

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA**



**CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN CINCO SISTEMAS DE USO EN EL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN TULUMAYO ANEXO LA
DIVISORIA (CIPTALD), PUEBLO NUEVO**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

YURI XAVIER ESTRADA TORRES

Tingo María – Perú.

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María- Perú
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°031-2023-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 02 de marzo de 2023, a horas 7:00 p.m. de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables para calificar la tesis titulada:

**“CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN CINCO SISTEMAS DE USO EN
EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN TULUMAYO ANEXO
LA DIVISORIA (CIPTALD), PUEBLO NUEVO”**

Presentado por el Bachiller: **YURI XAVIER ESTRADA TORRES**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADO** con el calificativo de **“MUY BUENO”**.

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA** que será aprobado por el Consejo de Facultad, Tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título Correspondiente.

Tingo María, 20 de abril de 2023


Dr. NELINO FLORIDA ROFNER
PRESIDENTE




Ing. M.Sc. JOSE VICTOR QUIROZ RAMIREZ
MIEMBRO


Ing. M.Sc. DAVID P. QUISPE JANAMPA
MIEMBRO


Ing. M.Sc. JOSE D. LEVANO CRISOSTOMO
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 119 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:


Facultad de Recursos Naturales Renovables

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN CINCO SISTEMAS DE USO EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN TULUMAYO ANEXO LA DIVISORIA (CIPTALD), PUEBLO NUEVO	YURI XAVIER ESTRADA TORRES	18% Dieciocho

Tingo María, 18 de mayo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional
Digital (RIDUNAS)

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



CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN CINCO SISTEMAS DE USO EN EL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN TULUMAYO ANEXO LA
DIVISORIA (CIPTALD), PUEBLO NUEVO

Autor	: Bach. Yuri Xavier Extrada Torres
Asesor	: Ing. MSc. José Dolores Lévano Crisóstomo
Programa de Investigación	: Ciencias Básicas
Línea de Investigación	: Ecología y conservación de suelos
Eje Temático	: Manejo del carbono orgánico del suelo
Lugar de ejecución	: Tulumayo
Duración	: Seis meses
Financiamiento	: S/ 7 995.90
Propio	: Si
FEDU	: No
Otros	: No

Tingo María – Perú.

2023

DEDICATORIA

Principalmente a mis padres que fueron de apoyo y me contuvieron en las adversidades y en circunstancias de regocijo. Me enseñaron a afrontar los obstáculos sin perder la cordura ni quedarse en el camino. Me enseñaron a ser la persona que ahora soy, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi fortaleza, todo ello añadido con una desmesurada dosis de amor.

A cada uno de mis hermanos, por estar siempre presente con sus consejos y palabras alentadoras, por brindarme su sustento moral e incondicional durante esta etapa que fue de mucha ayuda para alcanzar el equilibrio que me permitió desarrollar mucho potencial, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mis familiares, maestros, amigos y todas las personas involucradas que me apoyaron e hicieron que este proyecto se realice de manera exitosa, en especial a aquellos que me abrieron sus puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud a la Universidad Nacional Agraria de la Selva, a toda la Facultad de Recursos Naturales Renovables, a la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua, a mis profesores, en especial a mi asesor del presente trabajo quienes con la enseñanza de sus cuantiosos conocimientos hicieron que pueda formarme y desarrollarme día a día como profesional, mi gratificación a cada uno de ustedes por su temple, dedicación, apoyo constante y amistad.

Finalmente expreso mi más grande y sincero agradecimiento a los miembros del jurado quienes con su dirección, conocimientos, enseñanza y aportaciones durante las correcciones permitió el desarrollo del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	2
1.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. C (carbono).....	3
2.2. Ciclo del carbono.....	3
2.2.1. El suelo en el ciclo del C	4
2.3. Secuestro de carbono	5
2.4. Almacenamiento de carbono	6
2.5. El carbono y su importancia.....	7
2.5.1. Dinamismo del COS.....	8
2.6. COS.....	9
2.6.1. C en hojarasca	10
2.6.2. C en raíces.....	11
2.7. El C en los SUT	11
2.7.1. Cultivos.....	11
2.7.2. Agrosilvicultura	11
2.7.3. Pastura	12
2.8. Estado del arte	13
2.8.1. Antecedentes internacionales.....	13
2.8.2. Antecedentes nacionales.....	15
2.8.3. Antecedentes regionales y locales.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1. Lugar de ejecución.....	20
3.1.1. Ubicación geográfica.....	20

3.1.2. Ubicación política	20
3.2. Características del área estudiada	20
3.3. Material y equipos	22
3.3.1. Materiales de campo.....	22
3.3.2. Materiales de laboratorio	22
3.3.3. Equipos de campo	22
3.3.4. Equipos de laboratorio.....	22
3.4. Criterio y análisis del estudio	22
3.4.1. Tipo y nivel de investigación.....	22
3.4.2. Diseño de investigación.....	22
3.5. Metodología.....	23
3.5.1. Determinación de carbono orgánico en el suelo en cultivos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), capirona (<i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth), teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.), cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) y pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.).....	24
3.5.2. Determinación de carbono orgánico en hojarasca en cultivos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), capirona (<i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth), teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.), cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) y pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.).....	27
3.5.3. Determinación de carbono orgánico en raíces en cultivos de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.), capirona (<i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth), teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.), cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) y pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.).....	28
3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos.....	30
3.7. Población y muestra.....	31
3.8. Variables	31
3.8.1. Independiente.....	31
3.8.2. Dependiente	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1. Carbono orgánico del suelo en los sistemas de uso de tierra	32
4.2. Carbono orgánico en hojarasca en los sistemas de uso de tierra.....	34

4.3. Carbono orgánico en raíces en los sistemas de uso de tierra	36
V. CONCLUSIONES	38
VI. PROPUESTAS A FUTURO	39
VII. REFERENCIAS	40
ANEXOS.....	46
Anexo 1. Instrumento de recolección de datos.....	47
Anexo 2. Panel fotográfico.....	62
Anexo 3. Análisis de suelos	65
Anexo 4. Mapa de ubicación	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Esquema de análisis de varianza (ANOVA)	31
2. Análisis de varianza de carbono orgánico del suelo en cinco sistemas de uso en el CIPTALD	32
3. Prueba de HSD Tukey ($p < 0,05$) de carbono orgánico del suelo en los cinco SUT en el CIPTALD	32
4. Análisis de varianza de carbono orgánico en hojarasca en cinco sistemas de uso en el CIPTALD	34
5. Prueba de HSD Tukey ($p < 0,05$) de carbono orgánico en hojarasca en los cinco SUT en el CIPTALD	34
6. Análisis de varianza de carbono orgánico en raíces en cinco sistemas de uso en el CIPTALD	36
7. Prueba de HSD Tukey ($p < 0,05$) de carbono orgánico en raíces en los cinco SUT en el CIPTALD	36
8. CO del suelo en SUT con cultivo de arroz – repetición 1	47
9. CO en hojarasca en SUT con cultivo de arroz – repetición 1	47
10. CO en raíces en SUT con cultivo de arroz – repetición 1	47
11. CO del suelo en SUT con cultivo de arroz – repetición 2	48
12. CO en hojarasca en SUT con cultivo de arroz – repetición 2	48
13. CO en raíces en SUT con cultivo de arroz – repetición 2	48
14. CO del suelo en SUT con cultivo de arroz – repetición 3	49
15. CO en hojarasca en SUT con cultivo de arroz – repetición 3	49
16. CO en raíces en SUT con cultivo de arroz – repetición 3	49
17. CO del suelo en SUT con cultivo de capirona – repetición 1	50
18. CO en hojarasca en SUT con cultivo de capirona – repetición 1	50
19. CO en raíces en SUT con cultivo de capirona – repetición 1	50
20. CO del suelo en SUT con cultivo de capirona – repetición 2	51
21. CO en hojarasca en SUT con cultivo de capirona – repetición 2	51
22. CO en raíces en SUT con cultivo de capirona – repetición 2	51
23. CO del suelo en SUT con cultivo de capirona – repetición 3	52
24. CO en hojarasca en SUT con cultivo de capirona – repetición 3	52
25. CO en raíces en SUT con cultivo de capirona – repetición 3	52

26. CO del suelo en SUT con cultivo de teca – repetición 1.....	53
27. CO en hojarasca en SUT con cultivo de teca – repetición 1	53
28. CO en raíces en SUT con cultivo de teca – repetición 1	53
29. CO del suelo en SUT con cultivo de teca – repetición 2.....	54
30. CO en hojarasca en SUT con cultivo de teca – repetición 2	54
31. CO en raíces en SUT con cultivo de teca – repetición 2.....	54
32. CO del suelo en SUT con cultivo de teca – repetición 3.....	55
33. CO en hojarasca en SUT con cultivo de teca – repetición 3	55
34. CO en raíces en SUT con cultivo de teca – repetición 3	55
35. CO del suelo en SUT con cultivo de cacao – repetición 1	56
36. CO en hojarasca en SUT con cultivo de cacao – repetición 1.....	56
37. CO en raíces en SUT con cultivo de cacao – repetición 1	56
38. CO del suelo en SUT con cultivo de cacao– repetición 2	57
39. CO en hojarasca en SUT con cultivo de cacao – repetición 2.....	57
40. CO en raíces en SUT con cultivo de cacao – repetición 2	57
41. CO del suelo en SUT con cultivo de cacao– repetición 3	58
42. CO en hojarasca en SUT con cultivo de cacao– repetición 3.....	58
43. CO en raíces en SUT con cultivo de cacao– repetición 3	58
44. CO del suelo en SUT con cultivo de pastura – repetición 1.....	59
45. CO en hojarasca en SUT con cultivo de pastura– repetición 1	59
46. CO en raíces en SUT con cultivo de pastura – repetición 1	59
47. CO del suelo en SUT con cultivo de pastura – repetición 2.....	60
48. CO en hojarasca en SUT con cultivo de pastura – repetición 2	60
49. CO en raíces en SUT con cultivo de pastura – repetición 2.....	60
50. CO del suelo en SUT con cultivo de pastura – repetición 3.....	61
51. CO en hojarasca en SUT con cultivo de pastura – repetición 3	61
52. CO en raíces en SUT con cultivo de pastura – repetición 3.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diseño de parcela general para levantamiento de muestras de suelo, hojarasca y raíces. ...	23
2. Calicata para el levantamiento de muestras de suelo y densidad aparente a tres rangos de profundidades.	24
3. Dimensiones del cilindro metálico para determinar la densidad aparente en el suelo.....	25
4. Dimensiones del cuadrante de madera para el levantamiento de muestras de hojarasca.....	27
5. Calicata para levantamiento de muestras de raíces a tres rangos de profundidades.....	29
6. Comparación de promedios de carbono orgánico del suelo en los cinco SUT.	33
7. Comparación de promedios de carbono orgánico en hojarasca en los cinco SUT.	35
8. Comparación de promedios de carbono orgánico en raíces en los cinco SUT.....	37
9. Levantamiento de muestras de suelos.....	62
10. Muestras colectadas para calcular densidad aparente	62
11. Codificación para cada muestra obtenida.....	63
12. Secado del suelo al aire libre bajo cubierta	63
13. Muestras de raíces, hojarasca y cilindros de volumen conocido introducidos a la estufa para calcular el peso seco.....	64
14. Obtención de peso seco de hojarasca	64

RESUMEN

El presente estudio evaluó el carbono orgánico del suelo en cinco sistemas de uso en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria (CIPTALD), distrito Pueblo Nuevo, región Huánuco. Los sistemas de uso de tierra (SUT) con plantaciones de arroz (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teca (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) presentaron edades de 4 meses, 18, 10, 7 y 30 años, respectivamente. Se utilizó el diseño completamente al azar, donde se estableció 3 parcelas con medidas de 50m x 10m (500 m²) en cada SUT para la estimación de carbono orgánico del suelo, hojarasca y raíces, siendo en total 15 parcelas en todos los SUT; asimismo, para el análisis estadístico se utilizó ANOVA y la prueba HSD Tukey ($p < 0,05$). El carbono orgánico del suelo se almacenó en mayor cantidad en el cultivo de capirona (26,55 t C ha⁻¹), mientras que el carbono orgánico en hojarasca se almacenó en mayor cantidad en el cultivo de teca (62,71 t C ha⁻¹), sin embargo, el carbono orgánico en raíces se almacenó en mayor cantidad en el cultivo de pasto kikuyo (9,92 t C ha⁻¹). Los SUT con especies forestales almacenaron mayor cantidad de carbono orgánico en el suelo y hojarasca, sin embargo, el SUT con pasto kikuyo almacenó mayor cantidad de carbono orgánico en las raíces, debido a que es una gramínea.

Palabras clave: uso de tierra; dióxido de carbono; biomasa

ABSTRACT

In the present study the organic carbon in the soil of five systems of use was evaluated at the Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria (CIPTALD – acronym in Spanish), in the Pueblo Nuevo district of the Huánuco region [in Peru]. The land use systems (SUT – acronym in Spanish) for plantations of rice (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teak (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.), and kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) presented ages of four months, eighteen, ten, seven, and thirty years, respectively. A completely randomized design was used, where three plots were established with measurements of 50m x 10m (500 m²) for each SUT in order to estimate the organic carbon in the soil, leaf litter, and roots. The total number of plots for all the SUTs was fifteen. At the same time, for the statistical analysis the ANOVA and the HSD Tukey tests ($p < 0.05$) were used. The organic carbon was stored in the soil in the greatest quantities for the capirona crop (26.55 t C ac⁻¹), while the organic carbon stored in the leaf litter was the greatest for the teak crop (62.71 t C ac⁻¹); nonetheless, for the stored organic carbon in the roots the greatest quantity [was found] for the kikuyu grass (9.92 t C ac⁻¹). The SUTs with forest species had the greatest quantities of stored organic carbon in the soil and leaf litter, however, the SUT with kikuyu grass had the greatest quantity of organic carbon in the roots due to the fact that it is gramineous.

Keywords: land use; carbon dioxide; biomass

I. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades antrópicas que se intensificaron en las últimas décadas es la deforestación, debido a ello se emiten considerables volúmenes de GEI y esto corresponde de hasta un 17% de las emisiones totales de CO₂ que va hacia la atmósfera; asimismo, la deforestación tiene un efecto desencadenante ya que destruye las actividades ecológicas existentes, perturba el equilibrio ambiental e incremento de la temperatura. La temperatura media anual a escala global en el ambiente tuvo un incremento de hasta 1 grado centígrado (1 °C) donde tuvo una afectación en todos los aspectos de la vida, incluido las capas de hielo en los polos terrestres que cada año disminuye progresivamente; ya que si se continúa actuando de la misma manera y no mitigamos estos aspectos el incremento y variaciones en la temperatura serán aún mayores, incluido el derretimiento de las capas hielo que existe en los polos de nuestro planeta.

Existen estrategias propuestas en el Protocolo de Kioto con el propósito de reducir las emisiones de GEI, donde en concreto se encuentra el mecanismo de desarrollo limpio que tiene como objetivo incitar hacia la inversión de proyectos de captura o disminución de emisiones de GEI en diversos países mediante la reforestación y forestación; asimismo, sumado a los diversos sistemas de uso de tierra asociados o no a sistemas agroforestales son fuentes importantes para aumentar el almacenamiento y secuestro de carbono que ayudará a mitigar esta problemática. En tal contexto, se abordó la siguiente interrogante ¿El carbono orgánico del suelo varía según los sistemas de uso de tierra en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria (CIPLTALD), Pueblo Nuevo?

La investigación justifica en consideración que el recurso suelo es muy importante con lo que respecta a el almacenamiento y captura de carbono, por lo que a nivel mundial este recurso tiene mayor capacidad de almacenamiento de carbono que lo que puede almacenar la atmósfera y la vegetación, además, el almacenamiento de carbono del suelo comprende de tres factores que son el carbono orgánico del suelo (COS), biomasa de hojarasca y biomasa de raíces; las buenas prácticas de agroforestería ayudan a la captura de carbono donde puede almacenar de acuerdo al cultivo existente o cultivos asociados donde genera efectos positivos, además, puede satisfacer las necesidades al agricultor mediante la producción y en paralelo mediante el almacenamiento de carbono que coadyuva a mitigar el cambio climático.

Los alcances de la presente investigación coadyuvan con información importante hacia la sociedad investigativa y también para todas las personas, ya que genera un bien común frente

a la mitigación del cambio climático. Asimismo, contrastó a la hipótesis: “El almacenamiento de carbono orgánico del suelo varía con el sistema de uso en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria (CIPTALD), Pueblo Nuevo”. Dichos resultados lograron la contrastación de hipótesis, en tal sentido, la investigación trabajó con los objetivos que se muestran líneas abajo:

1.1. Objetivo general

Evaluar el carbono orgánico del suelo en cinco sistemas de uso en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria (CIPTALD), Pueblo Nuevo, provincia Leoncio Prado – Huánuco.

1.2. Objetivos específicos

- Estimar el carbono orgánico en el suelo en cultivos de: arroz (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teca (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.).
- Estimar el contenido del carbono orgánico en hojarasca en cultivos de: arroz (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teca (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.).
- Estimar el contenido del carbono orgánico en raíces en cultivos de: arroz (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teca (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. C (carbono)

Principal componente químico de los compuestos orgánicos, se encuentra en el vasto océano, en la atmósfera, en el suelo y en el subsuelo, además son considerados como almacenaje de C. Tiene que ver en el equilibrio sobre la agricultura que coadyuva hacia la mejoría del suelo puesto que son vinculadas al desempeño agrícola sustentable. El COS (carbono orgánico del suelo) se puede encontrar como residuos orgánicos que son poco alterados tales como de los vegetales, como también de los animales y microorganismos, en conformación del humus también como conformaciones muy conciso de composición cercana del C elemental (Martínez et al., 2008).

El C es fundamental para la vida en la tierra, además el ciclo de este es vital para el desenvolvimiento de todos los organismos. Cabe resaltar que el C el elemento básico en la formación de moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, y todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de C enlazados entre sí. Se acumula en compartimentos denominados depósitos y circula activamente entre ellos; entre estos compartimentos se encuentran los océanos, el suelo, la atmósfera y las plantas (FAO, 2004).

