla 16 Distribución de datos de almacenamiento de carbono en los SAF 77

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Hojarasca de cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) .....	33
Figura 2 Ciclo del Carbono .....	37
Figura 3 Planta de Cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) .....	39
Figura 4 Planta de Naranjo o Naranjo Dulce ( <i>Citrus sinensis.</i> ).....	40
Figura 5 Diseño de toma de muestra.....	45
Figura 6 Delimitación de la parcela Cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) .....	47
Figura 7 Delimitación de la parcela de Naranjo ( <i>Citrus sinensis)</i> .....	48
Figura 8 Recolección de las hojarascas de Cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) ..	48
Figura 9 Recolección de las hojarascas de Naranja ( <i>Citrus sinensis) .....</i>	49
Figura 10 Separación de muestra de raíces de Cacao ( <i>Theobroma cacao L.)</i> .....	49
Figura 11 Pesaje de las muestras de hojarasca y raíces.....	50
Figura 12 Embolsado, rotulado y apunte de datos de las muestras .....	50
Figura 13 Diseño de muestreo de suelos .....	51
Figura 14 Toma de apuntes de datos en campo de los SAF cacao ( <i>Theobroma cacao L</i> ) y naranja ( <i>Citrus sinensis)</i> .....	52
Figura 15 Calicatas para las muestras de suelo de los SAF cacao ( <i>Theobroma cacao L</i> ) y naranjo ( <i>Citrus sinensis)</i> .....	52
Figura 16 Calicata de 0.30m x 0.30m x 0.30m, indicando las profundidades para la toma de muestra .....	53
Figura 17 Diseño de muestreo de hojarascas. ....	54
Figura 18 Sobres de papel para colocar las muestras de hojarascas y raíces .....	55
Figura 19 Muestras pesadas y puestas en la estufa eléctrica. ....	56
Figura 20 Peso seco de las muestras para el cálculo de biomasa .....	56
Figura 21 Cilindro muestreador, pesado y puesto en la estufa para el cálculo	

de la densidad aparente .....	57
Figura 22 Tamizado de las muestras de suelos.....	57
Figura 23 Pesaje de la muestra de suelo para su análisis.....	58
Figura 24 Titulación de la muestra de suelo con aplicación para la determinación del contenido de materia orgánica de la muestra de suelo con aplicación para la determinación del contenido de MO.....	58
Figura 25 Entrada a la zona de estudio (Puerto Nuevo) – carretera Km 51Entrada a la zona.....	63
Figura 26 Carbono almacenado en suelo en SAF de cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) y naranja ( <i>Citrus sinensis</i> ) .....	67
Figura 27 Carbono almacenado en hojarasca de los SAF cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) y naranja ( <i>Citrus sinensis</i> ).....	71
Figura 28 Carbono almacenado en hojarasca de los SAF cacao ( <i>Theobroma cacao L.</i> ) y naranja ( <i>Citrus sinensis</i> ).....	74
Figura 29 Distribución de almacenamiento de carbono en los SAF por medio del Diagrama de Caja Múltiple .....	77
Figura 30 Supervisión y evaluación del jurado in situ .....	100
Figura 31 Fase de laboratorio de la tesis.....	100

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo general comparar cantidad de carbono orgánico almacenado en dos sistemas agroforestales (SAF) de cacao (*Theobroma cacao L.*), variedad CCN-51; y naranja (*Citrus sinensis*), variedad valencia; desarrollado en los fundos Trujillo y Maximino situados en el caserío de Puerto Nuevo del distrito de Luyando, y en laboratorio de suelos Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) ciudad de Tingo María, departamento de Huánuco, Perú; identificando cuál es el sistema agroforestal que almacena mayor carbono con el fin de que dichos datos sean utilizados para gestionar proyectos que contribuyan al ambiente y se lleguen a valorizar en el mercado mundial de carbono. Para el desarrollo de este trabajo con respecto a su metodología, corresponde al tipo descriptiva transversal, de enfoque cuantitativo, nivel relacional y de diseño estadístico descriptivo e inferencial; el desarrollo de la investigación comprendió tres fases: de campo, que consistió en la recolección de muestras (suelo, hojarasca y raíz); de laboratorio, para el análisis y estudio de las muestras obtenidas, y de gabinete, donde se realizó los cálculos a través de fórmulas matemáticas con fin de determinar la cantidad y porcentaje de los resultados obtenidos del análisis de las muestras. Se obtuvo como resultados en relación al carbono almacenado, en el SAF cacao (*theobroma cacao l.*) tiene un total de 147.79 t/ha (suelo 143.99 t/ha, hojarasca 1.65 t/ha y raíces 2.15 t/ha) y el SAF naranja (*citrus sinensis*) hace un total de 80.89 t/ha (suelo 72.73 t/ha, hojarasca 0.82 t/ha y raíces 7.34 t/ha). Concluyéndose así que el SAF cacao (*theobroma cacao l.*) almacena mayor cantidad de carbono orgánico en comparación al SAF naranja (*citrus sinensis*).

**Palabras clave:** cacao (*Theobroma cacao L.*), naranja (*Citrus sinensis*), sistemas agroforestales, almacenamiento de carbono orgánico, mercado de carbono, materia orgánica, carbono orgánico en suelo, carbono orgánico en hojarasca, carbono orgánico en raíces.

## ABSTRACT

The general objective of this research was to compare the amount of organic carbon stored in two agroforestry systems (APS) of cocoa (*Theobroma cacao* L.), variance CCN-51; and orange (*Citrus sinensis*), valence variety; developed in the Trujillo and Maximino estates located in the hamlet of Puerto Nuevo in the district of Luyando, and in the soil laboratory National Agrarian University of the Jungle (UNAS) city of Tingo Maria, department of Huanuco, Peru; identifying which agroforestry system stores the most carbon so that these data are used to manage projects that contribute to the environment and are valued in the global carbon market. For the development of this work with respect to its methodology, it corresponds to the cross-sectional descriptive type, quantitative approach, relational level and descriptive and inferential statistical design; The development of the research comprised three phases: field, which consisted of the collection of samples (soil, leaf litter and root); laboratory, for the analysis and study of the samples obtained, and cabinet, where calculations were made through mathematical formulas in order to determine the amount and percentage of the results obtained from the analysis of the samples. It was obtained as results in relation to the carbon stored, in the SAF cocoa (*theobroma cacao* l.) has a total of 147.79 t / ha (soil 143.99 t / ha, leaf litter 1.65 t / ha and roots 2.15 t / ha) and orange SAF (*citrus sinensis*) makes a total of 80.89 t / ha (soil 72.73 t / ha, litter 0.82 t / ha and roots 7.34 t / ha). Thus concluding that SAF cocoa (*theobroma cacao* l.) stores more organic carbon compared to orange SAF (*citrus sinensis*).

**Keywords:** cocoa (*Theobroma cacao* L.), orange (*Citrus sinensis*), agroforestry systems, organic carbon storage, carbon market, organic matter, organic carbon in soil, organic carbon in leaf litter, organic carbon in roots.

## INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la incesante y extralimitada emisión de gases de efecto invernadero (GEI) empieza a causar preocupación a nivel mundial ya que se viene generando variaciones notables en cuanto a la temperatura en la Tierra, y generándose así el calentamiento global. Ante este contexto, el IPCC (2001) dentro del tercer informe realizado por el grupo I; nos menciona que finalizando el siglo XIX, en la superficie terrestre, la temperatura promedio ha aumentado 0.6 °C y la tendencia de la temperatura mínima es el doble por cada 10 años en comparación con las temperaturas máximas, de 0.2°C y 0.1°C, respectivamente.

Ante esta situación la presente investigación trata de mitigar en parte estos problemas ambientales, cuantificando el carbono almacenado en dos Sistemas Agroforestales (SAF), cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*). Los SAF constituyen sumideros relevantes al absorber el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para luego liberar oxígeno a la atmósfera. Consecuentemente, para disminuir los daños por los GEI, estos SAF tienen un mecanismo que almacena el carbono de la biomasa por fotosíntesis, del suelo en la acumulación y descomposición de materia orgánica.

No obstante, muchos propietarios de fincas que tienen estos recursos, no han sido beneficiados con la compensación económica por estos servicios ambientales, y esto se debe a la escasa existencia información y datos cuantificados sobre gran captura y fijación de carbono en estos recursos.

En la selva del Perú, el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*) son desarrollados como siembra agroforestal; generando ingresos financieros y beneficios ambientales al propietario y crecimiento al país. Asimismo, aparte de la producción de cacao y naranja, su agrosistema nos aporta otras ventajas: leña, madera, forraje, frutos, preservación en biodiversidad y mejora la condición física, química y biológica del suelo.

Este estudio realizado tuvo como fin, determinar la diferencia que existe entre estos dos SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*) para generar una fuente de información para el progreso en futuras indagaciones sobre el tema y considerarlo como alternativa para algunos proyectos de inversión pública y/o privada que mitiguen emisiones de GEI y a su vez se generen pagos por los servicios ambientales.

## CAPITULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Si mencionamos sobre calentamiento global nos genera gran preocupación debido a la frecuencia y gravedad con que viene ocurriendo eventos climáticos durante los últimos años; gran parte de este suceso es debido a la descontrolada y constante emisión de GEI. Desde ese escenario, desprendemos que el calentamiento global tiene como mayor contribuyente al gas de CO<sub>2</sub> cuya emisión a la atmósfera es ocasionado principalmente por actividades antrópicas (64% del calentamiento observado actualmente). En la atmósfera, la variación de CO<sub>2</sub> fue de 280 a 375 ppm, esto viene aconteciendo en los últimos 200 años con un aumento de CO<sub>2</sub> en tasa promedio mayor 1.5 ppm anual. Las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> en gran proporción derivan del empleo de combustibles fósiles, y el 20% a 25% proceden del cambio de tierra usada (WHRC, 1992 y Whites, 2005).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> y la deforestación son dos de los elementos que predominan e intervienen en el cambio climático haciendo de ésta un problema real que todos los días incrementa y transforma de forma perjudicial la vida en la Tierra. El uso de combustible fósiles (petróleo, carbón y gas) data a partir de la Revolución Industrial, este tipo de combustible durante su empleo para producir energía, liberan GEI a la atmósfera, generando así un incremento de la temperatura en la Tierra y ocasionando una alteración en el sistema climático global (Greenpeace, 2010).

Las emisiones de GEI, en Latinoamérica, son aproximadamente del 1% en comparación a la población mundial. Los países que conforman parte de esta región tienen altos reportes de deforestación, donde la economía se basa en la usanza intensa del carbono y naciones que se hallan en evolución por trasformaciones de la estructura, siendo Brasil el mayor generador de emisiones de GEI con un total de 52%, seguido de México con 12%,

Venezuela 8%, Argentina 6%, Bolivia 4%, Colombia y Perú con 3%, Ecuador, Guatemala y Chile 2% y otros países 6% (World Resources Institute [WRI], 2014).

Sobre los últimos años, las Naciones Unidas nos hace referencia que, las emisiones de GEI subieron a una tasa de 1.6 % cada año. Se observa que el CO<sub>2</sub> fue uno de los GEI que ha tenido un acelerado crecimiento de 1.9% anual. Todas estas emisiones son producidas principalmente por el empleo de combustibles fósiles en la generación y mantenimiento de energía eléctrica, para los medios de transporte y la tala indiscriminada (ONU, 2014).

Según la AIE (2013) el puesto número 70, con relación al porcentaje de emisión de CO<sub>2</sub>, es ocupado por el Perú que contribuye al calentamiento global con emisiones de CO<sub>2</sub> con 380,000 t/día, lo que equivale a 138,700000 t/año. Esto ha resultado en una disminución de los glaciares, incremento en el nivel del mar, la propagación de una enfermedad tropical, daños a los cultivos y un aumento en la energía y periodicidad de sucesos climáticos como El Niño (Freitas, 2014).

Según el INHEM (2013), la salud y el equilibrio de todos los ecosistemas son influenciados por los cambios del clima, ocasionando afectación y alteración en situaciones como la distribución de plantas, animales, agentes patógenos e incluso los asentamientos humanos.

La Cooperación Suiza (COSUDE), menciona que el Perú llega a generar menos del 1% de emisión de GEI en el mundo; parte de ello puede obedecer a nuestra actividad económica que está estrechamente relacionada a la generación CO<sub>2</sub> y otros GEI, junto a ello el crecimiento de la población, patrones de producción y consumo, uso energético, deforestación, etc. Existe inventarios nacionales donde se observa este incremento en cuanto a las generaciones de GEI y CO<sub>2</sub>, podemos destacar el incremento a partir del año 2000 al 2009 con un aumento que llega hasta el 22% (Plan CC, 2014).

La actividad agropecuaria puede originar intensos efectos en el medio ambiente. Forma parte principal de la contaminación de los cuerpos de agua naturales, por nitratos, fosfatos y otras sustancias químicas contenidas en los

plaguicidas. También se cree que esta actividad es una de las mayores fuentes antropogénicas del efecto invernadero, metano y óxido nitroso. Parte de la pérdida de biodiversidad del mundo se debe en gran medida a las prácticas agrícolas, forestales y pesqueras (FAO, 2002).

En el distrito de Luyando el 70% de la actividad económica es la agricultura, seguido de las fábricas productoras de cajones de madera, producción de ladrillo y cemento y la agitada congestión de vehículos de carga de productos y pasajeros; por lo cual vienen generando una gran cantidad de CO<sub>2</sub> entre otros GEI, el cual está afectando la salud de los habitantes y el estado del medio ambiente (clima, ecosistemas, suelo, agua, aire, flora, fauna, etc.), en tal sentido como futura ingeniera ambiental pretendo dar solución en parte a este problema de contaminación, realizando la recopilación de datos y la comparación de dos sistemas agroforestales (cacao y naranja) en el caserío de Puerto Nuevo, distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para saber cuál de los dos sistemas agroforestales almacena mayor cantidad de carbono, y que entidades públicas y privadas opte por utilizar estos datos para gestionar proyectos que contribuyan al ambiente y se puedan valorizar estos sistemas dentro del mercado mundial de carbono.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Existe diferencia en la cantidad de carbono almacenado en dos tipos de sistemas agroforestales cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco, ¿2021?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál es la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras de suelo de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío de Puerto Nuevo, distrito de Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco?

- ¿Cuál es la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras de hojarasca de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío de Puerto Nuevo, distrito de Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco?
- ¿Cuál es la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras de raíz de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío de Puerto Nuevo, distrito de Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco?
- ¿Cuál es la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras de dos sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío de Puerto Nuevo, distrito de Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento de Huánuco?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Comparar cantidad de carbono orgánico almacenado en dos sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*) en el caserío Puerto Nuevo, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco, 2021.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar cantidad total de carbono orgánico almacenado en muestras de suelo en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío Puerto Nuevo, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco.
- Determinar cantidad total de carbono orgánico almacenado en muestras de hojarasca en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío Puerto Nuevo, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco.

- Determinar cantidad total de carbono orgánico almacenado en muestras raíz en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío Puerto Nuevo, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco.
- Determinar cantidad total de carbono orgánico almacenado en muestras de dos sistemas agroforestales cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío Puerto Nuevo, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco.

#### **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El almacenamiento en la biomasa del CO<sub>2</sub> reduce los efectos que éste genera, esto sucede gracias a la fotosíntesis y el almacenamiento en el suelo se desarrolla por la acumulación y descomposición de materia orgánica, haciendo que los sistemas agroforestales (SAF) sea significativos como una alternativa para ser sumideros de CO<sub>2</sub> y luego liberar oxígeno.

Sin embargo, debido a la escasa existencia de datos cuantitativos sobre la capacidad de almacenamiento y retención de carbono, se desperdician los pagos por servicios ambientales que podrían generarse.

En la provincia de Leoncio Prado se vienen ejecutando proyectos productivos por diversos programas de desarrollo alternativo (post erradicación de la planta de la coca), uno de estos proyectos son los sistemas agroforestales (SAF). Este es el caso del caserío Puerto Nuevo, que ha sido beneficiado con plantaciones de cacao (***Theobroma cacao L.***) y naranja (***Citrus sinensis***) en sistemas agroforestales con fines de aprovechamiento del cultivo agrícola y la madera, y su a vez mitigar el impacto ambiental causado por el rozo de áreas nuevas para cultivos, dando así una alternativa económica lícita para el agricultor y mejorando su calidad de vida.

Por cuanto, a lo mencionado, propuse realizar el trabajo de investigación “Comparación cantidad de carbono orgánico almacenado en dos SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío Puerto Nuevo, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco,

2021”, cuyo objetivo es comparar los SAF de cacao y naranja, en cuanto la cantidad de carbono orgánico que almacenan en el sistema suelo, ya que los suelos son grandes sumideros de carbono.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio estuvo limitado a evaluación en una muestra, teniendo en mente lograr la validez externa de los resultados, es decir, buscando la inferencia estadística hacia otras poblaciones.

No existió limitaciones materiales ya que se contó con terreno donde se encuentran instaladas plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), y todos los recursos necesarios para realizar el trabajo.

La tesista contó con las condiciones suficientes para cumplir responsablemente con la ejecución y estudio de esta presente investigación, considerando que existió:

- Acceso a toda información del tema.
- Disponibilidad de recursos financieros.
- Recursos humanos de apoyo.
- Conocimientos sobre el tema.

### **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.6.1. VIABILIDAD TÉCNICA**

Para realizar este estudio se tuvo a disposición las parcelas con SAF, al igual que las herramientas necesarias para la ejecución de la parte experimental; tales como balanza mecánica, machetes, rastrillos, marco de madera, bolsas plásticas, tubos muestradores, GPS, palana, y por ultimó el laboratorio a disposición para los análisis.

#### **1.6.2. VIABILIDAD OPERATIVA**

Se cuenta con los conocimientos necesarios adquiridos en las clases teóricas de la Universidad Privada de Huánuco, sobre todo en las

asignaturas de biología general, edafología, contaminación y tratamiento de suelo y metodología a la investigación científica.

Una parte considerable de la población de Luyando se dedica a la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), esto debido a que su manejo es sencillo, quedando evidenciado la viabilidad operativa durante todo el proceso de producción.

#### **1.6.3. VIABILIDAD ECONÓMICA**

Los suelos de estos SAF, están conformados por raíces y hojarasca, estos últimos se generan a más de 1 tonelada, los cuales a su vez son sumideros de carbono orgánico, por lo tanto, se tuvo a la mano este recurso para su análisis. De la misma manera se tuvo a disposición el laboratorio de suelos de la Universidad Agraria de la Selva (UNAS), gracias a la gestión realizada por la tesista, por lo tanto, se demuestra viabilidad económica.

Así mismo se brindará los resultados a los productores de estas fincas, y generen ingresos de pagos por servicios ambientales y así mejorar su calidad de vida.

