



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS
AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ
COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO
INAMBARI - SANDIA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PERCY CARI YANAPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA – PERÚ

2024



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS
AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ
COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO
INAMBARI – SANDIA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. PERCY CARI YANAPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

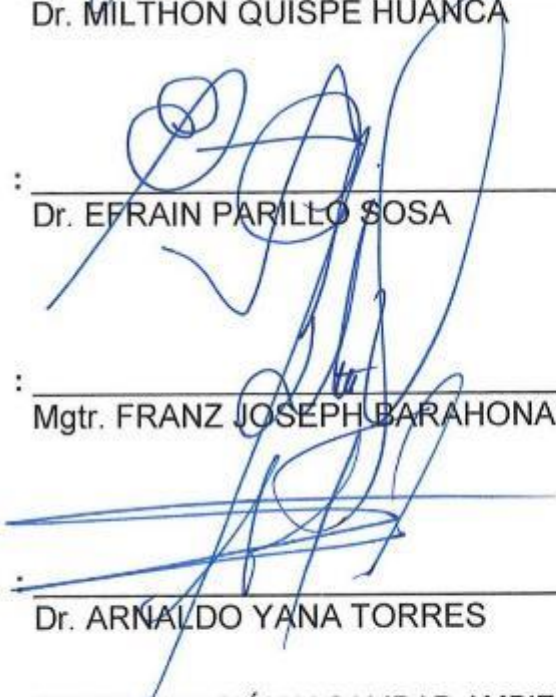
PRIMER MIEMBRO

:


Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1696-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 18005 presentado por el (la) Bachiller: **PERCY CARI YANAPA** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **PERCY CARI YANAPA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI - SANDIA 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras,

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la NOMINACIÓN DE JURADOS integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: **PERCY CARI YANAPA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI - SANDIA 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 13 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 8:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidráulica

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1420-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 15404 por el señor (a): PERCY CARI YANAPA quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1271- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 090 - 2024 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): PERCY CARI YANAPA, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI - SANDIA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 090 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI - SANDIA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): PERCY CARI YANAPA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema **Titulado: CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI - SANDIA 2024** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Dr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraim Castillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 529-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 01 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 6911, presentado el o (la) Bachiller PERCY CARI YANAPA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 479 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 59 -2024 del integrante del comité de investigación EPISA de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: PERCY CARI YANAPA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI - SANDIA 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 59 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI - SANDIA 2024.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el o (la) Bachiller: PERCY CARI YANAPA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI - SANDIA 2024 correspondiente a la línea de investigación CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Mgtr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
C.I.P. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Aguillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (s)



CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI - SANDIA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

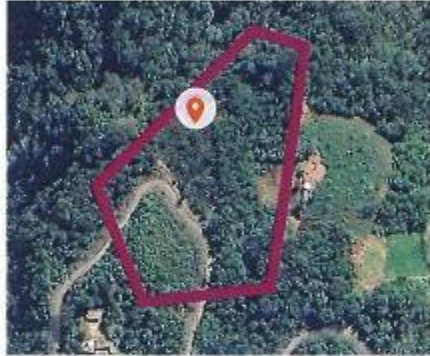
1	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
4	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	<1%
7	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	<1%

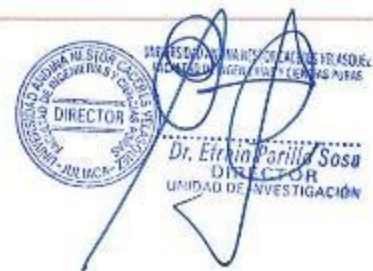


Metadatos complementarios



Título de la Tesis	
CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI – SANDIA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	PERCY CARI YANAPA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74081501
URI de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-4342-7842
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URI de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876

Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y Calidad Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Sandia Distrito: Alto Inambari Coordenadas: Latitud: -14.00454 Longitud: -69.25253 URL Maps https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1e-RkAVdQvLpeTfEURdvXVkeEB3bYK3o&usp=sharing</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Erick Parilla Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Percy Cari Yanupa, identificado con DNI Nro. 74081601, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

Escuela profesional ingeniería sanitaria y Ambiental

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

captura de carbono en suelos bajo dos sistemas Agroforestales de producción de café Coffea Arabica en el valle de Alta Inambari - sandia 2024

Asesorado por: Dr. Arnaldo yama torres.

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 30 de diciembre del 2024

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios a nuestro devino creador, por siempre estar junto a mí en los momentos más difíciles, por no desampararme y llenarnos de salud a mí y a mis familiares.

A mis padres por ser el pilar y el soporte más importante de mi vida; a mis hermanos por compartir mis preocupaciones en mi vida y seguir adelante profesionalmente; a toda mi familia y amigos cercanos quienes con su amor y cariño me ayudan a ser una mejor persona.



AGRADECIMIENTO

También de corazón agradecerle a mi asesor de este proyecto de investigación, por su guía, paciencia y valiosas recomendaciones durante este proceso. Su compromiso y respaldo han sido esenciales para el progreso de esta investigación

De igual manera a mi querida madre y padre quienes me han dado su amor y respaldo incondicional, impulsándome a seguir mis sueños.

Finalmente, agradecerle de mi profundo de mi corazón a todos los docentes y colaboradores que, con su saber y entusiasmo, han potenciado mi educación académica. Cada uno de vosotros ha dejado un impacto en mi existencia.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.2.1 Problema principal.....	2
1.2.2 Problemas Específicos	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos de la investigación.....	4
1.4.1 Objetivos generales	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Importancia.....	4



1.6	Limitaciones.....	5
1.7	Hipótesis.....	6
1.8	Variable y indicador	6
1.8.1	Conceptualizar el variable	6
1.8.2	Operacionalizaciones de la variable.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1.	A nivel internacional.....	8
2.1.2.	A nivel nacional.....	11
2.1.3.	Antecedentes locales.....	13
2.2.	Bases teórica.....	14
2.2.1.	Cambio climático	14
2.2.2.	Ciclo del carbono	15
2.2.3.	El ciclo de carbono en el planeta Tierra	15
2.2.4.	Sistemas agroforestales SAF	17
2.2.5.	Tipos de sistemas agroforestales.....	17
2.2.6.	La capacidad de los terrenos de retener carbono.....	18
2.2.7.	Elementos que influyan en almacenamiento de carbono en terreno	19
2.2.8.	El sistema de producciones de café.....	21
2.2.9.	El parámetro para poder establecer la captura de carbono.....	23



2.3. Marco conceptual	25
2.3.1. Captura de carbono en suelos	25
2.3.2. Suelo.....	26
2.3.3. Sistemas agroforestales en producciones de cafés.....	26
2.3.4. Sistemas monocultivos de producciones de cafés	26

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

3.1. Método de la investigación.....	27
3.1.1. Tipo de Investigación.....	27
3.1.2. El diseño de la Investigación	27
3.1.3. El nivel de Investigación	28
3.2. La población y muestra	29
3.3. Procedimientos.....	30
3.3.1. Selección de sitios de estudio	30
3.3.2. Recopilación de datos	32
3.3.3. Transporte de datos.....	33
3.3.4. Análisis de datos.....	33
3.3.5. Procesamiento de datos.....	38
3.4. Métodos e instrumentos para el estudio	39
3.4.1. Muestreo de Suelo:.....	39
3.4.2. Análisis de laboratorio	39



3.4.3. Observación Directa:	39
3.4.4. Análisis Espacial:	39

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de datos	40
4.2. Proceso de la prueba de hipótesis.....	48
4.3. Discusión de los resultados.....	51
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS	58
Anexo 1: Matriz de consistencia	59
Anexo 2: Resultados de laboratorio.....	60
Anexo 3: Panel fotográfico.....	62



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables.	7
Tabla 2 Coordenadas UTM de los puntos de muestreo.	29
Tabla 3 Datos obtenidos del suelo para un sistema con sombra arbórea.....	40
Tabla 4 Datos obtenidos del suelo para un sistema monocultivo.....	41



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de sistemas agroforestales.....	18
Figura 2 Ubicación del área de estudio	31
Figura 3 Medidas de calita para obtención de muestras.....	32
Figura 4 Materia orgánica exsistente entre profundidades de 0-20cm y 20-40cm para sistemas con sombra arborea y monocultivo.	42
Figura 5 Valores de densidad aparente (DA) para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm.....	43
Figura 6 Valores de pH para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm.	44
Figura 7 Valores de la conductividad electrica para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm.....	45
Figura 8 Valores de carbono orgánico presentes para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm.	46
Figura 9 Valores de carbono capturado en el suelo presentes para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm.	47



RESUMEN

El presente trabajo evalúa la captura de carbono en suelos bajo dos sistemas agroforestales de producción de café en el Valle de Alto Inambari, Sandia, se consideró dos sistemas, uno con sombra arbórea y el otro solo con monocultivo de café. La metodología para los dos sistemas consistió en la determinación de los parámetros: materia orgánica, densidad aparente, conductividad eléctrica y el pH, para los análisis se considero 03 puntos de muestreo para el sistema con sombra arbórea y 03 puntos para el sistema monocultivo de café, en ambos casos de cada punto de muestreo se sacaron 2 muestras a dos profundidades: 0-20 cm y 20-40 cm habiendo un total de 12 muestras llevadas al laboratorio para su análisis, como resultado para el sistema con sombra arbórea de café a 0-20 cm se tuvo un valor de 107.93 tnC/ha y para el sistema monocultivo de café 96.29tnC/ha almacenado, en cambio a 20-40cm se tuvo 60.63 tnC/ha para el sistema con sombra arbórea y 62.80 tnC/ha para el sistema monocultivo. Concluyendo que el sistema de sombra arbórea de café almacena una cantidad mayor de carbono en el suelo en comparación con el monocultivo a una profundidad de 0-20cm, en cambio a 20-40cm de profundidad sucede lo contrario, concluyendo que la cantidad de carbono almacenada a diferentes profundidades entre los dos sistemas revela que el sistema con sombra arbórea mantiene mayores niveles de carbono en las capas superficiales, mientras que el monocultivo muestra una mejor estabilidad del carbono a profundidades mayores.

Palabras clave: Carbono, monocultivo, sombra arbórea



ABSTRACT

The present work evaluates the carbon sequestration in soils under two agroforestry systems of coffee production in the Alto Inambari Valley, Sandia, two systems were considered, one with tree shade and the other only with coffee monoculture. The methodology for the two systems consisted in the determination of the following parameters: organic matter, bulk density, electrical conductivity and pH, for the analysis we considered 03 sampling points for the system with tree shade and 03 points for the coffee monoculture system, in both cases from each sampling point 2 samples were taken at two depths: 0-20 cm and 20-40 cm having a total of 12 samples taken to the laboratory for analysis, as a result for the system with tree shade coffee at 0-20 cm we had a value of 107.93 tnC/ha and for the monoculture coffee system 96.29tnC/ha stored, while at 20-40cm there was 60.63 tnC/ha for the tree shade system and 62.80 tnC/ha for the monoculture system. It is concluded that the tree-shaded coffee system stores a greater amount of carbon in the soil compared to the monoculture at a depth of 0-20cm, while at 20-40cm depth the opposite happens, concluding that the amount of carbon stored at different depths between the two systems reveals that the tree-shaded system maintains higher levels of carbon in the surface layers, while the monoculture shows a better carbon stability at a depth of 0-20cm, while the tree-shaded system has a higher level of carbon in the surface layers, while the monoculture shows a better carbon stability at a depth of 20-40cm.

Keywords: Carbon, monoculture, tree shade.



INTRODUCCIÓN

El desafío del cambio climático representa uno de los retos más relevantes de nuestra era, lo que hace que encontrar soluciones efectivas para mitigar sus impactos sean cruciales. En este escenario, la absorción de carbono en tierra se destaca como una estrategia fundamental para disminuir las cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera. Las parcelas agroforestería, especialmente aquellos empleados en la producción de café (*Coffea arábica*), ofrecen un enfoque sustentable que promueve la preservación del medio ambiente y, simultáneamente, eleva la productividad agrícola y mejora la calidad del suelo.

Este estudio se enfoca en la captura de carbono en la tierra bajo 2 sistemas agroforestales de cultivo de café en el Valle de Alto Inambari, ubicado en la provincia de Sandía, en el departamento de Puno, Perú. Este lugar, famosa por su biodiversidad y sus costumbres agrícolas ancestrales, ofrece un entorno perfecto para evaluar los impactos de diversos sistemas de cultivo en la dinámica del carbono en el suelo. Mediante un enfoque metodológico que abarca el estudio de muestras de suelo y la valoración de prácticas agroecológicas, este estudio tiene como objetivo aportar a la comprensión del rol que desempeñan los sistemas agroforestales en la mitigación del cambio climático y en la adquisición de buenas prácticas de gestión de agricultura sustentable.

Este estudio, al analizar las relaciones entre la producción de caficultura y la almacenamiento de carbono, no solo pretende subrayar la relevancia de prácticas agroforestales sustentables, sino también promover una mayor conciencia acerca de la importancia de incorporar la preservación del medio



ambiente en la agricultura. Los resultados de esta tesis poseen la capacidad de orientar políticas agrícolas y medioambientales, además de funcionar como orientación para los productores locales en la implementación de prácticas que benefician tanto al medio ambiente como a la economía de la zona.