Es el elemento químico primordial de todos los compuestos orgánicos que se encuentran por los océanos, en la atmósfera, en el suelo y en el subsuelo de los reservorios naturales de este elemento; además, circula de un depósito hacia otro con procesos químicos, físicos y biológicos; asimismo, el almacenaje de C en los depósitos fósiles supone en la práctica una rebaja en los niveles atmosféricos de CO₂; si estos se liberan, como se viene haciendo con el aprovechamiento del petróleo y gas natural. El ciclo de dicho elemento es desplazado hacia una nueva inestabilidad en el que la cantidad de CO₂ atmosférico es mucho mayor y más aún si las probabilidades de reciclaje de este se reducen al disminuir la densidad boscosa (IPCC, 2007).

2.2. Ciclo del carbono

Sánchez (2019) afirma que es un ciclo biogeoquímico por lo cual el C obtiene variables transformaciones durante el tiempo que se debe al momento de intercambiar entre el sistema climático o también denominado esferas por lo que están en conexión entre sí en nuestro planeta; cabe señalar que el C está almacenado de diferentes en todas partes del mundo.

El ciclo del C se encuentra relacionado al CO₂ ya que este componente químico tiene predominancia en la atmósfera donde trabaja mediante la actividad fotosintética, en la actividad de respiración, en emisiones de los gases que se da con la combustión de hidrocarburos fósiles y en las alteraciones naturales; debido al dinamismo en la que se encuentra se establece la dinámica de equilibrio de C con técnicas de almacenamiento, captura y/o fijación de C y entre otros (Ordoñez, 1999).

El IPCC (2000) informa que el C que existe en nuestro planeta es retenida en la materia orgánica en que se encuentra en pudrición, biomasa viva y suelos, mediante sistemas ecológicos que desempeñan de mucha importancia en el ciclo globalizado de C; asimismo, este ciclo se emite de manera natural donde el C se intercambia con los sistemas y atmósfera por procesos fotosintéticos, respiración, pudrición y combustión, es importante señalar que la actividad antrópica es un factor que hace repercusiones frente al almacenamiento de C y en los intercambios que se da entre estos reservorios y la atmósfera, todo ello, principalmente con el CUT (cambio de uso de tierra), agricultura migrante y deforestación.

2.2.1. El suelo en el ciclo del C

Ávila et al. (2001) señala que, el carbono inorgánico está representado por cerca de 1700 Petagramos (Pg), sin embargo, es aprehendido en formas más estabilizados como por ejemplo el CaCO₃ (carbonato de calcio). La vegetación con alrededor de 650 Pg y la atmósfera con un valor de 750 Pg aproximadamente pueden almacenar de manera considerable menor proporción que el suelo. Los flujos entre el (carbono orgánico del suelo) o terrestre y añadido de la atmósfera son imprescindibles puesto que pueden significar positivismo bajo la forma de captura o de manera negativa tal como la emisión de CO₂.

En tiempos remotos y hasta la actualidad el desarrollo agrícola no sostenible fue y es una de las causantes del aumento de CO₂ en la atmósfera, sin embargo, en la actualidad los altos contribuyentes de dicho incremento son la quema de combustibles fósiles en general y el transporte con un valor de 6.5 Pg/año. Un dato relevante es que mientras la deforestación en diversas áreas tropicales produce emisiones de C calculadas en 1.5 Pg /año, al mismo tiempo existe una acumulación en los ecosistemas terrestres en un rango aproximado de 1.8 - 2 Pg /año, puesto que esto hace representación de lo que se conoce como C ausente en el ciclo: un sumidero de C que podría ubicarse en la zona del hemisferio norte. (Arévalo et al., 2003).

Gómez y Azócar (2002) señala que, la causante fundamental que influye en la transformación de la materia orgánica son la vegetación, la entrada de residuos, la composición vegetal, los factores climáticos, las condiciones de temperatura y humedad y las propiedades del suelo, la textura, el contenido y la mineralogía de la arcilla, la acidez.

Acosta et al. (2001) señala que, en el vasto bosque tropical existente, los denominados sumideros de COS con valores variantes entre 60 y 115 t Cha⁻¹. Por otro lado, el IPCC (2000) informa que dicho COS hace la representación mucho mayor a comparación que el C en la BF (biomasa forestal). Estos porcentajes de COS son dependientes según la diversidad climática; donde hay máximo COS en áreas que son templadas y boreales frías y menor porcentaje en áreas o climas tropicales; donde la principal causa de dicha varianza es que la temperatura es influyente en las tasas relativas de producto y pudrición de materia orgánica.

Anon (2011) señala que, durante este ciclo que realiza el C, el COS hace representación de la parte mayoritaria reserva paralelo a que interactúan con la atmósfera, por lo que se hace un cálculo en alrededor de 1 500 Petagramos de carbono (Pg C) a un metro de hondura y alrededor de 2 456 Pg C a dos metros de hondura.

2.3. Secuestro de carbono

Nasi et al. (2002) las especies arbustivas y bosques contienen C, donde muchas investigaciones hacen sugerencia que la posibilidad de almacenar C en estas zonas es muy elevada; asimismo, el bosque primario (en el suelo y la vegetación) puede llegar hasta 250 t C ha⁻¹ (toneladas de carbono por hectárea), también en la agricultura migratoria puede llegar hasta las 200 t C ha⁻¹ y en cuanto se convierta a agricultura permanente o pastizales puede aumentar este valor.

La sostenibilidad del carbono en nuestro planeta se basa en función de estos importantes reservorios: el océano, la atmósfera, los suelos, la biomasa y vegetación; donde se encuentran con dinamismo de manera equilibrada por lo cual cada uno de ellos interactúan e intercambian C entre sí; asimismo con lo que respecta a el ecosistema terrestre la mayor cantidad corresponde al COS. El COS es la génesis de alimentación para la parte mayoritaria de vida que habita en el suelo, sumado que hace sostén a plantas que existen que forman parte de los sistemas ecológicos; cabe resaltar que el aumento de COS es dependiente de la calidad y volumen de los desechos que generan entre sí, también depende del tipo de suelo y clima, todo ello resultará una capacidad con potencialidad con lo que respecta a las entradas y salidas que se producen (Follett & McConkey, 2000).

El secuestro de C es de suma importancia frente al cambio climático, además sumado a la reestructuración de los suelos y conservación de biodiversidad; asimismo, es crucial su importancia ya que hace contribución en equilibrar la temperatura del globo terráqueo que coadyuva a disminuir la acumulación de CO₂ en la atmósfera. Dicho efecto es beneficioso depende de cuánto tiempo se almacena el C en la biomasa de ecosistemas diversos ya que permitirá que el C también se concentre en el suelo (Maser, 2001).

2.4. Almacenamiento de carbono

Muñoz (2006) afirma que la captura de C es crucial entre los servicios ambientales que ofrecen los bosques como también otras áreas naturales. Su importancia se debe ante todo a su vinculación con una de las problemáticas ambientales más considerables que actualmente afecta por lo que pelagra la firmeza del planeta en todas sus manifestaciones.

El soto bosques tienen un papel clave en la regulación de flujo neto de GEI de la atmósfera y el suelo. El soto bosque sirve como depósitos, por lo que almacenan C en la biomasa y el suelo. Cuando aumenta su superficie o productividad, se comportan como sumideros de carbono, aumentando la absorción de CO₂ atmosférico. Por otro lado, funcionan como una fuente de GEI cuando la quema, descomposición añadida a cambios en los suelos ceden lugar hacia las emisiones de CO₂ y otras GEI. Actualmente, los cambios en el uso de tierra y en particular la tala indiscriminada de bosques es el consecuente de alrededor del 20% de lo que el CO₂ emite globalmente y son provocadas por el hombre (FAO, 1999).

Dentro de la biomasa vegetativa leñosa o también denominado como necromasa es un depósito importante de los GEI ya que contribuye al almacenamiento de CO₂ por la acumulación de materia orgánica; asimismo, los suelos que contienen mayor %MO (porcentaje de materia orgánica) acumulada existen mayor contenido de CO (carbono orgánico) de manera generalizada (Schneider, 1989).

Méndez et al. (2002) afirma que la adecuada determinación de la biomasa forestal es un componente crítico ya que hace determinación de la cantidad de CO₂ entre otros elementos presentes en las hojas, ramas, fuste y raíces; cabe resaltar que es una valiosa fuente de referencia para el creciente número de proyectos de servicios ambientales.

La cantidad de C almacenado en los suelos está determinada por el equilibrio que va de la agregación de material vegetal muerto, también denominado necromasa tales como la

hojarasca y las raíces añadido a las mermas sufridas durante los procesos de pudrición y mineralización, tomando como ejemplo la respiración heterotrófica (Reyes et al., 1992).

El C es el más abundante en el mundo, además que su ciclo es sustancial para el desarrollo de todos los organismos (Alegre et al., 2001); asimismo, el C se almacena en compartimentos llamado "depósitos" que se mueve activamente entre ellos, con 38 000 Giga toneladas (Gt) de C que almacena el vasto océano, seguido del suelo que almacena 15 000 Gt de C, la atmósfera 750 Gt, y plantas que almacenan 560 Gt a nivel global. Cualquier desequilibrio entre entradas y salidas se torna en reflejo hacia la concentración de CO₂ atmosférico, por lo que la absorción de CO₂ atmosférico por parte de la vegetación ocurre a través de la actividad fotosintética y está en sostenibilidad con la respiración vegetal y suelo (Chidiak et al., 2003).

Arévalo et al. (2003) indica que el C secuestrado tiene relación con la capacidad de los bosques de contener cierto porcentaje de biomasa por hectárea que está en función a la heterogeneidad en sociedad con las condiciones de los suelos y el clima; asimismo, las plantas contienen la capacidad de almacenaje de CO₂ que proviene de la atmósfera que se basa del hecho que en la actividad fotosintética se fija el C para después utilizar en generar nutrientes básicos para su aumento de tamaño y desarrollo, se estima que por hectárea de plantación existente puede contener una absorción de 10 t C ha⁻¹/año de la atmósfera y depende de las circunstancias de la zona.

2.5. El carbono y su importancia

La atmósfera y el medio acuático son depósitos fundamentales de C (con respecto a moléculas de CO₂) que están en disponibilidad para los seres vivos. El vasto océano almacena el mayor porcentaje de C, puesto que las denominadas "las praderas marinas" hacen conformación de grandes depósitos de este elemento, donde estos ecosistemas hacen ocupación de sólo el 0,2% de la superficie terrestre; asimismo, estas especies ocupan áreas sub marinas que son cubiertas por pastos con adaptabilidad hacia los ambientes salinos con la especie *Posidonias*, regularmente se encuentran en zonas con poca hondura, puesto que recibe luz para realizar actividad fotosintética, ya que de tal manera hacen captura y almacenaje de C de forma eficiente en sus raíces con mayor profundidad y vegetación aérea (IPCC, 2007).

El C es elemental para los compuestos orgánicos, donde circula por el vasto océano, la atmósfera, el suelo y debajo del suelo (como reservorios naturales), puesto que el C pasa de un depósito hacia otro por vía de procesos físico-químicos y biológicos (IPCC, 2007).

El almacenamiento de C en los acopios fósiles hace referencia en la práctica una sustracción en los niveles atmosféricos de CO₂; si estos se liberan, como se viene efectuando con el provecho del petróleo y gas natural; por lo que el ciclo hace desplazamiento hacia un reciente desequilibrio en el que la cantidad de CO₂ atmosférico adiciona, más aún si las actividades facultativas de reciclamiento del mismo se reducen al disminuir los bosques (IPCC, 2007).

El secuestro de C y la adición del %MOS (porcentaje de materia orgánica del suelo) tendrán un impacto de manera directa en la calidad y fertilidad del suelo. También existirá importantes efectos positivos sobre la biosfera y sobre la resiliencia y sustentabilidad de la agricultura (Estrada, 2001).

Los flujos entre el suelo, además del carbono orgánico terrestre y la atmósfera son significativos y pueden ser positivos para la deposición y negativos para las emisiones de CO₂. En el pasado, el desarrollo agrícola fue el principal contribuyente al aumento de las concentraciones atmosféricas de CO₂; sin embargo, hoy en día la quema de combustibles fósiles por parte de la industria y el transporte es el mayor contribuyente, que emiten alrededor de 6,5 Pg/año.

2.5.1. Dinamismo del COS

Las reservas de C en los suelos naturales hacen representación de un equilibrio de manera dinámica entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). En condiciones de suelo que tienen oxígeno de manera permanente (suelo aeróbico), gran parte del C que ingresa al suelo es lábil y solo una pequeña fracción (1%) que ingresa alrededor de 55 Pg /año, donde se acumula en la fracción húmica estable con un total de 0,4 Pg /año (Roncal et al., 2008).

Diferentes reservorios de C existentes del suelo tienen varios tiempos medios de residencia variando de uno a pocos años, dependiendo del compuesto bioquímico, como, por ejemplo, la lignina es más estabilizante que la celulosa, a décadas o incluso sobrepasa el milenio, todo esto en fracción estable (Ávila et al., 2001).

Existe conexión con la composición, pero en principio con el tipo de uniones químicas (Coyne, 2000), todo ello para la fracción del C estabilizante se debe realizar una comparación con la protección físico-químico o captura: defensa física hace significancia

a un encapsulado de fragmentaciones de MO por diminutas porciones de arcilla y/o -por la macro o micro agregados del suelo (Estrada, 2001).

2.6. COS

El carbono orgánico del suelo forma parte del ciclo global del C, donde implica el ciclo del carbono mediante el suelo, la vegetación, los océanos y atmósfera; asimismo, la estimación de reservas de COS almacenado es de 1 500 Pg C sólo en el primer metro del suelo, por lo cual supone más contenido de carbono que de la atmósfera que almacena con una aproximación de 800 Pg C y la vegetación de la tierra que contiene 500 Pg C (FAO y GTIS, 2015). Por otro lado, el presente reservorio de COS siempre está en movimiento por lo que es dinámico, ya que están en continua circulación con los reservorios mundiales de C de distintas formas a nivel molecular, por lo que aporta mayor concentración de C debido a su elevado contenido de reservorio de dicho elemento (Kane, 2015).

El dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4) son los primordiales gases atmosféricos basados en C, organismos autótrofos (principalmente las plantas) y microorganismos foto-químico autótrofos sintetizan el CO_2 atmosférico en material orgánico. Todo el material orgánico especialmente los residuos vegetales y exudados son incorporados hacia el suelo por su misma fauna, donde resulta el ingreso de C en el suelo mediante la transformación del material orgánico por los organismos heterótrofos. El proceso de transición del material orgánico resulta una combinación biogeoquímica compleja de los residuos vegetales y efectos de descomposición microbiana en muchas fases de descomposición (Paul, 2014) que se pueden asociar con los minerales del suelo y ocluirse en el fondo de agregados, que permite la fijación del COS por largos periodos de tiempo, ya que pueden ser por décadas, por siglos o hasta incluso durante milenios de fijación del COS (Schmidt et al., 2011). El CO_2 se emite de regreso a la atmósfera cuando la materia orgánica del suelo se descompone o se mineraliza por los microorganismos. La disminución de C también es causada por los metabolitos que son secretados por el sistema radicular o también denominado exudados radiculares, como el ácido oxálico, donde libera compuestos orgánicos de las protecciones asociativas con los minerales (Keiluweit et al., 2015).

Como principio sobre el almacenamiento de COS en concreto es dependiente de la sostenibilidad entre la abundancia de C que ingresa en el suelo y lo que sale del mismo suelo de forma de gases de respiración que se basan en C, todo ello procede de la mineralización de los microorganismos y en baja medida de la lixiviación del carbono orgánico disuelto. De manera

local el C se puede disminuir o aumentar mediante las deposiciones o erosiones de los suelos y conlleva a una nueva distribución del C del suelo, todo ello es basado a escalas locales, paisajística y regionales; dicho esto, los niveles de almacenaje de COS se pueden controlar fundamentalmente con gestión de la abundancia y el tipo de residuos orgánicos que ingresan en el suelo, que hace referencia a el aporte de carbono orgánico hacia el sistema del suelo y disminuyendo las pérdidas de C en el suelo (FAO y GTIS, 2015).

El contenido de agua que proviene principalmente de las condiciones del clima y la temperatura del suelo son factores que hacen control de la descomposición de la materia orgánica del suelo (MOS), donde influye en el COS almacenado por su efecto sobre la actividad de microorganismos; asimismo, la composición de la comunidad microbiológica como ejemplo tenemos la relación entre bacterias y hongos, también llega a influir la descomposición preferente de algunos compuestos (Thévenot et al., 2010).

Para cuantificar los flujos a nivel global del C es oportuno esclarecer varios aspectos, donde uno de ellos es que si los ecosistemas terrestres de forma globalizada tienden a mayor fijación de CO₂ atmosférico mediante la fotosíntesis que el que emiten a la atmósfera mediante la respiración; asimismo, por otro lado, se encuentra el balance global de C que se determina por la densidad atmosférica de CO₂ y la absorción de CO₂ por los océanos del planeta, además por las emisiones que derivan de lo que emiten los combustibles fósiles, el uso de los suelos y el cambio de uso de la tierra (CUT). Evaluaciones recientes sobre C indican que durante los años 2006 y 2015 las emisiones hacia la atmósfera era el doble que la adición de los sumideros que se encuentran en la tierra y océanos, que resulta el 90% que se emitieron provienen de los combustibles fósiles y la industria (Le Quéré et al., 2016). Cabe señalar que el flujo de C que derivan a partir de loa CUT resultó tener más predominancia durante las etapas preindustriales, por lo que durante los años de 1750 y 2011, el tercio de del total de GEI antrópicos derivaron a partir de los CUT (IPCC, 2014). De manera casi exponencial el CO₂ almacenado en la atmósfera tuvo un incremento con una aproximación de 180 ppm a 280 ppm a partir del último período glacial y esto añadido aproximadamente 220 Pg C a la atmósfera por un período de 10 000 años, todo ello se puede traducir en un valor de incremento de aproximadamente 4.4 Pg C/año (Baldocchi et al., 2016).