#### **1.6.4. VIABILIDAD AMBIENTAL**

La presente investigación asume el conocimiento del daño ambiental que ocasiona el cambio de uso de tierras (agricultura); por lo tanto, la cuantificación del carbono almacenado en los dos sistemas agroforestales, aporta datos que ayudarán a proponer y gestionar nuevos proyectos ambientales y a su vez llegar a valorizar estos sistemas en el mercado mundial de carbono.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Domínguez Madrid, Ana Y. (2016), en “*Estimaciones de Captura de Parques y Emisiones de CO2 Vehicular en Tijuana, BC*”, se estimó la potencialidad en almacenamiento de carbono poseen parques urbanos para aminorar emisiones que son generados por los automóviles en Tijuana, Baja California; los resultados demostraron que el potencial para contrarrestar y capturar CO<sub>2</sub> de los parques para las emisiones de los automóviles, es limitado. A la vez que se considera como potenciales estrategias, para disminuir el CO<sub>2</sub> en la atmósfera emitidos por la actividad vehicular, a la forestación y que serán traducidos en un conjunto de sugerencias técnicas y legales.

Connolly Willson, Ronda Y. y Corea Siu, Carlos A. (2007), en “*Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales y forestales en seis localidades de cuatro ciudades de Nicaragua*”; el propósito es obtener el valor cuantitativo de la fijación y acumulación de carbono en cuatro plantaciones, de 4 ciudades en Nicaragua; obtener el carbono almacenado en el sistema. Como resultado, las fuentes de suelo (76.07-87.12%) representan el mayor porcentaje, seguido por biomasa aérea 10.36 a 21.06%, en raíces 1.45% a 3.00%, finalmente hojarasca y hierbas 0.46 a 1.75%.

Carlín Cedeño, Dimas J. y Macías Loor, Diego J. (2018), en “*Evaluación de la captura de carbono para la protección ambiental en el distrito Lapita, Parroquia de Quiroga*”; cuyo objetivo fue evaluar la protección ambiental de la acumulación de carbono; como resultado, se obtuvo un valor menor (873.3498 t / ha), tomando en cuenta la organización internacional REDD + y la propuesta de pago del IPCC de US \$ 10 / Tonelada Tasa de carbono, que se convierte en un beneficio

económico de \$ 87.3498, lo que significa que el área de Lapita no puede ingresar al plan de protección ambiental.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Bartra Reategui, Christian R. (2011), UNSM, FCA, escuela académica profesional de Agronomía, el Ing. Bartra Reategui Christian Robin, realizó la investigación de Tesis “**Cuantificación de biomasa y stocks de carbono en dos sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao L.*), en el sitio experimental El Choclino, Banda de Shilcayo - San Martín**”. El objetivo: cuantificar biomasa y carbono en 2 sistemas de producción cacao asociados a especies forestales, el SMBR y el SMT. Las estadísticas no paramétricas se utilizan para los datos de ejecución. Los resultados exponen que el contenido de carbono total conseguido por sistema forestal en producción de raleo cacao es superior al del sistema tradicional, el cual es 187.55 t C Ha-1 y 139, 36 t C Ha -1 respectivamente.

Fachin Ruiz, Grecia V. (2015), UNSM, FCA, escuela académica profesional de Agronomía, la Ing. Fachin Ruiz Grecia Vanessa, realizó la investigación de Tesis “**Estimación del almacenamiento de carbono en cuatro sistemas de uso de la tierra (cacao, café arábica, *Bactris gasipaes* kunth y bosque secundario) en el área de San Martín**”, el propósito es valorar y examinar 4 sistemas en uso del suelo (cacao, café, pijuayo y bosque secundario) situados en cuatro áreas de San Martín (Campanilla, Chirapa, Pungo de Canarachi y Puka Kaka) la capacidad de almacenamiento de carbono. Se evalúan los tres componentes de la biomasa viva, la hojarasca y el carbono en suelo, se trabajó cada sistema con fórmulas alométricas establecidas; resultando que el bosque secundario, ubicado en Pucacaca, supera a los demás sistemas estudiados con mayor stock de carbono total que equivale a 558,37 t Ha-1.

INIA, (2016), desarrolló un artículo denominado “**Dinámica de Carbono Almacenado en los Diferentes sistemas de Uso de la Tierra del Perú; Base Para una Estrategia de Mitigación Ante el Cambio Climático**”; Estos incluyen establecer el esquema de transformaciones

en el carbono almacenado en el ecosistema por modificaciones en la tierra usada, y simular la sucesión de los bosques primarios restantes desarrollados en las 3 cuencas en 3 regiones naturales del Perú: Aguaytía (Selva), Mantaro (montañas) y Chancay (costa), el IPCC y la Universidad de Göttingen utilizaron métodos establecidos para la biomasa aérea para la evaluación subterránea. En el análisis de los niveles de deposición de carbono en varios esquemas de usanza del suelo, se concluye que se ha perdido la biomasa, la riqueza y la capacidad de almacenamiento de los bosques vírgenes restantes, la pérdida de sedimento aéreo es significativa, la situación de hojarasca y madera muerta es la misma, mientras que la diferencia entre arbustos herbáceos y raíces finas es pequeña, y el carbono en el suelo conserva una conducta parecida, a excepción de la plantación de palma aceitera. Ejemplo, Despues de una intervención severa, se ha comprobado la pérdida de la capacidad de regeneración del bosque y la capacidad de restaurar su estado natural.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Osorio Yacolca, Jhonatan E. (2015), UNAS, FRNyR, escuela academia de conservación de suelos y agua; el Ing. Osorio Yacolca, Jhonatan Edilberto, en su estudio ***“Sistema Agroforestal de Cacao, Tasas de Almacenamiento y Fijación a Diferentes Niveles de Altitud, y Carbono en los Distritos José Crespo y Castillo”*** el estudio se realizó en tres parcelas agroforestales (cacao relacionado con Inga edulis) El propósito fue evaluar la acumulación de carbono en el sistema del suelo, biomasa de raíces, la necrosis de biomasa aérea y los componentes de la hojarasca en SAF de cacao por diferentes altitudes. El método utilizado se basó en el protocolo de investigación del CATIE para el muestreo en campo. Se concluyó que la acumulación de carbono orgánico fue mayor en el caserío Corvina (521 msnm), con referencia a fracciones de hojarasca, biomasa aérea, de raíces y suelo en SAF. Sin embargo, también se observa que con altitud, la tasa de almacenamiento de agua tiende a bajar.

Gonzales Andía, Margot M. (2011), UNAS, FRNyR, escuela academia de ingeniería forestal; la Ing. Gonzales Andía, Margot Maribel realizó la investigación "**Capacidad de Captura de Carbono de Diferentes Sistemas de Uso de Suelo en la Estación Experimental Tulumayo - Leoncio Prado**", tuvo como objetivo estimar Capacidad total captura de carbono en SUT, comparando componentes en SUT existentes. Estos valorados eran pastos con distintos cortes de altura (25 cm, 75 cm, 100 cm); agroforestería (Arazá, Sangre de Grado, Bolaina - Pijuayo, Capirona - Aguaje); agricultura (papaya, cítricos, cacao). Estimación del carbono en el aire y suelo mediante métodos para determinar las existencias de carbono total en diferentes STU en Perú. El rigor científico viene dado por un diagrama de caja (Box Plot) como estadística descriptiva El diagrama de caja muestra distribución en frecuencia verificada por la prueba de Tukey con significancia de 0.05. Aunque su edad es muy corta (4,6 años), en comparación con la agricultura (25 años), ocupa en números mayor capacidad almacenaje de carbono, debido a que la relación directa entre biomasa y formación de carbono. No hay diferencia estadísticamente significativa, y los dos sistemas superan por estadística al de Pastura, que mantiene 71.734 tC / ha. Elementos arbóreos y del suelo representaron el mayor porcentaje del carbono total capturado por Tulumayo SUT. En diferentes sistemas, la composición del aire se mantiene por debajo del 50% del carbono total.

Ubillus Sernaque, Romel E. (2014), UNAS, FRNyR, escuela académica Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua, realizó esta investigación "**El contenido de carbono del almacenamiento del suelo en naranjas (*Citrus sinensis*) y pastos de diferentes profundidades en la Finca San Carlos Maby**", los resultados señalan: 1) En el suelo de la parcela A, el almacenamiento de carbono de los cultivos de naranjas (*Citrus sinensis*) es de 282.95 t / ha, y el pasto es de 243.51 t / ha; mientras que en la parcela B, el almacenamiento de carbono del suelo en los cultivos de naranjas (*Citrus sinensis*) es 289.38 t / ha, y el almacenamiento de carbono en los pastos es 266.19 t / ha. 2) El almacenamiento de carbono en biomasa de hojarasca por cultivos de

cítricos es 519.73 t / ha, y el de forrajes es 430.94 t / ha. 3) El almacenamiento de carbono en biomasa radicular del cultivo naranja (*Citrus sinensis*) de la parcela A es 9.64 t / ha, y el de pasto es 7.96 t / ha, mientras que el almacenamiento de carbono en biomasa radicular de la parcela B es 8.85 t / ha de cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) y 6.08 t / ha. de pasto.

Jara Sánchez, Rubén A. (2016), UNAS, FRNyR, escuela académica Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua, realizó la investigación “Almacenamiento de Carbono en el Suelo en dos Tipos de Sistemas Agroforestales Cacao (*Theobroma cacao L.*) y Café (*Coffea arábica*) en Hermilio Valdizán”, determinar carbono almacenado por SAF cacao, en fuentes suelo (62.473 t/ha), hojarasca (11.155 t/ha) y raíz (2,27 t/ha); y el SAF café, en las fuentes de suelo (52.53 t/ha), hojarasca (6.65 t/ha) y raíz (1.006 t/ha). El análisis de fertilidad para el SAF cacao para N, P, K, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al, CICe y % Bases Cambiables fue de 0.13%; 2.16 ppm; 120.45 ppm; 5.39 Cmol(+)/kg.; 2.38 Cmol(+)/kg.; 1.09 Cmol(+)/kg.; 9.24 y 84.2% respectivamente. Para el SAF café para N, P, K, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al, CICe y % Bases Cambiables fue de 0.06 %, 3.09 ppm; 68.97 ppm; 3.37 Cmol(+)/kg; 1.44 Cmol(+)/kg; 0.35 Cmol(+)/kg; 5.4 y 89.06% respectivamente. Los resultados pueden depender de factores importantes en largo plazo vinculados a formación del suelo, aunque podrían verse muy alterados u optimizados por cambios en uso y administración del suelo.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO (COS)

El carbono que se encuentra presente en el suelo es orgánico e inorgánico. La forma orgánica corresponde a las mayores reservas que interactúan con la atmósfera. La presencia de carbono orgánico representa equilibrio dinámico que existe entre la absorción de materia vegetal muerta y pérdidas por descomposición. (Márquez, 2000).

El COS es el componente esencial de la materia orgánica del suelo (MOS). El carbono del suelo se considera indicador en calidad del suelo y contribuye gran medida a la producción de alimentos, mitigación y adaptación en cambio climática y logro por los ODS. Además, el COS promueve la formación de agregados mejorando la estabilidad estructural del suelo, a la vez la porosidad, que se genera, asegura el ingreso de aire y la infiltración de agua promoviendo así el crecimiento de todo tipo de vegetación (FAO, 2017).

Kurniatun et al., (2011), menciona que los contenidos de COS tienen la tendencia de ir disminuyendo conforme va aumentando la profundidad; y a su vez, los mayores cambios en reservas de carbono del suelo se deben a cambios en la cobertura del suelo, que ocurren en los primeros 20-30 cm, aunque los cambios en la superficie en los primeros 5 cm pueden determinarse en la práctica.

Sánchez et al., (2011), en su investigación, registra que en la superficie se encuentra mayor acumulación de MO y C, para luego ir disminuyendo a un 36 % a los 15 cm de profundidad. Ante esto Aguilera, (2000). Se refiere a la (MOS) como grupo de residuos orgánicos (vegetal y/o animal) se encuentran en descomposición, se acumulan superficial y gradualmente ingresan al perfil del suelo.

En Talamanca se desarrolló un estudio, donde se halló entre 42 y 61 t C ha<sup>-1</sup> en cacaotales arbolados en loma y valle (Segura, 2005). Resultados similares fueron encontrados en parcelas con sistemas laurel - cacao de 25 años en la investigación realizado por Ortiz et al., (2008), donde se determina que se almacenaron entre 43 y 62 t C ha<sup>-1</sup>. A su vez Albrecht y Kandji, (2003) hacen reporte similares de almacenamiento y acumulación de carbono para SAF en zonas bajas húmedas de América del Sur (39 - 102 t C ha<sup>-1</sup>).

Poveda, et al., (2013) se estima que el carbono en cacao SAF almacenado de Vaslara, Nicaragua. La capacidad de almacenamiento de 91,45 ( $\pm$  31,44) t C ha<sup>-1</sup> está determinada por la tasa total fijación de

carbono 5,4 t C ha-1 año-1 y la biomasa aérea de 2 t C ha-1 año-1. Compartimentos que almacenan mayor carbono son: suelo (52,61%), biomasa aérea (35,86%), raíces gruesas (7,52%), finas (4,15%), cadáveres (0,32%) Basura (0,32%). 56% de SAF-Cocoa registró nivel en carbono medio-alto y 44% bajos y muy bajo.

El almacenamiento de carbono durante largos períodos dependerá principalmente de los factores del suelo y los factores climáticos de la zona; de la misma forma, la determinación de las transformaciones en la recolección de carbono en períodos más cortos es determinados por las transformaciones de la vegetación o como se usa de la tierra. Otro de los factores influyentes en la retención de carbono viene a ser la temperatura, factor que sufre variaciones considerables en algunas partes del globo terráqueo. Este aumento puede conducir a tasas más altas de mineralización microbiana de la materia orgánica y tasas más altas de respiración de las raíces. En países fríos donde la temperatura es el elemento que limita, el efecto de temperatura en mineralización puede ser significativo (FAO, 2002).

Los suelos pueden coadyuvar esfuerzos tendientes para reducir cambio climático (Agencia Europea del Medio Ambiente, 2015), esto es posible gracias al suelo tiene un papel estratégico e insustituible durante desarrollo en ciclo del carbono de la Tierra, además de prestar servicios eco sistémicos muy significativo para la vida en el planeta (Dimas y Gnacadja, 2009).

FAO, (2002) nos explica también que los factores climáticos y los cambios de uso de suelo son significativos para explicar el almacenamiento de carbono en períodos más cortos. Ante esto Hernández, J. et al., (2010) reconoce la capacidad del suelo para almacenar carbono (1 m de profundidad 1500 Pg y 2 m de profundidad 2456 Pg) y forma inorgánica (1700 Pg), supera con creces vegetación (650 Pg) y atmósfera (750 Pg), por lo que se considera el principal sumidero de carbono. Impacto ambiental, el secuestro de carbono en el suelo también tendrá impactos económicos y sociales, debido al aumento

en productividad del suelo, esto tiene impacto en seguridad alimentaria. En cuanto al medio ambiente, también se espera que esta medida sea de ayuda para prevenir y reducir la degradación del suelo.

### **2.2.2. EL PAPEL FUNDAMENTAL DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LOS SUELOS**

Para determinar calidad del suelo nos basaremos en la MOS como indicador clave, funciones agrícolas y funciones ambientales, incluida la retención de carbono y la calidad del aire (Schlegel et al., 2001). La MOS determina la actividad biológica del suelo, a su vez se encuentra directamente relacionado a cantidad, diversidad y actividad de fauna en el suelo y microorganismos, de lo mencionado se puede concluir que la materia orgánica y biología, desarrollada en el suelo, poseen gran influjo de propiedades químicas y físicas en la misma (Gallardo, 2001).

El suministro de nutrientes a las plantas por un alto contenido de MOS y la disponibilidad de agua, acrecentará la capacidad fértil del suelo y, en consecuencia, la mejora de la productividad de los alimentos (FAO, 2017).

### **2.2.3. CAMBIO CLIMÁTICO**

El calentamiento global como manifestación de aceleración en el efecto invernadero del planeta, causado principalmente por procesos humanos. Su importancia es por las catastróficas consecuencias a nivel mundial, como el deshielo polar, aumento en el nivel del mar, sequías, tormentas, migración agrícola, propagación de enfermedades, extinción en la fauna, etc. (SIFEM, 2000).

### **2.2.4. EFECTO INVERNADERO**

La radiactividad del sol penetra en la superficie terrestre, calentándola, a la vez emite radiación térmica; considerándose así un fenómeno natural en la Tierra, pero la problemática surge cuando esta radiación térmica es retenida por la extralimitada presencia de GEI entre los que se destacan: (CO<sub>2</sub>), (CO), (CH<sub>4</sub>), (CFC's) y (N<sub>2</sub>O). Es por ello que

podemos asegurar que el equilibrio en el sistema climático garantiza que, la radiación solar absorbida se coordina por radiación emitida en la tierra hacia el espacio. Cuando se concentran gases del efecto invernadero atmosféricamente, supera su límite, se rompe el equilibrio y se eleva artificialmente la temperatura promedio terrestre. (PNUMA, 1998).

En el tercer informe del (Intergovernmental Panel On Climate Change -IPCC 2001), detalla el aumento de temperatura terrestre: 0.6 °C finalizando el siglo XIX, y a la fecha el mínimo tiende a doblarse comparativamente del máximo (0.2°C y 0.1°C, respectivamente).

## **2.2.5. SISTEMAS AGROFORESTALES Y FIJACIÓN DE CARBONO**

La retención de carbono en ecosistemas terrestres depende esencialmente: superficie total de estos y proporción forestal por unidad superficial. Los SAF contienen sumideros de carbono considerables, en situaciones similares en los bosques secundarios. Igualmente, en los sistemas agroforestales aumenta la cantidad y proporción de carbono acumulado en el suelo (SIFEM, 2000).

Además de ser una alternativa a la producción sostenible, los SAF también se han convertido en una ocasión para variar las granjas y aumentar las fuentes de ingresos, posiblemente vendiendo servicios ambientales para reducir el CO<sub>2</sub> de la atmósfera. El establecimiento de un mercado de servicios ambientales mundialmente promoverá el progreso sustentable de las áreas rurales de diferentes formas, en algunos casos sus beneficios van más allá del nivel local y tienen importancia regional o incluso global.

El surgimiento y establecimiento del mercado de servicios ambientales eventualmente creará nuevas acciones financieras. Proporcionar oportunidades de empleo y fuentes de ingresos para aquellos con recursos de servicios ambientales. Además, posibilita transferir conocimientos y recursos nacional e internacionalmente a entornos rurales (Ruiz, 2002).