Para su organización, este estudio está compuesto en cuatro capítulos. Capítulo 1 se presenta y plantea el problema, además se indican las justificaciones y el objetivo de la investigación, destacando también su relevancia y restricciones. El Capítulo 2 proporciona una revisión bibliográfica sobre el cambio climático, los sistemas de agroforestería y la captura de carbono, estableciendo así el fundamento teórico de la investigación. El Capítulo 3 especifica las metodologías utilizadas, que incluyen el diseño experimental, la recolección y análisis de los datos. En el Capítulo 4, presenta los resultados alcanzados, junto con su análisis e interpretación. Finalmente, se finaliza con las principales conclusiones de la investigación y recomendaciones para futuros estudios.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

El principal elemento que contribuye al cambio climático es el aumento en la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, lo que causa efectos desoladores en el entorno y en la salud de las personas. El Instituto Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) ha afirmado que desde que esta avanzando aceleradamente las Industriales, las emisiones de gases de efecto invernadero han experimentado un aumento considerable y han llegado a niveles que exceden las 400 partes por millón (ppm) de CO₂ (Crichton, 2021).

En Perú, los problemas relacionados con el carbono y sus efectos en el medio ambiente son relevantes y de múltiples aspectos. El país, abundante en biodiversidad y recursos naturales, se enfrenta a desafíos importantes relacionados con el cambio climático y la contaminación por dióxido de carbono (CO₂). El Ministerio de Medio Ambiente de Perú ha reportado que la tala de árboles, la agricultura no sustentable y el crecimiento urbano han incrementado las emisiones de gases de efecto invernadero. (MINAM, 2023). La producción



intensiva de alimentos y el uso de recursos naturales agravan esta circunstancia ya que liberan carbono acumulado en terrenos y bosques, limitando la capacidad de los ecosistemas para retener CO₂.

La magnitud de las emisiones y la escasa capacidad de los ecosistemas para retener y almacenar el gas son dos de las principales causas de los problemas de contaminación por carbono en nuestra nación y a nivel global. Es imprescindible tratar este asunto a través de estrategias sustentables que contemplen la conservación del suelo y la implementación de métodos agrícolas innovadores, lo cual contribuirá a luchar contra el cambio climático. Es vital recolectar pruebas empíricas en zonas como el Valle de Alto Inambari en Sandia, Puno, con el propósito de examinar cómo diferentes métodos de producción de café agroforestales afectan la captura de carbono en el suelo.

Así pues, esta tesis tiene como objetivo cubrir este vacío de conocimiento, analizando la acumulación de carbono en áreas bajo dos sistemas agroforestales de cultivo de café. Al realizar esto, se aportará al debate mundial acerca de la sostenibilidad agrícola y la administración de recursos naturales en un contexto de cambio climático.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema principal

¿Cuál es la efectividad de la captura de carbono en los suelos de dos sistemas agroforestales de producción de café en el Valle de Alto Inambari, Sandia?



1.2.2 Problemas específicos

- ✓ ¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo un sistema de sombra arbórea de café?
- ✓ ¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo un sistema de monocultivo de café?
- ✓ ¿Cómo varía la cantidad de carbono almacenado en los suelos a diferentes profundidades entre un sistema agroforestal de sombra arbórea y un monocultivo de café?

1.3 Justificación

El incremento en la concentración de gases de efecto invernadero, especialmente el (CO₂), es el principal factor más significativos que atribuyen al cambio climático global. Entender la habilidad para retener y almacenar suelos es esencial para diseñar estrategias eficaces de mitigar el cambio climático, dado que los suelos poseen la capacidad de funcionar como depósitos de carbono. Los sistemas agroforestales son conocidos por su capacidad para promover la sostenibilidad, aumentar la biodiversidad y mejorar la calidad del suelo. Esta investigación ayudará a comprender cómo se pueden implementar y optimizar estos sistemas para no solo aumentar la producción agrícola, sino también proteger y restaurar los ecosistemas.

En lugares como el Valle de Alto Inambari, donde la económica del lugar se basa en gran parte en la producción de café, adoptar prácticas sostenibles puede mejorar la rentabilidad de los agricultores a largo plazo. Esta investigación no solo posee un valor académico, sino que también conlleva importantes



consecuencias prácticas y sociales. Al abordar la captación de carbono en tierras bajo parcelas agricultura forestal de cultivo de caficultura, se contribuirá la batalla contra el cambio climático, la preservación de ecosistemas y el progreso sostenible en Perú.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 *Objetivos generales*

Evaluar la captura de carbono en suelos bajo dos sistemas agroforestales de producción de café en el Valle de Alto Inambari, Sandía.

1.4.2 *Objetivos específicos*

- ✓ Determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo un sistema de sombra arbórea de Café
- ✓ Determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo un sistema de monocultivo de Café
- ✓ Comparar la cantidad de carbono almacenado en suelos a diferentes profundidades entre un sistema agroforestal de sombra arbórea y un monocultivo de Café.

1.5 Importancia

Esta investigación ayudará a disminuir las liberaciones de gases de efecto invernadero y contribuirá a atenuar las consecuencias del cambio climático a escala local y mundial. al evaluar y promover prácticas que aumenten la retención de carbono en la tierra. La implementación de sistemas agroforestales sostenibles no solo mejora la captura de carbono, sino que también puede



aumentar la productividad agrícola y la resiliencia de los cultivos ante condiciones climáticas adversas.

La eficiencia de los sistemas de agroforestería para preservar la biodiversidad es bien conocida. La conservación de especies silvestres y la conservación de ecosistemas sanos son dos elementos cruciales de la estabilidad ecológica que este estudio puede contribuir a preservar. La puesta en marcha de tácticas agroforestales puede incrementar la lucratividad de la producción cafetalera y proporcionar a los agricultores de la zona nuevas posibilidades económicas. Esto podría mejorar la calidad de vida en las zonas rurales. La investigación también puede servir como herramienta para aumentar la conciencia sobre las prácticas agroforestales y la captura de carbono, fomentando una mayor conciencia entre los agricultores y la comunidad en general sobre la sostenibilidad y la conservación ambiental.

1.6 Limitaciones

El acceso al sitio de estudio para recolectar datos fiables y actualizados acerca de la captura de carbono y las prácticas agroforestales, además de la inestabilidad climática existente en el campo de investigación, alteró el calendario de realización de la investigación. La variedad de los sistemas forestales de agricultura podría complicar la comparación y la generalización de los resultados. Las variaciones en la administración, la variedad de cultivos y las especies de árboles empleadas pueden influir en la captura de carbono.

Recursos Humanos y Financieros: La falta de medi

Aspectos Socioculturales: Las actitudes y prácticas culturales y el agricultor local de la zona pueden influir en la implementación de técnicas



novedosas agroforestales, lo que podría dificultar la implementación de recomendaciones basadas en los hallazgos.

1.7 Hipótesis

- ✓ El sistema de sombra arbórea de café presenta una cantidad significativa de carbono almacenado en el suelo.
- ✓ La cantidad de carbono acumulado en el suelo bajo el monocultivo de café es inferior al promedio en sistemas diversificados.
- ✓ La variabilidad en la cantidad de carbono entre los dos sistemas se incrementa a medida que se profundiza en el suelo.

1.8 Variable y indicador

1.8.1 *Conceptualizar el variable*

- **Variable Independiente (VI): Sistema Agroforestal**

Conceptualización: Hace referencia a un sistema de gestión ecológica que complementa cultivos de agricultura con árboles y/o arbustos. En este contexto, se distingue entre un sistema de sombra arbórea (donde los árboles se utilizan para proporcionar sombra al cultivo de café) y un monocultivo de café (donde se cultiva café sin la influencia de árboles).

Indicadores:

Sistema de sombra arbórea: Indica la presencia de árboles que ofrecen sombra al cultivo de café.

Monocultivo de café: Indica la práctica de cultivo exclusivo de café sin árboles acompañantes.



- **Variable Dependiente (VD): cantidad de acumulación de Carbono en la tierra**

Conceptualización: Hace referencia a la capacidad de acumular carbono en la tierra, un indicador crucial de la salud del ecosistema y de sus capacidades para mitigar el cambio climático. Esta variable se mide a diferentes profundidades para entender cómo varía el acumulación de carbono en los perfiles de tierra.

Indicadores:

Cantidades de Carbono presente en la tierra a diferentes profundidades: Se refiere a la medición del carbono en la tierra en distintas capas (0-20 cm) (20-40 cm).

1.8.2 Operacionalizaciones de la variable

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables.

Variables	Indicadores	Técnicas de Recolección de Datos	Unidad de Medida
VI: Sistema Agroforestal	Sistema de sombra arbórea Monocultivo de café	Observación directa y encuestas a agricultores.	Categoría (sombra arbórea, monocultivo)
VD: Cantidad de Carbono Almacenado en el Suelo	Cantidad de Carbono presente en el suelo a diferentes profundidades	Muestreo de suelo y análisis de laboratorio. Muestreo a distintas profundidades (0-20 cm, 20-40 cm).	Toneladas de carbono por hectárea (tC/ha) Centímetros (cm)

Nota. Elaboración propio



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

(Mogollón et al., 2022), La investigación tenía la finalidad de calcular la captación y emisiones de carbono en las tierras de caficultura en el estado Falcón, Venezuela, utilizando varios tipos de sombra. Se evaluaron varias condiciones: a) café bajo el sombreado de leguminosas; b) caficultura bajo la sombreado de musáceas; c) caficultura intercalado con sombra de cítricos; y d) flora nativa del bosque. Para el estudio, se delimitaron parcelas de 2,500 metros cuadrados y Se recolectaron seis muestreos de tierra a dos distintas profundas: (0–15 cm) (15–30 cm) El carbono orgánico, el pH, la acidez intercambiable, las respiraciones basales, el carbono de las biomásas microbiológicas y la densidad aparente de la tierra se analizaron. Los hallazgos indicaron que los terrenos de plantas de café bajo la sombra de leguminosas almacenaban 83 t/ha de C a 30 cm de profundidad, desempeñando un papel de sumidero de carbono y logrando una eficiencia del 100% en comparación con el suelo del bosque utilizado como referencia. El uso de sombras de musáceas y cítricos. Por otro lado, redujo en



un 60% y un 48%, a su vez, la efectividad en la retención de carbono. Adicionalmente, las parcelas de caficultura con cítrico es el menos eficaz en términos de captura de carbono. Las tierras de caficultura con cítricos emitieron más alto cantidad de CO₂, con 82.4 mg C-CO₂/kg/día; los siguientes en la lista son el café con musáceas (63.7 mg C-CO₂/kg/día) y la caficultura con leguminosas (50.8 mg C-CO₂/kg/día).

(Tórrez et al., 2023) Se menciona que la producción de café en Nicaragua se lleva a cabo principalmente bajo sombra, lo que facilita la captura en gran volumen de carbono en atmósfera. Mediante los abonos por servicios ecológicos, este carbono podría generar ingresos adicionales para los productores. La finalidad del estudio era identificar el carbono almacenado en los sistemas agroforestales y evaluar su valor económico. La investigación no experimental se organizó en tres etapas: planificación, ejecución y análisis de resultados. La Unión de Cooperativas estableció criterios para la selección de la muestra, incluido ser un productor destacado en su comunidad y cultivar a altitudes entre 600 y 900 metros. En cada nivel de altitud, se examinaron dos sistemas agroforestales. Para el muestreo, utilizaron una parcela de 0.25 ha, aplicaron ecuaciones alométricas a los árboles y arbustos y evaluaron el mantillo después de descontar la humedad. Se utilizó una fórmula específica para medir las densidades de los carbonos orgánicos de la tierra. Los datos obtenidos revelaron que el suelo poseía el mayor volumen de carbono almacenado (80.86 t C/ha), seguido por los árboles (15.58 t C/ha), el mantillo (6.21 t C/ha) y los arbustos (1.22 t C/ha). Los sistemas (Los Chilamates) (Las Quebradas) presentaron 119.22 y 89.01 t C/ha, exactamente. Los agricultor podrían recibir entre 652.80 y 874.36 dólares por hectárea por la captura de



carbono. Por lo que los autores sugieren ampliar el estudio a más productores y recopilar información relevante para gestionar proyectos de pago por la captura de carbono.

(Riascos et al., 2020) Hoy en día, las metodologías de producciones de caficultura (Coffe a arábica L.) los estudios científicos dan modificaciones continuas, lo que ha conducido a establecer plantaciones que Permitir la mitigación del cambio climático mediante el almacenamiento de carbono. Este estudio se centró en calcular el acumulamiento de carbono en la biomasa aérea y en la tierra de 4 parcelas de producción de caficultura de 4 años, situados en el ecotopo 221A, dentro del municipalidad de Consacá, Nariño, utilizando una disposición de bloques enteros aleatoriamente (DBCA). Los bloques fueron categorizados en tres categorías de altura: I (superior a 1800 metros), II (1800-1600 metros) y III (menos de 1600 metros); en tanto que los parcelas comprenden: caficultura a capo libre (T1), caficultura con limón (T2), caficultura con guamo (T3) y caficultura con carbonero (T4). Para determinar el almacenamiento de carbono, se emplearon ecuaciones alomé tricas específicas para cada especie. Los hallazgos revelaron una gran acumulación de carbono. en la altitud superior a 1800 m (109.81 t/ha) y un almacenamiento bajo en altitudes menores a 1600 m (42.39 t/ha). Aunque no se encontraron variaciones estadísticamente significativas entre los sistemas, se ve que el acumulamiento más alto de carbono correspondió al tratamiento T4 (74.82 t/ha) y el más bajo al tratamiento T3 (56.56 t/ha). Esto sugiere que la obtención de carbono es más efectiva en sistemas de caficultura que están vinculados con especies leñosas a altitudes que superan los 1800 metros de altitud.