2.6.1. C en hojarasca

La lámina de hojarasca sumado a los microorganismos juegan un papel cuantioso dentro del mantenimiento de productividad con respecto a un ecosistema, la cantidad

y composición del material depositado en dichos suelos y su subsiguiente pudrición son factores con relevancia en la eficacia de los ciclos nutritivos, el suelo percibe aporte directo de C de partes muertas de diferentes especies de flora, que están en permuta de forma activa con la atmósfera, puesto que cuando están completamente integradas en el suelo, fijan y acumulan C (Schlegel et al., 2001).

2.6.2. C en raíces

El sistema de raíces son un fragmento imprescindible del ciclo del C, donde difiere gran demanda de C hacia el suelo, que se almacena durante extensos lapsos, en condición que no haya cambios en él. Fragmento del C se utiliza como aumento de biomasa, sin embargo, ese C se pierde mediante actividades respiratorias, la exudación sumada a la pudrición, además ciertas raíces pueden trascender a voluminosa hondura, sin embargo, la relación de biomasa radicular que está en los 30 cm primeros de profundidad es considerable (Schlegel et al., 2001).

2.7. El C en los SUT

En los diferentes SUT (Sistema de Uso de Tierra) existe varianza hacia el C almacenado, la variabilidad con cantidades de C ha⁻¹ resulta estadísticamente significativa ya que se debe a muchos factores tales el mismo SUT usado en la zona que por su diferencia en entre sí y la varianza en el suelo donde se desarrolla los rangos de C que representan alto grado de dispersión en los lugares (Lapeyre et al., 2004); asimismo, distinto influyente es la densidad de arbustos, ya que si existe mayor densidad la captura de C mediante la actividad fotosintética realizada por cada individuo aumenta el almacenamiento de C con lo que respecta a la biomasa aérea (Salgado, 2004).

2.7.1. Cultivos

El laboreo del suelo y cultivo puede restablecer significativamente el plazo de residencia y almacenaje de C reciente del suelo, lo que vale la pena considerar en el Protocolo de Kyoto u otro acuerdo posterior a Kyoto, se evaluaron distintos tipos de uso de tierra y praxis agrónomas con lo que respecta a su impacto sobre la captura y liberación de C (Robert, 2002).

2.7.2. Agrosilvicultura

Es la asociación de especies de flora con diversidades de plantaciones o pastos, donde hace representación a una alternativa sustentable hacia áreas deforestadas y la

agricultura tradicional de quemar y rozar. Dicha praxis de combinación de especies en una determinada área se obtiene una gran potencialidad para el secuestro de C en los terrenos de cultivo, donde una valuación del almacenaje de C en diferentes ecorregiones de áreas tropicales, se puede lograr almacenamiento con aproximación de 21 t C ha⁻¹ hasta 50 t C ha⁻¹ en zonas subhúmedas hasta húmedas y con lapso de corto tiempo de un lustro hasta ocho años, que son mucho más limitado que en los bosques. El carbono del suelo no se tuvo en cuenta en estos cálculos, sin embargo, el sistema de raíces de por sí podrían aumentar estas cualidades hasta en 10%. (Robert, 2002).

En sistemas agroforestales, hay la posibilidad de mantener el C original presente en el ecosistema forestal. Por ejemplo, durante un período de 10 años, *Theobroma cacao* y *Erythrina sp.* se obtuvieron incrementos de 10 t C ha⁻¹ y 22 t C ha⁻¹ respectivamente. En principio, la agrosilvicultura podría ser, por varios motivos, una de las interesantes proposiciones de variaciones de uso del suelo vinculados al secuestro de carbono. En primer lugar, porque el área en cuestión es de consideración y el grado de ganancia de C es prominente de 0,2 a 3,1 t ha⁻¹/año (IPCC, 2000) o incluso mayor, todo depende del lapso de residencia de los arbustos; seguido, mitiga las grandes emisiones de CO₂ derivadas de la tala de arbustos, como parte final, proporcionaría procedimiento que sea técnico, ambiental y económicamente sostenible, por otro lado, por motivo socioculturales, esta gestión del suelo complica promover; por lo tanto, la agrosilvicultura contribuirá, probablemente en menores proporciones, hacia el secuestro de C (Robert, 2002).

Hay existencia de valores globales para la estimación de las tasaciones anuales de secuestro de C en la forestación en diferentes climas, donde la tasación en conjunto por encima y por debajo del suelo en t C ha⁻¹/año incrementa de las zonas boreales (0.4 – 1.2 t C ha⁻¹/año) y templadas (1.5 – 4.5 t C ha⁻¹/año) a las tropicales (4 – 8 t C ha⁻¹/año). La información sobre la repartición del C entre la biomasa aérea, radicular, relaves y suelo hace referencia que el C del suelo en sí es mayor que el C en la biomasa forestal, puesto que esta correspondencia distingue según el espacio climático; con valores elevados de C del suelo en zonas frías - boreales y templadas - y menores en lugares tropicales (Robert, 2002).

2.7.3. Pastura

Si bien el carbono total presente en los pastizales es minúsculo que el de los ecosistemas forestales, la proporción de C contenido en el suelo puede ser mejor; en términos generales, el contenido de C de un suelo con pastos puede llegar a ser más alto que

con cultivos; sin embargo, cabe resaltar que el 70% de los pastizales están degradados, donde el sobrepastoreo es uno de los encargados que degradan los suelos (Robert, 2002).

El rozar es otra praxis que es utilizado para controlar las especies leñosas, lo que implica cierta pérdida de C a la atmósfera, aunque la principal transferencia es el C de las plantas, que puede alcanzar hasta el 30 % del carbono total del suelo. Una solución en el manejo de los pastos es el pastoreo controlado: intensidad, frecuencia, estacionalidad y otra solución es la inclusión de mejorar la calidad de suelo y los pastos. (Robert, 2002).

Cuando se trata de suelo, una circunstancia que limitan el desarrollo de las plantas es la inferioridad de nutrientes. La fertilización en dosis bajas soluciona en muchos casos (quizás con fósforo en lugar de nitrógeno). Sin embargo, mediante la introducción de leguminosas fijadoras de nitrógeno se obtiene una mejor fertilización nitrogenada, más ecológica y más sostenible. Otra solución puede ser modificar la calidad de los pastos e introducir especies más productivas con sistemas radiculares más penetrantes, con mayor solidez a la degradación de los pastos. Todas estas medidas aumentarán drásticamente el secuestro de carbono, ya que los pastos pueden almacenar grandes cuantías de C invariable. Al mismo tiempo, aumento de los beneficios también resulta significativo, hasta triplicando la productividad (Robert, 2002).

2.8. Estado del arte

2.8.1. Antecedentes internacionales

Rosero (2019) evaluó el COS en el ecosistema de páramo de la microcuenca del río Chimborazo en base a las actividades antrópicas en Ecuador, tuvo como objetivo la evaluación del COS en el ecosistema páramo. Recolectó muestras de suelo de 1 kg a profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm donde recolectó un total de 78 muestras combinadas. Fue un estudio de enfoque cuantitativo descriptivo correlacional con el método de deducción con un diseño experimental, para la recolección de muestras de suelo usó el método de conglomerados en forma de L y con un análisis estadístico multivariado donde el programa que usó para el análisis de diseño factorial fue el Minitab. Como resultados muestra que el suelo con intervención del hombre tuvo incremento en el almacenamiento de COS con lo que respecta al páramo que no fue intervenido de manera antrópica debido a que la materia orgánica es alto debido las deposiciones de los ganados y el incremento de nutrientes en los cultivos; asimismo, las actividades humanas y la profundidad del suelo tienen influencia significativa en el almacenamiento de COS ($p < 0,05$) donde hace referencia que a mayor profundidad en el suelo

el COS tiende a disminuir, donde llega a la conclusión de que este ecosistema es afectado por los CUT.

Acosta et al. (2020) estudiaron el C en el suelo, hierbas y arbustos en una plantación forestal en México, tuvo como objetivo la estimación de la concentración de C en herbáceas y arbustos, hojarasca y profundidad en el suelo de 0-15 cm y 15-30 cm en plantación forestal con cuatro especies forestales tropicales con manejo y sin manejo en 30 parcelas con *Tabebuia rosea* (rosa morada), *Tectona grandis* (teca), *Gmelina arborea* (melina), y *Enterolobium cyclocarpum* (parota). Para el análisis de información con lo que respecta a la prueba de normalidad realizaron con Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), luego realizaron el ANOVA del factor de parcelas de valores de C en arbustos, hojarasca y suelo en las dos profundidades y finalmente para determinar si existen diferencias de significancia ($p < 0,05$) utilizaron la prueba de Duncan. La mayor cuantía de C total fue la parcela de *Enterolobium cyclocarpum* y con manejo donde obtuvieron un valor de $73.94 \text{ Mg C ha}^{-1}$, en cuanto a la parcela de *Tectona grandis* con manejo obtuvo menor valor de C total con un total de $45.63 \text{ Mg C ha}^{-1}$ y con lo que respecta al C en el suelo disminuye un 35% conforme va aumentando la profundidad, lo cual existe diferencias significativas.

Contreras-Santos et al. (2020) evaluaron el carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del Caribe en Colombia, tuvo como objetivo la estimación del potencial de sistemas silvopastoriles para la incorporación de C en el suelo. Evaluaron cuatro sistemas de distinto grado de complejidad estructural donde estimaron el C orgánico acumulado, propiedades físicas y densidad del suelo, resistencia mecánica a la penetración y biomasa de raíces donde consideraron 5 tratamientos combinados con especies arbóreas y arbustivas existentes; asimismo, cada sistema se encontraron en un arreglo de 16 m x 16 m con una densidad de 39 especies arbustivas y/o arbóreas por ha^{-1} donde en cada tratamiento tuvo medidas de 100 m de ancho por 200 m de largo (equivalente a 2 ha^{-1} por cada tratamiento). Para el diseño experimental utilizaron DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) de 5 tratamientos con 3 repeticiones cada uno y para el análisis estadístico usaron prueba de separación de medias con la prueba HSD Tukey con el software SAS versión 9.4. Como resultados muestran los arreglos silvopastoriles en promedio tienen carbono acumulado con variaciones de 60,6 y $65,1 \text{ t C ha}^{-1}$, comparado son los tradicionales sistemas ganaderos (pastos sin especies arbustivas) tuvo acumulación de $38,3 \text{ t C ha}^{-1}$. La asociación de especies vegetales dentro de los sistemas silvopastoriles ayuda a acumular mayor COS y los sistemas

silvopastoriles ayudan a mejorar las propiedades físicas del suelo, densidad aparente y resistencia mecánica en el suelo a la penetración de raíces.

Gómez et al. (2021) estudiaron el COS y su relación con la biomasa de raíces de *Quercus sp.* (Roble común) en México, como objetivo optaron por la determinación de la cantidad y distribución del COS y raíces en los perfiles del suelo del bosque denominado por encinto por tres etapas sucesionales de desarrollo en la reserva de biósfera de Huautla. Estudiaron las distribuciones de biomasa de raíces finas, medias y gruesas, el COS, densidad aparente y almacenamiento de COS en 90 cm de profundidad; la edad en promedio de árboles de los tres bosques fue 40 años, 20 años y 10 años (denominados maduros, medio y joven, respectivamente). Para la recolección de muestras de suelo y raíces usaron parcelas de 20 m x 50 m en función a las condiciones naturales de dichos bosques, lo cual usaron el diseño experimental en bloques; asimismo, para el análisis estadístico usaron a análisis PROC GLM con el software SAS. La concentración y almacenamiento de COS disminuyeron a razón de la profundidad mientras que la Da incrementaba.

2.8.2. Antecedentes nacionales

Chávez (2018) en su investigación sobre la captura y almacenamiento de C en bosques estacionales secos como mitigación frente al cambio climático (CC) en Lambayeque-Perú, como objetivo tuvo la determinación del potencial de captura y capacidad potencial de almacenaje de C de bosques estacionales en la zona de Choloque, por lo cual instaló parcelas de forma circular con un radio de 30 m, todo ello en un área de 159,3 ha⁻¹ y el diámetro a altura del pecho (DAP) > a 5 cm en las especies de palo santo, hualtaco, algarrobo y palo verde por lo que según el inventario forestal existen densidades de árboles de 107 ha⁻¹, 62 ha⁻¹, 49 ha⁻¹ y 15 ha⁻¹, respectivamente; asimismo, a partir de los compartimientos forestales tales como fuste, ramas mayores y menores y hojarasca se determinaron el C. Para el procesamiento de datos usó promedios, desviación estándar y media aritmética por lo que como resultados obtuvo un total de 0,52 Mg C ha⁻¹ con lo que respecta a la biomasa primaria que son la hojarasca o follaje, con lo que respecta al C almacenado en biomasa aérea que son el fuste y ramas mayores fue de 4,23 Mg C ha⁻¹ y finalmente en el C del suelo fue de 42,19 Mg C ha⁻¹, como parte de la conclusión fue que estos bosques ayudan a mitigar el CC por lo que se debe implementar culturas de práctica sostenible y herramientas de gestión de sostenibilidad para conservarlo

Ampuero y Aponte (2020) en sus estudios sobre estimar el C almacenado en un juncal de *Schoenoplectus americanus* en el humedal de los pantanos de Villa en Lima-Perú, tuvieron como objetivo la cuantificación del C almacenado en dos escenarios de crecimiento de junco (crecimiento de manera natural y afectada por incendio después de un año); asimismo, hicieron cinco parcelas de 1 m² en cada uno, donde en cada parcela midieron la biomasa aérea, biomasa de raíces y suelo donde colectaron muestras de 0-10 cm, 10-20cm y 20-30 cm de profundidad para estimar el carbono subterráneo. Con lo que respecta al análisis estadístico calcularon los promedios, desviación estándar, el método de Shapiro Wilks para la prueba de normalidad y para la verificación de homocedasticidad usaron la prueba de Levene donde en ambos casos cumplieron las pruebas ($p < 0,05$), posteriormente aplicaron la prueba de T-student, todo ello con el programa Past versión 3.16. Como resultados muestran que la mayor cantidad de C se almacenó en los primeros 10 cm de profundidad del suelo y el stock total de C fue de 1120,70 Mg C ha⁻¹ para la zona natural y un valor de 570,75 Mg C ha⁻¹ para la zona que fue incendiada, lo cual posee potencial como sumidero de C lo cual se debe proteger.

Arévalo y Aponte (2020) en sus estudios sobre el almacenamiento de C y agua en *Tillandsia latifolia* M. de Piedra Campana en Lima-Perú, tuvieron como objetivo la estimación de C y agua usando el muestreo exhaustivo y modelamiento espacial, por lo que el área de estudio tiene una extensión de 26 ha⁻¹, establecieron tres zonas con un total de 72 parcelas de 10 m x 10 m (100 m²) y en cada parcela ubicaron una subparcela de 1 m² que fueron ubicadas de manera aleatoria. Para el análisis estadístico descriptivo usaron promedios máximos y mínimos con la hoja de cálculo Excel y para el modelamiento espacial usaron interpolación con el software ArcMap versión 10.3; asimismo, como resultados más resaltantes con lo que respecta al C total obtuvieron un valor de 3,63 t C ha⁻¹ y un total de 94,1 t C en toda la extensión que investigaron donde llegaron a la conclusión de que el C almacenado es bajo a comparación de otras especies y ecosistemas, sin embargo cabe resaltar que es importante su conservación e implementación de otras especies.

Dilas y Jiménez (2020) en sus estudios sobre la captura de C por un bosque montano de neblina en Cajamarca-Perú, tuvieron como objetivo la evaluación de captura de C en un bosque montano de neblina que nunca tuvo intervención. Implementaron un Plot para la evaluación una ha⁻¹, dentro de ello eligieron de forma sistemática cinco cuadrantes de 400 m² que por dentro de cada uno hicieron cuatro subparcelas de 1 m² para la respectiva evaluación de C capturado y hojarasca, añadido a una parcela circular de 1 m² para que evalúen el stock de C del suelo. Es un tipo de estudio descriptivo-explicativo, mediante un tipo de

muestreo subjetivo, con lo que respecta al análisis estadístico usaron estadística básica tales como diferencias de medias; asimismo obtuvieron resultados en la captura de carbono en el sotobosque un valor de 10,64 t C ha⁻¹, en hojarasca encontraron un valor de 6,72 t C ha⁻¹ y finalmente en el suelo encontraron un valor de 108,97 t C ha⁻¹, a raíz de estos resultados concluyen que estos bosques son eficientes para el secuestro o captura de C.

2.8.3. Antecedentes regionales y locales

Dávila (2022) en su estudio sobre el almacenamiento de carbono en el suelo según las unidades fisiográficas en el fundo CIPTALD – Tulumayo perteneciente a la provincia de Leoncio Prado en la Región Huánuco, tuvo como objetivo principal la estimación de carbono almacenado en el suelo según las unidades fisiográficas que son terraza alta (Ta), terraza media (Tm), terraza baja (Tb) y terraza baja no inundable (Tbni). El estudio fue descriptivo no experimental, donde las unidades fisiográficas cumplieron la función de tratamientos del estudio que fueron Ta, Tm, Tb y Tbni donde estableció 3 parcelas con dimensiones de 50m x 10m en cada unidad fisiográfica, todo ello mediante el diseño completamente al azar (DCA), recolectó muestras de hojarasca con un cuadrante de madera con dimensiones de 50cm x 50cm, recolectó muestras de raíces y suelo a profundidades de 0-10 cm, 10-20cm y 20-30cm; además, para el análisis estadístico utilizó el software IBM SPSS versión español 22, sumado a la prueba estadística de Shapiro–Wilks y para finalizar utilizó la prueba estadística de Duncan ($\alpha = 0,05$). Como resultados más resaltantes obtuvo que la Tbni almacena mayor cantidad de carbono orgánico en hojarasca con un total de 3,48 t C ha⁻¹, mientras que en la Tm almacenó mayor cantidad de carbono orgánico en el suelo y raíces con un total de 32,01 t C ha⁻¹ y 30,65 t C ha⁻¹, respectivamente; además, concluye que el almacenamiento total de carbono orgánico no tuvo diferencias con significancia.