Las especies de árboles y densidad en plantación, hay MOS, tiempo de composición, tipo de suelo, características del lugar, los elementos climáticos y manejo agroforestal son factores influyentes en almacenamiento de carbono. (Segura, 1997).

Andrade, et al., (2008), las fincas de Talamanca, Costa Rica, Realizar almacenamiento de carbono, margen de ganancia bruta y costo de ocasión para modificar el uso actual del suelo para cinco tipos de uso de la tierra (plantaciones de cacao con árboles, plantaciones de banano con árboles, monocultivo de plátanos, charrales y bosques de galería) Estimación de la investigación para otros con mayor contenido de carbono. En comparación con la tierra en los valles, el uso de tierra en colinas almacena un 22% más de carbono total y un 47% con la biomasa. El bosque de galería es el sistema que más carbono almacena, seguido de las plantaciones de cacao, las plantaciones de cacao con árboles, las plantaciones de banano con árboles y finalmente el monocultivo de plátano. El suelo es gran depósito de carbono (27-74%), le sigue la biomasa aérea (15-57%).

## **2.2.6. PARÁMETROS TÉCNICOS PARA INVENTARIOS**

### **2.2.6.1. BIOMASA ABAJO DEL SUELO**

Chidiak et al., (2000) manifiestan en su estudio que, las raíces de la vegetación del ecosistema son la referencia de la biomasa presente en el subsuelo. Un enfoque simple es hacer un estimado conservador del valor en función de los existentes o calcular el porcentaje en biomasa aérea.

Alfaro, et al., (2001) aclara que la alta tasa de actividad microbial y la acumulación de nutrientes en estas capas superficiales del suelo, originan que dentro de los primeros horizontes del suelo se identifica mayor presencia y concentración de la biomasa de raíces.

Un estudio ejecutado por Jackson, et al., (1997) determinó que la acumulación promedio de biomasa en raíces delgadas de 30 cm

superiores al perfil del suelo en el bosque norte y de hojas duras representa el 83% -79% número total de raíces delgadas vivas, respectivamente. Para bosques caducifolios templados, también informaron una cantidad acumulada del 63% en 30 cm mayores al perfil, mientras bosques de coníferas y tropicales se diferencian por sistemas de raíces finas más profundas (se informó que las raíces finas vivas representan el 45% del total de finas raíces). Más de 30 cm en coníferas, 42% a 57% bosques tropicales caducifolios (correspondientemente).

Amézquita, et al., (2008) según los informes, el bosque original y el área de regeneración natural se formaron a partir de pastos degradados durante 3.3 años, y el valor total de carbono almacenado en las raíces finas fue de 5.6 y 2.7 t / ha, respectivamente.

Baker, et al., (2001) Cuando se analizaron los primeros 45 cm del perfil del suelo, se encontró que el 74% de los 48 bosques nativos de Quercus tenían raíces finas en los 15 cm superiores. Esto es consistente con Fujita y Yanagisawa (1999), quienes demostraron que altas concentraciones de biomasa en los primeros centímetros del suelo afectan el comportamiento de las raíces finas con respecto a la profundidad.

#### **2.2.6.2. HOJARASCA Y MATERIA VEGETAL MUERTO**

La vegetación en la superficie del suelo en proceso de descomposición se refiere a la hojarasca y otras materias vegetales muertas Esta fuente de biomasa se puede medir de dos formas. Los residuos en sí, es recolectada de la superficie del suelo, en la zona donde se desarrollan las actividades productivas se debe prestar atención a la recolección de materia vegetal muerta y / o humus que aún se encuentran en proceso de descomposición. Lo más importante es que otra materia vegetal descompuesta son árboles muertos, sea de pie o cayendo. (Alegre et al., 2002).

Concha, et al., (2007) evaluó el almacenamiento de carbono orgánico en cacao SAF (*Theobroma cacao*) asociado a árboles maderables y frutales en bosques, entendiendo el potencial de secuestro de carbono de cada sistema. El resultado mostró que el carbono en la biomasa vegetativa de los árboles vivos estuvo entre 12,09-35,5 t/ha, seguido por la biomasa de hojarasca con 9,97 t/ha.

Galloso, (2006) menciona que la acumulación de carbono por unidad de superficie llega a ser a muy variable esto se debe al estado y tipo de bosque, carbono alcanzado es 606.80 C t/ha, distribuyéndose : biomasa aérea (287.75 C t/ha), en raíces (79.92 C t/ha), sotobosques (2.79 C t/ha), necromasas (53.56 C t/ha), hojarascas (5.87 C t/ha) y en los primeros 30 cm del suelo (180.91 C t/ha) de los bosques verdes adultos.

Entender el carbono almacenado en hojarascas es importante, considerando esta subunidad actúa como parte de un sistema de acumulación en este y fuente de nutrientes para el suelo, además de actuar como mediador de carbono a través de la hojarasca, también nos permite darnos cuenta de que la cantidad de los cambios en carbono de la transferencia del mismo en la biomasa aérea a los componentes subterráneos (Olguín, et al., 2015).

**Figura 1**  
*Hojarasca de cacao (*Theobroma cacao L.*)*



*Nota.* En la figura se muestra la hojarasca de cacao que fueron recolectadas

#### **2.2.6.3. SUELOS**

IPCC (1996) expone que suelen ser grandes depósitos de carbono orgánico e inorgánico. El carbono planctónico se logra

determinar de manera eficiente utilizando muestras compuestas representativas de muchas parcelas. Esto apoya a mantener bajos el coste y proporciona estimaciones razonables.

### **2.2.7. ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL SUELO**

El suelo como organismo natural donde alberga células bacterianas, hongos, virus, plantas, etc. Cuales nutren a los animales y a los humanos a través del ciclo de nutrientes.

Los suelos y los microorganismos sostienen los ecosistemas proporcionando componentes químico y mineral (posterior a la biodegradación); compuesto orgánico como ácido húmico y fólico, enzima, vitamina, hormonal y antibiótico; también, tienen un rico acervo genético. (Anaya et al., 1977).

El suelo es organismo natural, actúa como sistema abierto. Es sujeto a muchas fuerzas externas que actúan sobre su base, y los cambios ocurren, a veces de manera imperceptible, pero siempre permanecen igual para cuidar el equilibrio dinámico del cuerpo en la Tierra hacia sus factores. Conocer e interpretar estas relaciones y hacer recomendaciones coherentes con las realidades agrícolas constituye la gestión de la tierra (Amezquita, 1989).

#### **2.2.7.1. MATERIA ORGÁNICA**

Se considera indicador de salud y el impacto positivo en sostenimiento del sistema productivo siendo generosamente argumentado. En cualquier entorno dado, el nivel de materia orgánica en los pastizales naturales es el más alto. Cuando se cultivan estos sistemas, la materia orgánica cae rápidamente y luego cae lentamente a nueva estabilidad.

El grado de MO en este caso depende: clima, suelo y su gestión (labrado, rotación, secuencia en cultivo, fertilizar) (Duchaufour, 1984).

Las prácticas agrícolas intensivas y la falta de rotación de pastos han degradado los niveles de MO, dependiendo del tipo y textura del suelo, a menos del 50% de los niveles de MO. Reacciona ampliamente con la adición de (N) y, en menor medida, (S), y causa malestar ambiental como erosiones en el suelo (Velasco, 1981).

La MO, al mismo tiempo como indicador de fertilidad en el suelo, perfecciona la estructura aluvial, lo que también incide en formar pequeños y grandes agregados, los vacíos superficiales y penetración de agua en todas partes un archivo. Por otro lado, mejora las condiciones minerales del suelo; En arena aumenta su retención de agua y nutrientes, mientras la arcilla hace poco pesada y mejora el cultivo (Duchaufour, 1984).

Como principal reservorio de nutrientes en el suelo, la materia orgánica puede mantener unidas las partículas, además, puede reducir significativamente la erosión de este, aumentar la fertilidad, mejorar la estructura y aumentar absorción del agua en el suelo. La descomposición de residuos de vegetales y animales hacia el suelo es algo biológico fundamental en el que el carbono atmosférico (C) se recicla como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el nitrógeno (N) se recicla como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), amoniaco ( $\text{NO}_3^-$ ) y otros elementos (P, S y varios micronutrientes) están presentes en las plantas superiores. (Macías, 2002).

Los compuestos húmicos pueden poseer vidas medias de centenas a milenios de años (día C). La parte orgánica varía muy rápidamente en comparación por lo mineral, donde la tasa de formación en el horizonte A es más al terrestre. La tasa de descomposición obedece al tipo de vegetación proporcionada y las condiciones del entorno del suelo (pH, H<sup>o</sup>, T<sup>o</sup>, nitrógeno disponible, oxidación, etc.) (Martínez et al., 2008)

## **2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES**

### **2.3.1. EL CARBONO**

El carbono, esencial en la presencia de organismos y posee diversos usos industriales significativos. Tiene número atómico 6 y está en el 14 (IVA) de tabla periódica.

El CO<sub>2</sub> es importante atmosféricamente y es fuente principal de carbono donde ingresa a los organismos vivos; todos estos eventos ocurren a través del proceso de fotosíntesis, donde las plantas convierten el CO<sub>2</sub> en compuesto orgánico del elemento que luego es consumido por otros. (Leon, 2006).

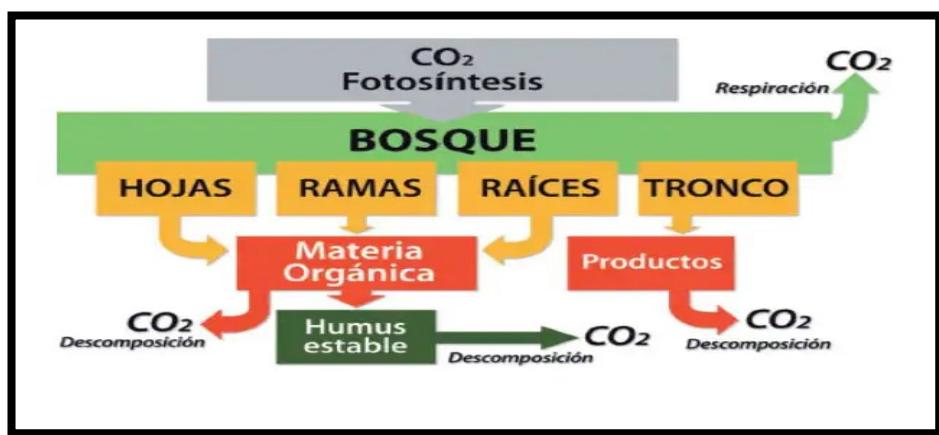
Según Vallejo y Rodriguez (2008), la presencia de carbono (en diferentes depósitos) varía según el tipo de bosque o el uso y cobertura actual de la tierra. Las reservas de carbono varían incluso dentro de la misma categoría forestal:

- Bosque de llanura aluvial
- Bosque montañoso
- Cambio por condición ambiental
- Cambio por gestión, irrupción humana y trascendencia (herencia ambiental)

### **2.3.2. CICLO DE CARBONO**

Hipkins (1984) afirmó: el ciclo del carbono son transiciones que sufre este en el tiempo. Es una parte muy importante del ciclo biogeoquímico, porque es responsable de regular el clima de la tierra e involucra las actividades básicas para sostener la vida.

**Figura 2**  
Ciclo del Carbono



Nota. En la figura se observa el ciclo del carbono en el bosque

### 2.3.2.1. CICLO BIOLÓGICO

La planta absorbe dióxido de carbono de la atmósfera, se desarrollan a través de la fotosíntesis y producen materia como glucosa donde interfiere en proceso fenológico que formara los componentes de los árboles. Este también aporta elementos para desarrollarse y crecer, principalmente cuanto a longitud, diámetro apical y área basal. El carbono es depositado en hoja, tallo y raíz, primeramente, del tejido troncoso y rama principal. Los elementos aportan al suelo materia orgánica, forman humus cuando se descompone y, por tanto, contienen dióxido de carbono. Por lo tanto, los bosques regulan el contenido en carbono atmosférico. (Ordoñez, 1998).

### 2.3.2.2. CICLO BIOGEOQUÍMICO

El ciclo biogeoquímico del carbono incluye regular transferencia de carbono en océano y tierra. El  $\text{CO}_2$  en la atmósfera es disuelto fácilmente por el agua para formar ácido carbónico, donde erosiona silicatos que forman la roca y produce iones de bicarbonato. Estos iones se disuelven en el agua que llega al mar, los animales asimilan esto para el tejido y son depositados en sedimentos después de muerto.

Después de que las rocas que los contienen se derriten, vuelven a entrar en la atmósfera durante las erupciones volcánicas. Este último ciclo es muy largo debido al mecanismo geológico involucrado. Además, a veces materia orgánica enterrada sin oxigenarse puede descomponerla, provocando el proceso de fermentación lo convierta en carbón, petróleo y gas natural (Hipkins, 1984).

### **2.3.3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO**

#### **2.3.3.1. CACAO (*THEOBROMA CACAO L.*)**

CONDEZO (2011) nos señala la siguiente clasificación taxonómica.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: Theobroma

Especie: T. Cacao

#### **a) Ecología y Adaptación**

El crecimiento se desarrolla mejor en climas cálidos y húmedos sin una larga estación seca tropical, y crece entre las latitudes 26 ° N y 26 ° S. Requiere una temperatura promedio de 25 a 29 ° C. Prospera en suelos sueltos, fértiles, abundante en MO, profundos y bien drenados con un pH entre 4.5 y 6, 5. Se encuentran menos adaptado al suelo ácido, y menos fértil que otras especies autóctonas del Amazonas. No tolera grandes cantidades de aluminio y requiere buenos niveles de calcio intercambiable (De Los Rios, 2000).

### **b) Variedades de la zona**

Según el Plan Operativo del Cacao de la Región Huánuco, identifica que en la provincia de Leoncio Prado es la zona que abarca mayores áreas de plantaciones, las cuales corresponden a las variedades de CCN-51, ILS-95 Y UF, siendo el mayor porcentaje el híbrido CCN-51 con un 60% y el restante a los otros mencionados (MINCETUR,2006). El caserío de Puerto Nuevo cuenta con las plantaciones de CCN-51, en base al estudio visual realizadó durante el desarrollo del trabajo de investigación.

### **c) Cacao CCN-51**

Es una especie híbrida cuya característica resaltante es la alta resistencia a enfermedades y produce unas cuatro veces más que las variedades clásicas (criollo, forastero y trinitario). Según Philip (2004), la mayoría planta y cosecha cacao CCN-51, porque si bien todas estas comunidades cultivan hoja de coca, es una forma más rápida de resolver el problema porque CCN-51 tiene un mayor rendimiento.

**Figura 3**  
Planta de Cacao (*Theobroma cacao L.*)



*Nota.* En la figura se observa una plantación de cacao (*Theobroma cacao L.*) dentro de la parcela de estudio.

### **2.3.3.2. NARANJO (CITRUS SINENSIS)**

CONDEZO (2011) indica la siguiente clasificación taxonómica.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Rosidae

Orden: Sapindales

Familia: Rutaceae

Género: Citrus

Especie: Citrus sinensis

**Figura 4**

*Planta de Naranjo o Naranjo Dulce (Citrus sinensis.)*



*Nota.* En la figura se observa plantaciones de Naranjo o Naranjo Dulce (*Citrus sinensis.*) dentro de la parcela de estudio.

#### **d) Ecología y adaptación**

*Citrus sinensis*, la naranja es árbol frutal cítrico, perteneciente a la familia Rutaceae. Es de tamaño mediano, aunque alcanza una altura de 13 m en condiciones óptimas de crecimiento, es perenne,

con una gran copa circular o piramidal, y hojas ovaladas de 7-10 cm ancho. Crece a menudo y ramifica, a veces con espinas grandes (mayores a 10 cm) (Araujo, 1999).

El naranjo mediano, tiene 3 a 5 m de altura, de copa redonda y ramas normales. Tallo único, cilíndrico recto, primero verde y luego gris. Las ramas aparecen alrededor de un metro sobre el suelo. Las hojas son perennes, de longitud media, de base redondeada y ápice puntiagudo. (Araujo, 1999).

Flores axilares, solas o en grupos. Se puede propagar por germinación de semillas, trasplantando desde la estaca o por capas, es decir, desde el patrón. (Román, 1999).

#### e) Variedades de la zona

Según la nota de prensa publicado por la Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas Leoncio Prado – DEVIDA, a través del portal del Gobierno del Perú, en la zona se encuentra las variedades de naranja las cuales son: valencia, tángalo y huando. El trabajo de investigación fue realizado en la parcela de plantaciones de naranja valencia, conocido coloquialmente como naranja dulce.

#### 2.3.3.3. SISTEMAS AGROFORESTALES

Usan y manejan recursos naturales, donde se utilizan materia leñosa (árboles y arbustos) junto con cultivos agrícolas y ganaderos de manera organizada, espacial (topología) o secuencia temporal (tiempo). Según las condiciones sociales y culturales, los árboles y otros componentes simultánea o temporalmente tienen interacciones económicas y ecológicas para mejorar las condiciones de vida del área. (Sagarpa, 2018).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Existe diferencia en cantidad de carbono almacenado por dos tipos de sistemas agroforestales cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), caserío Puerto Nuevo, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco, 2021.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Sistemas Agroforestales

### **2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Carbono orgánico almacenado.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**"COMPARACION DE LA CANTIDAD DE CARBONO ORGÁNICO ALMACENADO EN DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y NARANJA (*Citrus sinensis*), CASERÍO DE PUERTO NUEVO, DISTRITO DE LUYANDO, PROVINCIA DE LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2022"**

	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION ES	INDICADORES	UNIDAD MEDIDA	TIPO DE VARIABLE
SISTEMAS AGROFORESTALES	Sistema agroforestal de cacao	SAE Es un conjunto de sistemas y tecnologías de uso de la tierra en los que los árboles se combinan con cultivos agrícolas y/o pastizales, según el tiempo y el lugar, para aumentar y mejorar la producción sostenible (Iglesias, 2015)	Los sistemas agroforestales (SAF) representan sumideros importantes al absorber el CO <sub>2</sub> liberar oxígeno_	Plantaciones de Caca o	Número de plantaciones	unidades	Variable Independiente
	Sistema agroforestal de naranja		La tasa de absorción de carbono en los EAF, puede ser muy alta ya que la captura de carbono se efectúa tanto por los árboles como por los cultivos (Rios, 2007)	Plantaciones de naranja	Número de plantaciones	Unidades	
CARBONO ORGÁNICO ALMACENADO	Carbono almacenado en hojarasca	Hojarasca. La materia orgánica está presente en diferentes procesos de descomposición (Medina, 2008h)	El carbono se deposita en hojas, tallos, raíces y principalmente en los tejidos leñosos de 105 tallos Estos ingredientes aportan materia orgánica al suelo y se descompone, produciéndose el humus, que a su vez contiene óxido de carbono.	Densidad aparente	Peso fresco y 5 eco	Tm/m <sup>3</sup>	Variable Dependiente
	Carbono almacenado en el suelo	Suelo. Es la capa superior de la tierra en el medio en el que crecen las plantas (INIA 2015)_	Por esta razón 105 bosques son considerados importantes reguladores en el nivel de carbono atmósferico-, Ordóñez(1998)	Parámetros orgánicos	Materia orgánica		
	Carbono almacenado en raíces	Raíz Organismo de una planta que se inserta en el suelo u otro cuerpo para absorber sustancias necesarias para el crecimiento y desarrollo de la planta. Actúa como soporte y crece en sentido inverso al tallo (Gonzales, 2016)		Ej ornua	Peso fresco y seco	Tm/Ha	

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El trabajo corresponde al descriptivo transversal, debido a que muestra el conocimiento real que aparece en un espacio y tiempo determinados. Es horizontal porque se observa y se registra. Detalla el fenómeno sin introducir modificaciones: como es (Rojas, 2015).