2.1.2. A nivel nacional

(Medina, 2021) la finalidad de este estudio era medir la cantidad de carbono que se capturaba en las tierras en dos parcelas de caficultura (Coffea arábica L.) en departamento de San Martín. Se utilizó la estructura de bloques totalmente aleatorios (DCA), conformado por 2 municipalidades Moyobamba y lamas 2 técnicas de producciones de caficultura con guaba y caficultura con shaina mas moenalo que resultó en 16 unidad de experimental. El tratamiento se realizó en plantaciones de 1 ha de caficultura con edades que tenían entre 8 y 9 años. Se tomaron muestras de 16 a una profundidad de (0-20 cm) y (20-30 cm.) el laboratorio de suelo es, Proyecto Especial Alto Mayo, en Nueva Cajamarca mezclaron y homogenizaron estas muestras para formar una sola muestra que se analizó. La provincia de Lamas (Alto Chontal) El suelo presentaba una cantidad total de carbono de 78,68 tC/ha. de café con árboles de guaba (resultados sin transformar de 52,17 a 52,08 %) y 84,30 tC/ha de caficultura con árboles forestal (shaina). En la provincia de municipalidad de Moyobamba (Jepelacio) la tierra de café con especies agroforestales (moena) tiene un mayor contenido total de carbono de 86,42 t C/ha, mientras que el suelo de café más guaba tiene un contenido de carbono de 81,13 t C/ha En la provincia de la municipalidad de Moyobamba, el total de carbono en la tierra sin modificar osciló entre el 50,00 y el 51,62%. Según esta investigación no se observaron diferencias relevantes $P \leq 0.05$. Así pues, las parcelas de caficultura desempeñan un rol crucial en la captura de carbono.

(Zavala Solórzano et al., 2021) En su investigación, los investigadores trataron de determinar los volúmenes de biomásas y su porcentaje de carbono en las parcelas agroforesterías de caficultura (Coffea arábica) en el cultivo de



café. de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Calcular el almacenamiento de carbono en las parcelas de utilización del suelo y la retención de carbono en una tierra Inceptisols. El estudio se llevó a cabo en dos fases: en la 1ra etapa en el campo, se dibujaron 3 trayectos en los cafetales de 5/ha luego posteriormente efectuar la evaluación pertinente; en seguida la segunda el ensayo de laboratorio, se realizaron ciertos procedimientos de medición de carbono. Por lo tanto biomasa aerodinámica En un planta vivo, la biomasa del café llegó a 51.39 t.ha-1. Es impresionante establecer la curva que permita el mayor almacenamiento de dióxido de carbono. Iecer la curva de mayor almacenamiento de dióxido de carbono, puesto que la edad en la parcela de caficultura tiene un impacto en el almacenamiento y secuestro de carbono.

(Salazar et al., 2018) La investigación examinó el efecto de envejecimiento en los sistemas forestales (SAF) de caficultura en la acumulación de carbono en la tierra del distrito de Longar Benavides y Mariscal ubicados en la provincia de municipalidad Rodríguez de Mendoza, en el departamento amazónica, Perú. Se realizó una evaluación de 2 sistema. 1) En Longar educación secundaria de 3 a 5 años y en Mariscal Benavides de 8 a 10 años. Para llevar a cabo este análisis, se llevaron a cabo doce calicatas. Se recolectaron ejemplares de la tierra a tres tipos diversas profundidad: (0–15), (15–30) y (30–45 cm). Se calcularon tanto la cantidad de carbono como la densidad aparente en 36 muestras. El SAF que planta café de 3-5 años con guaba almacena más carbono (224,26 Tm de C/ha) en comparación con el SAF que planta café de 8-10 años (198,95 Tm de C/ha). Se descubrió que los SAF más

viejos tienen un valor económico más alto y que La cantidad más alta de carbono se acumula en los primeras 15 cm del tierra.

2.1.3. Antecedentes locales

(Enriquez, 2018) El objetivo de este estudio fue identificar la cantidad de concentración de carbono en las tierras de un sistema agroforestería que cultiva café en el Valle Esquilaya, en el departamento Puno, en 2018. Se realizó el siguiente análisis en sistemas agroforestales de café, empleando suelos con pastura como grupo de control o grupo de observación. El método implicó recolectar datos acerca de las propiedades físicas y químicas del terreno. de tal manera en la investigación, se tomaron en cuenta dos unidades de exploración: un sistema agroforestal de café y un terreno con pastura. Para cada sistema, se seleccionaron cinco puntos aleatorios y se realizaron dos repeticiones. Se calculó el carbono orgánico del terreno (COS) empleando el método de Rosenzweig y Hillel (2000). También si hay una variación considerable en la conducta a través de los estratos. Si existió una variación considerable en la descripción del terreno entre sistemas y profundidad. De acuerdo con la investigación, para la pastura se registró un carbono orgánico de 108.6 tc/ha y para la pastura de 38,3 tc/ha, lo que señala que existió una variación considerable entre los sistemas de pastura y el café. Así pues, un sistema agroforestería de caficultura influye en la densidad aparente, la cantidad de materiales orgánicos y la absorción de carbono orgánico de la tierra.

(Sullca, 2018) El propósito de esta investigación fue identificar el total de carbono que se captura en los terrenos forestales de queñual (*Polylepis sp.*) en la localidad de Puno. el estudio era descriptiva y transaccional, no



experimentado. Se realizó una evaluación de las densidades aparentes, la materia orgánica y el carbono orgánico del terreno. Para ello los muestreos se llevó a cabo de manera aleatoria en 5 varias ubicaciones en sistemas de suelo de pastura y queñuales, siendo por ultima el grupo de control, con 2 niveles de profundidad de (0–20cm) y (20–40 cm) donde indica que los terrenos con forestales de Queñual poseen el mayor acumulamiento de carbono, es decir menor acumulamiento hay en pastura, lo cual es un elemento crucial en la disminución de los gases de efecto calentamiento global.

2.2. Bases teórica

2.2.1. Cambio climático

Se refiere a las modificaciones duraderos en los patrones climáticos y las temperaturas terrestres, originados mayoritariamente por acciones del hombre, tal como la incineración de combustión fósiles, la tala de árboles y la agrícola a gran escala. Como consecuencia de estas actividades, Se agranda al aumento la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo que eleva la temperatura a nivel mundial y modifica los sistemas climatológicos. (Aldana, 2017, p.13).

Los cambios significativos y duraderos en los patrones de temperatura, lluvias y presencia de otros fenómenos climáticos a escala global o regional se denominan cambios climáticos. Aunque los procesos naturales pueden causar este fenómeno, el acción del hombre, como la transformación industrial y el uso excesivo de combustibles fósiles, han empeorado el fenómeno, lo que provoca al aumento de los gases de efecto invernadero (Becerra & Mance, 2009, p.9).



2.2.2. Ciclo del carbono

En los eventos en los que el carbono se intercambia entre la atmósfera, los mares, la biosfera y la geósfera de la tierra se conocen como ciclos del carbono. Este ciclo involucra tanto procesos naturales como acciones del hombre, la presencia de quema de combustibles fósiles y la fotosíntesis, que alteran las concentraciones de carbono en la atmósfera (Honorio & Baker, 2010, p.11).

2.2.3. El ciclo de carbono en el planeta Tierra

El planeta preserva el carbono en 5 grandes compartimentos. (Bravo, 2007, p.46-48):

a) las reservas geológicas:

Las reservas geológicas son acumulaciones significativas de carbono almacenadas en forma de combustibles fósiles (tales como petróleo carbón, y gas natural) y carbonatos presentes en las rocas. Estos depósitos han sido formados durante millones de años mediante la degradación de materiales orgánicos. La mayor parte de este carbono se emite a la atmósfera mediante fenómenos geológicos como las erupciones de volcanes y la combustión de combustibles fósiles.

b) el océano:

Aproximadamente un cuarto del CO₂ emitido por la actividad humana se almacena en los océanos, que representan uno de los almacenamientos de carbono más grandes del planeta. Los organismos marinos (como el fitoplancton y los corales) son consumidos el carbono disueltamente por la fotosíntesis y la

formación, conchas de la Oceanía. Además, los océanos liberan CO₂ a la atmósfera de manera dinámica.

c) la atmósfera

La atmósfera contiene carbono en forma de gases de efecto invernadero. en particular CO₂ y CH₄. Este carbono se intercambia continuamente con los demás compartimentos mediante el paso que es la fotosíntesis, la respiración y la descomposición. El control de la temperatura terrestre y del clima mundial se basa en las obtenciones de carbono en atmósfera.

d) biomasa vegetal.

Se conoce como biomasa vegetal a toda la sustancia orgánica de origen vegetal. de las plantas que absorbe carbono de la atmosférico a través de la fotosíntesis. Este carbono se almacena en la madera, hojas, raíces y otros tejidos de la vegetación. Ya que las plantas no solo guardan carbono, sino que también lo expulsan al entorno mediante la respiración y cuando mueren y se degradan, La biomasa de origen vegetal juega un papel vital en el ciclo del carbono.

e) los suelos

La biomasa vegetal es toda la materia orgánica de las plantas que absorbe carbono del ambiente mediante el proceso de fotosíntesis. Este carbono se concentra en tejidos vegetales como la madera, las hojas, las raíces y otros. La biomasa vegetal juega un rol de suma crucial en el ciclo del carbono ya que las arboles no solo almacenan

carbono, sino que también lo liberan al medio ambiente a través de la respiración y cuando mueren y se descomponen.

2.2.4. Sistemas agroforestales SAF

Los sistemas agroforestales comparten cultivos agrícolas con los árboles y/o pastizales, distribuidos tanto en el tiempo como en el espacio (Farfán, 2014, p.29).

Hace referencia a una forma de uso del suelo en que el árbol se relacionan con la agricultura y/o animales. en un espacio biológico y ambiental. Este tipo de cultivo múltiple necesita satisfacer tres requisitos según (SERFOR, 2021, p.6):

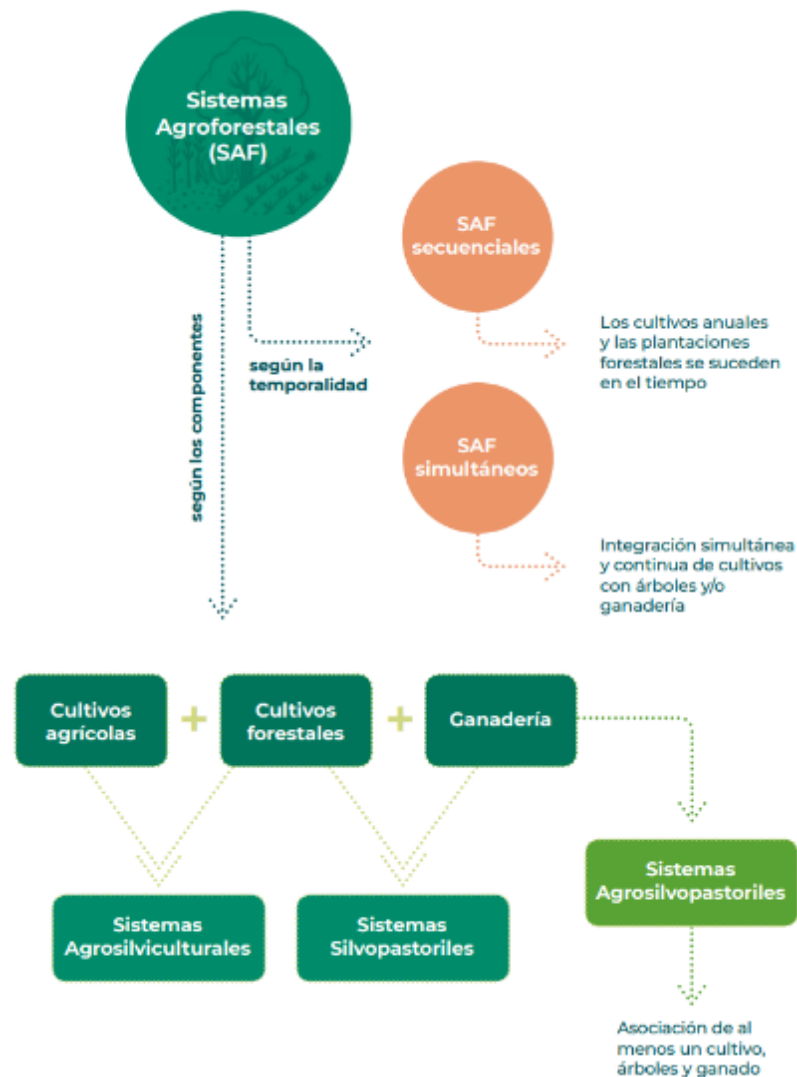
- Que al menos 2 plantas que compartan
- exista al menos uno de los elementos sea árbol (leñosas de temporada).
- exista menos dos de los elementos se gestionen bajo un propósito de producción.

2.2.5. Tipos de sistemas agroforestales

Se categorizan en SAF en función de sus elementos (agrícola, forestal y ganadera), además de su forma de implementación a lo largo del tiempo.

Figura 1

Tipos de sistemas agroforestales.



Nota. El grafico muestra los tipos de sistemas agroforestales. Tomado de (SERFOR, 2021) (p.9)

2.2.6. La capacidad de los terrenos de retener carbono

La habilidad de la tierra de acumular carbono significa que retiene carbono en forma de materia orgánica y compuestos minerales a lo largo del tiempo. Dado que los suelos son uno de los claves sumideros de carbono y disminuyen la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que se encuentra en la atmósfera, este

proceso, conocido como secuestro de carbono, resulta crucial para poder reducir cambio climático (Manson et al., 2008, p.223-225).