Zavala et al. (2018) en sus investigaciones sobre la influencia de tres sistemas de uso agroforestales del cultivo de cacao en la captura y almacenamiento de C en Tingo María, tuvieron como objetivo la determinación de la influencia de tres (SAF) en el sembrío de cacao, donde se realizó en diferentes unidades fisiográficas (UF) de dicha extensión de estudio a diferentes edades de dicho cultivo; asimismo las edades que fueron evaluadas fueron de < a 8 años, de 8 a 16 años y > a 16 años; asimismo formaron 8 transectos con dimensión de 4 m x 25 m (100 m²) en cada uno, con lo que respecta biomasa arbórea viva colectaron datos de diámetros mayores a 2,5 cm con la realización de inventarios de todos los árboles existentes en la parcela con el diámetro > a 2,5 cm hasta los 30 cm con la respectiva medida del DAP y para el cultivo de cacao colectaron muestras de hasta 30 cm, con lo que

respecta a la biomasa arbórea viva definieron diámetros $>$ a 2,5 cm con parcelas de (100 m²) y para la biomasa de hojarasca cuantificaron residuos muertos tales como ramas pequeñas y medianas, también el mantillo y hojarasca, por lo que utilizaron cuadrantes de madera con medidas de 50 cm x 50 cm colocados en la subparcela de 1 m²; todas las muestras recolectadas fueron llevadas al laboratorio para su respectivo análisis. Como resultados más resaltantes obtuvieron que la mayor concentración de almacenamiento total de C se obtuvo en SAF $>$ a 16 años de edad (344,24 t C ha⁻¹), seguido del SAF de la edad de 8 y 16 años (178,61 t C ha⁻¹) y por último el SAF de la edad de $<$ a 8 años (154,91 t C ha⁻¹); por lo expuesto, mientras más tiempo es establecido los SAF tiene mayor cantidad de C almacenado por lo que brinda mayor cuantificación de servicios ambientales.

González (2018) en su estudio sobre el C almacenado en SAF (sistemas agroforestales) de café de las edades de 4 y 7 años con relación a la gradiente altitudinal en Huánuco, tuvo como objetivos principales la estimación de biomasa almacenada y cantidad de carbono almacenado en SAF del cultivo de *Coffea arabica* L. (densidad 2 m x 1.5 m) e *Inga edulis* (densidad 12 m x 12 m), realizó en las comunidades de Chipaquillo, José María Ugarteche y Túpac Amaru a 1 000, 1 400 y 1 800 msnm respectivamente. El método de investigación fue inductivo, de tipo prospectivo con un nivel explicativo y diseño cuasi experimental; asimismo, el tipo de muestreo que usó fue no probabilístico o dirigido, además para la contrastación hipotética se realizaron con ANVA y prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de confianza al 95% y con 5% de error. Como resultados más resaltantes C de SAF con cultivo de café de la edad de 4 y 7 años presentan ligeras variaciones respecto a la gradiente altitudinal (GA); asimismo, con lo que respecta al café de edad de 4 años el mayor almacenamiento de C fue en la comunidad de Túpac Amaru con GA de 1 800 msnm con un valor de 95,88 t C ha⁻¹ y con menor cantidad de almacenamiento de C fue en la comunidad de José María Ugarteche con GA de 1400 msnm con un valor de 73,07 t C ha⁻¹ y en el cultivo de café de edad de 7 años el valor más alto fue en la comunidad de José María Ugarteche con GA de 1 400 msnm con un total de 98,88 t C ha⁻¹ y con menor almacenamiento de C fue en la comunidad de Túpac Amaru con una GA de 1 800 msnm que tuvo un valor total de 57,45 t C ha⁻¹. Referente a los resultados concluye que debe haber un plan de sensibilización para los agricultores de la zona sobre la importancia del almacenamiento de C que conlleva a la conservación de los suelos y mitigación de la contaminación global ambiental.

Quiñonez (2019) en sus estudios sobre carbono secuestrado en biomasa y suelo de dos ecotipos de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) en cuatro densidades de siembra

en Tingo María – Perú, tuvo como objetivo la determinación de carbono secuestrado en biomasa, suelo y la evaluación del rendimiento y rentabilidad de sachá inchi. Realizó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con la metodología de Duncan para contrastar las medias de resultados con nivel de significancia de 0,05; asimismo, con lo que respecta a carbono secuestrado en biomasa seca fueron tomados en cuenta los frutos, hojas, tallo y raíces con un tiempo de 1 año y para la biomasa también se usó la misma metodología anterior sumado a que se tomaron dos plantas al azar con un total de cuatro plantas por parcela y registró el peso total fresco en cada clase, luego separó una submuestra de 1 gramo y llevada a la mufla con un crisol a temperatura de 500 °C durante ocho horas y tomó el dato de peso seco de la submuestra. Como resultados más resaltantes el carbono secuestrado en *P. volubilis* no tuvo influencia para los ecotipos de Pinto Recodo y Alto Mayo durante el año de evaluación a comparación de la densidad que si hubo influencia significativamente y la mayor cantidad de carbono se obtuvo en el ecotipo Pinto Recodo con un valor total de 2,47 t C ha⁻¹ y en la biomasa seca un valor total de 1,38 t C ha⁻¹, respecto al carbono en el suelo con las profundidades de 0-20, 20-40 y 40-60 cm no hubo significancia en ambos ecotipos y se encontró el más alto valor de carbono en suelo en las primeras profundidades (0-20 cm) con valores que varían entre 50,88 y 67,56 t C ha⁻¹. Concluye que se debe proteger estas áreas ya que son importantes para el desarrollo sostenible.

López Angulo (2020) en sus estudios sobre el almacenamiento de C en el suelo en plantaciones de *Guazuma crinita* establecidas a diferentes altitudes en la provincia de Leoncio Prado – Perú, tuvo como objetivo la determinación de carbono que se almacena en el suelo a distintos pisos altitudinales. Consideró a cuatro distritos con rangos de altitudes que varía desde los 540 msnm hasta 740 msnm y cada gradiente estableció una parcela de 20 m x 50 m; asimismo, dividió en dos subparcelas de 25 m x 10 m para la recolección de muestras y la determinación de carbono orgánico, raíces y densidad aparente y una parcela de 50 m x 10 m para la recolección de muestras de hojarasca; asimismo, en cada subparcela estableció una pequeña área de 1 m² para la realización de pequeñas calicatas con medidas de 0.30 m x 0.30 m x 0.30 y tres rangos de muestras de 0-10 cm, de 10-20 cm y de 20-30 cm de profundidad, donde en cada uno se obtuvo una muestra de 0.5 kg , además las muestras que se obtuvieron fueron mezcladas hasta obtener la muestra uniformizada y representativa de dicho lugar, en la última calicata (la cuarta) obtuvo muestras para densidad aparente, raíces y hojarasca. La mayor cantidad de carbono orgánico almacenado fue en el distrito de Pueblo Nuevo con un total de 206,157 t C ha⁻¹ que tiene una gradiente altitudinal de 500 msnm a 580 msnm y se determinó que mientras menor sea la gradiente altitudinal el COS aumenta en plantaciones de *G. crinita*.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El lugar donde fue realizado el trabajo de investigación se encuentra localizado en el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo La Divisoria (CIPTALD), se encuentra a 27 km aproximadamente desde la ciudad de Tingo María con dirección hacia la ciudad de Aucayacu mediante la carretera Fernando Belaunde Terry y los análisis requeridos se realizó en el laboratorio de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Conservación de Suelos y Agua, perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.1.1. Ubicación geográfica

Se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas UTM:

Este	:	385730
Norte	:	8990745
Altitud	:	620 msnm

3.1.2. Ubicación política

Localidad	:	Tulumayo
Distrito	:	Pueblo Nuevo
Provincia	:	Leoncio Prado
Departamento	:	Huánuco

3.2. Características del área estudiada

La zona estudiada presenta características climáticas con temperaturas medias de 24,5 °C, con humedad relativa de 84% y una precipitación media anual de 3400 mm (SENAMHI, 2021); asimismo, conforme con la clasificación de zonas de vida y diagrama bioclimático (Holdridge, 2000) es perteneciente a bosque húmedo – Premontano Tropical (bh - PT).

La investigación se realizó a partir del mes de junio del año 2021, donde a partir de dicho mes se inició con la ejecución de la investigación iniciando con el levantamiento de muestras en campo, todo ello durante la época de estiaje de los meses de junio hasta agosto del mismo año, seguidamente se realizó los análisis de laboratorio y los cálculos respectivos; asimismo, los sistemas de uso de tierra presentaron las siguientes características:

a) Cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

Este sistema de uso de tierra tuvo una extensión de 4 ha⁻¹ con una densidad de siembra de 0,25m x 0,25m con una pendiente de 2%, el levantamiento de muestras para estimar carbono orgánico en el suelo, hojarasca y raíces en este cultivo se realizó a los 4 meses a partir de la siembra, este cultivo por ser un cultivo no perenne requiere la constante intervención antrópica para el adecuado manejo donde la producción es de dos veces al año, además está notablemente libre de malezas debido a que su manejo es con productos químicos.

b) Cultivo de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth)

Este sistema de uso de tierra cuenta con 18 años a partir de la siembra, tiene una extensión de 2 ha⁻¹ con una densidad de siembra de 5m x 4m, con una pendiente de 3%, no requiere de constante intervención antrópica debido a que la especie ya está adaptada por lo que es autosuficiente, que además genera fertilidad natural mediante el volumen de hojas y ramas que caen al suelo ya que se descomponen generando materia orgánica ya que esto mejora la calidad del suelo, cabe resaltar que en la mayoría se su extensión tuvo malezas.

c) Cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f.)

Este sistema de uso de tierra cuenta con 10 años de siembra, tiene una extensión de 0,5 ha⁻¹ con una densidad de siembra de 5m x 5m, con pendiente de 2% que está instalado bajo el sistema de siembra tresbolillo, debido a que es una especie ya adaptada no requiere de mucha intervención antrópica, además cuenta con hojas de gran tamaño por lo que reduce el crecimiento de diversas malezas y en paralelo genera materia orgánica.

d) Cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)

El SUT con cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) cuenta con 7 años de siembra, tiene una extensión de 3,5 ha⁻¹ con una densidad de siembra de 3m x 3m, también cuenta con una pendiente de 4%, además requiere la constante intervención antrópica para su manejo, cuidado y producción, este cultivo tuvo presencia de malezas de bajo tamaño en casi toda el área que ocupa dicho sistema de uso de tierra.

e) Cultivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.)

Este sistema de uso de tierra cuenta con 30 años de instalación, en principio predominaba el pasto camerún por lo que debido al sobrepastoreo dicho pasto empezó a ser reemplazado por el pasto kikuyo debido a que se adaptó mejor a las condiciones requeridas en

el sector, cuenta con una extensión de 225 ha⁻¹ aproximadamente y cuenta con variabilidad de pendiente de hasta 5%, este SUT no requiere mucha intervención antrópica para su manejo debido a su adaptabilidad rápida a diversos tipos de suelos y climas, sin embargo está en constante compactación que generan los ganados vacunos y equinos, este SUT no tuvo muchas malezas debido al constante sobrepastoreo que existe en todo el sector.

3.3. Material y equipos

3.3.1. Materiales de campo

Cuadrantes de madera, estacas de madera, martillo, machete, pala recta, flexómetro, wincha, rafia, bolsas plásticas, bolsas de papel, costales, etiquetas, engrapador, cilindros de volumen conocido, EPP's y marcadores.

3.3.2. Materiales de laboratorio

Tamiz de 2 mm de diámetro, espátula, vaso precipitado, matraz, pipeta, caja petri y reactivos.

3.3.3. Equipos de campo

GPS Garmin GPSmap 62sc, cámara digital Canon EOS Rebel T100 y clinómetro SUUNTO TANDEM.

3.3.4. Equipos de laboratorio

Estufa Memmert UF110, agitador de varilla eléctrica Kingqi y balanza digital Cavory EK5055.

3.4. Criterio y análisis del estudio

3.4.1. Tipo y nivel de investigación

Es perteneciente al tipo aplicada por lo que distingue a obtener propósitos prácticos inmediatos (Carrasco, 2010); asimismo, corresponde a un nivel de investigación descriptivo correlacional por lo que se establece una descripción lo más completa posible del fenómeno o situación (Hurtado, 2002).

3.4.2. Diseño de investigación

Pertenece al diseño no experimental, transeccional descriptivo con enfoque cuantitativo, ya que se los datos obtenidos no se alteraron, sino que se recopiló información bibliográfica ya existente, además se describió según la información obtenida,

sumado a que se presentó en tablas detalladas, figuras y muestras seleccionadas con base a características ya establecidas (Arnau, 1995).

3.5. Metodología

La investigación de manera descriptiva, puesto que describe la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo, hojarasca y raíces en los cinco sistemas de uso de tierra, donde se establecieron parcelas generales como se ejemplifica en la Figura 1.

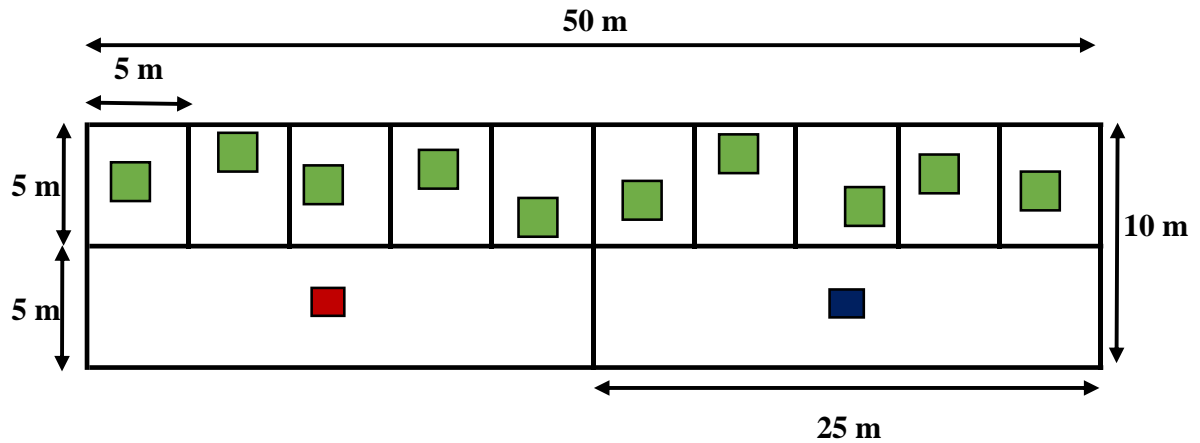


Figura 1. Diseño de parcela general para levantamiento de muestras de suelo, hojarasca y raíces.

Donde:

- Punto para levantamiento de muestras de suelo
- Puntos para levantamiento de muestras de hojarasca
- Punto para levantamiento de muestras de raíces

En la Figura 1 se ejemplifica la parcela general muestral para el levantamiento de muestras para la estimación de carbono orgánico, tiene una dimensión de 500 m² (Schlegel et al., 2001), dentro de la parcela se establecieron tres subparcelas para el levantamiento de muestras de suelo, hojarasca y raíces; asimismo, en cada SUT se establecieron 3 parcelas generales, siendo un total de 15 parcelas generales establecidas aleatoriamente en los 5 SUT, para la estimación de biomasa del suelo, hojarasca y raíces se empleó la metodología del Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF, 2009). Las muestras de suelo, hojarasca y raíces fueron codificadas y enseguida trasladadas al laboratorio de conservación de suelos de la Facultad de Recursos Naturales Renovables perteneciente a la Universidad Nacional Agraria de la Selva para ser analizadas.

3.5.1. Determinación de carbono orgánico en el suelo en cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teca (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.)

3.5.1.1. Reconocimiento del área

Se realizó el reconocimiento mediante el mapa de ubicación con el fin de establecer la estratificación respectiva del área, luego se realizó el reconocimiento en campo con la finalidad de establecer las parcelas generales y puntos de muestreo en cada SUT.

3.5.1.2. Levantamiento de muestras de suelo y densidad aparente

Se estableció la parcela general (Figura 1), enseguida se dividió en subparcelas, cabe resaltar que el terreno en algunos SUT es fangoso por lo fue indispensable utilizar los EPP's y establecer las parcelas generales en zonas adecuadas para el levantamiento correcto de las muestras. En la subparcela de 125 m² se realizó una calicata con medidas de 0,3m x 0,3m x 0,3m para cada lado, por lo cual se realizó el levantamiento de muestras a tres rangos de profundidades de 0-0,1m; 0,1-0,2m y 0,2-0,3m (Figura 2) donde en cada profundidad se sustrajo 0,5 kg de suelo (ICRAF, 2009), recolectando en total tres muestras, siendo en total 1,5 kg de suelo por parcela general establecida. En total fueron 45 muestras de suelo recolectadas en los 5 SUT, cada muestra fue colocada en bolsas plásticas y codificadas, luego fueron trasladados y analizados en el laboratorio de conservación de suelos.

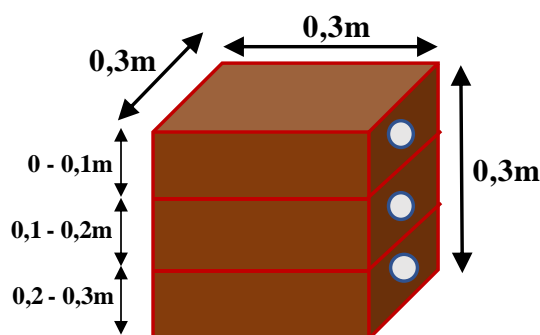


Figura 2. Calicata para el levantamiento de muestras de suelo y densidad aparente a tres rangos de profundidades.

Por otro lado, en obtención de muestras para determinar la densidad aparente se empleó el método del cilindro, que enseguida se introdujo un cilindro de metal con dimensiones de 7cm de altura y 5,6cm de diámetro introducidos en cada rango de

profundidad de suelo establecida que son de 0-0,1m; 0,1-0,2m y de 0,2-0,3m, respectivamente codificados para luego ser analizados en el laboratorio (McDicken, 1997).

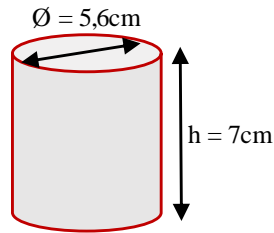


Figura 3. Dimensiones del cilindro metálico para determinar la densidad aparente en el suelo.