##### **3.1.1. ENFOQUE**

Fue cuantitativo, porque describe la proporción de carbono capturado en dos tipos de SAF y se empleó la estadística como herramienta de apoyo para recolectar, organizar, procesar y analizar los datos.

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

Fue de nivel relacional, donde también se especificó los datos en un momento dado, se midió y describió la proporción de carbono capturado del suelo, y se comparó capturas de este en los dos sistemas agroforestales: naranja (*Citrus sinensis*) y cacao (*Theobroma cacao L.*).

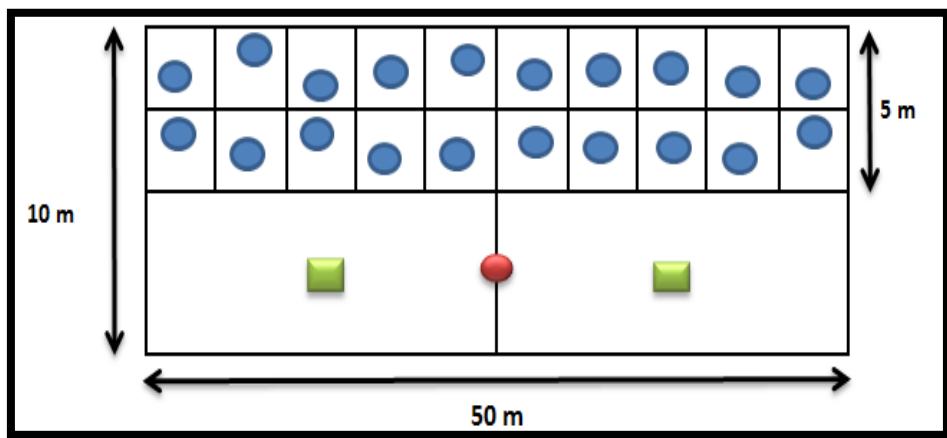
##### **3.1.3. DISEÑO**

Para el trabajo se aplicó estadística descriptiva e inferencial, donde se calculó la medida en tendencia central y dispersión: promedio, máximo y mínimo, (DE) y (CV).

El Boxplot permite observar la comparación simultánea de diferentes conjuntos de datos, y es un gráfico simple donde se observó claramente la distribución de los datos, la dispersión de las medidas y sus primordiales tipologías.

La siguiente ilustración representa el esquema del diseño que se usó durante el trabajo de investigación.

**Figura 5**  
Diseño de toma de muestra



Nota: La figura representa el esquema del diseño que se usó durante la toma de muestra.

**Dónde:**



Punto de muestreo al azar de hojarasca



Puntos de muestreo al azar de suelo y raíces.

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. POBLACIÓN

Las personas no fueron consideradas, motivo en que tampoco usó fórmulas donde calcula la población. Se consideró a la población representada por los SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*) que involucra hojarasca, raíz y suelo. Dichos sistemas forestales están ubicados en el caserío Puerto Nuevo, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco. Fue realizado de agosto a diciembre del 2021.

### 3.2.2. MUESTRA

Las áreas de muestreo se determinaron mediante un esquema de muestreo aleatorio estratificado donde se trabajó con parcelas de 500 m<sup>2</sup> (50m x 10m), seleccionadas al azar en lugar del campo, en el “interior” de esta parcela se seleccionó una subparcela de 50m x 5m donde se obtuvo muestras de las hojarascas y se separó uniformemente en 20 partes iguales (Macdicken, 1997).

Para el carbono de suelo y raíz, se generó 02 subparcelas 5m × 25 m, en las cuales se seleccionó aleatoriamente 02 parcelas de 1m<sup>2</sup> en cada parcela individual (ICRAF, 2009). Arévalo *et al.*, (2003), sugieren el muestreo con profundidad en 30 cm, del rango 0 a 10 cm; 10cm - 20 cm y 20cm - 30 cm.

Se realizó submuestras en cada sistema agroforestal cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*) individualmente. Del cuadro 02 se observa la cantidad de sub muestras que se realizó por cada sistema agroforestal, teniendo:

- SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) total: 38 sub muestras,
- SAF naranja (*Citrus sinensis*) total: 38 sub muestras.
- Dando en general 76 sub muestras.

**Tabla 1**  
*Sub muestras por cada sistema agroforestal*

SAF	Parámetros	Sub Muestras
CACAO	Hojarasca	20
	Raíz	6
	suelo	12
<b>SUB TOTAL</b>		<b>38</b>
SAF	Parámetros	Sub Muestras
NARANJA	Hojarasca	20
	Raíz	6
	suelo	12
<b>SUB TOTAL</b>		<b>38</b>
<b>TOTAL</b>		<b>76</b>

*Nota:* En la tabla se menciona las cantidades de submuestras tomadas para cada parámetro de SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y SAF naranja (*Citrus sinensis*)

### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1. FASE DE CAMPO

El método que fue utilizado con el fin de evaluar biomasa del suelo, las raíces y la hojarasca es recomendado por el ICRAF (2009).

## ➤ Materiales y Herramientas utilizadas durante el Muestreo

**Tabla 2**  
*Herramientas y materiales empleados en fase de campo*

Unidad	Materiales	Unidad	Herramientas
2	Tamizadores	2	Rastrillos
3	Unidades de Hilo rafia	1	Machetes
1	Tijera	1	Poceador
3	Costales	1	Marco de madera de 0.25 m <sup>2</sup>
1	Paquete de bolsas hermética	1	Pico
1	Wincha de 50 metros	12	Cilindros muestreadores
1	Balde		
1	Lapicero		

*Nota:* En la tabla 3 se señala la cantidad de materiales y herramientas que fueron empleados durante el desarrollo del trabajo en campo

### 3.3.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

- Reconocimiento del terreno para la ejecución del trabajo y la delimitación del diseño muestral con hilo de rafia y estacas.

**Figura 6**  
*Delimitación de la parcela Cacao (*Theobroma cacao L.*)*



*Nota:* En la figura se observa que se realizó el reconocimiento del terreno de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y delimitación del diseño de muestra.

**Figura 7**  
*Delimitación de la parcela de Naranjo (*Citrus sinensis*)*



*Nota:* En la figura se observa que se realizó el reconocimiento del Terreno de Plantaciones de Naranjo (*Citrus sinensis*) y delimitación del diseño de muestra

- b)** Recojo las muestras de hojarasca de los SAF para luego clasificarlas, y posterior llenarlas en las bolsas.

**Figura 8**  
*Recolección de las hojarascas de Cacao (*Theobroma cacao L.*)*



*Nota:* En la figura se observa la recolección de las hojarascas de Cacao (*Theobroma cacao L.*) empleándose el marco de madera de 0.25 m<sup>2</sup>

**Figura 9**  
Recolección de las hojarasca de Naranja (*Citrus sinensis*)



Nota: En la figura se observa la recolección de las hojarasca de naranja (*Citrus sinensis*) empleándose el marco de madera de 0.25 m<sup>2</sup>

- c) Se sacó las muestras de tierra en las profundidades indicadas, para extraer las raíces del suelo y posteriormente embolsarlas y enviarlas al laboratorio.

**Figura 10**  
Separación de muestra de raíces de Cacao (*Theobroma cacao L.*)



Nota: En la figura 10 se observa la separación de las muestras de raíces de cacao (*Theobroma cacao L.*)

- d) Llenado y pesado las muestras de hojarasca, raíces de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranjo (*Citrus sinensis*).

**Figura 11**  
*Pesaje de las muestras de hojarasca y raíces*



Nota: En la figura 11 se visualiza el pesado de la hojarasca con la balanza.

- e) Etiquetado y anotar apuntes de los datos que se obtuvieron durante la jornada de muestreo.

**Figura 12**  
*Embolsado, rotulado y apunte de datos de las muestras*



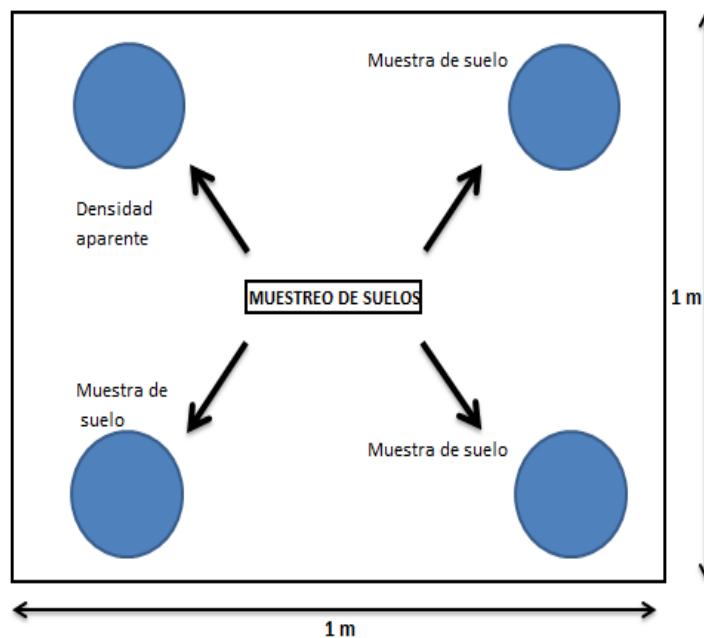
Nota: Se observa en la figura 12 las muestras embolsadas y rotuladas para el posterior traslado al laboratorio.

### 3.3.2.1. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO

Se seleccionó aleatoriamente 02 sub parcelas de 1m<sup>2</sup> dentro de la parcela de 10m x 50m, para realizar las calicatas de 0.30m x 0.30m x 0.30m; A continuación, la profundidad de muestreo se determinó en el siguiente rango: 0 - 0,1m; 0,1m - 0,2m; 0,2m - 0,3m, y se utiliza para obtener muestras de suelo de acuerdo con la Figura 2. Para cada espacio, se obtuvo la muestra del suelo alrededor de 500 g. (ICRAF, 2009).

La muestra estaba debidamente identificada, por lo que se procedió a enviar al laboratorio de suelos UNAS, para el análisis y cuantificación de COS.

**Figura 13**  
*Diseño de muestreo de suelos*



*Nota:* Se observa el diseño de muestreo de suelo considerado para la presente investigación

**Figura 14**

Toma de apuntes de datos en campo de los SAF cacao (*Theobroma cacao L*) y naranja (*Citrus sinensis*)



Nota: Se tomó todos los apuntes necesarios (datos) obtenidos durante el desarrollo del trabajo de campo.

**Figura 15**

Calicatas para las muestras de suelo de los SAF cacao (*Theobroma cacao L*) y naranjo (*Citrus sinensis*).



Nota: Se observa la calicata donde se sacó las muestras de suelo en las profundidades indicadas de los SAF cacao (*Theobroma cacao L*) y naranjo (*Citrus sinensis*).

**Figura 16**

*Calicata de 0.30m x 0.30m x 0.30m, indicando las profundidades para la toma de muestra*



Nota: En la figura 16 se puede visualizar la calicata de medidas 0.30m x 0.30m x 0.30m, indicando las profundidades de 0 - 0.10m, 0.10m – 0.20m y 0.20m – 0.30m.

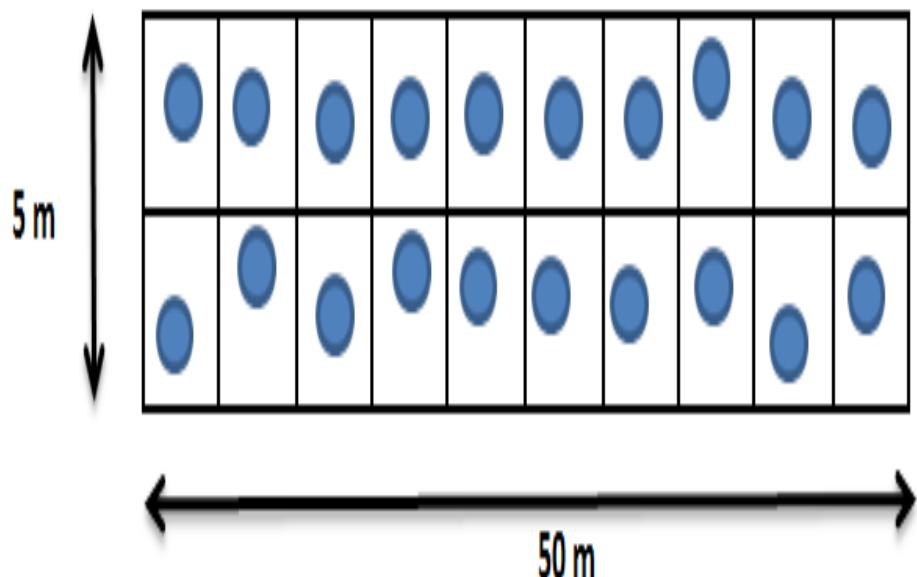
### **3.3.2.2. OBTENCIÓN DE MUESTRAS PARA EL CÁLCULO DE DENSIDAD APARENTE**

En la misma profundidad y sub parcela establecida para las muestras de carbono del suelo, se utilizó un martillo para insertar un cilindro de tamaño conocido; para luego extraer el cilindro lleno de tierra, teniendo cuidado de no dañar o alterar las muestras en su interior, posteriormente se colocó en bolsa desechable, luego fueron transportados al laboratorio de suelos de la UNAS donde fue estudiado (Macdicken, 1997).

### **3.3.2.3. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA DE HOJARASCAS**

Fue medido por la recolección de hoja, flor, fruto, semilla y fragmento de ramas y leña de menos de 4cm de diámetro. Todas las unidades se recolectaron con un marco de madera cuya área fue de  $0.25\text{m}^2$  ( $0.50\text{m} \times 0.50\text{m}$ ), configuradas al azar en una sub parcela temporal  $50\text{m} \times 5\text{m}$  (Macdicken, 1997) señalado Figura 3, y anotó peso húmedo total en cada  $0.25\text{ m}^2$ .

**Figura 17**  
*Diseño de muestreo de hojarasca.*



*Nota:* Se observa el diseño y área configurada al azar en una sub parcela temporal 50m x 5m para la toma las muestras.

### **3.3.2.4. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA DE RAÍCES**

El carbono almacenado en la raíz fue muestreado en base al método propuesto por el ICRAF (2009). En calicatas con un tamaño de 0.30m x 0.30m x 0.30m, las muestras de raíces se obtuvieron a las siguientes profundidades de 0 - 0.1m; 0.1m - 0.2m y 0.2m - 0.3m, y luego se almacenaron en bolsas plásticas para posteriormente llevarlas al laboratorio de la UNAS.

### **3.3.3. FASE DE LABORATORIO**

#### **3.3.3.1. EQUIPOS, MATERIALES Y COMPUESTOS QUÍMICOS USADOS EN LA INVESTIGACIÓN**

Los equipos empleados para esta presente investigación fueron facilitados por el laboratorio de suelos de la UNAS.

**Tabla 3**  
*Herramientas, equipos y materiales empleados en fase de laboratorio*

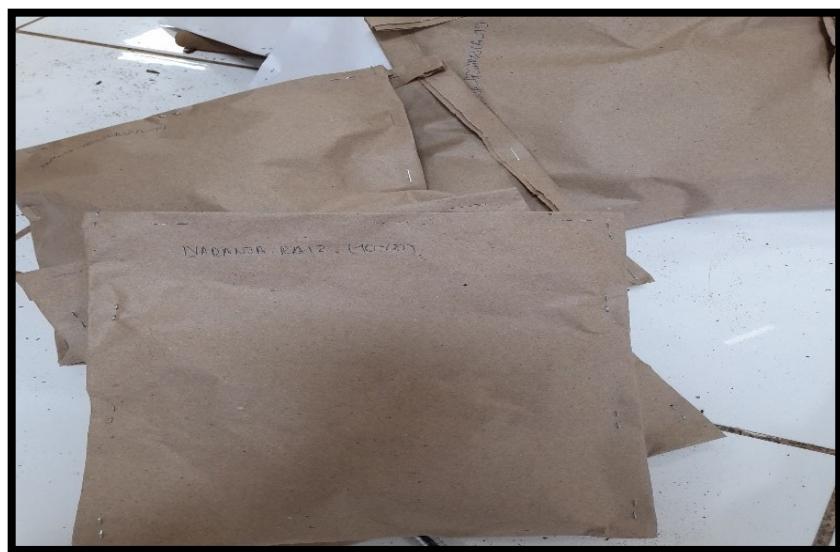
Unid.	Materiales	Unid.	Equipos	Cantidad	Compuestos Químicos
3	Tamizadores	1	Balanza digital	120 ml	Dicromato de Potasio
20	Papel manteco	2	Estufa eléctrica	120 ml	Ácido sulfúrico
4	Pipetas volumétricas de 5 ml			1 litro	Aqua destilada
6	Vasos precipitados de 5 ml			36 gotas	Indicador difenil - amina
12	Matraz Erlenmeyer 250 ml			100 ml	Sal de Mohr 2N

*Nota:* En la tabla se menciona la lista de las herramientas, equipos y materiales usados en el laboratorio

### 3.3.3.2. PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS EN LABORATORIO

- a) Las muestras tomadas en campo fueron trasladadas hasta el laboratorio de suelos UNAS para su análisis. Se elaboraron sobres de papel para colocar ahí las muestras de hojarasca y raíces de cacao y naranja.

**Figura 18**  
*Sobres de papel para colocar las muestras de hojarasca y raíces*



*Nota:* Se observa los sobres de papel empleados para colocar las muestras de hojarasca y raíces, para posteriormente ser pesadas.

**Figura 19**  
*Muestras pesadas y puestas en la estufa eléctrica.*



*Nota:* Una vez pesadas las muestras empaquetadas, fueron en la estufa eléctrica.