2.2.7. Elementos que influyan en almacenamiento de carbono en terreno

Los factores clave que afectan la evolución ambiente de la materia orgánica en los tierra, de conforme con (Lal et al., 1998,) (J. Hernández et al., 2024) son:

- **La vegetación:**

Debido a que Los árboles representan la fuente principal de materia orgánica que se degrada y se transforma en carbono, y la vegetación tiene un rol crucial en la habilidad del suelo para acumular carbono. Las formas en que la vegetación influye en retenimiento de carbono son las siguientes:

- a) **Aporte materia orgánica:** Las plantas producen biomasa, que se compone de hojas, raíces y restos vegetales, que se descompone en el suelo y sirve como materia prima para el secuestro de carbono.

- b) **Sistemas radiculares:** Las raíces de las plantas no solo aportan carbono directamente al suelo, sino que también mejoran la estructura del suelo, lo que crea un entorno adecuado para el almacenamiento estable de carbono.

- **Cobertura vegetal:** La mayor densidad y diversidad de la vegetación, como en los sistemas agroforestales, protege el suelo de la erosión y fomenta el depósito de carbono en las capas superficiales del terreno.

- **El clima:** El clima interactúa directamente sobre la velocidad de los procesos biológicos que determinan la capacidad de carbono que se almacena o se libera en dicho terreno. Los dos elementos meteorológicos más relevantes son la temperatura y las precipitaciones:

a) **Temperatura:** En climas fríos, el proceso de degradación de la materia orgánica es más pausada, lo que favorece el acumulación de carbono en el terreno. La actividad microbiana aumenta en climas cálidos, lo que acelera la descomposición y reduce el tiempo que el carbono se encuentra en el terreno antes de ser liberado como CO₂.

b) **Precipitación:** La acción de microorganismo que degradan La composición orgánica se ve perjudicada por la existencia de agua en la tierra. Las condiciones anaeróbicas, o decir, la falta de oxígeno, retrasan la descomposición en áreas húmedas o suelos saturados, como los humedales, lo que permite una mayor acumulación de carbono. Sin embargo, una precipitación excesiva puede causar a erosionar las lixiviaciones de nutrientes, esto impacte de manera negativo en la retención de carbono.

- **características del mismo terreno**

Las características químicas, biológicas físicas del terreno determinan su capacidad para almacenar y estabilizar el carbono. Algunos de los factores más relevantes son:



- a) Textura del suelo: el terreno arenoso tiende a retener menos carbono en terrenos con mayor contenido de partículas finas, como la arcilla. Debido a que forman agregados estables que mantienen materia orgánica en formas no fácilmente degradables, las partículas de arcilla protegen la materia orgánica de poder descomponerse rápidamente
- b) Estructura de suelo: Un buen suelo estructurada fomenta la infiltración de H₂O, la actividad de las raíces y la proliferación de microorganismos
- c) Cantidad de materia orgánica: La habilidad para capturar carbono es mayor en los suelos ricos en materia orgánica. El carbono se almacena en materia orgánico por extensos lapsos de tiempos, dependiendo de las condiciones ambientales y del manejo agrícola.
- d) Interacciones minerales-orgánicas: El carbono se estabiliza en el suelo gracias a la presencia de minerales como los carbonatos o las arcillas, que forman asociaciones químicas que lo protegen de la descomposición rápida.

2.2.8. El sistema de producciones de café

Las diferentes formas en que se cultiva el café se denominan sistema de producciones de café y tienen en cuenta aspectos como el uso del suelo, el manejo agrícola, las técnicas de cultivo y las interacciones con el entorno. Estos sistemas incluyen métodos intensivos destinados a maximizar la producción, así como métodos tradicionales, más sostenibles y amigables con el medio



ambiente. Los principales sistemas de producción de café se muestran a continuación (Farfán, 2014, p.51):

a) **Café bajo sombra (Sistemas Agroforestales)**

Forma un sistema agroforestal al combinar al cultivar el café con otras plantas de sombras. Los árboles no solo proporcionan sombra y crean un microclima favorable para el crecimiento del café, sino que también brindan una variedad de beneficios ambientales adicionales. Las siguientes son las características fundamentales de este sistema:

- Biodiversidad: Se fomenta la coexistencia de diversos tipos de vegetales y animales, que mejora la sostenibilidad del ecosistema.
- Conservación del suelo: el árbol mejora la fertilidad de la tierra y ayuda o previene la erosión, lo que aumenta su capacidad de secuestro de carbono.
- Mayor sostenibilidad: se utilizan menos agroquímicos y se producen beneficios para el ecosistema, de tal manera como la absorción de emisión de carbono y conservación de la biodiversidad natural.

b) **Café a pleno sol (Café intensivo)**

Este sistema cultiva el café sin la cobertura de árboles con el objetivo de maximizar la producción mediante métodos más intensivos. Características importantes incluyen:

- **Alta densidad de plantación:** Para aumentar el rendimiento por área, los cafetos se siembran en alta densidad.

- **Uso intensivo de insumos:** Se utilizan pesticidas químicos, fertilizantes y herbicidas para aumentar la productividad y reducir las plagas.
- **Menor sostenibilidad:** Aunque se logra una alta producción en el corto plazo, en caso de no manejar adecuada, este sistema lo llevaría a degradar el suelo, una mayor erosión y la pérdida de biodiversidad.

c) **Café de manejo convencional**

Es un método intermedio entre café a pleno sol y café bajo sombra. Este método utiliza algunos árboles para proporcionar sombra parcial, pero también utiliza productos agrícolas para aumentar la productividad. Características destacadas incluyen:

- **Moderado uso de insumos:** Se utilizan pesticidas y fertilizantes, pero en menor cantidad que en el café intensivo.
- **Algunos árboles de sombra:** Algunos árboles se pueden mantener para proporcionar sombra parcial, que ayuda a controlar la temperatura y conservar el suelo.

2.2.9. **El parámetro para poder establecer la captura de carbono**

a) **Materia orgánica (MO)**

Son conjunto de desechos de vegetal, animal y microorganismo en diferentes etapas de descomposición que se encuentran en el suelo. Esta fracción de la tierra es esencial para sus fertilidades y estructural porque proporciona nutrientes principales para la planta, mejora a conservación de H₂O y aire en los suelos y fomenta la actividad microbiana. La materia orgánica también juega a acumulamiento de carbono en los suelos juega



un papel crucial, contribuyendo a la secuestración de carbono y a mitigar el calentamiento global.. (Manson et al., 2008, p.219).

b) La densidad aparente (DA)

Se establece según el peso seco de la tierra en relación con la unidades de volúmenes. de la tierra sin modificaciones, incluyendo tanto la etapa sólida como la etapa gaseosa que se encuentra en su interior. Para poder establecer, es necesario obtener una cantidad de espacio adecuada para representar adecuadamente la heterogeneidad del suelo y reducir su impacto. En la mayor parte de las situaciones, se evidencia en gr por cada centímetro cúbico (g/cm³). (Pereira et al., 2011, p.48).

Un suelo con baja densidad aparente tiene más poros, lo que facilita el mayor enraizamiento, y la facilidad infiltrar el agua y la circulación de aire. Por el contrario, el suelo con mayor densidad aparente se compacta, lo que dificulta estos procesos y dificulta de manera negativa el crecimiento de las plantas (Farfán, 2014, p.278).

c) Carbono orgánico

Se denomina carbono orgánico al carbono presente en la materia orgánica de la tierra. Representa el contenido de carbono de los desechos de organismos vivos y descompuestos. Dado que contribuye a la formación de humus, mejora la composición de suelo y es una fuente de energética para el microorganismo, el carbono orgánico es esencial para la fertilidad de la tierra. Además, tiene un rol relevante en la acumulación de carbono en la atmosférica, lo que contribuye a disminuir las consecuencias del cambio climático.

d) PH

Aunque no indica la acidez total del suelo señala la concentración de acidez de la solución de la tierra. El pH, por su impacto en el crecimiento de las vegetales y la animales del terreno, también influye en la rapidez y la calidad de los procedimiento de mineralización y humificación, además del estado de ciertos nutrientes (Pereira et al, 2011, p.53).

e) Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica hace referencia a la capacidad de una solución de suelo para conducir electricidad dependiendo del contenido de sales ionizadas o disueltas en la disolución. La medida se representa mili siemens por centímetro (mS/cm). La alta conductividad eléctrica nos muestra que el suelo tiene una alta concentración de sal, lo que puede ser perjudicial para las plantas porque dificulta la absorción de agua. La conductividad eléctrica también se emplea como el indicador de la fertilidad del tierra porque un nivel adecuado indica el contenido de nutrientes accesibles para las vegetación (Soriano, 2018, p.4-5).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. *Captura de carbono en suelos*

La retención de carbono en tierra se refiere a la interacciones del elementos con las condiciones ambientales del lugar, los componentes que conforman su estructura o están íntimamente ligados a ella y otros elementos que pueden tener influencia en la modificación de las propiedad de la tierra a lo largo del tiempo (J. Hernández et al., 2024).

2.3.2. Suelo

Es el estrato superior de la corteza de la Tierra que alberga minerales, sustancias orgánicas, agua, aire y seres vivos. Es un entorno natural crucial para el desarrollo vegetal porque proporciona soporte físico y proporciona nutrientes, agua y oxígeno. Además, el suelo regula muchos ciclos biogeoquímicos, incluidos como es el ciclo de carbono, el H₂O y nutrientes (Pereira et al., 2011, p.16).

2.3.3. Sistemas agroforestales en producciones de cafés

El sistema agroforestal en las producciones de cafés son una práctica agricultura sostenibles que combina los cultivos de cafés bajo sombras con la integración de especies arbóreas y otras plantas en la misma área. En estos sistemas, los cafetos (*Coffea arabica*) crecen bajo la protección de árboles que proporcionan sombra, mejoran la estructura de la tierra, y contribuyen a conservar el biodiversidad. Esta interacción entre árboles y café beneficia tanto a la producción agrícola como al entorno, promoviendo servicios ecosistemas como la captura de carbono, la retención de agua, las fertilidades del terreno y la regulación natural de plagas. (Farfán, 2014, p.51-54).

2.3.4. Sistemas monocultivos de producciones de cafés

El término "sistema de monocultivo de producciones de cafés" se pronuncia a la buena práctica de la agricultura en donde se cultiva un solo especie de café (normalmente *Coffea arabica* o *Coffea canephora*) en un área de terreno específica sin incorporar otras especies vegetales (EOS, 2021).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

3.1. Método de la investigación

3.1.1. *Tipo de Investigación*

Según la finalidad de estudio una Investigación básica o pura conocida también como investigación fundamental, este tipo de estudio no se enfoca en solucionar problema específico ni en ofrecer resolver prácticas. En caso contrario va proporcionar para un base teórico que será útil para otras investigaciones. En este contexto, se pueden desarrollar tesis que tengan objetivos exploratorios, descriptivos o que busquen establecer correlaciones entre variables (Arias, 2020, p. 43).

Esta investigación es básica porque va aporta conocimientos acerca la absorción de carbono en suelo bajo sistema agroforestales.

3.1.2. *El diseño de la Investigación*

El diseño transversal no experimental es una clase de investigación que se lleva a cabo en un solo momento en el tiempo, permitiendo la observación de



diversas variables en un grupo o población sin manipulación de estas (R. Hernández et al., 2014, p.154).

Esta investigación presenta un enfoque no experimental del carácter transversal porque, no se manipularon las variables de interés; en cambio, se analizan Las características de la tierra y su habilidad para almacenar carbono bajo 2 sistemas agroforestales diferentes de Valle de provincia de Sandia-Puno.

3.1.3. El nivel de Investigación

El nivel o alcance descriptivo de una investigación se centra en caracterizar y detallar Las particularidades de un fenómeno, grupo o circunstancia determinada, sin tratar de establecer vínculos causales, sin tratar de determinar conexiones causales. Este tipo de estudio busca una visión clara y consiso e la situación en la que se va desarrollar el fenómeno, recopilando datos que permiten comprender su naturaleza y funcionamiento, para generar hipótesis y orientar estudios futuros (Arias, 2020, p.44).

Esta investigación tiene un nivel descriptivo porque se centra en caracterizar y detallar las condiciones actuales de la acumulación de carbono en la tierra bajo los diferentes sistemas agrícolaforestal. No busca establecer relaciones de causa y efecto, sino más bien ofrecer un análisis claro de cómo cada sistema contribuye a la adsorción de carbono en un momento específico. A través de la recolección de datos sobre las propiedades del suelo y sus capacidades de almacenar el carbono, este estudio proporcionará una comprensión integral de la situación actual, lo que permitirá orientar futuras investigaciones y prácticas en el área.

3.2. La población y muestra

a) Población

La población de investigación está conformado por suelos agroforestales de producción de café del Valle de Alto Inambari - Sandia.

b) Muestra

El siguiente estudio se sacaron una totalidad de muestreo de los cuales 6 muestras se obtuvieron de media hectárea de suelo con sistema de sombra arbórea de café y las otras 6 muestras se sacaron de otra media hectárea de suelo con sistema monocultivo de café, ambos sistemas están ubicados en el C.P de Pampa Yanamayo en Valle de Alto Inambari de Provincializada de Sandia, departamento de Puno.

Tabla 2

Coordenadas UTM de las ubicaciones de muestreo.