3.5.1.3. Levantamiento de datos para estimación de C orgánico del suelo y densidad aparente

Las muestras de suelo fueron secadas al aire libre bajo sombra por 72 horas; con respecto a la estimación de C del suelo se utilizó el método de (Walkley y Black, 1934), mediante el análisis se estimó el porcentaje de materia orgánica (%MO).

Los cilindros de volumen conocido llenados con suelo para determinar la DA (densidad aparente) fueron colocadas a la estufa con temperatura de 70 °C de 24 a 48 horas de aproximación hasta obtener la constantinidad de pesos (ICRAF, 2009).

3.5.1.4. Cálculo para estimación de C orgánico del suelo y densidad aparente

Para la estimación de carbono orgánico del suelo se usó las siguientes fórmulas de Walkley y Black (1934) e ICRAF (2009):

a) Para determinar densidad aparente:

$$Da = \frac{PSS}{VC} \quad (1)$$

Donde:

Da : Densidad aparente (g/cc)

PSS : Peso seco del suelo

VC : Volumen del cilindro

El volumen del cilindro se calculó con la siguiente fórmula:

$$VC = \pi * r^2 * h \quad (2)$$

Donde:

VC : Volumen del cilindro (cc)

π : 3,1416

r : radio del cilindro (cm)

h : altura del cilindro (cm)

b) Para determinar el peso de volumen del suelo:

$$PVs = Da * P * 10000 \quad (3)$$

Donde:

PVs : Peso de volumen de suelo (t ha⁻¹)

Da : Densidad aparente (g/cc)

P : Profundidad del suelo (m)

1000 : Factor

c) Para determinar el porcentaje de carbono orgánico:

$$\%C = 0.58 * \%MO \quad (4)$$

Donde:

%C : Porcentaje de carbono orgánico

0.58 : Factor

%MO : Porcentaje de materia orgánica

d) Para determinar el carbono orgánico del suelo:

$$COS = PVs * P * 10000 \quad (5)$$

Donde:

COS : Carbono orgánico del suelo (t ha⁻¹)

PVs : Peso de volumen de suelo

P : Profundidad del suelo

10000 : Factor

3.5.2. Determinación de carbono orgánico en hojarasca en cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teca (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.)

3.5.2.1. Reconocimiento del área

Se realizó el reconocimiento mediante el mapa de ubicación con el fin de establecer la estratificación respectiva del área y luego se realizó el reconocimiento en campo con la finalidad de establecer los puntos de parcelas generales en cada SUT.

3.5.2.2. Levantamiento de muestras de hojarasca

Cuando se estableció la parcela general se procedió a realizar las subparcela de 250 m² que se subdividió en 10 partes por igual quedando otras subparcelas con medidas de 5 m x 5 m (25 m²) donde en cada una se colocó al azar un cuadrante de madera con medidas de 0.5 m x 0.5 m (0.25 m²) por lo cual se recolectó toda la hojarasca que se encontró dentro del cuadrante de madera sumado a flores, frutos, semillas, material leñoso y fragmentaciones de estos que fueron <4 cm de diámetro, obteniendo 10 muestras de hojarasca por parcela general establecida y un total de 150 muestras en los 5 SUT; asimismo, cada muestra de hojarasca fue colocada en bolsas plásticas debidamente codificadas y enseguida enviadas al laboratorio de conservación de suelos para el respectivo análisis (McDicken, 1997).

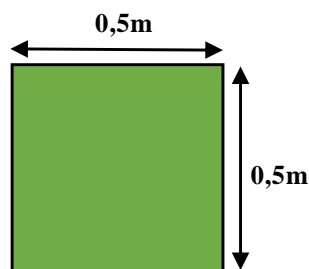


Figura 4. Dimensiones del cuadrante de madera para el levantamiento de muestras de hojarasca.

3.5.2.3. Levantamiento de datos para estimación de C orgánico en hojarasca

De cada muestra recolectada debidamente codificada se realizó el peso respectivo con una balanza digital, donde primero se tomó los datos del peso húmedo, enseguida se colocó cada muestra en una bolsa hecho de papel para ser llevada a la estufa a

temperatura de 70 °C por un lapso de 24 a 48 horas hasta la obtención de pesos constantes para luego obtener el peso seco de cada muestra de hojarasca, además se calculó la diferencia de pesos para estimar la biomasa de hojarasca (ICRAF, 2009).

3.5.2.4. Cálculo para estimación de C orgánico en hojarasca

Para la estimación de carbono orgánico en hojarasca se usó la siguiente fórmula (ICRAF, 2009):

$$COH = BH * 0.5 \quad (6)$$

Donde:

COH : Carbono orgánico de hojarasca (t ha⁻¹)

BH : Biomasa en hojarasca

0.5 : Factor

Para estimar la biomasa en hojarasca se usó la siguiente fórmula:

$$BH = \left(\frac{\bar{x}PS}{\bar{x}PH} * PFT \right) * 40 \quad (7)$$

Donde:

BH : Biomasa en hojarasca (t ha⁻¹)

$\bar{x}PS$: Media del peso seco

$\bar{x}PH$: Media del peso húmedo

PFT : Peso fresco total

40 : Factor

3.5.3. Determinación de carbono orgánico en raíces en cultivos de arroz (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teca (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.)

3.5.3.1. Reconocimiento del área

Se realizó el reconocimiento mediante el mapa de ubicación con el fin de establecer la estratificación respectiva del área y luego se realizó el reconocimiento en

campo con la finalidad de establecer las parcelas generales de puntos de muestreo en cada sistema de uso de tierra y proceder a los levantamientos de cada muestra para la estimación de carbono orgánico.

3.5.3.2. Levantamiento de muestras de raíces

En la subparcela restante de 125 m² también se realizó una calicata con medidas de 0,3m x 0,3m x 0,3m para cada lado; asimismo, se realizó el levantamiento de muestras radiculares a tres rangos de profundidades de 0-0,1m; 0,1-0,2m y 0,2-0,3m como se ejemplifica en la Figura 5.

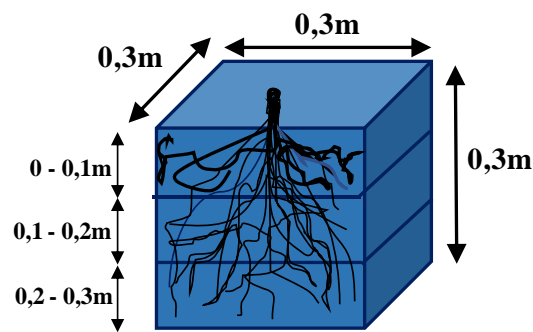


Figura 5. Calicata para levantamiento de muestras de raíces a tres rangos de profundidades.

En cada rango de profundidad se sustrajo el volumen total radicular por cada profundidad establecida (0,001 m³), recolectando en total tres muestras de volumen de raíces por cada parcela general establecida. Fueron un total de 45 muestras recolectadas, cada muestra fue colocada en bolso plástico respectivamente codificadas para luego ser analizados en el laboratorio de conservación de suelos (ICRAF, 2009).

3.5.3.3. Levantamiento de datos para estimación de C orgánico en raíces

Las raíces obtenidas de cada profundidad fueron lavadas y seleccionadas para luego ser pesadas obteniendo el dato de peso húmedo, enseguida se ha colocado a la estufa a temperatura de 70 °C con un tiempo de 24 a 48 horas hasta obtener constantinidad en los pesos, enseguida se obtuvo el resultado del peso de la materia seca por lo que el resultado de la diferencia de pesos se determinó biomasa de raíces (ICRAF, 2009).

3.5.3.4. Cálculo para estimación de C orgánico en raíces

Para la estimación de carbono orgánico de raíces se usó la siguiente fórmula (ICRAF, 2009):

$$COR = BR * 0.5 \quad (8)$$

Donde:

COR : Carbono orgánico de raíces (t ha⁻¹)

BR : Biomasa en hojarasca

0.5 : Factor

Para estimar la biomasa en raíces se usó la siguiente fórmula:

$$BR = \left(\frac{PS}{Vm} * Vt \right) * 1000 \quad (9)$$

Donde:

BR : Biomasa radicular (t ha⁻¹)

PS : Peso seco de la muestra (kg)

Vm : Volumen de la muestra (m³)

Vt : Volumen total (m³/ha⁻¹)

1000 : factor

3.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

Pertenece a un DCA (diseño completamente al azar), donde se realizaron 3 repeticiones en cada SUT (sistema de uso de tierra), por lo que son 5 SUT que fueron evaluados, donde los SUT hacen representación de tratamientos y por lo que en total fueron 15 parcelas generales establecidas. Dichas cifras se sometieron a ANOVA (análisis de varianza) y a la prueba de Tukey post hoc con nivel de confianza del 95% para el respectivo cotejo de medias y comparaciones múltiples mediante Tukey-HSD; además, para el análisis estadístico en general se utilizó el software SPSS versión 24. El modelo aditivo lineal se representó en la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \epsilon_{ij} \quad (10)$$

Donde:

Y_{ij} : Respuesta del i-ésimo tratamiento de la j-ésima repetición

- μ : Efecto de la media general
- σ_i : Efecto del i-ésimo tratamiento
- ϵ_{ij} : Efecto aleatorio del error experimental

Para:

$i = 1, 2, 3, 4, 5$ tratamientos

$j = 1, 2, 3$ repeticiones

Tabla 1. Esquema de análisis de varianza (ANOVA)

Variable	FV	GL	SC	CM	Fc	Sig.
	Tratamientos	t-1	SC _{trat}	SC _{trat} /gl _{trat} = CM _{trat}	CM _{trat} /CM _{ee}	
Carbono orgánico	Error	(t)*(b-1)	SC _{ee}	SC _{ee} /gl _{ee} = CM _{ee}		
	Total	(t*b) - 1	SC _{total}			

t: tratamientos., b: repetición

3.7. Población y muestra

La población conformó los SUT (sistemas de uso de tierra) y la muestra conformó los SUT con cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teca (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.).

3.8. Variables

3.8.1. Independiente

Sistemas de uso de tierra con cultivos de: arroz (*Oryza sativa* L.), capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), teca (*Tectona grandis* L.f.), cacao (*Theobroma cacao* L.) y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.).

3.8.2. Dependiente

Carbono orgánico del suelo, hojarasca y raíces.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Carbono orgánico del suelo en los sistemas de uso de tierra

Se puede observar el análisis de varianza (Tabla 2) respecto al carbono orgánico almacenado en el suelo en los cinco sistemas de uso en el CIPTALD, donde se puede apreciar que existe diferencia estadística altamente significativa, es decir los sistemas de uso de tierra registran estadísticos diferentes en los niveles de carbono orgánico en el suelo.

Tabla 2. Análisis de varianza de carbono orgánico del suelo en cinco sistemas de uso en el CIPTALD

Variable	FV	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Carbono orgánico del suelo	Sistema de uso de tierra	128,552	4	32,138	34,661	0,000**
	Error aleatorio	9,272	10	0,927		
	Total	137,824	14			

** altamente significativo

Con base en los valores obtenidos de carbono orgánico almacenado en el suelo en los cinco sistemas de uso de tierra (SUT) mediante la prueba HSD de Tukey ($p < 0,05$) como se ejemplifica en la Tabla 3, existen tres grupos con sub-homogeneidad que agrupan de tratamientos estadísticamente semejantes; además, el valor más alto registró el SUT con cultivo de capirona con $26,55 \text{ t C ha}^{-1}$ donde las especies forestales cuentan con gran alcance de crecimiento por lo que el almacenamiento de carbono es superior; dicho criterio también se da en el SUT con cultivo de teca y cacao con $26,16$ y $25,32 \text{ t C ha}^{-1}$, respectivamente; sin embargo, los valores inferiores denotan en los SUT con cultivo de pastura y arroz.

Tabla 3. Prueba de HSD Tukey ($p < 0,05$) de carbono orgánico del suelo en los cinco SUT en el CIPTALD

OD	SUT	N	Media (t C ha^{-1})	Significancia
1	Capirona	3	$26,55 \pm 1,29$	a
2	Teca	3	$26,16 \pm 1,06$	a
3	Cacao	3	$25,32 \pm 0,76$	a
4	Pastura	3	$22,46 \pm 0,67$	b
5	Arroz	3	$18,74 \pm 0,91$	c

\pm desviación estándar, letras dispares demuestra que existe diferencias estadísticas entre mediciones.

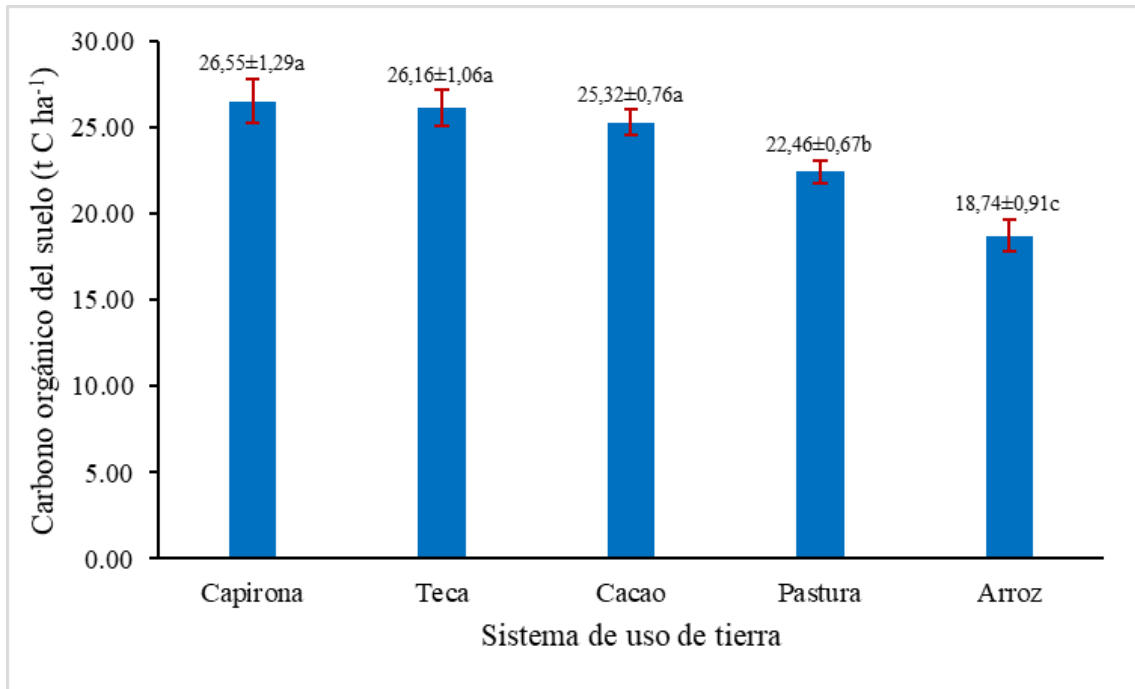


Figura 6. Comparación de promedios de carbono orgánico del suelo en los cinco SUT.

En la Figura 6 los resultados muestran que los SUT con especies forestales con capirona y teca tuvieron valores de 26,55 t C ha⁻¹ y 26,16 t C ha⁻¹ respectivamente, además el cultivo de cacao tuvo un valor de 25,32 t C ha⁻¹, estos SUT por su fisiología genera mucha cantidad de residuos orgánicos por lo que es beneficioso para el incremento de materia orgánica en el suelo por ende también hacia el incremento de carbono orgánico en el suelo; sin embargo, los SUT con cultivo de pasto y arroz son las más intervenidas por el hombre, en el caso del cultivo con pasto está sometido al constante pastoreo y a la compactación de los ganados vacunos y equinos, el abonamiento mediante sus desechos no es suficiente ya que al momento de alimentarse desnudan los suelos y no beneficia al incremento de carbono orgánico, en el caso del cultivo de arroz por ser un cultivo no perenne requiere la constante labranza para su manejo que además utilizan productos químicos para erradicar las malezas; en ambos cultivos el manejo no es beneficioso ya que afecta directamente hacia la calidad del suelo y en consecuencia la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico es inferior.

La cantidad de carbono orgánico en el suelo están asociados a la cantidad de materia orgánica existente en el suelo por lo que es crucial y favorable dicho elemento donde las especies forestales son los que generan mayor materia orgánica, las muestras fueron tomadas de hasta 30cm de profundidad. Estos valores también fueron estimados por Acosta et al. (2020) que evaluó carbono orgánico en especies forestales que reporta 73,94 Mg C ha⁻¹ que refleja el potencial de carbono orgánico en el suelo de estas especies.

4.2. Carbono orgánico en hojarasca en los sistemas de uso de tierra

En la Tabla 4 se muestra el análisis de varianza con respecto al carbono orgánico almacenado en hojarasca en cinco sistemas de uso en el CIPTALD, donde se aprecia que existe diferencia estadística altamente significativa, es decir, los sistemas de uso de tierra registran estadísticos diferentes en el carbono orgánico en hojarasca.

Tabla 4. Análisis de varianza de carbono orgánico en hojarasca en cinco sistemas de uso en el CIPTALD

Variable	FV	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Carbono orgánico del suelo	Sistema de uso de tierra	7512,101	4	1878,025	286,284	0,000**
	Error aleatorio	65,600	10	6,560		
	Total	7577,701	14			

** altamente significativo

En relación a los valores obtenidos de carbono orgánico almacenado en hojarasca en los cinco SUT mediante la prueba HSD de Tukey ($p < 0,05$) existe diferencias significativas (Tabla 5), donde cada grupo es distinto por lo que todos los tratamientos son estadísticamente diferentes, el valor más alto registró el SUT con cultivo de teca con $62,71 \text{ t C ha}^{-1}$, puesto que esta especie cuenta con hojas de gran dimensión que hace que el carbono orgánico sea superior; por otro lado, los SUT con cultivo de pasto y arroz denotan los valores más bajos de todos los tratamientos.

Tabla 5. Prueba de HSD Tukey ($p < 0,05$) de carbono orgánico en hojarasca en los cinco SUT en el CIPTALD

OD	SUT	Repetición	Media (t C ha^{-1})	Significancia
1	Teca	3	$62,71 \pm 1,03$	a
2	Capirona	3	$28,48 \pm 3,85$	b
3	Cacao	3	$11,01 \pm 3,81$	c
4	Pastura	3	$4,65 \pm 0,73$	cd
5	Arroz	3	$2,43 \pm 1,37$	d

± desviación estándar, letras dispares demuestra que existe diferencias estadísticas entre mediciones.