**Figura 20**  
*Peso seco de las muestras para el cálculo de biomasa*



*Nota:* En la figura 20 se observa el pesado en seco de las muestras luego de 48 horas puestas en la estufa eléctrica.

- b) Análisis de los suelos de los SAF de investigación y la sistematización de la densidad aparente, para calcular el carbono almacenado.

**Figura 21**

*Cilindro muestreador, pesado y puesto en la estufa para el cálculo de la densidad aparente*



*Nota:* Se observa el cilindro muestreador con volumen conocido, pesado y luego puesto en la estufa para el cálculo de la densidad aparente.

**Figura 22**

*Tamizado de las muestras de suelos*



*Nota:* En la figura se muestra el tamizado de las muestras de suelos, para lo cual se empleó un tamizador de 2 mm.

**Figura 23**  
*Pesaje de la muestra de suelo para su análisis*



*Nota:* Se observa en la figura 23 el pesaje de las muestras de suelos obtenidas para el posterior análisis.

**Figura 24**  
*Titulación de la muestra de suelo con aplicación para la determinación del contenido de materia orgánica*



*Nota:* Se realizó la aplicación de dicromato de potasio 1N y ácido sulfúrico, a las muestras de suelo, para luego titular la muestra y saber el contenido de materia orgánica.

### **3.3.3.3. OBTENCIÓN DE DATOS DE CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO**

Para estimar el carbono almacenado del suelo, utilizó método de Vinueza, L. (2015), el % MO es proporcionado por examen del suelo obtenido en laboratorio. Antes de enviar muestras, se secan en un lugar fresco, evitando la luz del sol directo hacia estas.

Para obtener densidad, empleó el método propuesto por el ICRAF (2009). Colocar la muestra obtenida para la medición de densidad en un horno a 70 ° C hasta conseguir una masa constante. Luego muestree y vuelva a pesar para conseguir peso en seco.

### **3.3.3.4. OBTENCIÓN DE DATOS DE CARBONO EN HOJARASCAS**

Se recolectó la hojarasca delimitada en el marco de madera de 0.25 m<sup>2</sup>, instalado de forma aleatoria en sub parcelas 50m x 10 m (Macdicken, 1997). La hojarasca, en estado húmedo, recolectada en pergamo, pesada en la balanza digital donde consigue su peso húmedo, luego transfírala al laboratorio y hornee en un horno a 70 °C durante aproximadamente 24 a 48 horas para que seque para conseguir un peso constante. Una vez que se vuelve a pesar la muestra seca para adquirir el peso seco, se realiza un cálculo correspondiente para registrar la biomasa seca de la hojarasca en (t/ha) (ICRAF, 2009).

### **3.3.3.5. OBTENCIÓN DE DATOS DE CARBONO EN RAÍCES FINAS**

Los datos de carbono en raíces fueron adquiridos según método propuesto por el ICRAF (2009). En el centro del contorno muestral, se extrae bloque de suelo (30 × 30 × 10 cm) en un tamiz (2 mm) para separar raíces finas del suelo. Son pesadas en báscula digital, luego se secan en un horno a 70 ° C durante 24-48 horas (hasta lograr un peso constante), luego de lo cual se realizan los

cálculos de conservación de biomasa correspondientes. Con los valores obtenidos, calcular las toneladas totales de (t MS/ha).

### 3.3.4. FASE FINAL DE GABINETE

#### 3.3.4.1. CÁLCULOS PARA LA OBTENCIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO

En la estimación del contenido de carbono orgánico almacenado en el suelo, a partir del porcentaje de MO, fue considerado el factor de Van Bermelen (1,724), que da como resultado ( $1/0,58 = 1,724$ ) suponiendo material orgánico del suelo tiene aproximadamente un 58 % en carbono (VINUEZA, 2015), y se emplea la siguiente ecuación para el cálculo

$$COS = \%CO \times Da \times Ps$$

Dónde:

COS      Carbono orgánico de suelos (t/ha)

O      %MO/1724

Da      Densidad aparente (Vm3)

Profundidad del suelo (m)

- ✓ Multiplique el contenido de carbono por 10 para cambiar la unidad en t C / ha.
- ✓ Para establecer la densidad aparente y el volumen del cilindro, se utilizó esta fórmula propuesta de Macdicken (1997) y ICRAF (2009):

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

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

Donde:

- V** : Volumen  
**π** : 3.1416, valor constante  
**r** : Radio del cilindro  
**h** : Altura del cilindro  
**Da** : Densidad aparente  
**MS** : Masa seca.

### 3.3.4.2. CÁLCULOS PARA LA OBTENCIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN HOJARASCAS

Para establecer el C depositado en la hojarasca, utiliza fórmula

$$Bh \text{ (t/ha)} = ((PSM/PFM) \times PFT)^{*}40$$

Donde:

- Bh** : Biomasa de la hojarasca, materia seca (t/ha)  
**PSM** : Peso seco de la muestra colectada (kg)  
**PFM** : Peso fresco de la muestra colectada (kg)  
**PFT** : Peso fresco total (kg/0.25m<sup>2</sup>)

**Factor 40** : Conversión de las unidades a t/ha

$$CH = \text{biomasa } \left( \frac{t}{ha} \right) \times 0.50$$

Dónde:

**CH**: Carbono en hojarascas

**0.50**: Valor propuesto por IPCC (Reporting Instructions Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory).

ICRAF (2009):Cálculo para la obtención de carbono almacenado en raíces finas.

Para establecer el C depositado en raíces, utilizó la fórmula propuesta por ICRAF (2009).

$$CR = (\text{Biomasa} * 1.25) * 0.5$$

Donde:

**CR** : Carbono en raíz

**1.25**: Factor de corrección para volumen de raíz

**0.50**: Valor propuesto por el IPCC (Reporting Instructions Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory).

### 3.3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La información se recopiló en los 70 días calendario y el análisis de laboratorio tuvo un periodo de 20 días calendario en el laboratorio de suelos de la UNAS ubicado en la Carretera Central KM. 1, Tingo María.

Obtenidos los datos y realizados los análisis, se organizó y procesó manual y digitalmente para luego componer las tablas, cuadros y gráficos de la distribución de datos.

La información numérica de las muestras se procesa mediante diseño estadístico no experimental, y el estudio de varianza se utiliza para comparar si existen diferencias significativas en el carbono depositado en el SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*).

### 3.4. ÁMBITO GEOGRÁFICO TEMPORAL Y PERÍODO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.4.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Se efectuó en predios Maximino y Trujillo, en el sector Puerto Nuevo, en el centro poblado Ricardo Palma del distrito de Luyando,

ubicado a 5 Km del centro poblado de Naranjillo, conduciendo por la carretera central Fernando Belaunde Terry, hay un desvío a la izquierda, en unos 30 minutos aproximados, y es conocido como vieja autopista, el acceso dos, es por la carretera del caserío de Cadena.

El desarrollo del trabajo de laboratorio fue efectuada en el laboratorio de suelos de la UNAS.

El periodo fue de 4 meses, desde agosto hasta diciembre 2021.

**Figura 25**

*Entrada a la zona de estudio (Puerto Nuevo) – carretera Km 51*



Nota: se observa el acceso desde la carretera central Fernando Belaunde Terry, desvío a la izquierda, en unos 30 minutos aproximados, y es conocido como vieja autopista, el acceso dos, es por la carretera del caserío de Cadena

### 3.4.2. UBICACIÓN POLÍTICA

- **Caserío** : Puerto Nuevo
- **Centro Poblado** : Ricardo Palma
- **Distrito** : Luyando
- **Provincia** : Leoncio Prado
- **Departamento** : Huánuco.

### **3.4.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El caserío Puerto Nuevo se ubica en la región natural Rupa Rupa o Selva Alta, zona de estudio con coordenadas UTM:

- **Norte** : 8986622 m.
- **Este:** : 389750 m
- **Altitud:** : 627 msnm

### **3.4.4. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA AGROFORESTAL**

#### **3.4.4.1. SISTEMA 1**

SAF con 15 años, compuesto de cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad CCN-51 de densidad 3m x 3m (1111 árboles/ha) y capirona (*Calycophyllum spruceanum*) de densidad 6m x 6m lineales (70 árboles/ ha). La pendiente en esta zona es del 3%. El suelo se define por una textura franco arenoso, estas van desde café claro a oscuro.

La parcela Maximino ubicada en el sector 1 del caserío Puerto Nuevo distrito Luyando. Tiene un área en plantación del sistema es 2 ha; la producción de cacao comienza a partir del tercer año y tiene la cosecha más alta de abril a julio con un rendimiento promedio de 1000 kg / ha.

#### **3.4.4.2. SISTEMA 2**

SAF con 12 años, compuesto de naranja productiva (*Citrus sinensis*) de la variedad valencia, de densidad 5.00 m x 5.00 m (400 árboles/ha), capirona (*Calycophyllum spruceanum*) de densidad 6m x 6m lineales (70 árboles/ ha) y palta (*Persea americana*) de densidad 25.00 m x 25.00 m (16 árboles/ ha). El lugar muestra un risco 3%; el suelo tiene textura franca, y van estos en color anaranjado a marrón claro.

La parcela Trujillo se sitúa en sector 2 del caserío Puerto Nuevo, distrito Luyando. La zona de plantación en el sistema es 3 ha; con media producción de 40 t/ha.

## CAPÍTULO IV

# RESULTADOS

### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 4.1.1. CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO

Los resultados del carbono depositado en suelo del SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) expuestos en la Tabla 5. El nivel 0-10 cm es de 50.08 t / ha, el nivel de 10-20 cm es de 48.63 t / ha y el nivel de 20-30 cm es de 45.28 t / ha. La capa de profundidad de 0-10 cm es la capa que contiene gran mayor almacenaje. La cantidad acumulada de carbono depositado en suelo es 143.99 t / ha.

**Tabla 4**

*Carbono almacenado en el suelo de sistema agroforestal con cacao (*Theobroma cacao L.*)*

Profundidad	Parcela 1 (T/Ha)	Parcela 2 (T/Ha)	Suma (P1 + P2)	Promedio (T/Ha)
<b>0 - 10</b>	50.31	49.84	100.15	50.08
<b>10 - 20</b>	48.94	48.33	97.27	48.63
<b>20 - 30</b>	49.47	41.10	90.57	45.28
<b>Total</b>	148.71	139.27	287.98	<b>143.99</b>

Nota: En la tabla se muestra los datos obtenidos en cada parcela trabajada del SAF por cada profundidad establecida, se obtiene el total y como resultado final el promedio del acumulado total.

Los resultados del carbono depositado en suelo del SAF con naranja (*Citrus sinensis*) expuestos en la Tabla 6. El horizonte de 0-10 cm es de 24.82 t / ha, el horizonte de 10-20 cm es de 24.37 t / ha y el horizonte de 20-30 cm es de 23.53 t / ha. La capa de profundidad es de 0-10 cm, que es la capa con mayor almacenaje de carbono. El acumulado depositado del suelo es 72.73 t / ha.

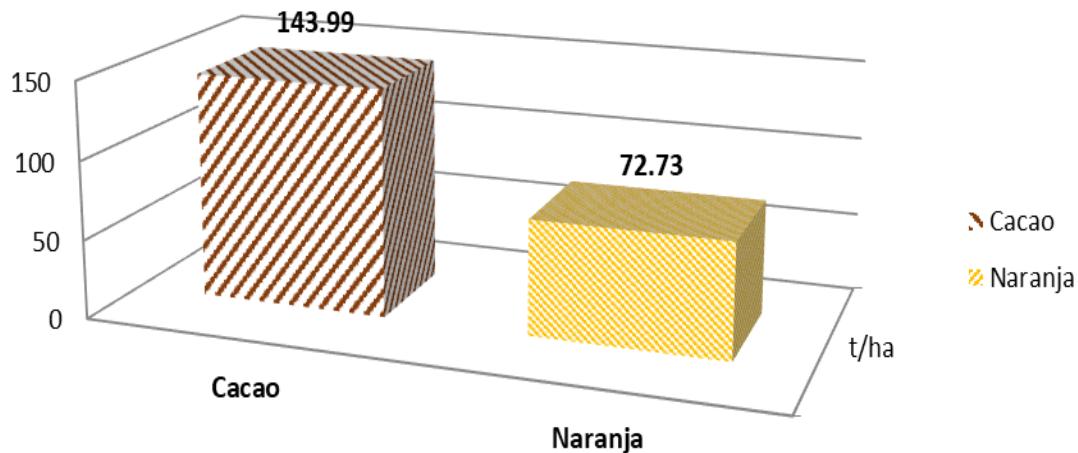
**Tabla 5**  
**Carbono almacenado en el suelo del SAF naranja (*Citrus sinensis*)**

Profundidad	Parcela 1 (T/Ha)	Parcela 2 (T/Ha)	Suma (P1 + P2)	Promedio (T/Ha)
0 - 10	26.13	23.51	49.64	24.82
10 - 20	26.11	22.63	48.74	24.37
20 - 30	25.79	21.28	47.07	23.53
total	78.03	67.43	145.45	<b>72.73</b>

*Nota:* En la tabla 6 se muestra los datos obtenidos en cada parcela trabajada del SAF en las profundidades establecidas, se obtiene el total y como resultado final el promedio del acumulado total.

La Figura 26 expone una comparación del carbono depositado del suelo en dos SAF, cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*). Se observa en este caso que el SAF cacao contiene mayor almacenaje de carbono (143.99 t/ha) en comparación con el que contiene naranja (72.73 t/ha).

**Figura 26**  
**Carbono almacenado en suelo en SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)**



*Nota:* En la figura se visualiza las barras de comparación del carbono depositado del suelo, donde se puede ver que el SAF cacao contiene mayor almacenaje de carbono en comparación con el que contiene naranja.

En la Tabla 6 vemos el análisis de varianza del carbono almacenado en el suelo que hay entre el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y el SAF naranja (*Citrus sinensis*), donde se evidencia que el F calculado es mayor que el F tabulado, entonces estadísticamente son diferentes.

**Tabla 6**

*Prueba de normalidad para los datos del carbono almacenado en el suelo de los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)*

Ton		Caca o	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
			Estadísti co	gl	Sig.	Estadísti co	gl	Sig.
			0,372	6	<b>0,100</b>	0,687	6	0,104
		Naran ja	0,273	6	<b>0,183</b>	0,864	6	0,204

a. Corrección de significación de Lilliefors

*Nota:* La tabla vemos el análisis de varianza del carbono almacenado en el suelo que hay entre el SAF cacao y el SAF naranja, donde se evidencia que el F calculado es mayor que el F tabulado.

Considerando el p-valor obtenido y comparándolo con un nivel de significancia de 5%, se aprecia que los datos presentan normalidad, por lo que es posible hacer uso de un procedimiento paramétrico para su análisis respectivo. Para el caso que se sigue, es pertinente el uso de una prueba estadística paramétrica para realizar las comparaciones en los grupos de estudio. Dicho procedimiento que se ajusta sería la t de Student en muestra independiente.

**Tabla 7**

*T de Student para los datos del carbono almacenado en el suelo de los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)*

Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Prueba t para la igualdad de medias					
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Ton	Se asumen varianzas iguales	0.279	0.609	14.472	10	<b>0.000</b>	23.75667	1.64158	20.09901 27.41433
	No se asumen varianzas iguales			14.472	8.180	<b>0.000</b>	23.75667	1.64158	19.98567 27.52766

*Nota:* La tabla se muestra el trabajo estadístico a través del T de Student para los datos del carbono almacenado en el suelo de los SAF.

El p-valor resultado (inferior al nivel significativo del 5%) nos indica que existe diferencias entre los datos del carbono depositado en suelo de los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*). Descriptivamente se tiene que, en la figura 26, existe una mayor proporción de carbono depositado en suelo agroforestales del cacao (*Theobroma cacao L.*), respecto al que se almacena del suelo agroforestal de la naranja (*Citrus sinensis*).

#### 4.1.2. CARBONO ALMACENADO EN HOJARASCA

La Tabla 8 expone los resultados de la reserva de carbono en la hojarasca del SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*). Estos muestran al SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) almacena 8.89 t / ha carbono, pero SAF naranja (*Citrus sinensis*) tuvo 3.67 t / ha de carbono almacenado.

**Tabla 8**

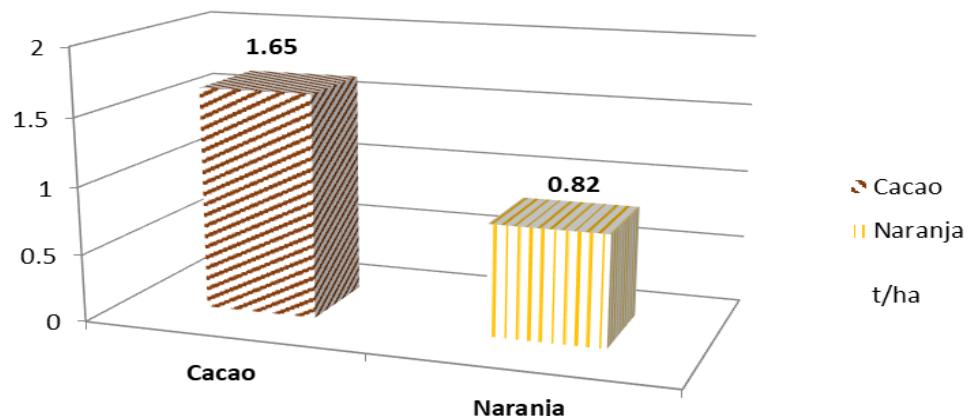
*Resutados de datos para obtención de carbono en hojarasca en SAF con cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)*

SAF	SAF cacao C t/ha	SAF naranja C t/ha
M1	1.68	0.84
M2	1.22	0.61
M3	1.05	0.52
M4	1.85	0.93
M5	1.71	0.85
M6	2.26	1.13
M7	0.88	0.44
M8	0.87	0.44
M9	0.86	0.43
M10	1.59	0.79
M11	4.06	2.03
M12	1.96	0.98
M13	0.91	0.46
M14	2.50	1.25
M15	1.21	0.61
M16	0.96	0.48
M17	2.61	1.30
M18	1.99	1.00
M19	1.02	0.51
M20	1.73	0.86
<b>PROMEDIO C</b>	<b>1.65</b>	<b>0.82</b>

*Nota:* La tabla 8 muestra los resultados del almacenamiento de carbono en la hojarasca del SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*).

**Figura 27**

Carbono almacenado en hojarasca de los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)



Nota: La figura muestra la diferencia de cantidades de carbono almacenado entre los SAF materia de estudio.

La figura 27 expone al SAF con más almacenaje en carbono fue el de cacao (*Theobroma cacao L.*).