SISTEMA	COD. PUNTO	PROFUNDIDAD cm	COORDENADAS UTM	
			X	Y
Punto 1 sombra arbórea	P1-SSA-A	00 - 20	472725.96	8451724.9
	P1-SSA-B	20 - 40		
Punto 2 sombra arbórea	P2-SSA-A	00 - 20	472720.20	8451723
	P2-SSA-B	20 - 40		
Punto 3 sombra arbórea	P3-SSA-A	00 - 20	472725.14	8451727.5
	P3-SSA-B	20 - 40		
Punto 1 monocultivo	P1-SM-A	00 - 20	472727.57	8451764.1
	P1-SM-B	20 - 40		
Punto 2 monocultivo	P2-SM-A	00 - 20	472721.81	8451759.9
	P2-SM-B	20 - 40		
Punto 3 monocultivo	P3-SM-A	00 - 20	472738.28	8451766.7
	P3-SM-B	20 - 40		

Nota. Fuente: El autor



3.3. Procedimientos

3.3.1. Selección de sitios de estudio

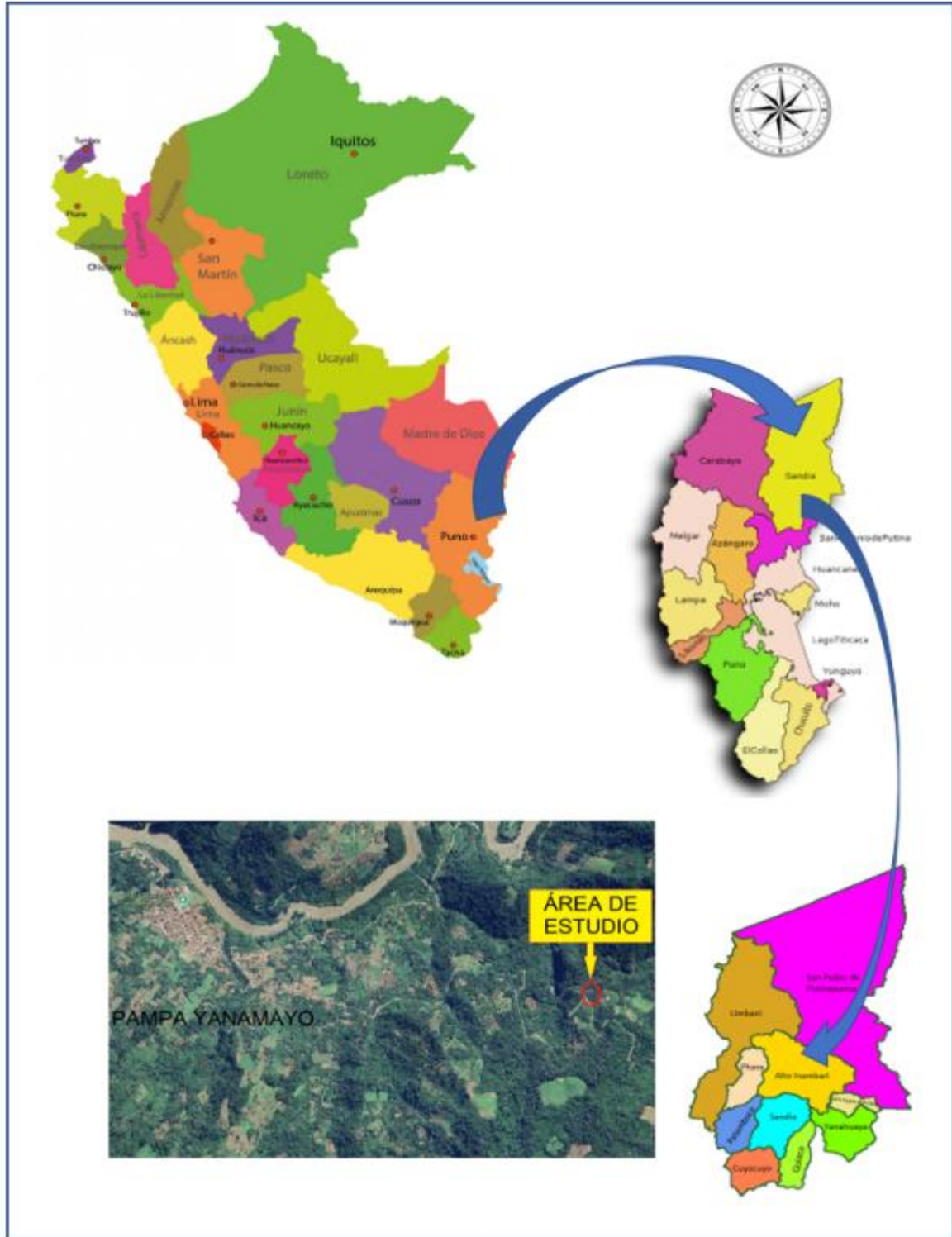
Entre los criterios que se tomó en cuenta para la selección de estas parcelas se tuvo los siguientes:

- Accesibilidad y topografía del terreno
- Continuidad de cultivo y presencia de plantaciones de otras especies
- Tamaño de la parcela

Se identificó y seleccionó una parcela de cultivo de café representativa con presencia de sombra arbórea en su contorno y otra parcela solo con monocultivo de café en el centro poblado de Pampa Yanamayo.

Figura 2

Lugar de área de investigación



Nota. Fuente: el autor

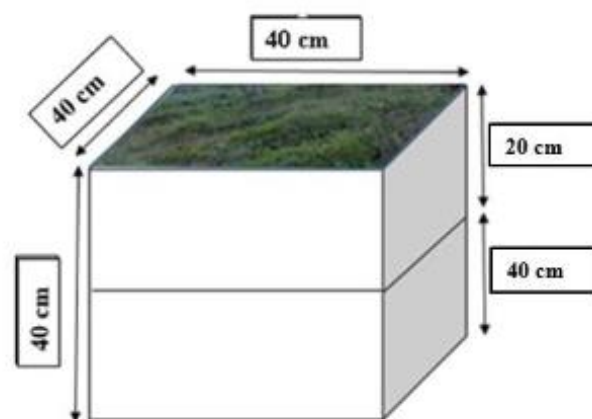
3.3.2. Recopilación de datos

Se tomaron en cuenta 03 puntos de muestreo para la parcela con sombra arbórea en su contorno y 03 puntos de muestreo también para la parcela con presencia de monocultivo de café. Las técnicas de muestreo para suelos en áreas relativamente homogéneas, un número reducido de puntos puede ser suficiente (Mendoza & Espinoza, 2017).

Toma de muestras en ambos casos de cada punto de muestreo se sacaron 2 muestras a 2 profundidades (0-20 cm) y (20 – 40 cm). Esto permitirá evaluar la variación en las composiciones del suelo y la captura de carbono en diferentes capas. Se uso una pala para poder extraer el suelo de cada punto seleccionado. Las muestras se colocaron en bolsas etiquetadas

Figura 3

Medidas de calita para obtención de muestras.



Nota. Fuente: (MINAGRI, 2015)



3.3.3. Transporte de datos

Se utilizó contenedores adecuados para evitar que estas se contaminen y alteren sus propiedades iniciales.

La muestra fue transportada con los cuidados necesarios para prevenir su deterioro. Para ello, fueron embaladas garantizando la total inmovilidad de los recipientes que las alojan durante el transporte, conforme a lo que se detalla en la guía para el muestreo de suelo, conforme a la Resolución Suprema Número 002-2013-MINAM.

3.3.4. Análisis de datos

a) Materia Orgánica (MO)

Objetivo: Determinar la cantidad de materia orgánica en el suelo.

Procedimiento:

- **Muestreo:** Se recogió muestras de suelo de cada sistema agroforestal en diversas niveles profundidad (0-20 cm), (20-40 cm).
- **Secado:** Se hace secar las muestras de suelo a 60°C
- **Tamizado:** Se realiza el tamizado de las muestras a través de un tamiz de 2mm.
- **Incineración:** Se pesa una alícuota de la muestra y se coloca en un crisol. Incinerándolo en un horno a 550°C durante 4 horas.
- **Cálculo:** Determinamos el (%) de materia orgánica utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Materia orgánica (\%)} = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100$$

Donde:

Inicial de peso: se refiere al pesado de la muestra de tierra antes de la incineración (en gramos).

Peso final: se refiere al pesado de la muestra de la tierra después de incinerarla (es decir, el desecho inorgánico que se genera tras ser quemado de la materia orgánica).

b) Densidad Aparente (Da)

Objetivo: calcular la densidad aparente de la tierra.

Procedimiento:

- **Muestreo:** Se empleo la metodología del cilindro. donde toma una muestra de tierra con un cilindro conocido (100 cm³).
- **Secado:** Seca la muestra a 105°C hasta mantener un peso uniforme.
- **Pesado:** La muestra en estado seco es pesado.
- **Cálculo:** Se va proceder a calcular la densidad aparente usando la fórmula:

$$\text{Densidad aparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de la muestra seca (g)}}{\text{Volumen del cilindro (cm}^3\text{)}}$$

c) El acumulación de carbono Orgánico en la tierra



Objetivo: Determinarlo el contenido de carbono orgánico en el suelo.

Procedimiento:

- **Muestreo:** Se utilizó las mismas muestras que para la materia orgánica.
- **Análisis:** utilizaremos la metodología de (Walkley-Black)
 1. se tiene previsto utilizar un Erlenmeyer de 500 mL, se añade 1.0 g o 1 mL de suelo. Si las tierras tienen una extrema oscuridad, pesar 0.5 g o cuantificar 0.5 mL de tierra. Para determinar la normalidad del sulfato ferroso, se puede llevar un blanco (sin muestra) de manera paralela.
 2. Añadir diez mL de dicromato de potasio de 1 N ($K_2Cr_2O_7$).
 3. Añadir veinte mL de concentrado de ácido sulfúrico. Es posible utilizar el nivel técnica
 4. Combinar para uniformizar la solución. En esta reacción se produce la producción de calor.
 5. Permanecer en respuesta durante una hora o más.
 6. Añadir cerca de 200 mL de agua destilada.
 7. Añadir 5 mL de compuesto de ácido fosfórico y 0.5 mL del indicador de difenil amina sulfúrica 3 a 4 gotas de Ferroin.



8. Aplicar 0.5 de sulfato ferroso amoniacal, agitándolo y gradualmente hasta que el tono cambie de violeta a verde. En la transición, interrumpir la titulación.

9. Titular el blanco.

- **Cálculo:** Se utilizó las siguientes formulas:

$$\%CO = (0.58) (\%MO)$$

Donde:

% CO= (Concentración de carbono orgánico)

% MO= (Materia orgánica)

Para calcular la cantidad de (COS), en cada etapa de evaluaciones (0 - 20cm) (20-40cm), se empleará el calculo propuesta por Rosenzweig y Hillel (2000).

$$CS = CC \times DA \times P$$

En donde:

C = Carbono en la tierra (tC/ha)

CC = Contenidos de C

(%) DA = Densidad Aparente (g/cm³)

P = Profundidades de muestreos



De igual manera, para calcular la sustancia orgánica, se recolectarán muestras de 0 a 20 cm y 20-40cm de cada estrato del suelo, las cuales se aplicarán en las dos áreas de investigación, una con sombra arbórea y otra con monocultivo de café. Después, los muestreo de tierra fueron enviadas al laboratorio de suelos para recopilar información sobre la materia orgánica por nivel de profundidad.

Los estudios se realizaron en el laboratorio escuela profesional de ingeniería sanitaria y ambiental, UANCV,

d) pH

Objetivo: Medir el pH del suelo.

Procedimiento:

- **Preparación:** Se mezcla 10 g de suelo de tal manera en 50 ml de agua destilada.
- **Agitación:** Se agita de tal manera se mezcla durante 30 minutos y deja reposar.
- **Medición:** un dispositivo de medición de pH para determinar el pH de la solución.
- **Registro:** Anota el valor del pH.

e) Conductividad Eléctrica

Objetivo: Evaluar la conductividad eléctrica de la tierra



Procedimiento:

- **Preparación:** Se mezcla 10 g de suelo con 50 ml de agua destilada.
- **Agitación:** La combinación se agita mediante el 30 min y deja reposar.
- **Medición:** Se usa un medidor de conductividad eléctrica para medir la conductividad de la solución.
- **Registro:** Se anota el valor de la conductividad en mS/cm.

3.3.5. *Procesamiento de datos*

Se organizó los datos en un papel calculación para todos los datos recolectados.

Se hizo el análisis estadístico donde Se determinaron la mitad, mediano, moda desviación estándar y el rango de cada variable para cada variable. a través de gráficos y tablas para visualizar la distribución de los resultados.

También se hizo el análisis inferencial para realizar las pruebas de hipótesis para establecer si existen diferentes significativas entre los distintos, sistemas agroforestales.

También se ha realizado la respectiva interpretación de cada uno de los resultados.



3.4. Métodos e instrumentos para el estudio

3.4.1. *Muestreo de Suelo:*

- **Técnica de Muestreo Aleatorio:** Para garantizar que tus muestras sean representativas de los diferentes sistemas agroforestales.
- **Muestreo Estratificado:** Si hay variaciones significativas en el terreno o el manejo de los cultivos, puedes muestrear por estratos.

3.4.2. *Análisis de laboratorio*

- **La metodología de Walkley-Black:** Para establecer las cantidades de carbono orgánico presente.
- **Incineración:** Para medir la sustancia orgánica.
- **Análisis de la conductividad eléctrica y el pH:** Para evaluar la química del suelo.

3.4.3. *Observación Directa:*

- **Registro de Prácticas de Manejo:** Observa y documenta las prácticas de cultivo y manejo en cada sitio, como la rotación de cultivos, uso de fertilizantes, etc.