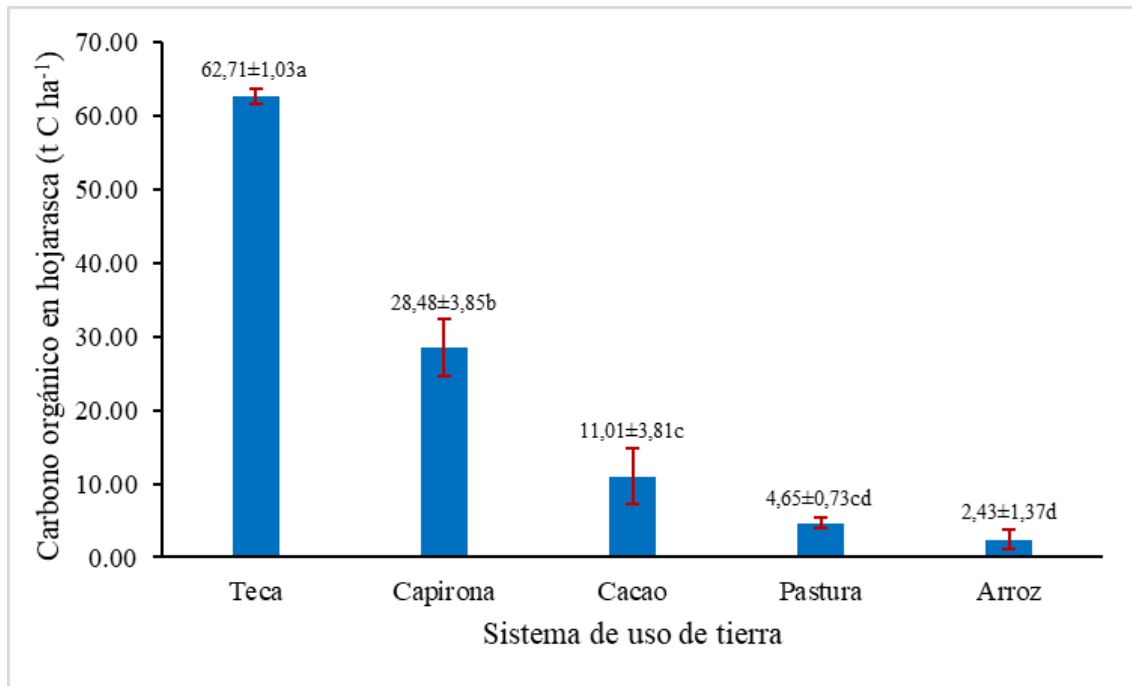


Figura 7. Comparación de promedios de carbono orgánico en hojarasca en los cinco SUT.

En la Figura 7 los resultados muestran que los SUT con especies forestales con teca y capirona tuvieron valores de $62,71 \text{ t C ha}^{-1}$ y $28,48 \text{ t C ha}^{-1}$ respectivamente, además el cultivo de cacao tuvo un valor de $11,01 \text{ t C ha}^{-1}$, estos SUT en especial el cultivo de teca cuenta con gran dimensión en sus hojas que además genera mucha cantidad de residuos orgánicos por lo que es beneficioso para el incremento de carbono orgánico en hojarasca; sin embargo, los SUT con cultivo de pasto y arroz es todo lo contrario ya que por ser cultivos con tamaño bajo no genera mucha hojarasca por lo que se ve reflejado en los valores de $4,65 \text{ t C ha}^{-1}$ y $2,43 \text{ t C ha}^{-1}$ respectivamente.

La cantidad de carbono orgánico en hojarasca está asociado al volumen de hojas de los cultivos por lo que es crucial y favorable dicho elemento donde las especies forestales son los que mayor volumen de hojas cuenta ya que también es beneficioso para mejorar la calidad del suelo, en cas caso específico del SUT con cultivo de teca por tener hojas de gran tamaño al caer al suelo impide que crezcan malezas y éstas al descomponerse generan materia orgánica. Estos valores también fueron estimados por Dilas y Jiménez (2020) que evaluó carbono orgánico en un bosque montano que reporta valores ampliamente diferentes con $6,72 \text{ t C ha}^{-1}$, en tal sentido Gonzales (2018) evaluó el carbono orgánico en sistemas agroforestales en rangos de gradientes altitudinales donde reporta mayor cantidad de carbono en la menor gradiente altitudinal con valores de $11,36 \text{ t C ha}^{-1}$ por lo que la elevación geográfica de dichos sectores influye en la captura de carbono orgánico en hojarasca.

4.3. Carbono orgánico en raíces en los sistemas de uso de tierra

En la Tabla 6 se muestra el análisis de varianza con respecto al carbono orgánico almacenado en raíces en cinco sistemas de uso en el CIPTALD, donde se aprecia que existe diferencia estadística significativa, es decir, los sistemas de uso de tierra registran estadísticos diferentes en el carbono orgánico en raíces.

Tabla 6. Análisis de varianza de carbono orgánico en raíces en cinco sistemas de uso en el CIPTALD

Variable	FV	SC	GL	CM	Fc	Sig.
Carbono orgánico del suelo	Sistema de uso de tierra	123,461	4	30,865	27,799	0,042*
	Error aleatorio	11,103	10	1,110		
	Total	134,564	14			

* significativo

Con base a los valores obtenidos de carbono orgánico almacenado en raíces en los cinco SUT mediante la prueba HSD de Tukey ($p < 0,05$) existe diferencias significativas (Tabla 7), donde existen cuatro grupos con sub-homogeneidad que agrupan tratamientos estadísticamente semejantes, el valor más alto registró el SUT con cultivo de pasto con $7,92 \text{ t C ha}^{-1}$ puesto que estas especies son gramíneas de alto volumen de sistema radicular por lo que el almacenamiento de carbono radicular es mayor que las demás especies, sin embargo, valores inferiores denotan en los SUT con cultivo de arroz con un valor de $2,15 \text{ t C ha}^{-1}$.

Tabla 7. Prueba de HSD Tukey ($p < 0,05$) de carbono orgánico en raíces en los cinco SUT en el CIPTALD

OD	Sistema de uso de tierra	Repetición	Media (t C ha^{-1})	Significancia
1	Pastura	3	$7,92 \pm 4,16$	a
2	Cacao	3	$4,12 \pm 1,66$	B
3	Teca	3	$3,62 \pm 1,49$	B
4	Capirona	3	$2,19 \pm 0,24$	B
5	Arroz	3	$2,15 \pm 0,11$	B

\pm desviación estándar, letras dispares demuestra que existe diferencias estadísticas entre mediciones.

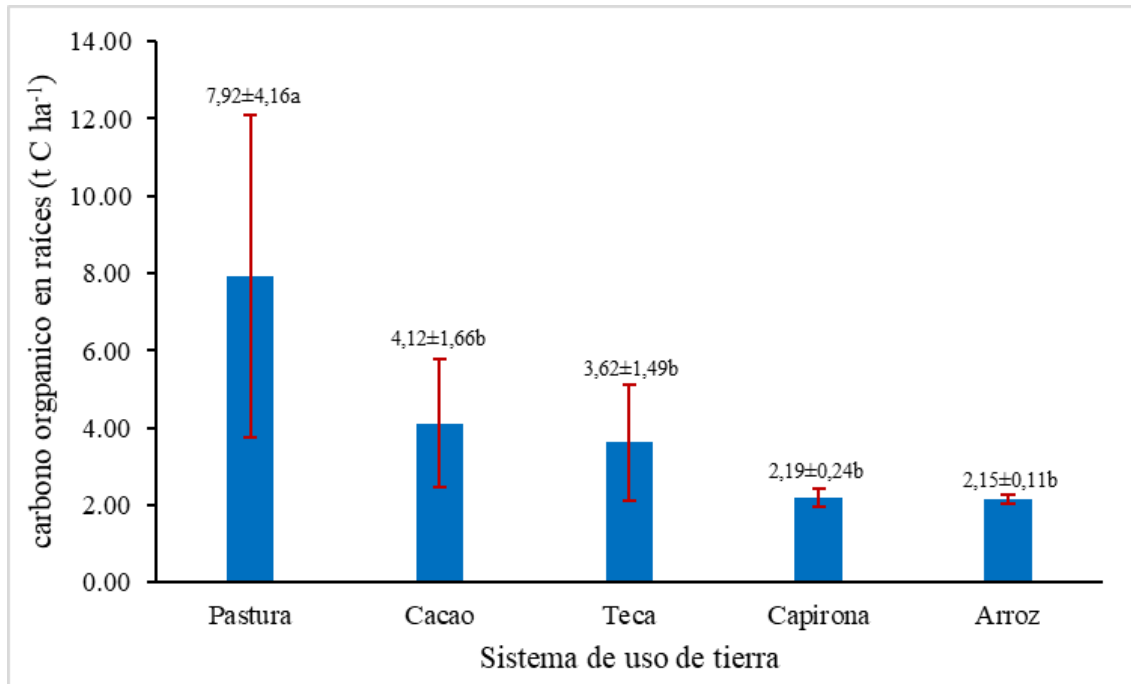


Figura 8. Comparación de promedios de carbono orgánico en raíces en los cinco SUT.

En la Figura 8 los resultados muestran que el SUT con pasto tuvo un valor de carbono orgánico en raíces de $7,92 \text{ t C ha}^{-1}$, este SUT por su fisiología de gramíneas que genera grandes volúmenes de raíces en los primeros centímetros de profundidad del suelo en tal dirección también hacia el incremento de carbono orgánico en raíces; sin embargo, los SUT con cultivo de cacao, teca y capirona por ser especies forestales de gran tamaño su sistema radicular mayormente es proporcional con el tamaño, quiere decir que cuentan con raíces mucho más profundas superando el metro de profundidad, por lo que resultó la escasez de sistema radicular en los primeros centímetros del suelo, en consecuencia da como resultado la baja cantidad de carbono orgánico radicular con valores de $4,12 \text{ t C ha}^{-1}$, $3,62 \text{ t C ha}^{-1}$ y $2,19 \text{ t C ha}^{-1}$ respectivamente; por otro lado el SUT con cultivo de arroz denotó el valor más bajo con $2,15 \text{ t C ha}^{-1}$ puesto que el sistema radicular de este cultivo es poco por lo que minimiza capacidad de almacenamiento de carbono orgánico en raíces.

La cantidad de carbono orgánico en raíces están asociados la capacidad de desarrollo radicular en los primeros centímetros del suelo, por lo que es crucial y favorable dicho elemento donde las gramíneas en este caso el SUT con cultivo de pasto son los que mayor volumen radicular generan, cabe resaltar que las muestras fueron tomadas de hasta 30cm de profundidad. Estos valores también fueron estimados por Contreras et al. (2020) que evaluó carbono orgánico radicular en sistemas silvopastoriles en profundidades de suelo de hasta 30cm que reporta $2,16 \text{ t C ha}^{-1}$ en tal sentido se refleja el potencial de carbono orgánico en raíces de las gramíneas por su volumen radicular.

V. CONCLUSIONES

1. El carbono orgánico (CO) del suelo del CIPTALD fue superior en el SUT con cultivo de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth), seguido del SUT con cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f.) por lo que son especies forestales de gran tamaño que debido a su fisiología enriquece la materia orgánica en el suelo (MOS) y en paralelo el CO; en tal sentido, el SUT con cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) por ser una especie agrícola de mediano tamaño también posee gran cantidad de CO debido a su aportación de MOS mediante la caída de hojas, tallos y cosecha de frutos; sin embargo, los SUT con cultivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) y arroz (*Oryza sativa* L.) denotaron los valores mínimos debido a su diminuto tamaño que además están sometidos a la constante labranza, pastoreo y compactación. El CO del suelo manifestó diferencia significativa entre tratamientos que los sistemas de uso de tierra (SUT).
2. El CO en hojarasca del CIPTALD fue ampliamente mayor en el SUT con cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f.) por lo que estos cultivos cuentan con hojas de grandes dimensiones que hace que el carbono orgánico se almacene en grandes cantidades que a su vez su gran tamaño de hojas al momento de caer retiene el crecimiento de malezas que además al descomponerse mejora la calidad del suelo; en seguida se encuentra el SUT con cultivo de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth) esto debido a que es una especie forestal que cuenta con gran volumen de hojas pequeñas; en tal sentido, el SUT con cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) presentó un considerable almacenamiento de CO en hojarasca debido a que es una especie agrícola de mediano tamaño por lo que cuenta con gran cantidad de hojas que hace posible dicho valor obtenido; sin embargo los SUT con cultivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) y arroz (*Oryza sativa* L.) son los que denotan menor cantidad de CO debido a su diminuto tamaño por lo que es escasa la cantidad de hojas. El CO en hojarasca manifestó diferencia significativa en cada uno de los SUT.
3. El CO en raíces del CIPTALD manifestó diferencia significativa entre los SUT; asimismo, el SUT con cultivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) superó de manera amplia puesto que es una gramínea con bastante volumen radicular que se desarrolla en los primeros centímetros del suelo; sin embargo, los SUT con cultivos de cacao (*Theobroma cacao* L.), teca (*Tectona grandis* L.f.) y capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth) presentaron bajos valores de CO en raíces debido a que su sistema radicular se desarrolla de manera más profunda y el valor inferior denota en el SUT con cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) debido a su escaso sistema radicular que presenta.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Continuar con la ampliación del presente documento de investigación, evaluando los sistemas de uso de tierra (SUT) que aún no han sido evaluados que existe en la zona estudiada, para que con la indagación obtenida se desarrolle una óptima información como referencia de la totalidad de carbono orgánico almacenado del suelo como línea base sobre el CIPTALD, de tal manera, generar una base de datos de manera individual además de colectiva de cada SUT, para futuras investigaciones relacionadas al aprovechamiento y utilidad del carbono orgánico.
2. Implementar y adaptar los sistemas agroforestales, además de aplicar diversos abonos orgánicos existentes, con el objetivo de mejorar la cantidad de materia orgánica y en paralelo optimizar la captura de carbono orgánico (CO) en los SUT que cuentan con baja cuantía de almacenamiento de C orgánico del suelo, al mismo tiempo coadyuvar en favor de la condición y/o cualidad y calidad de los suelos que abarcan dicha zona, en concordancia compensar mediante el carbono orgánico almacenado las emisiones de dióxido de carbono que se libera diariamente, por lo que hace reducción de la concentración de dicho elemento que se encuentra en grandes cantidades en la atmósfera y por ende la mitigación del cambio climático.
3. Realizar investigaciones sobre el carbono orgánico del suelo (COS) y carbono orgánico aéreo en todos los SUT existentes en el área estudiada con diferentes épocas estacionales del año, de ese modo conjeturar los sumideros COS y aéreo en toneladas por hectárea por año ($t\ C\ ha^{-1}/año$) que conserva cada sistema de uso de tierra, enseguida determinar la proporción y proyección globalizado de COS y aéreo existente en el CIPTALD que se genera anualmente.

VII. REFERENCIAS

- Acosta Mireles, M., Carrillo Anzures, F., Buendía Rodríguez, E., Benavides Solorio, J. D. D., Flores Ayala, E., & González Molina, L. (2020). Carbono en suelo, hierbas y arbustos en una plantación forestal en Jalisco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(6), 1377-1387.
- Acosta M., Etcheverris D., Monreal C., Quednow E., Hidalgo C. (2001). Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México. Colegio de Postgraduados, México. 15 p.
- Alegre J., Arévalo L., Ricse A., Barbaran J. y Palm C. (2001). Reservas de Carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonía peruana. Symposium Internacional de Agroforestería. Manaus, Brazil EMBRAPA 21-24 de noviembre 2000.
- Ampuero, W., y Aponte, H. (2020). Estimación del carbono almacenado en un juncal de *Schoenoplectus americanus* en el humedal costero Los Pantanos de Villa (Lima-Perú). *Arnaldoa*, 27(1), 267-281.
- Anon (2011). El dióxido de carbono, emisiones y sumideros. Disponible: <http://www.homepage.mac.com/uriarte/caracteristicasco2.html>.
- Arévalo, J., y Aponte, H. (2020). Almacenamiento de carbono y agua en *Tillandsia latifolia* Meyen en un sector del Tillandsial de Piedra Campana (Lima/Perú). *Ecología aplicada*, 19(1), 9-15.
- Arévalo, L., Alegre J., Palm, Ch. (2003). Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Publicación de STC - CGIAR Ministerio de agricultura. Edición gráfica Miguel Álvarez A. Pucallpa. Perú. 24p.
- Arnau, J. (1995). Metodología de la investigación en psicología. En M. T. Anguera, J. Arnau, M. Ato, R. Martínez, J. Pascual, J., y G. Vallejo, G. (Eds.), *Métodos de investigación en Psicología* (Cap. 1). Madrid: Síntesis.
- Ávila, Gabriela; Jiménez, F.; Beer, J.; Gómez, M. & Ibrahim, M. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 8 (30):32.

- Baldocchi, D., Ryu, Y. & Keenan, T. (2016). Terrestrial Carbon Cycle Variability [version 1; referees: 2 approved]. F1000Research, Issue 5.
- Carrasco, S. (2010). Metodología de investigación. Editorial Acuario parís – España.
- Centro Mundial Agroforestal - ICRAF. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima, Perú. 79 p.
- Chávez Suazo, J. P. (2018). Captura y almacenamiento de carbono de los bosques estacionalmente secos de la costa norte (Lambayeque), como mitigación frente al cambio climático.
- Chidiak M, A, Moreira y C. Greco (2003). Captura de carbono y desarrollo sustentable en la Patagonia Argentina: Sinergias y Desafío. CEPAL, Universidad de San Andrés y CENIT.
- Contreras-Santos, J. L., Martínez-Atencia, J., Cadena-Torres, J., & Falla-Guzmán, C. K. (2020). Evaluación del carbono acumulado en suelo en sistemas silvopastoriles del Caribe colombiano. *Agronomía Costarricense*, 44(1), 29-41.
- Corsino Torres, A. F. (2022). Variación altitudinal del contenido de carbono orgánico del suelo en diferentes usos de la tierra en la microcuenca del río Toro (Chanchamayo-Junín).
- Coyne, M. (2000). Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo. ITP An Internacional Publishing Company.
- Dávila Cueva, V. C. (2022). Almacenamiento de carbono en el suelo de las unidades fisiográficas del fundo CIPTALD–Tulumayo, Tingo María-Huánuco.
- Dilas-Jiménez, J. O., y Jiménez, A. O. H. (2020). Captura de carbono por un bosque montano de neblina del Perú. *Alpha Centauri*, 1(3), 13-25.
- Estrada, P. (2001). Cambio Climático Global: Causas y Consecuencias. 16 ed. México. 11 p.
- Follett, R.F. & McConkey, B. (2000). The role of cropland agriculture for sequestration in the Greta Plain. In: Proceeding of the Conference on Gray Plains Soil Fertility, Vol 8, pp.1-15. FOLLETT, R.F. (2001) Soil management concepts and carbon sequestration cropland soils. *Soil & Tillage Research* 61: 77-92.
- Gómez, A., Azócar, A. (2002). Áreas potenciales para el desarrollo del cultivo cacao en el Estado Mérida. *Agronomía Tropical*. Maracay.

- Gómez, J. D., Etchevers, J. D., Monterroso, A. I., Campo, J., Paustian, K., & Asensio, C. (2021). Carbono orgánico del suelo y su relación con la biomasa radical de *Quercus* sp. *Madera y bosques*, 27(SPE).
- González Rodríguez, J. F. (2018). Carbono almacenado en sistemas agroforestales de *Coffea arabica* L. “café” de 4 y 7 años en relación a la gradiente altitudinal, Huánuco.
- Holdridge, R.L. (2000). Ecología basada en zonas de vida. Quinta reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José- Costa Rica, 216 pp. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>.
- Hurtado de B. J. (2002). El Proyecto de investigación Comprensión holística de la Metodología y la investigación. (Séptima edición). Ediciones Quirón. Sypal, Servicios y Proyecciones para América Latina. Caracas, Venezuela.
- Kane, D. (2015). Carbon Sequestration Potential on Agricultural Lands: A Review of Current Science and Available Practices, s.l.: s.n.
- Keiluweit, M., Bougoure, J. J., Nico, P. S., Pett-Ridge, J., Weber, P. K. & Kleber, M. (2015). Mineral protection of soil carbon counteracted by root exudates. *Nature Climate Change*, 5: 588–595.
- Lapeyre, T.; Alegre, J. y Arévalo, L. (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. Tesis Mag. Sc. Lima, Perú. UNALM. 61 p.
- Le Quéré, C., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Sitch, S., Korsbakken, J. I., Peters, G. P., Manning, A. C., Boden, T. A., Tans, P. P., Houghton, R. A., Keeling, R. F., Alin, S., Andrews, O. D., Anthoni, P., Barbero, L., Bopp, L., Chevallier, F., Chini, L. P., Ciais, P., Currie, K., Delire, C., Doney, S. C., Friedlingstein, P., Gkritzalis, T., Harris, I., Hauck, J., Haverd, V., Hoppema, M., Goldewijk, K. K., Jain, A. K., Kato, E., Körtzinger, A., Landschützer, P., Lefèvre, N., Lenton, A., Lienert, S., Lombardozzi, D., Melton, J. R., Metzl, N., Millero, F., Monteiro, P. M. S., Munro, D. R., Nabel, J. E. M. S., Nakaoka, S-I, O’Brien, K., Olsen, A., Omar, A. M., Ono, T., Pierrot, D., Poulter, B., Rödenbeck, C., Salisbury, J., Schuster, U., Schwinger, J., Séférian, R., Skjelvan, I., Stocker, B. D., Sutton, A. J., Takahashi, T., Tian, H., Tilbrook, B., van der Laan-Luijkx, I. T., van der Werf, G. R., Viovy, N., Walker, A. P., Wiltshire, A. J. & Zaehle, S. (2016). Global Carbon Budget (2016). *Earth System Science Data*, 8: 605-649.

- López Angulo, R. S. (2020). Carbono almacenado en el suelo en plantaciones de bolaina (Guazuma crinita) establecidas a diferentes altitudes en la provincia Leoncio Prado, Perú.
- Macdicken, K. (1997). A guide to Monitoring Carbón Storage in Forestry and Agroforestry Projects Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development. 43 p.
- Martínez, E., Mogollón, J. P., Rodríguez, N. (2008). Orgánico y propiedades del suelo. Scielo 8(1): 68-96. [En línea]: (<http://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v8n1/art06.pdf>, 01 julio , 2010).
- Masera (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. Revista madera y bosque. Mexico.
- Méndez González J, Morales Carredano F, Ruiz García VJ, Nájera Luna JA, Graciano Luna JJ, Nívar JJ. (2002). Ecuaciones de biomasa para fuste de *Pinus cooperi* y *P. leiophylla* de la región del Salto, Durango. México. XV Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario, Campeche.
- Muños, M. (2006). “Dinámica del Carbono Orgánico del Suelo en Ecosistemas de la Zona Mediterránea de Chile” Para optar al Grado Académico de Doctor en Ciencias de Recursos Naturales, Temuco - Chile Pág. 44 – 45.
- Nasi, R., Wunder, S., Campos, J. 2002. Servicios de los ecosistemas forestales ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación? Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico No 331. 37p.
- Ordoñez, A. (1999). Estimación de la captura de carbono en un estudio de Caso, Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México DF.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación & Grupo técnico intergubernamental sobre los suelos – FAO & GTIS. (2015). Status of the World’s Soil Resources, Roma: s.n.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2004). National forest resources assessment WP 94. Rome. Consultado el 22 de abril de 2012. Tomado de:<http://www.fao.org/docrep/008/ae578e/AE578E00.html>.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO. (2000).
Sistemas de uso de la tierra en los trópicos húmedos y la emisión y secuestro de CO₂.
World Soil Resources Reports 88. Rome. 98 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO (1999).
Situación de los bosques del mundo. Roma, Italia [En línea]
(<http://www.fao.org/docrep/011/i0350si0350s00.htm>, documentos, 02 May. 2014).
- Panel Intergubernamental sobre cambio climático - IPCC. (2014). Climate Change (2014):
Synthesis, Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment
Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC.
- Panel Intergubernamental sobre cambio climático - IPCC. (2007). Cambio climático.
30may2010: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf.
- Panel Intergubernamental sobre cambio climático - IPCC. (2000). Land use, land-use change,
and forestry special report. Cambridge University Press 377 pp.
- Paul, E. (2014). Soil microbiology, ecology and biochemistry. Academic Press. pp. 598.
- Quiñonez Alvarado, S. (2019). Carbono secuestrado en biomasa y suelo de dos ecotipos de
Plukenetia volubilis L. "sacha inchi" a cuatro densidades de siembra en Tingo María.
- Reyes, G., Brown, S., Chapman, J. y Lugo, A.E. (1992). Wood densities of tropical tree species.
U. S. Department of Agriculture. Forest Service. Southern Forest Experiment station.
New Orleans, Luisiana. 15 p.
- Robert, M. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra (No. 96).
Food & Agriculture Org.
- Roncal-García, S.; Soto-Pinto, L.; Castellanos-Albores, J.; Ramírez-Marcial, N.; DE JONG,
B. (2008). Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades
indígenas de Chiapas, México. *Interciencia*, 33(3): 200-206.
- Rosero Obando, G. A. (2019). *Evaluación de carbono orgánico del suelo en el ecosistema de
páramo de la microcuenca del río Chimborazo en base a las actividades
antrópicas* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

- Salgado, L. (2004). El mecanismo de desarrollo limpio en actividades de uso de la tierra, cambio de uso y forestería (LULUCF) y su potencial en la región latinoamericana. Chile.
- Schlegel, B, Gayoso, J. Guerra, J. (2001). Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. 17 p.
- Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., Kleber, M., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D. A. C., Nannipieri, P., Rasse, D. P., Weiner, S. & E. Trumbore, S. E. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature*, 478: 49–56.
- Schneider SH. (1989). The Greenhouse Effect: Science and Policy. *Science* 243(10):271-281.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2021). Descarga de datos meteorológicos a nivel nacional. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=descarga-datos-hidrometeorológicos>.
- Thévenot, M., Dignac, M.-F. & Rumpel, C. (2010). Fate of lignins in soils: a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 42: 1200-1211.
- Walkley A, Black A, (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.
- Zavala, W., Merino, E., y Peláez, P. (2018). Influencia de tres sistemas agroforestales del cultivo de cacao en la captura y almacenamiento de carbono. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 493-501.

ANEXOS

Anexo 1. Instrumento de recolección de datos**Parcela 1: Cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) – R1**

Coordenadas: N: 8990852 E: 385826
 Altitud: 622 msnm
 Extensión: 4 ha⁻¹

Tabla 8. CO del suelo en SUT con cultivo de arroz – repetición 1

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cm³)	Peso (t ha⁻¹)	C (%)	Carbono en Suelo (t ha⁻¹)
0 – 0,1	1,3	1300	0,650	8,450
0,1 – 0,2	1,2	1200	0,464	5,568
0,2 – 0,3	1,3	1300	0,290	3,770
Total	3,8	3800	1,404	17,788
Promedio	1,267	1266,67	0,468	5,929

Tabla 9. CO en hojarasca en SUT con cultivo de arroz – repetición 1

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha⁻¹)
1	0,400	0,100		
2	1,300	0,700		
3	1,000	0,300		
4	1,700	1,200		
5	0,900	0,400	8,000	4,000
6	1,500	0,400		
7	1,200	0,600		
8	1,000	0,400		
9	0,800	0,700		
10	0,400	0,200		
Total	10,200	5,000	8,000	4,000
Promedio	1,020	0,500	0,800	0,400

Tabla 10. CO en raíces en SUT con cultivo de arroz – repetición 1

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa (t ha⁻¹)	Carbono en raíces (t ha⁻¹)
0 – 0,1 m	62,200	15,900	1,767	0,884
0,1 – 0,2 m	27,000	12,400	1,378	0,689
0,2 – 0,3 m	21,200	10,700	1,189	0,595
Total	110,400	39,000	4,334	2,168
Promedio	36,800	13,000	1,445	0,723

Parcela 2: Cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) – R2

Coordenadas: N: 8990855 E: 385829
 Altitud: 622 msnm
 Extensión: 4 ha⁻¹

Tabla 11. CO del suelo en SUT con cultivo de arroz – repetición 2

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	0,690	8,280
0,1 - 0,2	1,2	1200	0,510	6,120
0,2 - 0,3	1,3	1300	0,342	4,446
Total	3,7	3700	1,542	18,846
Promedio	1,233	1233,333	0,514	6,282

Tabla 12. CO en hojarasca en SUT con cultivo de arroz – repetición 2

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	0,940	0,210		
2	0,900	0,200		
3	0,880	0,180		
4	0,890	0,180		
5	0,950	0,220		
6	0,770	0,150	2,947	1,474
7	0,780	0,160		
8	0,810	0,170		
9	0,920	0,190		
10	0,870	0,180		
Total	8,710	1,840	2,947	1,474
Promedio	0,870	0,184	0,295	0,147

Tabla 13. CO en raíces en SUT con cultivo de arroz – repetición 2

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	60,120	14,820	1,649	0,825
0,1 - 0,2	26,440	11,720	1,302	0,651
0,2 - 0,3	20,370	9,880	1,098	0,549
Total	106,930	36,420	4,049	2,025
Promedio	35,640	12,140	1,350	0,675

Parcela 3: Cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) – R3

Coordenadas: N: 8990860 E: 385833
 Altitud: 622 msnm
 Extensión: 4 ha⁻¹

Tabla 14. CO del suelo en SUT con cultivo de arroz – repetición 3

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	0,684	8,208
0,1 - 0,2	1,3	1300	0,516	6,708
0,2 - 0,3	1,3	1300	0,360	4,680
Total	3,8	3800	1,560	19,596
Promedio	1,267	1266,667	0,520	6,532

Tabla 15. CO en hojarasca en SUT con cultivo de arroz – repetición 3

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	1,010	0,240		
2	1,020	0,250		
3	0,980	0,230		
4	0,940	0,220		
5	0,950	0,220		
6	1,010	0,240	3,648	1,824
7	0,920	0,200		
8	0,940	0,220		
9	0,960	0,230		
10	0,970	0,230		
Total	9,700	2,280	3,648	1,824
Promedio	0,970	0,228	0,365	0,182

Tabla 16. CO en raíces en SUT con cultivo de arroz – repetición 3

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	71,150	18,370	2,041	1,021
0,1 - 0,2	26,220	11,940	1,327	0,664
0,2 - 0,3	20,340	10,150	1,128	0,564
Total	117,710	40,460	4,496	2,249
Promedio	39,240	13,490	1,499	0,750

Parcela 4: Cultivo de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) – R1

Coordenadas: N: 8990533 E: 386048
 Altitud: 621 msnm
 Extensión: 2 ha⁻¹

Tabla 17. CO del suelo en SUT con cultivo de capirona – repetición 1

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,3	1300	1,398	18,174
0,1 - 0,2	1,3	1300	0,429	5,577
0,2 - 0,3	1,4	1400	0,145	2,030
Total	4	4000	1,972	25,781
Promedio	1,333	1333,333	0,657	8,594

Tabla 18. CO en hojarasca en SUT con cultivo de capirona – repetición 1

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	7,200	4,200		
2	13,500	8,900		
3	6,400	4,400		
4	3,900	2,400		
5	6,500	4,500		
6	4,900	3,100	56,000	28,000
7	2,200	1,300		
8	2,500	1,400		
9	2,600	1,600		
10	5,200	3,200		
Total	54,900	35,000	56,000	28,000
Promedio	5,490	3,500	5,600	2,800

Tabla 19. CO en raíces en SUT con cultivo de capirona – repetición 1

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	93,200	27,700	3,078	1,539
0,1 - 0,2	22,200	7,200	0,800	0,400
0,2 - 0,3	16,400	5,900	0,656	0,328
Total	131,800	40,800	4,534	2,267
Promedio	43,940	13,600	1,511	0,756

Parcela 5: Cultivo de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) – R2

Coordenadas: N: 8990591 E: 386073
 Altitud: 621 msnm
 Extensión: 2 ha⁻¹

Tabla 20. CO del suelo en SUT con cultivo de capirona – repetición 2

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	1,433	17,196
0,1 - 0,2	1,2	1200	0,481	5,772
0,2 - 0,3	1,3	1300	0,220	2,860
Total	3,7	3700	2,134	25,828
Promedio	1,233	1233,333	0,711	8,609

Tabla 21. CO en hojarasca en SUT con cultivo de capirona – repetición 2

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	8,120	4,110		
2	14,240	7,450		
3	6,950	3,390		
4	4,840	2,120		
5	6,770	3,950		
6	5,590	2,910	49,776	24,888
7	3,870	1,440		
8	3,940	1,490		
9	3,490	1,320		
10	5,710	2,920		
Total	63,520	31,100	49,776	24,888
Promedio	6,352	3,110	4,978	2,489

Tabla 22. CO en raíces en SUT con cultivo de capirona – repetición 2

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	85,210	22,780	2,531	1,266
0,1 - 0,2	17,250	6,910	0,768	0,384
0,2 - 0,3	12,480	4,840	0,538	0,269
Total	114,940	34,530	3,837	1,919
Promedio	38,310	11,510	1,279	0,640

Parcela 6: Cultivo de capirona (*Calycophyllum spruceanum* Benth.) – R3

Coordenadas: N: 8990608 E: 386092
 Altitud: 623 msnm
 Extensión: 2 ha⁻¹

Tabla 23. CO del suelo en SUT con cultivo de capirona – repetición 3

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,3	1300	1,420	18,460
0,1 - 0,2	1,3	1300	0,499	6,487
0,2 - 0,3	1,3	1300	0,238	3,094
Total	3,9	3900	2,157	28,041
Promedio	1,3	1300	0,719	9,347

Tabla 24. CO en hojarasca en SUT con cultivo de capirona – repetición 3

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	8,310	4,140		
2	14,220	7,420		
3	7,090	3,410		
4	5,920	2,280		
5	7,870	3,990		
6	7,780	3,970	68,088	32,544
7	6,310	2,220		
8	4,840	2,110		
9	12,410	7,120		
10	8,340	4,020		
Total	83,090	40,680	68,088	32,544
Promedio	8,309	4,068	6,809	3,254

Tabla 25. CO en raíces en SUT con cultivo de capirona – repetición 3

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	101,420	28,300	3,144	1,572
0,1 - 0,2	25,310	8,170	0,908	0,454
0,2 - 0,3	18,490	6,240	0,693	0,347
Total	145,220	42,710	4,745	2,373
Promedio	48,410	14,240	1,582	0,791

Parcela 7: Cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f.) – R1

Coordenadas: N: 8991642 E: 385826
 Altitud: 621 msnm
 Extensión: 0,5 ha⁻¹

Tabla 26. CO del suelo en SUT con cultivo de teca – repetición 1

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	1,427	17,124
0,1 - 0,2	1,2	1200	0,464	5,568
0,2 - 0,3	1,3	1300	0,180	2,340
Total	3,7	3700	2,071	25,032
Promedio	1,233	1233,333	0,690	8,344

Tabla 27. CO en hojarasca en SUT con cultivo de teca – repetición 1

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	18,900	8,500		
2	14,600	7,300		
3	15,300	7,990		
4	13,600	6,700		
5	14,600	7,380		
6	13,300	6,495	127,616	63,808
7	17,300	8,900		
8	17,700	9,200		
9	17,100	8,050		
10	17,900	9,240		
Total	160,300	79,755	127,616	63,808
Promedio	16,030	7,976	12,762	6,381

Tabla 28. CO en raíces en SUT con cultivo de teca – repetición 1

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	100,900	24,700	2,744	1,372
0,1 - 0,2	43,800	15,100	1,678	0,838
0,2 - 0,3	12,100	78,000	0,867	0,434
Total	156,800	47,600	5,289	2,644
Promedio	52,270	15,870	1,763	0,881

Parcela 8: Cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f.) – R2

Coordenadas: N: 8991671 E: 385844
 Altitud: 621 msnm
 Extensión: 0,5 ha⁻¹

Tabla 29. CO del suelo en SUT con cultivo de teca – repetición 2

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	1,444	17,328
0,1 - 0,2	1,2	1200	0,493	5,916
0,2 - 0,3	1,3	1300	0,238	3,094
Total	3,7	3700	2,175	26,338
Promedio	1,233	1233,333	0,725	8,779

Tabla 30. CO en hojarasca en SUT con cultivo de teca – repetición 2

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	13,800	7,960		
2	10,060	5,570		
3	15,060	8,230		
4	16,930	9,120		
5	13,050	7,500		
6	20,970	11,030	123,520	61,760
7	19,210	10,320		
8	5,250	4,870		
9	11,620	6,060		
10	12,110	6,560		
Total	138,060	77,220	123,520	61,760
Promedio	13,806	7,722	12,352	6,176

Tabla 31. CO en raíces en SUT con cultivo de teca – repetición 2

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	133,300	31,130	3,459	1,730
0,1 - 0,2	35,500	15,010	1,668	0,834
0,2 - 0,3	19,600	5,800	0,644	0,322
Total	188,400	51,940	5,791	2,886
Promedio	62,800	17,310	1,930	0,962

Parcela 9: Cultivo de teca (*Tectona grandis* L.f.) – R3

Coordenadas: N: 8991618 E: 385807
 Altitud: 621 msnm
 Extensión: 0,5 ha⁻¹

Tabla 32. CO del suelo en SUT con cultivo de teca – repetición 3

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	1,438	17,256
0,1 - 0,2	1,3	1300	0,510	6,630
0,2 - 0,3	1,3	1300	0,249	3,237
Total	3,8	3800	2,197	27,123
Promedio	1,267	1266,667	0,732	9,041

Tabla 33. CO en hojarasca en SUT con cultivo de teca – repetición 3

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1,000	18,240	8,800		
2,000	16,980	7,750		
3,000	15,200	7,000		
4,000	14,460	6,380		
5,000	16,210	7,140		
6,000	8,840	4,930	125,152	62,576
7,000	10,800	6,700		
8,000	17,280	8,050		
9,000	22,270	10,710		
10,000	22,290	10,760		
Total	162,570	78,220	125,152	62,576
Promedio	16,257	7,822	12,515	6,258

Tabla 34. CO en raíces en SUT con cultivo de teca – repetición 3

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	243,900	57,610	6,401	3,201
0,1 - 0,2	77,200	25,060	2,784	1,392
0,2 - 0,3	18,600	13,520	1,502	0,751
Total	339,700	124,190	10,687	5,344
Promedio	113,240	41,400	3,562	1,781

Parcela 10: Cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) – R1

Coordenadas: N: 8990767 E: 385452
 Altitud: 622 msnm
 Extensión: 3,5 ha⁻¹

Tabla 35. CO del suelo en SUT con cultivo de cacao – repetición 1

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,3	1300	1,030	13,390
0,1 - 0,2	1,3	1300	0,516	6,708
0,2 - 0,3	1,4	1400	0,336	4,704
Total	4	4000	1,882	24,802
Promedio	1,333	1333,333	0,627	8,267

Tabla 36. CO en hojarasca en SUT con cultivo de cacao – repetición 1

Nº de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	1,300	0,900		
2	0,600	0,200		
3	0,900	0,300		
4	0,500	0,100		
5	1,800	1,000		
6	2,400	1,100	13,280	6,640
7	0,500	0,100		
8	1,100	0,600		
9	3,600	2,400		
10	2,300	1,600		
Total	15,000	8,300	13,280	6,640
Promedio	1,500	0,830	1,328	0,664

Tabla 37. CO en raíces en SUT con cultivo de cacao – repetición 1

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	156,600	77,100	8,567	4,284
0,1 - 0,2	20,600	11,700	1,300	0,650
0,2 - 0,3	10,500	6,900	0,767	0,384
Total	187,700	95,700	10,634	5,318
Promedio	62,570	31,900	3,545	1,113

Parcela 11: Cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) – R2

Coordenadas: N: 8990799 E: 385426
 Altitud: 624 msnm
 Extensión: 3,5 ha⁻¹

Tabla 38. CO del suelo en SUT con cultivo de cacao– repetición 2

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,3	1300	1,044	13,572
0,1 - 0,2	1,3	1300	0,534	6,942
0,2 - 0,3	1,3	1300	0,342	4,446
Total	3,9	3900	1,920	24,960
Promedio	1,3	1300	0,640	8,320

Tabla 39. CO en hojarasca en SUT con cultivo de cacao – repetición 2

Nº de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	2,300	1,440		
2	3,600	2,510		
3	2,600	1,630		
4	2,100	1,330		
5	3,100	2,050		
6	1,800	0,880	27,210	13,608
7	4,500	3,350		
8	2,400	1,730		
9	1,600	0,810		
10	2,100	1,280		
Total	26,100	17,010	27,210	13,608
Promedio	2,610	1,701	2,721	1,361

Tabla 40. CO en raíces en SUT con cultivo de cacao – repetición 2

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	130,120	65,670	7,297	3,649
0,1 - 0,2	24,500	13,650	1,517	0,759
0,2 - 0,3	13,000	7,470	0,830	0,415
Total	167,620	86,790	9,644	4,823
Promedio	55,870	28,930	3,215	1,608

Parcela 12: Cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) – R3

Coordenadas: N: 8990809 E: 385471
 Altitud: 623 msnm
 Extensión: 3,5 ha⁻¹

Tabla 41. CO del suelo en SUT con cultivo de cacao– repetición 3

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	1,114	13,368
0,1 - 0,2	1,3	1300	0,603	7,839
0,2 - 0,3	1,3	1300	0,383	4,979
Total	3,8	3800	2,100	26,186
Promedio	1,267	1266,667	0,700	8,729

Tabla 42. CO en hojarasca en SUT con cultivo de cacao– repetición 3

Nº de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	4,000	2,980		
2	2,000	1,050		
3	2,100	1,300		
4	0,800	0,130		
5	8,200	1,290		
6	2,600	1,650	25,584	12,792
7	4,000	2,770		
8	2,900	1,890		
9	1,500	0,630		
10	3,300	2,300		
Total	31,400	15,990	25,584	12,792
Promedio	3,140	1,599	2,558	1,279

Tabla 43. CO en raíces en SUT con cultivo de cacao– repetición 3

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	62,400	29,360	3,262	1,631
0,1 - 0,2	15,600	8,620	0,958	0,479
0,2 - 0,3	10,100	2,810	0,223	0,112
Total	80,100	38,870	4,443	2,222
Promedio	26,700	12,960	1,481	0,741

Parcela 13: Cultivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) – R1

Coordenadas: N: 8992217 E: 385799
 Altitud: 614 msnm
 Extensión: 225 ha⁻¹

Tabla 44. CO del suelo en SUT con cultivo de pastura – repetición 1

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	1,322	15,864
0,1 - 0,2	1,2	1200	0,400	4,800
0,2 - 0,3	1,2	1200	0,151	1,812
Total	3,6	3600	1,873	22,476
Promedio	1,2	1200	0,624	7,492

Tabla 45. CO en hojarasca en SUT con cultivo de pastura– repetición 1

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	0,700	0,400		
2	0,800	0,300		
3	0,500	0,100		
4	0,300	0,100		
5	0,300	0,100		
6	0,400	0,200	7,680	3,840
7	1,300	0,600		
8	1,900	1,200		
9	1,900	1,200		
10	1,100	0,600		
Total	9,200	4,800	7,680	3,840
Promedio	0,920	0,480	0,768	0,384

Tabla 46. CO en raíces en SUT con cultivo de pastura – repetición 1

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	313,200	109,200	12,133	6,067
0,1 - 0,2	104,800	60,500	6,722	3,361
0,2 - 0,3	32,700	16,400	1,822	0,911
Total	450,700	186,100	20,677	10,339
Promedio	150,240	62,030	6,892	3,446

Parcela 14: Cultivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) – R2

Coordenadas: N: 8991331 E: 385880

Altitud: 611 msnm

Extensión: 225 ha⁻¹**Tabla 47.** CO del suelo en SUT con cultivo de pastura – repetición 2

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	1,264	15,168
0,1 - 0,2	1,2	1200	0,389	4,668
0,2 - 0,3	1,2	1200	0,162	1,944
Total	3,6	3600	1,815	21,780
Promedio	1,2	1200	0,605	7,260

Tabla 48. CO en hojarasca en SUT con cultivo de pastura – repetición 2

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	1,140	0,440		
2	1,220	0,490		
3	1,120	0,430		
4	1,160	0,450		
5	1,170	0,450		
6	1,110	0,420	9,760	4,880
7	2,120	0,770		
8	2,440	0,910		
9	2,450	0,920		
10	1,920	0,820		
Total	15,850	6,100	9,760	4,880
Promedio	1,585	0,610	0,976	0,488

Tabla 49. CO en raíces en SUT con cultivo de pastura – repetición 2

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	310,590	108,120	12,013	6,007
0,1 - 0,2	103,770	62,240	6,916	3,458
0,2 - 0,3	31,810	15,210	1,690	0,845
Total	446,170	185,570	20,619	10,310
Promedio	148,720	61,860	6,873	3,437

Parcela 15: Cultivo de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. ex Chiov.) – R3

Coordenadas: N: 8990945 E: 386817
 Altitud: 612 msnm
 Extensión: 225 ha⁻¹

Tabla 50. CO del suelo en SUT con cultivo de pastura – repetición 3

Profundidad (m)	Densidad aparente (g/cc)	PVs (t ha ⁻¹)	%C	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	1,2	1200	1,328	15,936
0,1 - 0,2	1,2	1200	0,412	4,944
0,2 - 0,3	1,2	1200	0,186	2,232
Total	3,6	3600	1,926	23,112
Promedio	1,2	1200	0,642	7,704

Tabla 51. CO en hojarasca en SUT con cultivo de pastura – repetición 3

N° de cuadrante	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Hojarasca (t ha ⁻¹)	Carbono en Suelo (t ha ⁻¹)
1	2,090	0,880		
2	1,450	0,590		
3	1,420	0,570		
4	1,340	0,520		
5	1,280	0,500		
6	1,410	0,560	10,480	5,240
7	1,880	0,710		
8	1,380	0,550		
9	1,990	0,850		
10	1,940	0,820		
Total	16,180	6,550	10,480	5,240
Promedio	1,618	0,655	1,048	0,524

Tabla 52. CO en raíces en SUT con cultivo de pastura – repetición 3

Profundidad (m)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Biomasa en Raíces (t ha ⁻¹)	Carbono en raíces (t ha ⁻¹)
0 - 0,1	300,430	99,480	11,053	5,527
0,1 - 0,2	99,110	44,260	4,918	2,459
0,2 - 0,3	41,720	20,390	2,266	1,133
Total	431,260	157,130	18,237	9,119
Promedio	143,760	52,380	6,079	3,040

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 9. Levantamiento de muestras de suelos



Figura 10. Muestras colectadas para calcular densidad aparente



Figura 11. Codificación para cada muestra obtenida



Figura 12. Secado del suelo al aire libre bajo cubierta



Figura 13. Muestras de raíces, hojarasca y cilindros de volumen conocido introducidos a la estufa para calcular el peso seco.



Figura 14. Obtención de peso seco de hojarasca

Anexo 3. 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

**ANÁLISIS DE SUELOS**

Procedencia: CIPTALD – Pueblo Nuevo

Altitud: 622 msnm

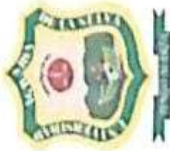
Solicitante: Yuri Xavier Estrada Torres

Fecha: 20 de agosto de 2021

N°	Muestra Código	N° de Repeticiones	SUT	Análisis mecánico			Densidad Aparente (g/cc)	M.O %		
				Arena %	Limo %	Arcilla %			TEXTURA	
1	ATP1M1 0-10 cm	R1	Arroz	22	61	17	1,3	1,12		
2	ATP1M2 10-20 cm			21	63	16			1,2	0,80
3	ATP1M3 20-30 cm			21	62	17				
4	ATP2M1 0-10 cm	R2	Arroz	23	63	14	1,2	1,19		
5	ATP2M2 10-20 cm			20	65	15			1,2	0,88
6	ATP2M3 20-30 cm			22	60	18				
7	ATP3M1 0-10 cm	R3	Arroz	21	64	14	1,2	1,18		
8	ATP3M2 10-20 cm			24	61	15			1,3	0,89
9	ATP3M3 20-30 cm			23	60	17				



Ing. MSc. José Dolores Lévano Chisago
 Jefe de Laboratorio de Conservación de Suelos



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



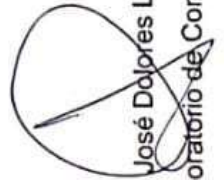
ANÁLISIS DE SUELOS

Procedencia: CIPTALD – Pueblo Nuevo
Altitud: 621 msnm

Solicitante: Yuri Xavier Estrada Torres

Fecha: 25 de agosto de 2021

Muestra		N° de Repeticiones	SUT	Análisis mecánico				TEXTURA	Densidad Aparente (g/cc)	M.O %	
N°	Código			Arena %	Limo %	Arcilla %					
1	CTP1M1 0-10 cm	R1	Caprióna	35	32	33	Franco Arcilloso	1,3	2,41		
2	CTP1M2 10-20 cm			36	34	31				1,3	0,74
3	CTP1M3 20-30 cm			34	33	33				1,4	0,25
4	CTP2M1 0-10 cm	R2	Caprióna	37	31	32	Franco Arcilloso	1,2	2,47		
5	CTP2M2 10-20 cm			34	34	32				1,2	0,83
6	CTP2M3 20-30 cm			33	32	35				1,3	0,38
7	CTP3M1 0-10 cm	R3	Caprióna	35	31	34	Franco Arcilloso	1,3	2,44		
8	CTP3M2 10-20 cm			36	32	32				1,3	0,86
9	CTP3M3 20-30 cm			30	34	36				1,3	0,41



Ing. MSc. José Dolores Lévano
 Jefe de Laboratorio de Conservación de Suelos



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



ANÁLISIS DE SUELOS

Procedencia: CIPTALD – Pueblo Nuevo

Altitud: 621 msnm

Solicitante: Yuri Xavier Estrada Torres

Fecha: 31 de agosto de 2021

Muestra		N° de Repeticiones	SUT	Análisis mecánico				Densidad Aparente (g/cc)	M.O %
N°	Código			Arena %	Limo %	Arcilla %	TEXTURA		
1	TTP1M1 0-10 cm	R1	Teca	32	35	33	Franco Arcilloso	1,2	2,46
2	TTP1M2 10-20 cm		Teca	33	32	35	Franco Arcilloso	1,2	0,80
3	TTP1M3 20-30 cm		Teca	32	34	34	Franco Arcilloso	1,3	0,31
4	TTP2M1 0-10 cm	R2	Teca	34	32	33	Franco Arcilloso	1,2	2,49
5	TTP2M2 10-20 cm		Teca	31	34	35	Franco Arcilloso	1,2	0,85
6	TTP2M3 20-30 cm		Teca	35	31	34	Franco Arcilloso	1,3	0,41
7	TTP3M1 0-10 cm	R3	Teca	32	33	35	Franco Arcilloso	1,2	2,48
8	TTP3M2 10-20 cm		Teca	31	36	33	Franco Arcilloso	1,3	0,88
9	TTP3M3 20-30 cm		Teca	30	34	36	Franco Arcilloso	1,3	0,43



Ing. MSc. José Dolores Lévano Céspedes
 Jefe de Laboratorio de Conservación de Suelos



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



ANÁLISIS DE SUELOS

Procedencia: CIPTALD – Pueblo Nuevo

Altitud: 622 msnm

Solicitante: Yuri Xavier Estrada Torres

Fecha: 07 de setiembre de 2021

Muestra		N° de Repeticiones	SUT	Análisis mecánico			Densidad Aparente (g/cc)	M.O %		
N°	Código			Arena %	Limo %	Arcilla %			TEXTURA	
1	CCTP1M1 0-10 cm.	R1	Cacao	39	24	37	1,3	1,77		
2	CCTP1M2 10-20 cm.			39	23	38			1,3	0,89
3	CCTP1M3 20-30 cm.			38	25	37				
4	CCTP2M1 0-10 cm.	R2	Cacao	37	24	39	1,3	1,80		
5	ATP2M2 10-20 cm.			38	23	39			1,3	0,92
6	CCTP2M3 20-30 cm.			36	26	38				
7	CCTP3M1 0-10 cm.	R3	Cacao	37	25	38	1,2	1,92		
8	CCTP3M2 10-20 cm.			35	26	39			1,3	1,04
9	CCTP3M3 20-30 cm.			37	26	37				



(Handwritten signature)

Ing. MSc. José Dolores Lévano Casásimo
 Jefe de Laboratorio de Conservación de Suelos



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



Procedencia: CIPTALD – Pueblo Nuevo

Altitud: 619 msnm

Solicitante: Yuri Xavier Estrada Torres

Fecha: 11 de setiembre de 2021

ANÁLISIS DE SUELOS

Muestra		N° de Repeticiones	SUT	Análisis mecánico			Densidad Aparente (g/cc)	M.O %
N°	Código			Arena %	Limo %	Arcilla %		
1	PTP1M1 0-10 cm	R1	Pastura	32	24	44	1,2	2,28
2	PTP1M2 10-20 cm		Pastura	31	22	47	1,2	0,69
3	PTP1M3 20-30 cm		Pastura	32	25	43	1,2	0,26
4	PTP2M1 0-10 cm	R2	Pastura	30	27	43	1,2	2,18
5	PTP2M2 10-20 cm		Pastura	32	23	45	1,2	0,67
6	PTP2M3 20-30 cm		Pastura	32	25	43	1,2	0,28
7	PTP3M1 0-10 cm	R3	Pastura	31	24	45	1,2	2,29
8	PTP3M2 10-20 cm		Pastura	34	25	41	1,2	0,71
9	PTP3M3 20-30 cm		Pastura	33	24	43	1,2	0,32



(Handwritten signature)

Ing. MSc. José Dolores Lévano Cisneros
 Jefe de Laboratorio de Conservación de Suelos