**Tabla 9**

Prueba de normalidad para los datos del carbono almacenado en la hojarasca de los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístic o	gl	Sig.	Estadístic o	gl	Sig.
Cacao	0,162	20	<b>0,178</b>	0,853	20	0,006
Naranja	0,162	20	<b>0,181</b>	0,852	20	0,006

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: En la tabla 9 se observa la prueba de normalidad para los datos del carbono almacenado obtenidos de la hojarasca de los SAF

Considerando el p-valor obtenido y comparándolo con un nivel de significancia de 5%, se aprecia que los datos presentan normalidad, por lo que es posible hacer uso de un procedimiento paramétrico para su análisis respectivo. Para el caso que se sigue, es pertinente el uso de una prueba estadística paramétrica para realizar las comparaciones en los grupos de estudio. Dicho procedimiento que se ajusta sería la t de Student en muestra independiente.

**Tabla 10***T de Student para los datos del carbono almacenado en la hojarasca de dos SAF*

Prueba de Levene de igualdad de varianzas					Prueba t para la igualdad de medias				
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Ton	Se asumen varianzas iguales	5,153	0,029	4,131	38	<b>0,000</b>	,82300	,19924	,41967 1,22633
	No se asumen varianzas iguales			4,131	27,918	0,000	,82300	,19924	,41483 1,23117

*Nota:* En la tabla 10 se observa la T de Student para los datos del carbono almacenado obtenidos de la hojarasca de los SAF de estudio.

El p-valor (inferior al nivel de significancia del 5%) nos indica que existe diferencias entre los datos del carbono depositado en la hojarasca por SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*). Descriptivamente se tiene que, en la figura 27, existe una mayor proporción de carbono depositado del suelo agroforestal de cacao (*Theobroma cacao L.*), respecto que se almacena el suelo agroforestal de la naranja (*Citrus sinensis*).

#### **4.1.3. CARBONO ALMACENADO EN RAÍCES FINAS**

La Tabla 11 expone los resultados del carbono depositado en raíces del SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*). Para un horizonte de 0-10 cm, es de 1.67 t / ha, de un horizonte 10-20 cm es de 0.38 t / ha y uno de 0.10 t / ha es de 20-30 cm. En los primeros 0-10 cm, el almacenaje de carbono es más alto. Carbono de almacenamiento de raíces 2.15 t / ha en total.

**Tabla 11**

*Carbono almacenado en raíces finas del SAF cacao (*Theobroma cacao L.*)*

Profundidad	Parcela 1 (T/Ha)	Parcela 2 (T/Ha)	Suma (P1 + P2)	Promedio (T/Ha)
<b>0 - 10</b>	1.62	1.72	3.34	1.67
<b>10 - 20</b>	0.32	0.45	0.77	0.38
<b>20 - 30</b>	0.11	0.09	0.20	0.10
<b>total</b>	2.05	2.25	4.30	<b>2.15</b>

*Nota:* En la tabla 11 se indica los resultados del carbono depositado en raíces del SAF de cacao dentro de las medidas establecidas para el estudio.

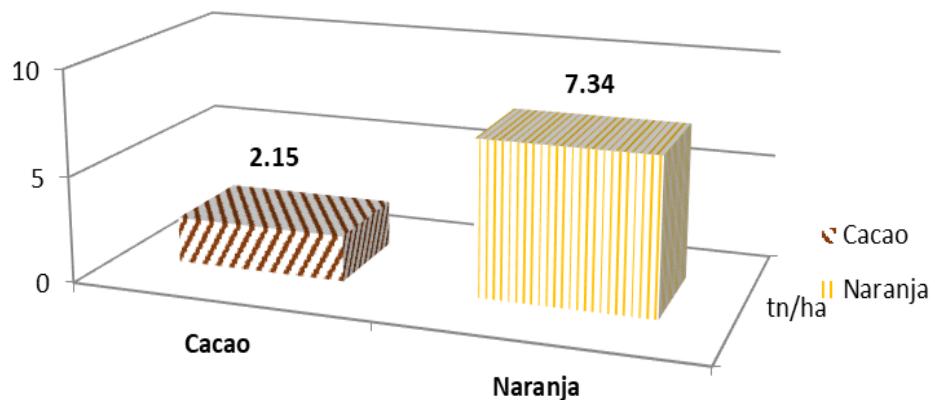
La tabla 12 expone el carbono depositado en raíces finas en SAF naranja (*Citrus sinensis*). 4.30 t /ha para 0 - 10 cm de horizonte, 1.80 t /ha para 10 - 20 cm de horizonte y 20 - 30 cm para 1.24 t/ha de horizonte. A medida que el horizonte se encuentra a 0 - 10 cm de profundidad, el almacenamiento de carbono orgánico es mayor. Las raíces finas acumulan carbono 7.34 t /ha.

**Tabla 12**  
Carbono almacenado en raíces finas del SAF naranja (*Citrus sinensis*)

Profundidad	Parcela 1 (T/Ha)	Parcela 2 (T/Ha)	Suma (P1 + P2)	Promedio (T/Ha)
<b>0 - 10</b>	4.39	4.20	8.60	4.30
<b>10 - 20</b>	1.70	1.90	3.60	1.80
<b>20 - 30</b>	1.12	1.37	2.49	1.24
<b>total</b>	7.21	7.48	14.69	<b>7.34</b>

*Nota:* En la tabla 13 se indica los resultados del carbono depositado en raíces del SAF de naranja dentro de las medidas establecidas para el estudio.

**Figura 28**  
Carbono almacenado en hojarasca de los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)



*Nota:* En la figura 28 se puede observar la comparación de los SAF de estudio respecto al carbono almacenado en sus raíces.

La Figura 28 expone una comparación del carbono depositado en raíces finas de SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y SAF naranja (*Citrus sinensis*). Como SAF naranja su almacenamiento de carbono en raíces finas es mayor (7.34 t / ha) en comparación con SAF cacao (2.15 t / ha).

**Tabla 13**

Prueba de normalidad para los datos del carbono almacenado en la raíz de los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)

Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
Estadístic o	gl	Sig.	Estadístic o	gl	Sig.	
Cacao	0,306	6	<b>0,082</b>	0,783	6	0,041
Naranja	0,313	6	<b>0,068</b>	0,799	6	0,058

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: En la figura se observa la prueba de normalidad realizado para los datos del carbono almacenado en la raíz de los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)

Considerando el p-valor obtenido y comparándolo con un nivel de significancia de 5%, se aprecia que los datos presentan normalidad, por lo que es posible hacer uso de un procedimiento paramétrico para su análisis respectivo. Para el caso que se sigue, es pertinente el uso de una prueba estadística paramétrica para realizar las comparaciones en los grupos de estudio. Dicho procedimiento que se ajusta sería la t de Student por muestra independiente.

**Tabla 14**

T de Student para los datos del carbono almacenado en las raíces de dos SAF

Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Prueba t para la igualdad de medias				
F	Si g.	t	gl	Sig. (bilate ral)	Diferen cia de medias	Diferen cia de error estánd ar	95% de intervalo de confianza de la diferencia Inferio r	Super ior
To	Se	5,6	,03	-	10	0,027	-	,66928
n	asume	04	9	2,58		1,7283		3,219
n				2		3		,2370
varian zas							59	8
iguale s								

No se	-	7,4	0,034	-	,66928	-	-
asume	2,58	73		1,7283		3,290	,1658
n	2			3		86	1
varian							
zas							
iguale							
s							

*Nota:* En la tabla se observa el t de student realizado con los datos del carbono acumulado en la raíz de los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)

El p-valor obtenido (inferior al nivel de significancia del 5%) nos indica que existe diferencias entre los datos del carbono depositado en la raíz de SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*). Descriptivamente se tiene que, en la figura 28, se tiene que existe una mayor proporción de carbono depositado en suelo agroforestales de naranja, respecto al que se almacena en el suelo agroforestal del cacao (*Theobroma cacao L.*).

#### 4.1.4. COMPARACIÓN DE CARBONO ALMACENADO SAF CACAO Y SAF NARANJA

El carbono depositado en el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) hace un total de 147.79 t/ha y el SAF naranja (*Citrus sinensis*) hace un total de 80.89 t/ha, como se muestran en la tabla 16. Siendo este cacao el que muestra gran almacenaje de carbono frente al de naranja.

**Tabla 15**  
*Carbono almacenado total en el sistema suelo de los sistemas agroforestales cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*)*

SAF	Suelo	Hojarasca	Raíces	Total, C
Cacao	143.99	1.65	2.15	<b>147.79</b>
Naranja	72.73	0.82	7.34	<b>80.89</b>

*Nota:* En la tabla 16 se indica los resultados del carbono depositado en los suelos del SAF de naranja dentro de las medidas establecidas para el estudio.

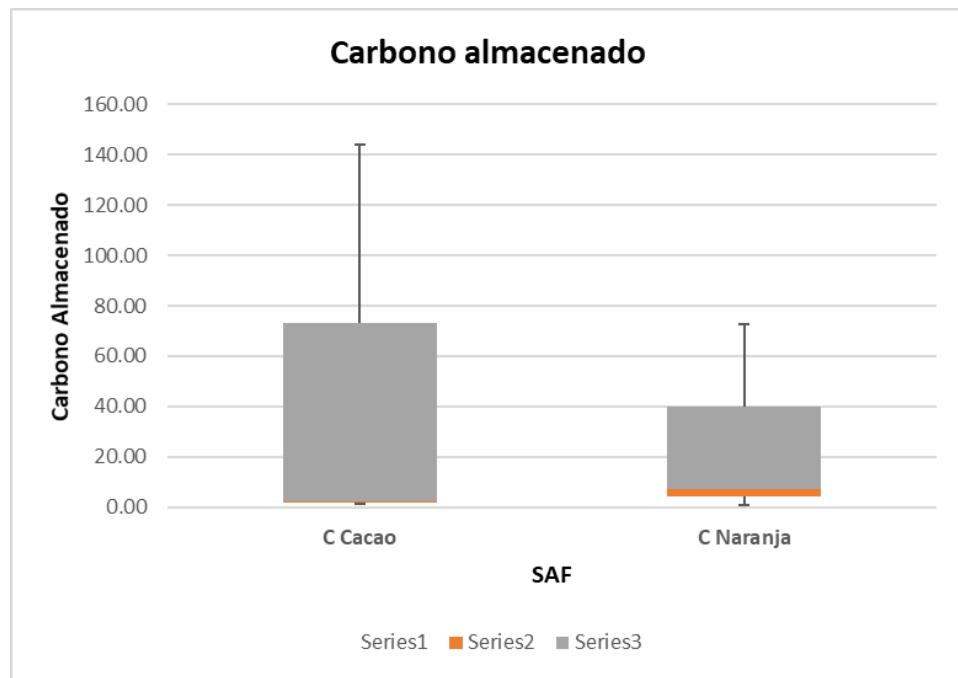
A continuación, de la tabla 16, muestra el diagrama de caja múltiple, mostrando la dispersión de datos máximos, mínimos y medias.

**Tabla 16**  
*Distribución de datos de almacenamiento de carbono en los SAF*

	C Cacao	C Naranja
Min	1.65	0.82
Q1	1.90	4.08
Mediana	2.15	7.34
Q3	73.07	40.04
Máx	143.99	72.73

*Nota:* En la tabla se observa el diagrama de caja múltiple, el cual indica la dispersión de datos máximos, mínimos y medias.

**Figura 29**  
*Distribución de almacenamiento de carbono en los SAF por medio del Diagrama de Caja Múltiple*



*Nota:* En figura se observa muestra el diagrama de caja múltiple, en el cual se indica la dispersión de datos máximos, mínimos y medias. Siendo; Series1 la dispersión máxima, Series2 la dispersión Q1 y Series3 es Q3

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo general, comparar cantidad de carbono almacenado en dos sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*) en el caserío estudiado, los resultados según se muestran en la Tabla 13, observándose que el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) es el que muestra mayor almacenamiento de carbono orgánico frente al SAF naranja (*Citrus sinensis*), con una diferencia de 66.9 t/ha.

Un estudio realizado en Talamanca encontró que el C ha<sup>-1</sup> de las plantaciones boscosas de cacao (*Theobroma cacao L.*) en colinas y valles osciló entre 42 y 61 t C ha<sup>-1</sup> (Segura, 2005). Ortiz et al. (2008) encontraron resultados similares, evaluaron parcelas con un sistema laurel-cacao de 25 años que almacenaba de 43 a 62 toneladas de C ha<sup>-1</sup>. Albrecht y Kandji, (2003) informaron un almacenaje de carbono similar en SAF húmedos de tierras bajas en América del Sur. (39 - 102 t C ha<sup>-1</sup>).

Andrade, et al., (2008), sobre el almacenamiento de carbono estimado, margen bruto y costo de oportunidad para 5 usos terrestres (cacao y plátanos con árboles, monocultivo, Charales y bosque) cambiarían el uso actual de la tierra para usar carbono. El mayor contenido de tierra es la finca en Talamanca, Costa Rica. En total, la tierra utilizada para las colinas almacena un 22% más de carbono y un 47% más de carbono se almacena en los suelos de los valles. El bosque de exhibición es el sistema de almacenamiento con mayor contenido de carbono, seguido de las plantaciones de cacao, bosques, plátanos y árboles, y finalmente el monocultivo. El suelo es gran depósito de carbono (27-74%), después la biomasa aérea (15-57%).

A simple vista, in situ, se puede observar gran presencia de hojarascas sobre la superficie del suelo en los terrenos con plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) a diferencia del terreno con plantaciones de naranja (*Citrus sinensis*), desde ese punto se puede deducir que el

suelo del SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) presenta mayor cantidad de materia orgánica, en consecuencia, el carbono orgánico será mayor a comparación del SAF naranja (*Citrus sinensis*).

El primer objetivo específico, determinar cantidad total de carbono almacenado en muestras de suelo en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en la zona de estudio, en la Figura 26 se observa que SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) acumula carbono en el suelo un valor de 143.99 t/ha y SAF naranja (*Citrus sinensis*) fueron 72.73 t/ha, con diferencias significativas; son resultados similares a los del estudio en Talamanca, donde se han encontrado árboles en cerros y valles de 42 a 61 t/ha en los frondosos plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) (Segura, 2005). Resultados similares fueron encontrados por Ortiz *et al.*, (2008), quienes evaluaron parcelas con sistemas laurel–cacao de 25 años, que almacenan entre 43 y 62 t C ha<sup>-1</sup>. Albrecht y Kandji, (2003) Informe sobre almacenaje de carbono similar en SAF húmedos de tierras bajas en América del Sur (39 - 102 t C ha<sup>-1</sup>).

FAO (2002) nos explica también que los factores climáticos y los cambios de vegetación o uso de la tierra son importantes para explicar el almacenamiento de carbono en períodos más cortos. Como también la fisiografía, topografía del terreno, altitudes, entre otros factores ambientales.

Esto corrobora Osorio (2015), en su tesis, se menciona que el almacenamiento de carbono orgánico aumenta con el aumento de altitud y la tasa de almacenamiento tiende a disminuir. Jara (2016) también mencionó en su trabajo que los resultados obtenidos del almacenamiento de carbono dependen principalmente de factores de largo plazo vinculados con la formación del suelo, aunque pueden verse fuertemente alterados, degradados o mejorados por cambios de uso y manejo del suelo. Ante esto Hernández, J. et al., (2010) considera al suelo es considerado un sumidero de carbono, por su capacidad de almacenar formas orgánicas (1500 Pg a 1 m de profundidad y 2456 Pg a 2 m de profundidad) e inorgánicas (1700 Pg), significativamente superior en comparación con las vegetativas (650 Pg). Pg) y atmósfera (750 Pg).

Además del impacto ambiental, el secuestro de carbono del suelo puede causar impactos sociales y económicos; Al aumentar la productividad del suelo, se repercute en la seguridad alimentaria. Desde un punto de vista ambiental, esta medida también debería ayudar a prevenir o reducir la degradación del suelo.

Partiendo de los resultados en la Tabla 5 y 6, se muestra el valor de Carbono almacenado en t/ha en cada profundidad establecida en la metodología, ante esto se puede evidenciar que el carbono almacenado va disminuyendo al aumentar la profundidad; ante esto Kurniatun et al., (2011), menciona que el contenido de COS tiende a disminuir con la profundidad; Así, los mayores cambios en las existencias de carbono del suelo se deben a cambios en la cobertura del suelo y ocurren en los primeros 20-30 cm, aunque en realidad solo miden cambios en los primeros 5 cm de la superficie. SANCHEZ et al. (2011), corrobora esta información mencionando que la mayor acumulación de MO y C se registró en la superficie y decreció en un 36% a los 15 cm de profundidad. Ante esto Aguilera, (2000) nos dice que la materia orgánica del suelo (MOS) se acumula tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo.

Con respecto al segundo objetivo específico, determinar la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras de hojarasca de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío estudiado, la Tabla 8 y la figura 27, nos muestra el resultado del carbono almacenado en hojarasca en ambos SAF, siendo de 1.65 para el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y 0.82 para el SAF naranja (*Citrus sinensis*).

Estudios similares datan de carbono en biomasa de hojarasca con valores de 4 t/ha a 9.97 t/ha (Concha, et al., 2007) y de 5.87 C t/ha. Estos a su vez están influenciados por la actividad microbiana del suelo que acelera el proceso de descomposición y mineralización. Gallardo, (2001) corrobora esta información, indicando que la materia orgánica y la actividad biológica que esta produce poseen gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos.

Es de importancia conocer la cantidad de carbono en la hojarasca ya que esta subunidad actúa como un sistema de reserva de carbono y nutrientes que llegan al suelo, además que por medio de la hojarasca nos da a conocer la cantidad de carbono que pasa desde la biomasa aérea a los componentes subterráneos (Olguín et al., 2015); de puede visualizar gran mayor cantidad de hojarasca en el área del SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) en comparación al SAF naranja (*Citrus sinensis*), esto debido a la poda de los árboles y a la cosecha del cacao (*Theobroma cacao L.*).

Con respecto al tercer objetivo específico, sobre determinar la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras raíz de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío estudiado, en figura 28 se muestran los resultados del almacenamiento de carbono en raíces finas, teniendo en el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) un almacenamiento de 2.15 t/ha y SAF naranja (*Citrus sinensis*) 7.34 t/ha.

Estudios realizados por Poveda, et al., (2013) estimaron la cantidad de carbono almacenado en 50 SAF de cacao de Waslala, Nicaragua, hallando para raíces finas 3.79 t C/ha. En el cuadro 10 y 11 se observó que la mayor cantidad de raíces finas se encuentra en la superficie y que va disminuyendo a más profundidad. Esto se debe a que las raíces finas están encargadas de absorber nutrientes y agua, lo cual hay en grandes cantidades en la superficie de la tierra. Esto corroboran Alfaro, et al., (2001), quienes mencionaron en su estudio que la concentración de biomasa radicular se encontraba principalmente en las primeras capas del suelo, principalmente debido a la alta tasa de actividad bacteriana y la acumulación de nutrientes en el suelo, en esta capa superficial.