3.4.4. *Análisis Espacial:*

- **Georreferenciación:** Utiliza herramientas de SIG a fin de trazar un mapa para las áreas de estudio y analizar la distribución de los distintos sistemas agroforestales.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de datos

Tabla 3

Datos obtenidos del suelo para un sistema con sombra arbórea.

PARAMETRO	SISTEMA CON SOMBRA ARBOREA						PROMEDIO	
	PROFUNDIDAD (cm)							
	PSA - 1		PSA - 2		PSA - 3		0 - 20	20 - 40
	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40
MO (%)	2.02	1.26	9.35	1.32	3.47	1.53	4.95	1.37
DA (g/cm ³)	1.974	1.885	1.892	1.927	1.797	1.909	1.888	1.907
CO (%)	1.17	0.73	5.42	0.77	2.01	0.89	2.87	0.79
COS (tnC/ha)	46.25	55.10	205.21	59.01	72.33	67.76	107.93	60.63
CE (mS/cm)	38.10	45.60	63.40	47.40	49.80	44.80	50.43	45.93
Ph	4.03	3.88	4.10	3.91	4.15	3.98	4.09	3.92

Nota. Fuente: El autor.

La tabla 1 nos da a conocer los datos obtenidos en el laboratorio para un sistema con sombra arbórea de los parámetros: materia orgánica dándonos un valor promedio de 4.95 a 20cm de profundidad y 1.57 a 40cm de profundidad, densidad aparente 1.89 g/cm³ a 20cm de profundidad y 1.91 a 40cm de

profundidad, carbono orgánico 2.87 y 0.79 a profundidades de 20 y 40 cm respectivamente, y con estos tres valores mencionados se halló el valor el valor de carbono presente en el suelo tendiendo como resultados 107.93 tnC/ha y 60.63 tnC/ha a profundidades de 20 y 40cm respectivamente, así mismo se halló los valores de conductividad eléctrica con valores de 50.43 y 45.93 a profundidades de 20 cm y 40 cm respectivamente y finalmente tenemos el valor del pH con valores de 4.09 a 20cm de profundidad y 3.92 a 40cm.

Tabla 4

Datos obtenidos del suelo para un sistema monocultivo.

PARAMETRO	SISTEMA MONOCULTIVO						PROMEDIO	
	PROFUNDIDAD (cm)							
	PM - 1		PM - 2		PM - 3		0 - 20	20 - 40
	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40	0 - 20	20 - 40
MO (%)	4.42	0.42	5.46	0.87	3.74	2.91	4.54	1.40
DA (g/cm ³)	1.805	1.953	1.859	1.969	1.811	1.920	1.825	1.947
CO (%)	2.56	0.24	3.17	0.50	2.17	1.69	2.63	0.81
COS (tnC/ha)	92.55	19.03	117.74	39.74	78.57	129.62	96.29	62.80
CE (mS/cm)	92.80	33.70	86.00	65.90	170.40	29.60	116.40	43.07
Ph	4.35	4.24	4.12	3.86	3.95	4.41	4.14	4.17

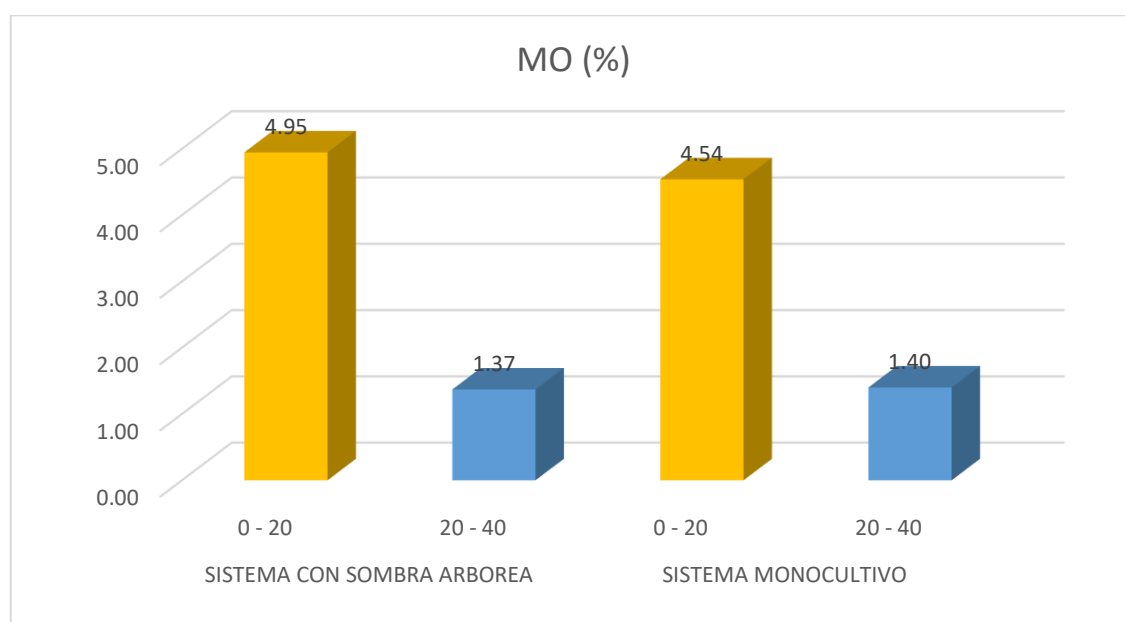
Nota. Fuente: El autor.

La tabla 2 nos da de conocer los datos obtenidos en el laboratorio para un sistema monocultivo de los parámetros: materia orgánica dándonos un valor promedio de 4.54 a 20cm de profundidad y 1.40 a 40cm de profundidad, densidad aparente 1.83 g/cm³ a 20cm de profundidad y 1.95 g/cm³ a 40cm de profundidad, carbono orgánico 2.63 y 0.81 a profundidades de 20 y 40 cm respectivamente, y con estos tres valores mencionados se halló el valor el valor

de carbono presente en el suelo obteniendo resultados 96.29 tnC/ha y 62.80 tnC/ha a profundidades de 20 y 40cm respectivamente, así mismo los valores de la conductividad eléctrica fueron 116.40 y 43.07 a profundidades de 20 cm y 40 cm respectivamente y finalmente tenemos el valor del pH con valores de 4.14 a 20cm de profundidad y 4.17 a 40cm.

Figura 4

Materia orgánica exsistente entre profundidades de 0-20cm y 20-40cm para sistemas con sombra arborea y monocultivo.



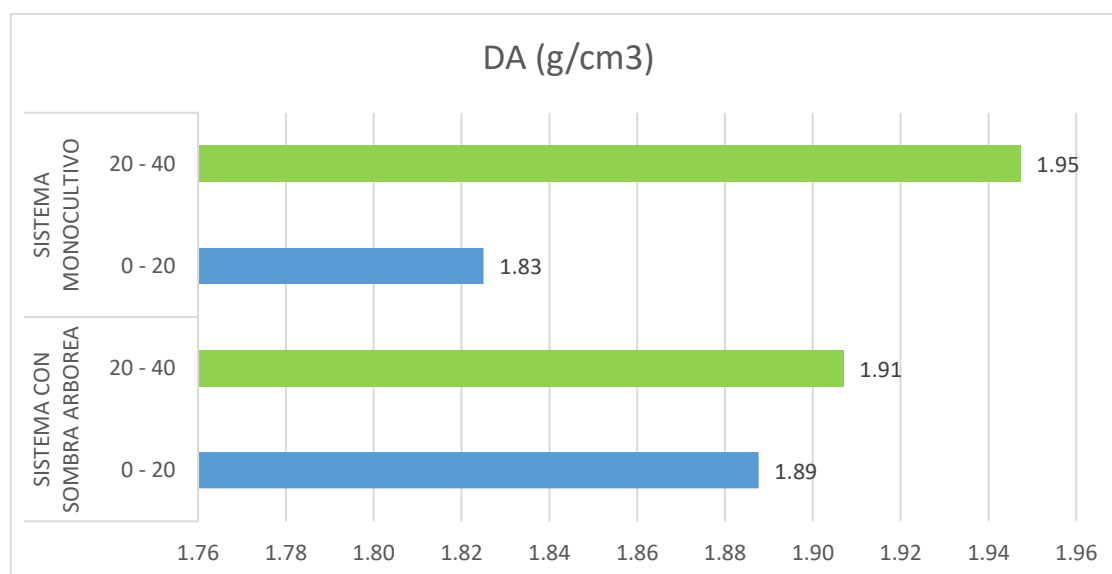
Nota. Fuente: El autor.

En la figura 3 se puede apreciar que el sistema con sombra arborea (4.95%) tiene un contenido mayor que el monocultivo (4.54%) a profundidades de 0-20 cm. Lo que indica que la presencia de árboles beneficia el almacenamiento de materia orgánica en la superficie de la tierra. Posibles razones podrían ser que los árboles pueden crear un microclima que reduce la temperatura de la tierra y la disminución de agua, favoreciendo el deterioro de la materia orgánica, así

mismo la vegetación arbórea puede fomentar una mayor diversidad de organismos descomponedores, lo que contribuye a una mayor acumulación de materia orgánica. En cambio, a una profundidad de 20 a 40 cm. En esta capa, el presencia de materia orgánica es similar: 1.37% para el sistema con sombra arbórea y 1.40% para el monocultivo. La diferencia es mínima, lo que indica que ambos sistemas tienen capacidades similares para retener materia orgánica a mayores profundidades.

Figura 5

Valores de densidad aparente (DA) para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm.



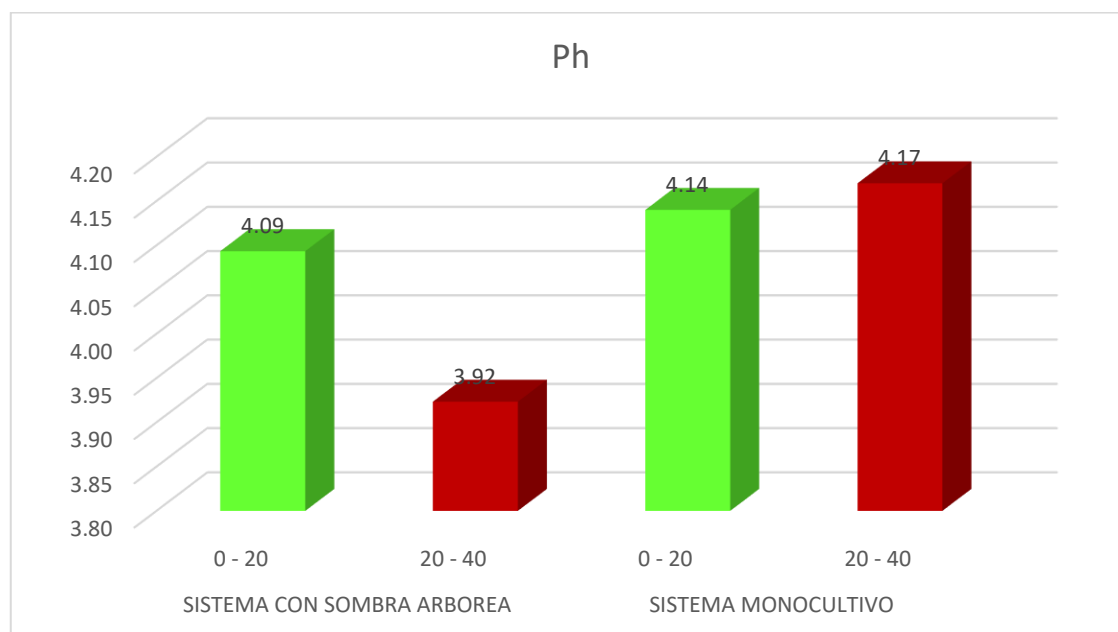
Nota. Fuente: El autor.

En la figura 4 los resultados para la densidad aparente encontrados a 0-20 cm de profundidad, La densidad aparente del sistema con sombra arbórea es de 1.89 g/cm³, lo que indica una compactación moderada, mientras que el monocultivo muestra 1.83 g/cm³, indicando menor compactación y mejor

aireación. Sin embargo, a 20-40 cm, la densidad en el sistema con sombra arbórea aumenta a 1.91 g/cm^3 , reflejando una mayor compactación, mientras que el monocultivo presenta 1.95 g/cm^3 , lo que puede limitar el crecimiento radicular y la retención de agua. Estos resultados resaltan cómo el manejo de la tierra influye en la salud de los cultivos y en el almacenamiento de carbono, favoreciendo el sistema agroforestal a largo plazo.

Figura 6

Valores de pH para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm.



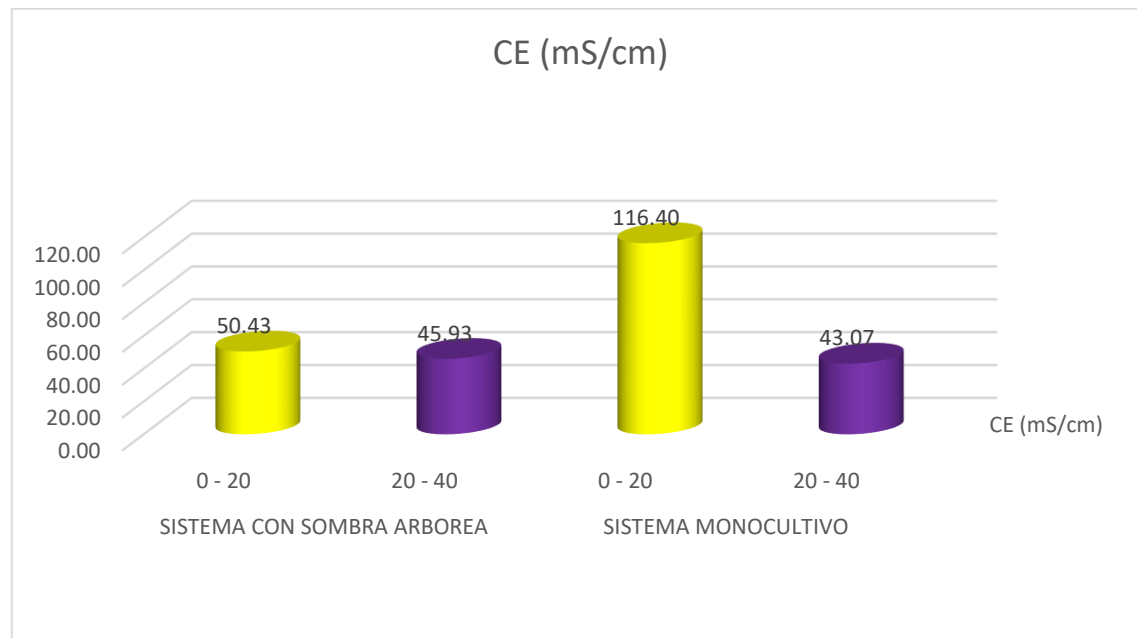
Nota. Fuente: El autor.