Jackson, et al., (1997) señalaron que la biomasa de las raíces tuvo una acumulación promedio de 83 y 79% del total de raíces viables en los 30 cm superiores de la estructura del suelo. Este estudio lo corrobora Fujita & Yanagisawa (1999), los cuales demostraron que el comportamiento exacto de las raíces con respecto a la profundidad se caracterizaba principalmente por una alta concentración de biomasa en

el primer centímetro de suelo. También está de acuerdo con estudios de Baker, et al., (2001) que notaron que 74% de 48 raíces finas de un bosque nativo de *Quercus sp.* se encontraron en la superficie de 15 cm, durante el primer análisis de perfil de suelo de 45 cm

Las raíces finas del SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) van disminuyendo, en cuanto a sus dimensiones y característica físicas, de acuerdo va aumentando la profundidad; es decir, se observa la raíz principal y raíces secundarias en las muestras tomadas de 0 – 10 cm y van disminuyendo hasta obtener solo pelos absorbentes en la muestra de 20 – 30 cm. En el SAF naranja (*Citrus sinensis*) se puede observar todo lo contrario al SAF cacao (*Theobroma cacao L.*), obteniéndose mayor peso fresco de raíces finas en la muestra de 20 – 30 cm.

Con respecto al cuarto objetivo específico, determinar la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras de dos sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío estudiado, los resultados con razón al carbono reservado en el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) hace un total de 147.79 t/ha y el SAF naranja (*Citrus sinensis*) hace un total de 80.89 t/ha, se observa en el cuadro 13 que nos da el total de carbono acumulado en el suelo de ambos SAF, viéndose grandes cantidades de carbono almacenado en el sistema suelo, y Segura (1997) indica que el almacenamiento de carbono depende de la especie y densidad de cultivo, la MOS y el manejo agroforestal al que está sujeto. De manera similar, SIFEM (2000) afirma que los sumideros de carbono persistentes pueden contener grandes sumideros de carbono y, en algunos casos, parecerse a los desechos que se encuentran en los bosques secundarios.

Similar resultado es el que obtuvo Bartra, (2011) quien en su tesis menciona que el carbono total obtenido por el sistema de bosque raleado de producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) fue mayor que el tradicional. Aportando estos resultados Connolly y Corea, (2007), menciona en su tesis que el suelo representa entre el 76.07 a 87.12 %

de carbono almacenado en los sistemas evaluados, siguiéndole la biomasa aérea de 10.36 a 21.06 %.

Se estimó también que el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) almacenó más carbono en el sistema suelo que el SAF naranja (*Citrus sinensis*). Ante esto Andrade et al. (2002) en su estudio, menciona que el bosque de galería es el sistema de almacenamiento de mayor cantidad de carbono, seguido del cultivo de árboles de cacao (*Theobroma cacao L.*), también se informó que el suelo es el mayor sumidero de carbono (27 - 74%), seguido de la biomasa aérea (15 - 57%). Al respecto, Ruíz (2002) aporta que AFS no solo es una alternativa a la producción sustentable, sino también una oportunidad para incrementar los ingresos a través de la venta de servicios ambientales al reducir el dióxido de carbono en el ambiente. La atmósfera y el desarrollo de estos mercados pueden conducir al surgimiento de nuevas actividades económicas y la creación de oportunidades de empleo e ingresos para los propietarios de estos recursos.

La cantidad total de carbono orgánico almacenado en los SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), presentan diferencias considerables, y esto correspondería en gran parte al carbono orgánico almacenado en el suelo, que según los resultados obtenidos se vería influenciado en gran parte por la descomposición de la materia orgánica generada de la poda de los árboles y la cosecha del cacao (*Theobroma cacao L.*), éste último se realiza en el mismo lugar; caso que no sucede en el SAF naranja (*Citrus sinensis*).

## CONCLUSIONES

- En relación al objetivo general, se comparó la cantidad de carbono orgánico almacenado en dos sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*) en el caserío objeto de estudio, se concluye que el SAF que almacenó más cantidad de carbono en el sistema suelo, fue el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) almacenando 147.79 t/ha (fuentes: suelo 143.99 t/ha, hojarasca 1.65 t/ha y raíces 2.15 t/ha) comparación al SAF naranja (*Citrus sinensis*) que solo almacenó 80.89 t/ha (fuentes: suelo 72.73 t/ha, hojarasca 0.82 t/ha y raíces 7.34 t/ha).
- En relación al primer objetivo específico, se determinó la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras de suelo de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío objeto de estudio; donde se determina la cantidad de carbono orgánico en el suelo, siendo 143.99 t/ha para el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y 72.73 t/ha para el SAF naranja (*Citrus sinensis*), llegando a observar una diferencia significativa.
- En relación al segundo objetivo específico, se determinó la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras de hojarasca de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío objeto de estudio; siendo la cantidad de carbono orgánico en hojarascas, 1.65 para el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) y 0.82 para el SAF naranja (*Citrus sinensis*).
- En relación al tercer objetivo específico, se determinó la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras raíz de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), en el caserío objeto de estudio obteniendo la cantidad de carbono orgánico en raíces finas, teniendo en el SAF cacao (*Theobroma cacao L.*) un almacenamiento de 2.15 t/ha y SAF naranja (*Citrus sinensis*) 7.34 t/ha.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los datos de este estudio, pueden ser empleados como valores de referencia en cuanto a la cantidad de carbono orgánico almacenado en los SAF de cacao (*Theobroma cacao L.*) y naranja (*Citrus sinensis*), y continuar cuantificando el carbono de otros sistemas de producción, para seguir encontrando nuevos reservorios de carbono sostenibles y así generar mayores opciones de ingresos por servicios ambientales a los propietarios de estos recursos.
- Se recomienda diseñar nuevos sistemas de producción que aporten significativamente a la captura de carbono, y así contribuir en parte al medio ambiente, el daño causado por el hombre.
- Se recomienda establecer los instrumentos, mecanismos y condiciones necesarios para la implementación de pago de servicios ambientales, por la captura de carbono, motivando así la participación de los pequeños productores en los mercados de servicios ambientales.
- Se recomienda a las instituciones públicas como el Ministerio de Medio Ambiente (MINAM), Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP), Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), Gobiernos Regionales, entre otros; instituciones privadas y/o ONG's, participar en este tipo de trabajo a fin de obtener una data sobre la captura de carbono orgánico en distintos SAF y considerar la valoración del servicio ambiental que nos proporcionan, generando así un desarrollo sostenible para la región y el país.
- A las autoridades y alumnos del Programa Académico de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Huánuco, se recomienda incluir dentro de la malla curricular asignatura que abarquen el tema de captura y almacenamiento de carbono orgánico y a su vez realizar trabajos de investigación sobre captura de carbono en SAF para proponer alternativas de mitigación a las emisiones de GEI y servicios ambientales.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Agência Europeia do Ambiente. (2015). O solo e as alterações climáticas.
- AGUILERA, N. 2000. Tratado de Edafologia do México, Volume I. Faculdade de Ciências Universidade Nacional Autônoma do México. 142 p.
- ALBRECHT, A., KANDJI, S. 2003. Sequestro de carbono em sistemas agroflorestais tropicais. *Agricultura, Ecossistemas e Meio Ambiente* 99 (1-3): 15-27.
- ALEGRE, J.; AREVALO, L., RICSE, R. 2002. Reservas de carbono com diferentes sistemas de uso da terra em dois sítios da Amazônia peruana. ICRAF/INIA. Peru.
- AMEZQUITA, E. 1989. Algumas considerações agroclimáticas e edáficas para o uso e manejo integral dos solos. Atualização de Solos e Fertilização em andamento. 211-22p.
- ANAYA, G. et al. 1977. Manual de conservação do solo e da água. Chapingo, México: Postgraduate College, 581p.
- ARAÚJO, F et al. 1999. Efeito da densidade de plantio na produtividade de laranja na planície de Maracaibo. Venezuela. Revista da Faculdade de Agronomia. 26p.
- BAEDEALES, C, V. 2015. Tese - Carbono armazenado e distribuição espacial de propriedades do solo em diferentes tipos de cultivos na microbacia do rio Supte, Tingo María. Universidade Nacional Agrária da Selva. Tingo Maria - Peru. 108p.
- BAKER, T. et al. (2001) Produtividade e dinâmica de raízes finas em uma planície de inundação florestal na Carolina do Sul. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65 (1), 545-556.
- BARTRA, C, R. 2011. Tese - Quantificação de biomassa e reserva de carbono em dois sistemas de produção de cacau (*Theobroma cacao L.*), no campo experimental El Choclino, Banda del Shilcayo - San Martín.

- Universidade Nacional de San Martín. Tarapoto - Peru. 91 p.
- CARLÍN, C. D. J., MACÍAS, L. D. J. 2018. Tese - Avaliação da Captura de Carbono para Conservação Ambiental no Setor La Pita da Freguesia de Quiroga. Calceta - Equador. 51 p.
- CHIDIAK, M., MOREYRA A. & Greco C. 2006. Captura de Carbono e Desenvolvimento Agroflorestal Sustentável na Patagônia Argentina: Sinergias e Desafios. CENIT-CEPAL-UDESA. LC / BUE / R.255. Buenos Aires, Argentina. 136 p.
- CONCHA, C., YARDA, T., PEREZ, T., 2007. Determinação das reservas de carbono na biomassa aérea de sistemas agroflorestais de *Theobroma cacao* L. em San Martín, Peru. Departamento Acadêmico de Biologia, Universidade Nacional Agrária La Molina, Lima, Peru. 20h.
- CONDEZO, O. 2011. Tese Polifenóis totais, antocianinas e atividade antioxidante. (DPPH e peroxil) em grãos de cacau comerciais (*Theobroma cacao*) de Tingo María e Tocache. Ing. Ind. Alimentarias. Tingo Maria, Peru. Universidade Nacional Agrária da Selva. 80p.
- CONNOLLY, W. COREA, S. 2007. Tese - Quantificação da Captura e Armazenamento de Carbono no Sistema Agroflorestal e Florestal em Seis Locais de Quatro Municípios da Nicarágua. Manágua Nicarágua. 85 p.
- DE LOS RIOS, C. 2000. O cultivo do cacau na Amazônia peruana, Plano Nacional do Cacau. Peru. 47 p.
- Dimas, S. & Gnacadja, L. (2009). Prefácio. In: Mudanças climáticas: o solo pode mudar as coisas? Relatório da conferência. Bruxelas, 12 de junho de 2008. Luxemburgo: Comissão Européia. 7-8 p.
- DOMINGUEZ, M. 2016. Tesis – Estimaciones de Captura de los Parques y Emisiones de CO<sub>2</sub> Vehicular en Tijuana, B.C. México. 120 p.
- DUCHAUFOUR, P., 1984. Edafogênese e Classificação. Masson, S. A. Barcelona. 493 p.

- FACHIN, G. V. 2015. Tese - Estimativa do estoque de carbono em quatro sistemas de uso da terra (*Theobroma cacao*, *Coffea arabica* L, *Bactris gasipaes* Kunth e Floresta Secundária) na região de San Martín. Universidade Nacional de San Martín. Tarapoto - Peru. 94 p.
- FAO. 2002. Sequestro de carbono do solo para melhor gestão da terra. Roma, Itália. 83 p.
- FREITAS, L. J. M et al. 2005. Análise técnica e estimativa de custos de inventário de prospecção em floresta estacional semidecídua submontana. R. Árvore, Viçosa-MG, v.29, n.1: 65-75
- FUJITA, N., & YANAGISAWA, N. (1999). Diferentes padrões de distribuição de espécies lenhosas em encosta em relação à distribuição vertical das raízes e dinâmica dos perfis de umidade do solo. Pesquisa Ecológica, 14 (1), 165-177.
- GALLOSO, J. 2006. Medição da capacidade de sequestro de carbono em florestas nativas e plantações no Chile. IN Revista Forestal Iberoamericana Vol 1, N ° 1. Universidad Austral de Chile.
- GALLARDO, A. 2001. Decomposição de lixo em ecossistemas mediterrâneos. Em R. Zamora, e F. I. Pugnaire (Editores) ecossistemas mediterrâneos. Análise funcional. Textos Universitários nº32, CSIC e AEET, Castillo e Edisart. 95-122 p.
- GONZALES, A. M. 2016. Botânica morfológica de plantas vasculares - Faculdade de Ciências Agrárias, Sgt. Cabral 2131 Universidad del Nordeste, Corrientes, Argentina.
- GONZALES, M. 2011. Tese - Capacidade de captura de carbono nos diferentes sistemas de uso da terra no campo experimental de Tulumayo - Leoncio Prado. Universidade Nacional Agrária da Selva. Tingo Maria - Peru. 103 p.
- GREENPEACE. 2010. Greenpeace Colombia.
- HERNANDEZ, J., TIRADO, D., BELTRAN, I., 2010. Captura de carbono em

- solos. Universidade Autônoma do Estado de Hidalgo, México.
- HIPKINS, M. 1984. Fotossíntese. Na fisiologia. Malcom b. Wilkin (De). Geral da Grã-Bretanha. 219 pág.
- IGLESIAS, J. M. 2015. Sistemas de produção agroflorestal. Conceitos e definições. Pastagens e Forragens. Matanzas - Cuba. 19 p.
- Instituto Nacional de Higiene, Epidemiologia e Microbiologia (INHEM). Mudanças Climáticas e seus Efeitos na Saúde. Havana Cuba. 8 p.
- INIA, 2015. Semana de Ciência e Tecnologia, dia aberto. Tacuarembó - Uruguai. 19 p.
- Instituto Nacional de Inovação Agrária (INIA), 2016. Dinâmica do carbono armazenado em diferentes sistemas de uso da terra no Peru; base para uma estratégia de mitigação das mudanças climáticas. Lima Peru. 10 p.
- IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, Reino Unido). 1990. O relatório complementar à avaliação científica do IPCC. Cambridge University Press. 127 p.
- IPCC. 1996. Diretrizes de Instruções de Relatório para o Inventário Nacional de Gases de Efeito Estufa, vol 1 e vol 2.
- KURNIATUN, H., AGUS, F., VELARDE, S. & VAN NOORDWIJK, M. (2011). Medição de carbono dos usos da terra. Capítulo 5. pp 5-30. In: White, Douglas e Minang, Peter, eds. Estimativa de custos de oportunidade de REDD+. Manual de treinamento. Versão 1.4. Washington: Banco Mundial.
- LAPEYRE, T. ALEGRE, J. & AREVALO, L. 2004. Determinação das Reservas de Carbono da Biomassa Aerotransportada em Diferentes Sistemas de Uso da Terra em San Martín, Peru. Ecologia Aplicada. Volume 3. Universidade Nacional Agrária La Molina. Lima Peru. 44 p.
- LEON, E. 2006. A importância do carvão mineral no desenvolvimento. Revista

- do Instituto de Pesquisa FIGMMG Vol. 9, Nº 18, 91-97.
- MACIAS F., 2002. Sequestro de carbono no solo e biomassa. Encontro Internacional. Brasil. 66 p.
- MARTINEZ, H. E, FUENTES, E. J, & ACEVEDO, H. E. 2008. Carbono orgânico e propriedades do solo. Jornal de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas. Vol. 8. 68-96p
- MARQUEZ, L. 2000. Elementos Técnicos para Inventários de Carbono, no Uso do Solo. Fundação Solar. Guatemala. 31 p.
- MEDINA, J, et al. 2006. Mudanças nas propriedades físicas do solo ao longo do tempo nos sistemas de safrinha de milho e manga sob irrigação em Luvisoles do Estado de Campeche. Universidade e Ciência 22: 176-186p.
- Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, 2006. Plan Operativo del Cacao Región Huánuco. 11p.
- OLGUIN, M., WAYSON, C., & RICHARD, B. (2015). Protocolo para estimar a dinâmica do carbono florestal em locais de medição intensiva: uma abordagem multiescala. 143p.
- UN. 2014. Nações Unidas.
- ONU Para Alimentación y Agricultura (FAO). 2017. Carbono Orgánico del Suelo: el Potencial Oculto. Italia, Roma. 90 p.
- ORDOÑEZ, A. 1998. Estimativa do sequestro de carbono em um estudo de caso para floresta temperada: San Juan Nuevo, Michoacán. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Ciências. UNAM. México DF.
- ORTIZ, A., RIASCOS, L., SOMARRIBA, E. 2008. Armazenamento e taxas de biomassa e fixação de carbono em sistemas agroflorestais de cacau (*Theobroma cacao*) e louro (*Cordia alliodora*). Costa Rica. Agrofloresta nas Américas Nº 46 2008.

- OSORIO, J. E. 2015. Tese - Taxas de armazenamento e fixação de biomassa e carbono em diferentes níveis de altitude em sistemas agroflorestais de cacau, distrito de José Crespo e Castillo. Universidade Nacional Agrária da Selva. Tingo Maria - Peru. 94 p.
- PHILLIP PETIT - HUGENIN, 2004. Projeto ECU-B7 3010/93/176 para Reativação da Produção de Cacau e Melhoria da Qualidade.
- PLANO CC. 2014. Projeto Memória Planejamento frente às mudanças climáticas. Protagonistas e Momentos. Fase I. Lima, Peru. 40pp.
- UNEP, AR. 1998. A luta contra as mudanças climáticas: O compromisso do Parlamento Latino-Americano. Buenos Aires, Argentina. 174 págs. (Série Cidadania Ambiental). 368p.
- POVEDA, V., OROZCO, L., MEDINA, C., CERDA, R., LÓPEZ, A. 2013. Armazenamento de carbono em sistemas agroflorestais de cacau em Waslala, Nicarágua. Agrofloresta nas Américas Nº 49 2013.
- RIOS, A, J. 2007. Armazenamento de carbono e valoração econômica em sistemas de uso da terra comparados ao cultivo de coca (*Erytroxylon coca* L.) no distrito de José Crespo y Castillo, Peru. 125 p.
- ROJAS, C, M. 2015. Tipos de pesquisa científica: Uma simplificação da nomenclatura e classificação incoerentes complicadas. Málaga, Espanha. 14 p.
- ROMAN, R; JUANG, T. 1999. Cultivo de laranjeiras. Missão Técnica da República de Taiwan na Costa Rica. São José. 21p.
- RUIZ, A. 2002. Fixação e armazenamento de carbono em sistemas silvipastoris e competitividade econômica em Mantiguás, Nicarágua. Dissertação MSc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 106 págs.
- SANCHEZ, R. Et al. 2011. Teor de carbono em solos com diferentes usos agrícolas nos trópicos mexicanos. México. 10 p.
- Secretário de Agricultura, Pecuária; Desenvolvimento Rural, Pesca e Alimentação (SAGARPA), 2018. 8 Sistemas Agroflorestais. Puebla, México. 8 p.