En la figura 5, los valores de pH del suelo en estudio muestran diferencias importantes entre los sistemas con sombra arbórea y monocultivo a distintas profundidades. A 20 cm, el sistema con sombra arbórea tiene un pH de 4.09, evidencia que este suelo es ligeramente ácido, lo cual podría ser resultado del concentramiento de materia orgánica de la división de hojas y raíces. Esto podría

incrementar la accesibilidad a los nutrientes. Ha comparado, el monocultivo presenta un pH de 4.14, un valor ligeramente más alto que sugiere menos materia orgánica acumulada, lo que puede afectar la retención de nutrientes a largo plazo. A 40 cm, el pH en el sistema con sombra arbórea baja a 3.92, indicando un aumento en la acidez, posiblemente por la lixiviación de bases y la acumulación de ácidos orgánicos. Esto puede limitar la disponibilidad de propiedades nutritivas esenciales como el magnesio y el calcio. En contraste, el monocultivo muestra un pH de 4.17, que es más alto, lo que sugiere un entorno más equilibrado para el crecimiento de las plantas.

Figura 7

Valores de la conductividad eléctrica para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm



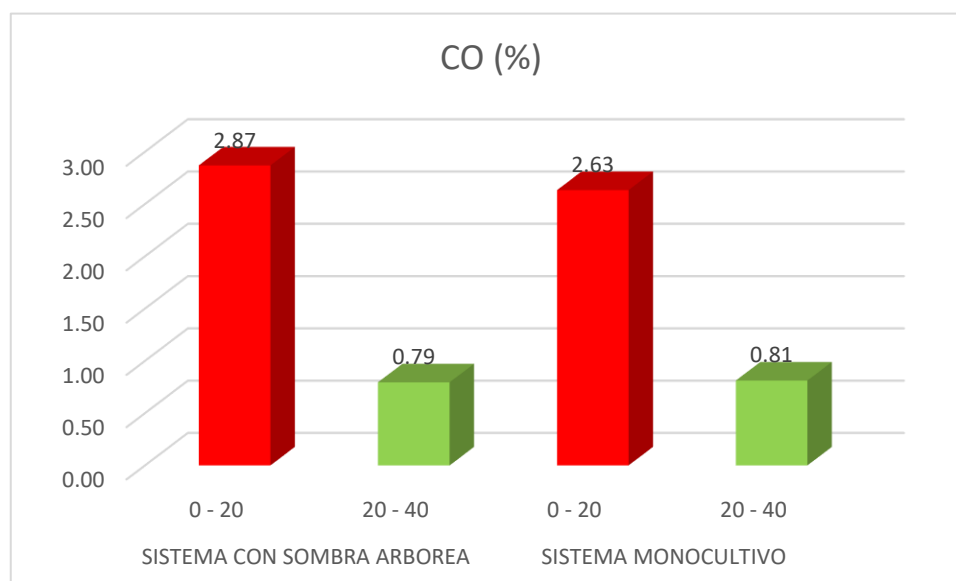
Nota. Fuente: El autor.

En la figura 6 los valores de conductividad eléctrica que se encontraron muestran diferencias notables entre los sistemas con sombra arbórea y monocultivo a

distintas profundidades. A 20 cm, el sistema con sombra arbórea presenta una conductividad eléctrica de 50,43 mS/cm, lo que sugiere un nivel moderado de sales solubles. En contraste, el monocultivo tiene un valor significativamente más alto de 116.40 mS/cm, lo que podría indicar una mayor acumulación de sales, posiblemente debido a prácticas de manejo o fertilización intensivas. Esta alta conductividad en el monocultivo es posible que perjudique la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas de manera negativa. Al descender a 40 cm, la conductividad eléctrica en el sistema con sombra arbórea disminuye a 45.93 mS/cm, mientras que en el monocultivo también presenta una leve disminución, alcanzando 43.07 mS/cm. Estos valores más bajos a mayor profundidad las sales solubles están menos concentradas, lo que puede ser beneficioso para el desarrollo del café.

Figura 8

Valores de carbono orgánico presentes para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm.

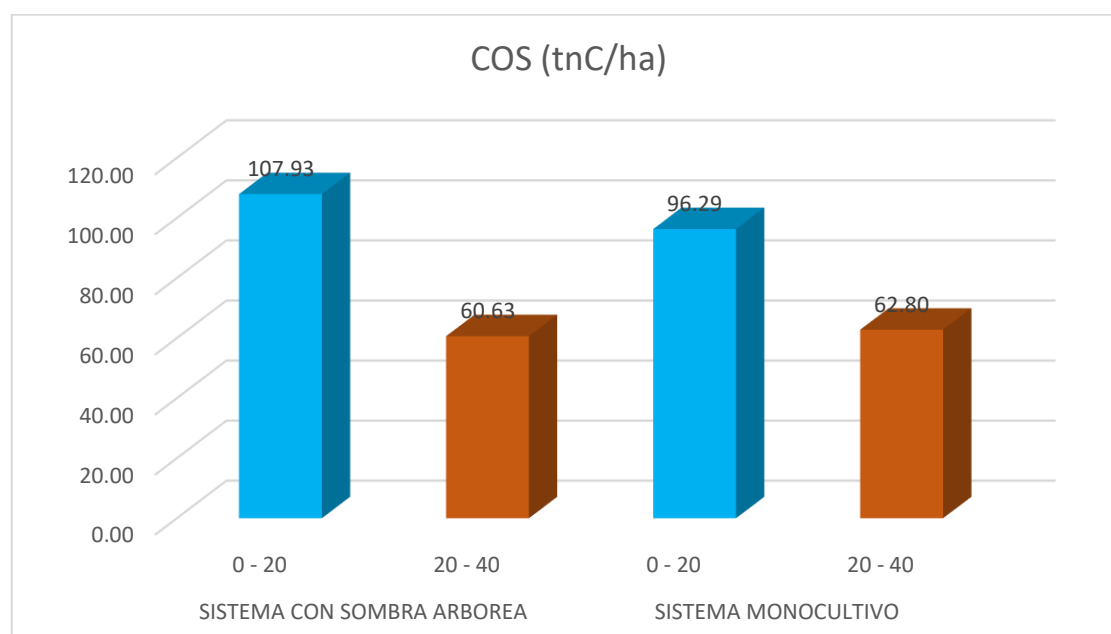


Nota. Fuente: El autor.

En la figura 7 los valores de carbono orgánico hallados reflejan diferencias significativas entre los sistemas con sombra arbórea y monocultivo a distintas profundidades. A 20 cm, el sistema con sombra arbórea presenta un 2.87% de carbono orgánico, superior al 2.63% del monocultivo, lo que sugiere que el sistema agroforestal favorece a mayores concentraciones de materia orgánica en la superficie, posiblemente debido a la degradación de hojas y raíces de los árboles. Sin embargo, a 40 cm, ambos sistemas muestran una notable disminución en los niveles de carbono orgánico, con 0,79% en el sistema con sombra arbórea y 0,81% en el monocultivo. Esta disminución puede indicar que la materia orgánica se descompone o se lixivia más rápidamente a profundidades mayores, afectando la capacidad del suelo para almacenar carbono.

Figura 9

Valores de carbono capturado en el suelo presentes para sistema con sombra arbórea y monocultivo a profundidades de 0-20cm y 20-40cm.



Nota. El autor.

En la figura 8 los valores de carbono capturado en la tierra evidencian diferencias notables entre los sistemas con sombra arbórea y monocultivo a distintas profundidades. A 20 cm, el sistema con sombra arbórea captura 107.93 tnC/ha, superando las 96.29 tnC/ha del monocultivo, lo que indica que el sistema agroforestal es más efectivo en la captura de carbono en la capa superficial, probablemente dado por acumular mayor materia orgánica y la actividad biológica asociada. Sin embargo, a 40 cm, los valores se invierten, con el monocultivo alcanzando 62.80 tnC/ha frente a 60.63 tnC/ha del sistema con sombra arbórea. Estos resultados nos indican que, a mayores profundidades, el monocultivo logra estabilizar mejor el carbono o que el sistema con sombra arbórea sufre una mayor pérdida de carbono a medida que se descompone.

4.2. Proceso de la prueba de hipótesis

Prueba de hipótesis

Formulación de la hipótesis estadística

Hipótesis de investigación

- ✓ **H₁**: La variabilidad en la cantidad de carbono entre los dos sistemas se incrementa a medida que se profundiza en el suelo.
- ✓ **H₀**: La variabilidad en la cantidad de carbono entre los dos sistemas se NO se incrementa a medida que se profundiza en el suelo

Tabla 5
Prueba de R-Pearson a profundidades de 0 – 20 cm

		Correlaciones	
		Carbono en el Suelo SSA 0-20CM	Carbono en el Suelo SM 0-20CM
Carbono en el Suelo SSA 0-20CM	Correlación de Pearson	1	0.871
	Sig. (bilateral)		0.327
	N	3	3
Carbono en el Suelo SM 0-20CM	Correlación de Pearson	0.871	1
	Sig. (bilateral)	0.327	
	N	3	3

Nota. Fuente: El autor.

Tabla 6
Prueba de R-Pearson a profundidades de 20 – 40 cm

		Correlaciones	
		Carbono en el Suelo SSA 20-40CM	Carbono en el Suelo SM 20-40CM
Carbono en el Suelo SSA 20-40CM	Correlación de Pearson	1	0.992
	Sig. (bilateral)		0.082
	N	3	3
Carbono en el Suelo SM 20-40CM	Correlación de Pearson	0.992	1
	Sig. (bilateral)	0.082	
	N	3	3

Nota. Fuente: El autor.

Hipótesis nula (H_0):

- Hipótesis nula (H_0): No hay para las dos profundidades 0-20 y 20-40cm



Profundidad 0-20 cm

- Correlación de Pearson: 0,871 significa una correlación fuerte y positiva
- Valor p (significancia): 0,327 donde $p > 0,05$
- Conclusión para H_0 :
- No hay evidencia suficiente para rechazarla
- No se incrementa la variabilidad del carbono entre suelo con sistema arbórea y monocultivo

Profundidad 20-40 cm

- Correlación de Pearson: 0.992, correlación muy fuerte
- Valor p (significancia): 0,082, donde $p > 0,05$
- Conclusión para H_0 :
- No se incrementa la variabilidad del carbono entre los dos sistemas



4.3. Discusión de los resultados

Al contrastar los hallazgos obtenidos en este estudio con los de Enriquez (2018), se nota que su estudio también reveló que los sistemas agroforestales de café poseen un almacenamiento de carbono considerablemente superior al de otros sistemas agrícolas, como los de cultivo de pasto, con 108.6 tnC/ha en comparación con 38.3 tnC/ha en sistemas de producción de café. No obstante, Enríquez no detalló las profundidades en las que se registró el carbono, aunque su investigación también resalta que los sistemas agroforestales tienen un impacto positivo en la densidad aparente del suelo y en la absorción de carbono. El estudio de las discrepancias entre ambos sistemas de agricultura en esta investigación subraya que, aunque el sistema agroforestal es más eficaz en la captura de carbono en las capas superficiales, el monocultivo de café parece proporcionar una estabilización del carbono más eficaz en las capas más profundas del terreno. Esto implica que una estrategia combinada que fusiona ambos sistemas podría mejorar el almacenamiento de carbono en todo el perfil del terreno.



CONCLUSIONES

- Primera:** El almacenamiento de carbono bajo un sistema de sombra arbórea de café fue de 107.93tnC/ha a una profundidad de 0-20 cm sin embargo a una profundidad de 20-40 cm se encontró un valor de 60.63tnC/ha. Esto señala que, a mayor profundidad, el almacenamiento de carbono en el suelo se disminuye.
- Segunda:** Para un sistema monocultivo de café la cantidad de carbono almacenado a una profundidad de 0-20cm fue de 96.29tnC/ha, en cambio a una profundidad de 20-40 cm se encontró un valor de 62.80tnC/ha. Esto señala que a mayor profundidad, el almacenamiento de carbono en el suelo se disminuye.
- Tercera:** La comparación de la cantidad de carbono almacenada a diferentes profundidades entre los dos sistemas revela que el sistema con sombra arbórea mantiene mayores niveles de carbono en las capas superficiales, mientras que el monocultivo muestra una mejor estabilidad del carbono a profundidades mayores. Este hallazgo sugiere que, aunque el sistema agroforestal puede ser más eficiente en la captura de carbono en la superficie, el monocultivo tiene su propio enfoque en la estabilización del carbono en capas más profundas. Estos resultados resaltan la importancia de evaluar la dinámica del carbono a diferentes profundidades para realizar técnicas de manejo de la tierra que optimicen la captura de carbono.



RECOMENDACIONES

- Primera:** Se aconseja fomentar la implementar los sistemas de sombra arbórea en la producción de café, ya que estos sistemas han demostrado ser más efectivos en la captura y almacenamiento de carbono. La integración de árboles y plantas de sombra no solo contribuye a la sostenibilidad del cultivo.
- Segunda:** Es esencial proporcionar capacitación a los agricultores sobre las buenas prácticas de manejos de sostenibilidad de la tierra, que incluyan la importancia de la materia orgánica y la diversidad de cultivos. La educación sobre técnicas como la rotación de cultivos, la cobertura del suelo y La aplicación de fertilizantes orgánicos puede potenciar la calidad de la tierra. y aumentar la capacidad.
- Tercera:** Se recomienda llevar a cabo investigaciones de larga tiempo para monitorearlo las modificaciones en la cantidad de carbono almacenado en suelos bajo diferentes sistemas de cultivo. Esto permitirá obtener datos más precisos sobre la dinámica del carbono a lo largo del tiempo y evaluar el impacto de diversas prácticas agricultura en la captura de carbono, facilitando la toma de decisiones informadas



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldana, P. (2017). *Cambio Climático: Selección, clasificación y diseño de medidas de adaptación* (primera).
https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/cambio-climatico/files/assets/common/downloads/publication.pdf
- Arias, J. (2020). *Proyecto de Tesis Guía Para la Elaboración* (Primera).
https://www.researchgate.net/publication/350072280_Proyecto_de_Tesis_guia_para_la_elaboracion/link/604f835ba6fdccbfeae1ac8c/download
- Becerra, M., & Mance, H. (2009). *Cambio climático: Lo que está en juego* (Primera). <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/kolumbien/07216.pdf>
- Bravo, F. (2007). *El papel de los bosques españoles en la mitigación del cambio climático* (Primera).
- Crichton, E. (2021). *IPCC report: A wake up call to take action, today*. Engineers Without Borders UK. <https://www.ewb-uk.org/ipcc-report/>
- Enriquez, L. M. (2018). *Determinación de Captura de Carbono en Suelos de un Sistema Agroforestal con Café (Coffea arábica) en el Valle Esquilaya—Región Puno, 2018* [Universidad Peruana Union].
<https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/48d367ab-1c14-42a5-a4c6-ae5574943e2b/content>
- EOS. (2021). *Monocultivo en la Industria Agrícola: Tipos y Características*.
<https://eos.com/es/blog/monocultivo/>
- Farfán, F. (2014). *Agroforestería y Sistemas Agroforestales con Café*.
<https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4213>



- Hernández, J., Torres, D. T., & Hernández, I. B. (2024). *Captura de carbono en los suelos* [Boletín].
<https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n2/e4.html>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación (Sexta)*. McGraw-Hill.
- Honorio, E., & Baker, T. (2010). *Manual para el Monitoreo del Ciclo del Carbono en Bosques Amazónicos*.
<https://www.geog.leeds.ac.uk/projects/esp/ Documents/Honorio%20%20Baker%202010%20Manual%20carbono.pdf>
- Manson, R. H., Ortiz, V. H., Gallina, S., & Mehlreter, K. (Eds.). (2008). *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación* (1. ed). Instituto de Ecología: Instituto Nacional de Ecología.
- Medina, Y. B. (2021). *Captura de carbono en suelos bajo dos sistemas de producción de café (Coffea arabica L.) con fines de mitigación ambiental en la región San Martín* [Universidad Católica Sedes Sapientiae].
https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/1301/Medina_Yoksuny_tesis_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mendoza, R., & Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para Muestreo de Suelos*.
<https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>
- MINAGRI. (2015). *PROTOCOLO PARA LA TOMA DE MUESTRAS DE SUELOS EN EL CULTIVO DE CAFÉ*.
https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/701/1/Trip-2015-Protocolo_cultivo_cafe.pdf



- MINAM. (2023). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2020—2019*. https://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2023/01/Informe-INGEI-2019-VF_2.pdf
- Mogollón, J. P., Fernández, T., Garrido, H., Quintero, D., Castillo, Y., Veliz, T., & Alejos, I. (2022). Captura y Emisión de Carbono en Suelos de Cafetales Bajo Diferentes Tipos de Sombra en Venezuela. *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo*, 21. [https://doi.org/10.47864/SE\(52\)2022p71-91_157](https://doi.org/10.47864/SE(52)2022p71-91_157)
- Pereira, C., Maycotte, C., Restrepo, B., Mauro, F., & Montes, A. (2011). *Edafología* 1 (Primera). <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Riascos, M. A. J., Jurado, H. R. O., & Burbano, T. C. L. (2020). Evaluación de la captura de carbono en sistemas productivos de café (*Coffea arabica* L.), Consacá, Nariño, Colombia. *Revista Luna Azul*, 51, 166-181. <https://doi.org/10.17151/luaz.2020.51.9>
- Salazar, A., Saucedo, J. C., & Méndez, L. D. (2018). Evaluación de la captura de carbono en suelos de sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica* L.) en los distritos Mariscal Benavides y Longar, provincia Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 1(1), 7.
- SERFOR. (2021). *Sistemas Agroforestales*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2057503/Sistemas%20Agroforestales.pdf>
- Soriano, M. (2018). *Conductividad Eléctrica del Suelo*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/105110/Soriano%20->



%20Conductividad%20el%c3%a9ctrica%20del%20suelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sullca, W. (2018). *Determinación de la captura de carbono en suelos forestales de queñual (Polylepis sp.) en la comunidad de Quello Quello, Región Puno, 2018* [Universidad Peruana Union].
<https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2b2ad40b-be60-4e1b-a00a-96c4d28111bf/content>

Tórrez, E. F. O., Hernández, R. de J. M., & Díaz, J. U. B. (2023). Carbono almacenado en sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica* L.) en tres municipios de Boaco, Nicaragua. *La Calera*, 23(40).
<https://doi.org/10.5377/calera.v23i40.16221>

Zavala Solórzano, J. W., Zavala Guerrero, S. L., & Mansilla Minaya, L. G. (2021). Estimación de la Biomasa y Carbono Almacenado en un Sistema Agroforestal del Cafetal de la Universidad Nacional Agraria de La Selva. *Investigación y Amazonía*, 8(5), 8.



ANEXOS



Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARABICA EN EL VALLE DE ALTO INAMبارI – SANDIA 2024

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	METODOLOGIA
<p>General</p> <p>¿Cuál es la efectividad de la captura de carbono en los suelos de dos sistemas agroforestales de producción de café en el Valle de Alto Inambari, Sandia?</p>	<p>General</p> <p>Evaluar la captura de carbono en suelos bajo dos sistemas agroforestales de producción de café en el Valle de Alto Inambari, Sandia.</p>	<p>General</p> <p>Los suelos bajo el sistema agroforestal de sombra arbórea capturan una mayor cantidad de carbono en comparación con los suelos del monocultivo de café en el Valle de Alto Inambari, Sandia.</p>	<p>Independiente</p> <p>Sistema Agroforestal</p>	<p>Características del ecosistema</p>	<p>Diversidad de especies arbóreas.</p> <p>Calidad del suelo (pH, nutrientes)</p>	<p>▪ MÉTODO</p> <p>No experimental Cuantitativa y correlacional.</p> <p>▪ POBLACIÓN</p> <p>Suelos agroforestales de producción de café en el Valle de Alto Inambari</p> <p>▪ MUESTRA</p> <p>06 muestras con sistema arborea y 06 muestras con sistema monocultivo de parcelas ubicadas en alto inambari.</p> <p>• TECNICA</p> <p>Muestreo de suelo</p> <p>Análisis de laboratorio</p> <p>Entrevista</p> <p>Análisis estadístico</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <p>Barreno de Suelo o Cilindro de Muestreo</p> <p>Analizador de Carbono:</p> <p>Espectrómetro de Infrarrojo</p> <p>Cuestionario</p> <p>Software SPSS y Excel</p>
<p>Específicas</p> <p>¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo un sistema de sombra arbórea de café?</p> <p>¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo un sistema de monocultivo de café?</p> <p>¿Cómo varía la cantidad de carbono almacenado en los suelos a diferentes profundidades entre un sistema agroforestal de sombra arbórea y un monocultivo de café?</p>	<p>Específicas</p> <p>Determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo un sistema de sombra arbórea de Café</p> <p>Determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo un sistema de monocultivo de Café</p> <p>Comparar la cantidad de carbono almacenado en suelos a diferentes profundidades entre un sistema agroforestal de sombra arbórea y un monocultivo de Café</p>	<p>Específicas</p> <p>El sistema de sombra arbórea de café presenta una cantidad significativa de carbono almacenado en el suelo.</p> <p>La cantidad de carbono almacenado en el suelo bajo el monocultivo de café es inferior al promedio en sistemas diversificados.</p> <p>La variabilidad en la cantidad de carbono entre los dos sistemas se incrementa a medida que se profundiza en el suelo.</p>	<p>Dependiente</p> <p>Cantidad de Carbono Almacenado en el Suelo</p>	<p>Cantidad de carbono almacenado en el suelo</p>	<p>Cantidad total de carbono (tC/ha) a diferentes profundidades.</p>	<p>Análisis de laboratorio</p> <p>Entrevista</p> <p>Análisis estadístico</p> <p>INSTRUMENTOS</p> <p>Barreno de Suelo o Cilindro de Muestreo</p> <p>Analizador de Carbono:</p> <p>Espectrómetro de Infrarrojo</p> <p>Cuestionario</p> <p>Software SPSS y Excel</p>

Anexo 2: Resultados de laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADO DE ANALISIS - SUELOS

INFORME N° LCA018 - 2024

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Percy Cari Yanapa
1.2. Proyecto : CAPTURA DE CARBONO EN SUELOS BAJO DOS SISTEMAS AGROFORESTALES DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ COFFEA ARÁBICA EN EL VALLE DE ALTO INAMBARI – SANDIA 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Suelos
2.2. Numero de muestras : 12
2.3. Muestreado por : Percy Cari Yanapa
2.4. Fecha de ensayo : 30/09/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : Sandia
2.7. Distrito : Alto Inambari
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Coordenadas	Fecha	Hora
1SA	E: 472725.96 N: 8451724.93	26/09/2024	12:10
1SB	E: 472725.96 N: 8451724.93	26/09/2024	12:20
2SA	E: 472720.2 N: 8451723.03	26/09/2024	12:30
2SB	E: 472720.2 N: 8451723.03	26/09/2024	12:40
3SA	E: 472725.14 N: 8451727.46	26/09/2024	12:50
3SB	E: 472725.14 N: 8451727.46	26/09/2024	13:00
4MA	E: 472727.57 N:8451764.06	26/09/2024	13:10
4MB	E: 472727.57 N:8451764.06	26/09/2024	13:20
5MA	E: 472721.81 N:8451759.94	26/09/2024	13:10
5MB	E: 472721.81 N:8451759.94	26/09/2024	13:20
6MA	E: 472738.28 N:8451766.71	26/09/2024	13:30
6MB	E: 472738.28 N:8451766.71	26/09/2024	13:40

N°B: 00236352

1





III. RESULTADOS

Nº	CÓDIGO	pH	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA (µS/cm)	MATERIA ORGÁNICA (%)	DENSIDAD (g/cm³)
1	1SA	4.03	38.1	2.02	1.974
2	1SB	3.88	45.6	1.26	1.885
3	2SA	4.10	63.4	9.35	1.892
4	2SB	3.91	47.4	1.32	1.927
5	3SA	4.15	49.8	3.47	1.797
6	3SB	3.98	44.8	1.53	1.909
7	4MA	4.35	92.8	4.42	1.805
8	4MB	4.24	33.7	0.42	1.953
9	5MA	4.12	86.0	5.46	1.859
10	5MB	3.86	65.9	0.87	1.969
11	6MA	3.95	170.4	3.74	1.811
12	6MB	4.41	29.6	2.91	1.920

IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por métodos electrométricos, método del cilindro y Walkley y Black

Juliaca, 07 de octubre del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca
CIP. 47790
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Nº: 00236352

Anexo 3: Panel fotográfico

Imagen 1: Sistema con sombra arbórea



Imagen 2: Sistema monocultivo



Imagen 3: Elaboración de calicata para la toma de muestras



Imagen 4: Toma de muestras y rotulado



Imagen 5: transporte de las 12 muestras tomadas



Imagen 6: Triturado de muestras de suelo para homogenizar su tamaño







ANEXO I FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 30/12/2024

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: percy cari yanapa
 Dirección: Av. Amazonas N° 1055
 DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74081501
 Teléfono: 953459508 email: percy.cariyanapa@gmail.com.

Nombres y Apellidos: _____
 Dirección: _____
 DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
 Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: Ingenierías y Ciencias puras
 Escuela Profesional o Mención: Ingeniería Sanitaria y Ambiental
 Título o Grado Académico a optar: Ingeniero sanitario y Ambiental
 Asesor: D.r. Arnaldo yara torres

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
 Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: captura de carbono en suelos bajo dos sistemas
 Agropores tales de producción de café coffee Arabica en el
 valle de Alto Inambari - sardía 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): carbono monocultivo sombra arborea

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?
1, 2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.
² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
 Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
 No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: Contaminación y calidad Ambiental -P22

Firma de Autor



huella digital

30 de diciembre del 2024

Fecha