SEGURA, M. 2005. Estimativa de carbono armazenado e fixado em sistemas agroflorestais indígenas com cacau na área de Talamanca, Costa Rica. Turrialba: Projeto de Captura de Carbono e Desenvolvimento de Mercados Ambientais em Sistemas Agroflorestais Indígenas com Cacau na Costa Rica (TF-052118), 2005. 139 p. (Relatório final de consultoria).

SEGURA, M. 1997. Armazenamento e fixação de carbono em *Quercus costaricensis*, em uma floresta de terras altas na serra de Talamanca, Costa Rica. Tese Lic. Cs. Por. Heredia, Costa Rica, CATIE. 83 p.

SIFEM (Direcção Nacional de Políticas de Segurança e Protecção Civil, AR). 2000. Mudanças climáticas (online). Argentina. Acessado em 8 de maio de 2009.

VALLEJO, A., RODRIGUEZ, P. 2008. Quantificação de carbono em projetos de REDD. Turrialba, Costa Rica. 51p

VELASCO F., DE MINGO P., 1981. Distribuição de matéria orgânica livre e ligada, e frações de humina em solos climáticos e solos degradados. Edafol Agrobiol 40. México. 179-190 p.

VINUEZA, L. 2015. Determinação do teor de carbono no solo em uma plantação de pinheiros (*pinnus radiata* d. Don) implantada no páramo da comunidade de Totoras, cantão de Alausí, província de Chimborazo. 116.

World Resources Institute (WRI). (2014). Emissões por país. In W. Vergara et al. O Desafio Climático e de Desenvolvimento na América Latina e no Caribe: Opções para um desenvolvimento de baixo carbono e resiliente ao clima (p. 46). Banco Interamericano de Desenvolvimento.

#### COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Vara Estrada, K. (2023). *Comparación de la cantidad de carbono orgánico almacenado en dos sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma Cacao* L.) y naranja (*Citrus Sinensis*), Caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, 2021* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: “COMPARACION DE LA CANTIDAD DE CARBONO ORGÁNICO ALMACENADO EN DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y NARANJA (*Citrus sinensis*), EN EL CASERÍO DE PUERTO NUEVO, DISTRITO DE LUYANDO, PROVINCIA LEONCIO PRADO, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO, 2021”**

**TESISTA: VARA ESTRADA KENIA**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTENS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA	POBLACION Y MUESTRA
¿Existe diferencia en la cantidad del carbono almacenado en dos tipos de sistemas agroforestales cacao ( <i>Theobroma L</i> ) y naranja( <i>Citrus sinensis</i> en el caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2021?	Compararla cantidad decarbom orgánico en dos sistemas agroforestales ( <i>Theobroma cacao</i> naranja ( <i>Citrus sinensis</i> en el caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2021)	HIPOTENS GENERAL Existe diferencia en la cantidad del carbono almacenado en dos tipos de sistemas agroforestales cacao ( <i>Theobroma cacao L</i> )y naranja ( <i>Citrus sinensis</i> en el caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de Huánuco, 2021)	VARIABLE DEPENDIENTE Carbono orgánico almacenado	Peso fresco y seco Materia organica	El trabajo corresponde al tpo de investigación descriptiva transversal, ya que exhibe el conodimiento de la realidad como se presenta en una situación de espacio y tiempo dado. Y es transversal por que se observa y se registrm Describe el fenómeno sin introducir modificadones: tal cual (Rojas, 2015h)	Inves Igaclon no considera la pobladón de personas, motivo por el cual no se considera fórmulas para el cálculo de población. La población está representada por los sistemas agroforestales de Cacao y naranja, que involtmahojarasca, ral>y sodo. Dichos sistemas forestales están ubicados en el caserío de Puerto Nuevo, distrito de Luyando, provinda de Leoncio Prado, departamento Huánuco. El estudio se llevará a cabo en el periodo de tiempo de mayo y junio del
PROBLEMAS ESPECIFICOS -¿Cuál es la cantidad total de carbono orgánico almacenado en las muestras desuelo de las plantaciones de cacao y naranja, en el caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, provinda	OBJETIVOS ESPECIFICO s - Determinar la cantidadtotal de carbono orgánico almacenado en las muestras desuelo de las plantaciones de cacao y naranja, en el caserío de Puerto					

Leoncio Prado, departamento de Huánuco? -¿Cuál es la cantidadtotal de carbono orgánico almacenado en las muesras de las plantadones naranja, en el caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de Huánuco? -¿Cuál es la cantidadtotal de carbono orgánico almacenado en las muesras	Nuevo, Distrito de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de Huánuco.	O Determinarla cantidadtotal de carbono orgánico almacenado en las muestras de hojarasca de las plantadones I e ca naranja, en el caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de Huánuco.  O Determinarla cantidadtotal de carbono orgánico almacenado en las muestras raíz d e l plantadones I e naranja, en el caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de	202L coordenadas de ubicación se encuentran en el Anexo NZ04	MUESTRA. se delimitara los espacios muéstrales mediante un diseño de muestreo al azar estratificado, para ello se trabajará con de 500 rn <sup>2</sup> , (50 m x 10 m), ubicadas al azar dentro terreno, dentro de ella se establecerá una sub parcela de 50x5 m para el muestreo de hojarascas que estarán dividido en 20 partes por igual (Macdicken, 1997 h Para el muestreo de carbono orgánico en el suelo y raíces se establecerá dossub de 5x 25 m, dentro de ellos se delimitará dos (02) las de 1 m <sup>2</sup> ubicadas al azar dentro de cada parcela individualmente (ICRAF, 2009h Arevalo etal 003 recomiendan
		VARIABLE INDEPENDIENTE Sistemas Agroforestales	Número de plantaciones	

---

<p>de raiz de las plantadones decacaoy naranja, en el caserío de Puerto Nuevo, Distrito de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de Huánuco? -¿Cuál es la cantidadtotal de carbono orgánico almacenado en las muesfras de dos sistemas agroforestales decataoy naranja, en el caserío de Puerto Nuevo, Distrtto de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de Huánuco?</p>	<p>- Determinarla cantidadtotal de carbono orgánico almacenado en las muestras de dossistemas agroforestales decacaoy naranja, en el caserío depuerto Nuevo, Distrro de Luyando, provinda Leoncio Prado, departamento de Huánuco</p> <p>Los objetivos específicos nose corresponden con la participación de la hipótesis, porque no son inÊrendales debido a que el presentetrabajo corresponde al tipo de investigad ón desmpttva transversal</p>	<p>muestrear hasta una profundidad de 30cm, en rangos deO- IOcm; IO20 cm y 20-30 cm</p>
--	--	---

---

## ANEXO 2

### HOJA MUESTRAL DE CAMPO

HOJA MUESTRAL DE CAMPO			CULTIVO	CACAO
PARCELA	MUESTREO	Nº	PESO FRESCO (kg)	PESO SECO (kg)
MAXIMINIO	HOJARASCA	M1	0.11	0.08
		M2	0.09	0.06
		M3	0.09	0.05
		M4	0.13	0.09
		M5	0.12	0.09
		M6	0.13	0.11
		M7	0.05	0.04
		M8	0.06	0.04
		M9	0.06	0.04
		M10	0.09	0.08
		M11	0.20	0.17
		M12	0.12	0.10
		M13	0.05	0.05
		M14	0.15	0.12
		M15	0.07	0.06
		M16	0.06	0.05
		M17	0.16	0.13
		M18	0.12	0.10
		M19	0.06	0.05
		M20	0.10	0.09

Fuente. Elaboración propia

HOJA MUESTRAL DE CAMPO			CULTIVO	CACAO
PARCELA	MUESTREO	Nº	PESO FRESCO (g)	PESO SECO (g)
MAXIMINIO	RAICES PARCELA 1	0 - 10 cm	0.048	0.02
		10 - 20 cm	0.01	0.005
		20 - 30 cm	0.006	0.002
	RAICES PARCELA 2	0 - 10 cm	0.05	0.02
		10 - 20 cm	0.014	0.01
		20 - 30 cm	0.004	0.001

Fuente. Elaboración propia

HOJA MUESTREAL DE CAMPO			CULTIVO	NARANJA
PARCELA	MUESTREO	Nº	PESO FRESCO (kg)	PESO SECO (kg)
TRUJILLO	HOJARASCA	M1	0.04	0.03
		M2	0.07	0.06
		M3	0.06	0.05
		M4	0.05	0.04
		M5	0.02	0.01
		M6	0.03	0.02
		M7	0.05	0.04
		M8	0.05	0.04
		M9	0.08	0.07
		M10	0.02	0.01
		M11	0.02	0.01
		M12	0.02	0.02
		M13	0.04	0.03
		M14	0.12	0.10
		M15	0.15	0.13
		M16	0.02	0.02
		M17	0.07	0.06
		M18	0.02	0.01
		M19	0.04	0.03
		M20	0.06	0.06

Fuente. Elaboración propia

HOJA MUESTRAL DE CAMPO			CULTIVO	NARANJA
PARCELA	MUESTREO	Nº	PESO FRESCO (g)	PESO SECO (g)
TRUJILLO	RAICES PARCELA 1	0 - 10 cm	0.15	0.06
		10- 20 cm	0.05	0.02
		20 - 30 cm	0.03	0.02
	RAICES PARCELA 2	0 - 10 cm	0.14	0.06
		10- 20 cm	0.06	0.03
		20 - 30 cm	0.04	0.02

Fuente. Elaboración propia

## ANEXO 3

### RESULTADOS DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS DE SUELOS



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 DEPARTAMENTO CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA  
 Laboratorio de Conservación de Suelos



#### ANALISIS DE SUELOS - CARACTERIZACION

Procedencia: Caserío Puerto Nuevo – Distrito de Luyando

Predio: Trujillo

Solicitante: KENIA VARA ESTRADA

Fecha: 01/09/2021

Muestra	CE Mmh / cm	Análisis mecánico				pH	CO <sub>2</sub> Ca %	M.O %	N % (% m.o. 0.045)	P ppm	K <sub>2</sub> O Kg / ha	CATIONES CAMBIABLES ( me / 100 g suelo )								
		Arena %	Limo %	Arcilla %	Densidad Aparente g / c.c							CIC	Ca	Mg	K	Na	Al + H	% SB	% AC	ClCe
Muestra																				
1	Naranja 0-10								1.98											
2	Naranja 10-20								1.77											
3	Naranja 20-30								1.71											-
4	Naranja 0-10								1.76											-
5	Naranja 10-20								1.61											
6	Naranja 20-30								1.49											



Ing. Lic. JOSE LEVANO CRISOSTOMO  
 JEFE DE LABORATORIO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

## ANEXO 3

### FOTOS DE LA EJECUCIÓN DE LA TESIS

**Figura 30**  
*Supervisión y evaluación del jurado in situ*



Nota: visita y supervisión de parte del jurado al área de desarrollo de la investigación.

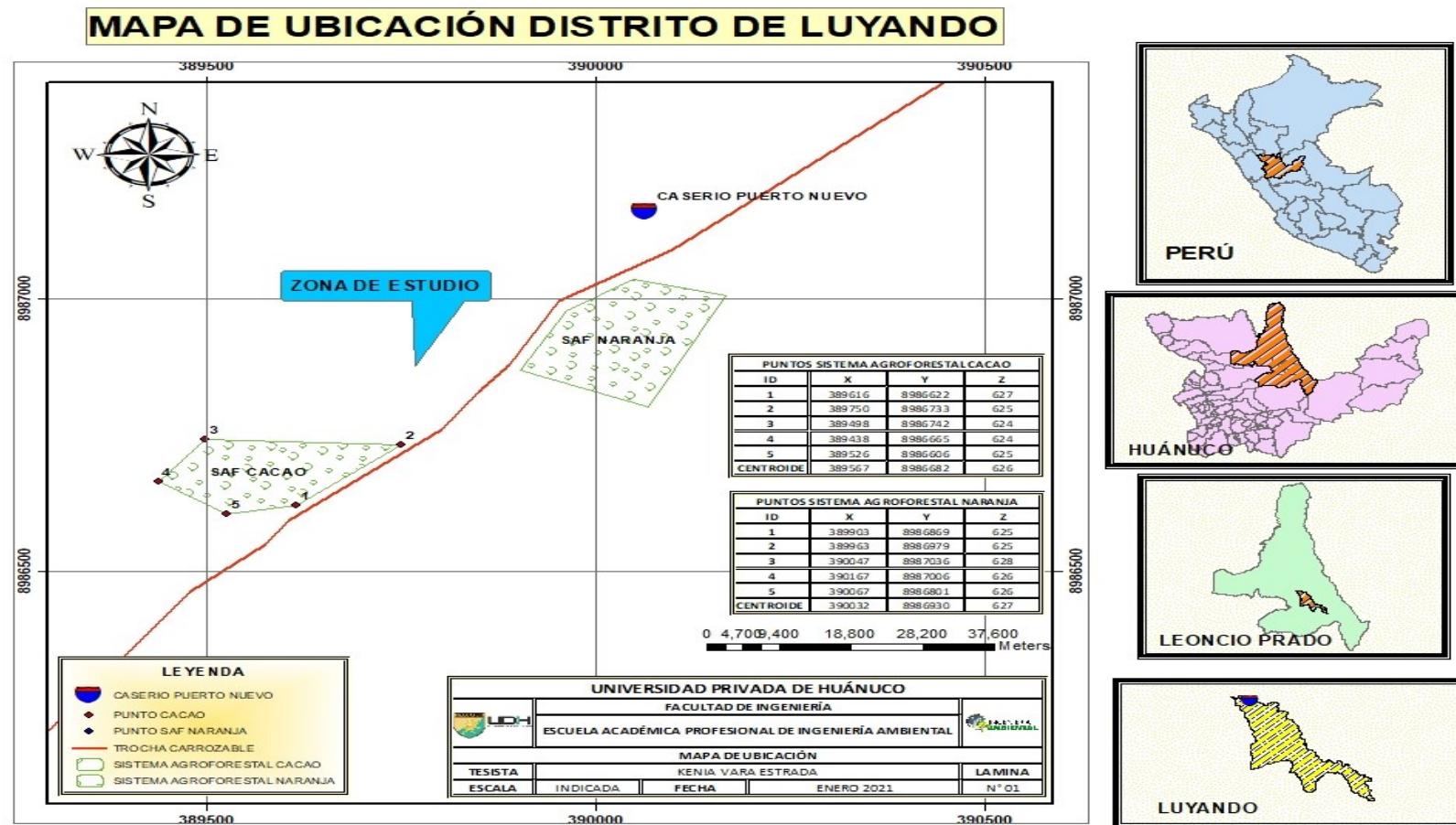
**Figura 31**  
*Fase de laboratorio de la tesis*



Nota: trabajo desarrollado en el laboratorio de suelos de la UNAS

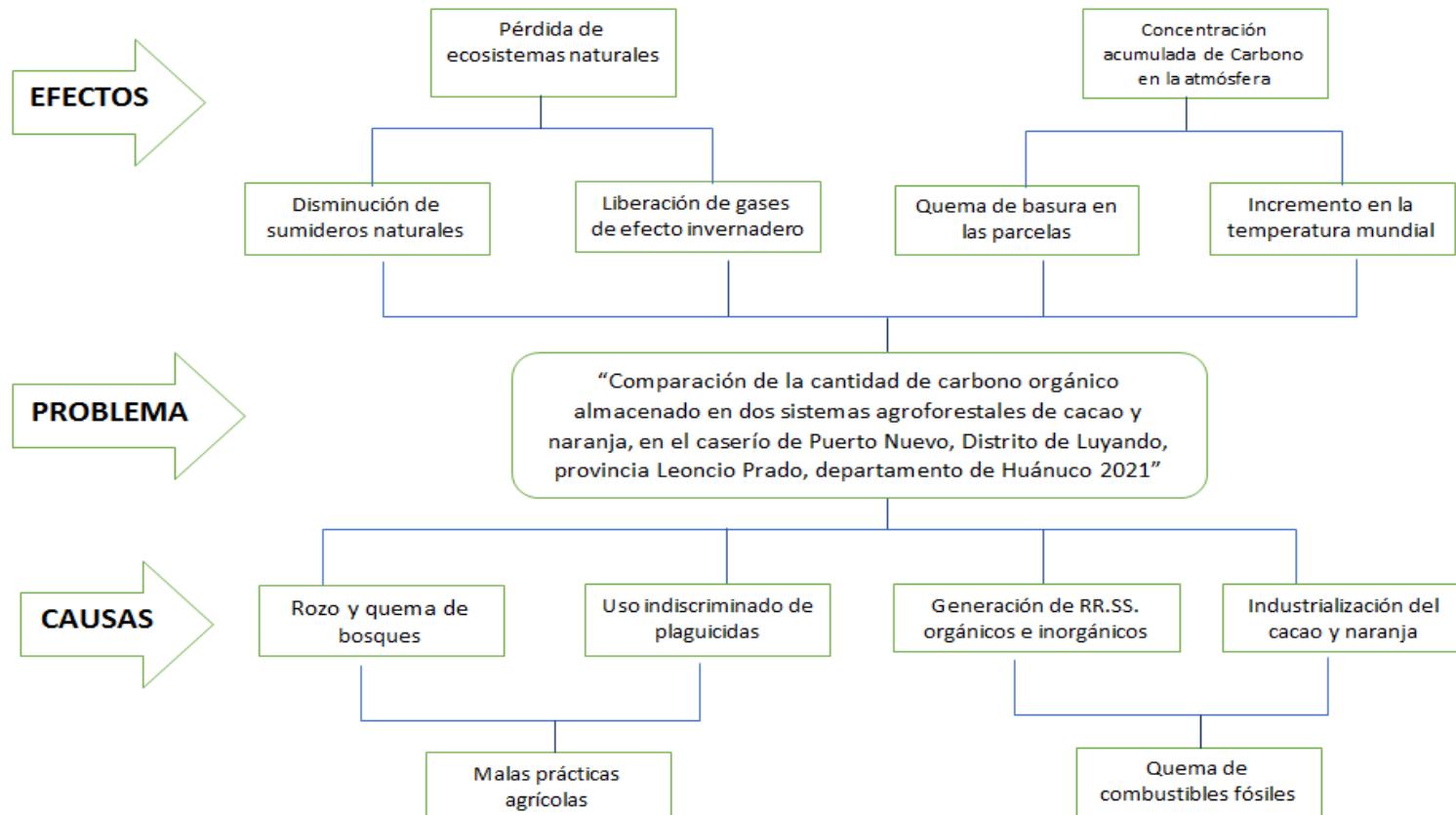
## ANEXO 4

### MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



## ANEXO 5

### DIAGRAMA CAUSA – EFECTO



## ANEXO 6

### DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES

