

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión y Conservación de la Diversidad de los Ecosistemas

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

Evaluación del contenido de carbono orgánico en el suelo del Bosque Nativo Llangodén de Chota, Cajamarca

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

AUTOR

Jose Fritson Zarate Bustamante

ASESOR

Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza


M tr. Denisse Milagros Alva Mendoza
CIP 163858
Docente UNACH
Código: 012-2021

COASESOR

M. Sc. Gustavo Adolfo Martínez Sovero

CHOTA – PERÚ

JULIO, 2022


GUSTAVO ADOLFO MARTÍNEZ SOVERO
CBP. 10053

Acta de Sustentación

Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 017-2022/EP..... - FCA/UNACH

Siendo las 8:10 horas, del día 25 de Noviembre de 2022, reunidos en acto presencial, los miembros del Jurado de Tesis titulada: "Evaluación del contenido de carbono orgánico en el suelo del Bosque Nativo Llangodén de Chota, Cajamarca", integrado por:

1. Dr. Marco Antonio Añáez Bedriñana Presidente
2. M. Sc. José Magno Quiroz González Secretario
3. M. Sc. Alex Wilfredo Huatay Saldarña Vocal

Sustentada por Bach. José Fritson Zarate Bustamante, con la finalidad de obtener el Título Profesional en Ingeniería Forestal y Ambiental. Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda... (Aprobar, no aprobar). Aprobar la tesis, calificándola con la nota de: (h.k. en letras Distinta), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título Profesional de Ing. Forestal y Ambiental

Firmado en: Chota, 25 de Noviembre del 2022.


.....
Presidente
DR. MARCO ANTONIO AÑÁEZ BEDRIÑANA


.....
Secretario
M. Sc. José Magno Quiroz González


.....
Vocal
Ing. M. Sc. Alex Wilfredo Huatay Saldarña

DEDICATORIA

Agradecido por la vida y salud; es para mí una gran satisfacción poder dedicar este proyecto de tesis; a mis apreciados seres queridos quienes fueron mi piedra angular para luchar en este arduo camino.

A mis padres Jose Wilmer Zarate Díaz y María Ayde Bustamante Vásquez, porque ellos me acompañaron en este difícil y arduo camino; puesto que me han ayudado a construir la humilde persona que ahora soy y son mi motivación en cada momento.

A mi hermana Xiomara Nicoll, por ser mi mayor motivación y ser la razón de sentirme orgulloso de culminar esta meta trazada.

A mi tío Juan Díaz Pérez, por haberme guiado en mis primeros pasos y haberme acompañado en cada instante de las etapas educativas hasta la universidad y guiarme desde el cielo.

A mi familia que depósito todo su apoyo y confianza y por confiar en mí; a mis abuelos, mis tíos y primos; mis palabras no son suficientes para agradecerles su apoyo; espero no defraudarlos y contar siempre con ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi más profundo reconocimiento:

A mi asesora Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza, por su constante orientación y por estar al pendiente para brindarme todo el apoyo necesario para ejecutar esta investigación y así poder cumplir esta gran meta trazada.

A mi coasesor M. Sc. Gustavo Adolfo Martínez Sovero, por su apoyo y orientación en el momento requerido cuando desarrollaba el presente trabajo.

A la Ing. Sandra Noelia Soriano Montaña, por darme ánimos y haber ayudado en la preparación de las muestras extraídas y facilitarme el apoyo en el análisis de estas.

Al Ing. Elder Chichipe Vela, por ser el encargado de realizar todos los análisis de laboratorio de todas las muestras extraídas.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental (EPIFA) que me capacitaron para poder desarrollarme profesionalmente; impulsándome siempre a seguir adelante.

A todas aquellas personas que me han apoyado directa e indirectamente en el desarrollo de mi investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
Acta de Sustentación	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
ÍNDICE DE CONTENIDOS	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
Abstract.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Formulación del problema	13
1.3 Justificación	13
1.4 Objetivos.....	14
1.4.1 Objetivo general	14
1.4.2 Objetivos específicos	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Antecedentes.....	14
2.1.1 A nivel mundial	14
2.1.2 A nivel nacional.....	15
2.1.3 A nivel regional	16
2.2 Bases teórico – científicas.....	17
2.2.1 Materia orgánica del suelo (MOS)	17
2.2.2 Procesos de intervención de la materia orgánica.....	17
2.2.3 Formación del carbono orgánico	18

2.2.4	Carbono orgánico del suelo frente al cambio climático	18
2.2.5	Ciclo del carbono.....	18
2.3	Marco Conceptual.....	19
2.3.1	Carbono orgánico del suelo (COS).....	19
2.3.2	Hojarasca	19
2.3.3	Suelo	20
2.3.4	Carbono	20
2.4	Hipótesis	20
2.5	Operacionalización de variables	20
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO		21
3.1	Tipo y nivel de investigación.....	21
3.2	Diseño de la investigación	21
3.2.1	Ubicación del área de estudio.....	22
3.3	Métodos de investigación	23
3.3.1	Fase de campo	23
3.3.2	Fase de laboratorio.....	25
3.3.3	Fase de gabinete.....	27
3.4	Población, muestra y muestreo	29
3.4.1	Población	29
3.4.2	Muestra	29
3.4.3	Muestreo	29
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	30
3.5.1	Técnicas de recolección de datos.....	30
3.5.2	Instrumentos de recolección de datos.....	30
3.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	30
3.7	Aspectos éticos	30
4.1.	Descripción de resultados	31

4.1.1.	Análisis de normalidad de los indicadores	31
4.1.2.	Propiedades fisicoquímicas del suelo	32
4.1.3.	Carbono orgánico acumulado en el suelo según profundidad.....	40
4.1.4.	Carbono orgánico acumulado en la hojarasca	42
4.1.5.	Carbono orgánico total	43
4.2.	Contrastación de Hipótesis	45
4.3.	Discusión de resultados	47
4.3.1.	Propiedades fisicoquímicas del suelo.....	47
a.	pH del suelo	47
b.	Conductividad eléctrica del suelo.....	47
c.	Textura del suelo	48
d.	Densidad aparente del suelo	49
e.	Cationes cambiabes del suelo.....	50
3.3.1.	Carbono orgánico acumulado en el suelo según profundidad.....	52
3.3.2.	Carbono orgánico almacenado en la hojarasca	52
3.3.3.	Carbono orgánico total	53
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		54
5.1.	CONCLUSIONES.....	54
5.2.	RECOMENDACIONES.....	55
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		56
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....		66

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Variables e indicadores de la investigación.....	20
Tabla 2 Análisis de normalidad de los indicadores de suelo por estratos	311
Tabla 3 Media \pm desviación estándar del pH de suelo según tipo de vegetación.....	32
Tabla 4 Media \pm error estándar de la conductividad eléctrica (dS/m) por estratos.	344
Tabla 5 Prueba de medias para la concentración de arena en suelo.....	35
Tabla 6 Prueba de medias para la densidad aparente (g/cm ³) del suelo.....	37
Tabla 7 Prueba de medias para el calcio cambiante en el suelo.....	38
Tabla 8 Comparación entre parejas, pruebas de Bonferroni de Kruskal-Wallis para Mg ⁺² .39	
Tabla 9 Carbono orgánico del suelo.....	411
Tabla 10 Descriptivos del carbono orgánico de la hojarasca en t C/ha.....	42
Tabla 11 Carbono orgánico total en t C/ha.....	444
Tabla 12 Descriptivos del Carbono Orgánico Total en t C/ha.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Mapa de ubicación del bosque Llangodén.....	23
Figura 2 Diseño de las parcelas de muestreo.....	24
Figura 3 pH del suelo por estratos y niveles de profundidad.....	33
Figura 4 Conductividad eléctrica del suelo por estratos y niveles de profundidad.....	34
Figura 5 Partículas granulométricas del suelo.....	36
Figura 6 Clase textural del suelo.....	37
Figura 7 Cationes cambiabiles del suelo según tipo de vegetación y profundidad del suelo.	39
Figura 8 Concentración de Mg^{+2} según tipo de vegetación y profundidad del suelo.....	40
Figura 9 Carbono orgánico en el suelo según tipo de vegetación.....	41
Figura 10 Carbono orgánico en la hojarasca según tipo de vegetación.....	43
Figura 11 Carbono orgánico total según tipo de vegetación.....	45
Figura 12 Diversidad florista que alberga el bosque nativo Llangodén.....	74
Figura 13 Instalación del monolito de (25cm x 25cm x 30cm) dentro del área con vegetación forestal.....	74
Figura 14 Instalación de los puntos de muestro dentro del área con vegetación herbácea.....	75
Figura 15 Evaluación de 30 cm de profundidad de suelo forestal.....	75
Figura 16 Extracción de la hojarasca y del suelo orgánico dentro del monolito instalado.....	76
Figura 17 Medición del monolito instalado dentro del área con vegetación forestal.....	76

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue evaluar el contenido de carbono orgánico en el suelo del bosque nativo Llangodén de Chota, Cajamarca. Ante ello se tomaron muestras de suelo provenientes de dos estratos (forestal y herbáceo) a tres profundidades (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm). Adicionalmente a las muestras de suelo se evaluó la densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, textura, materia orgánica, cationes cambiabiles (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , Al^{+3} H^+). La cantidad de carbono orgánico presente en suelo se determinó utilizando el método de Walkley y Black 1934. En la capa con vegetación forestal se almacenaron 0.186 t C/ha entre los 0-10 cm, 0.190 t C/ha entre los 10-20 cm y 0.167 t C/ha entre los 20-30 cm, totalizando 0.543 t C/ha encontrados en el estrato forestal dentro de los primeros 30 cm de profundidad. De manera similar la cantidad de carbono orgánico encontrado en el estrato con vegetación herbácea fue de 0.219 t C/ha entre los 0-10 cm, 0.201 t C/ha entre los 10-20 cm y de 0.161 t C/ha entre los 20-30 cm que sumó 0.581 t C/ha almacenadas en sus primeros 30 cm. También se evaluó el contenido de carbono orgánico en la hojarasca y se detectó 55.20 t C/ha en la cubierta forestal y 2.50 t C/ha en la cubierta herbácea.

Palabras claves: almacenamiento de carbono, hojarasca, vegetación forestal, vegetación herbácea.

Abstract

The purpose of this research was to evaluate the organic carbon content in the soil of the native forest Llangodén de Chota, Cajamarca. Given this, soil samples were taken from two strata (forest and herbaceous) at three depths (0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm). In addition to the soil samples, apparent density, pH, electrical conductivity, texture, organic matter, exchangeable cations (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ , Al^{+3} H^+) were evaluated. The amount of organic carbon present in the soil was determined using the method of Walkley and Black 1934. In the layer with forest vegetation, 0.186 t C/ha was stored between 0-10 cm, 0.190 t C/ha between 10-20 cm and 0.167 t C/ha between 20-30 cm, totaling 0.543 t C/ha found in the forest stratum within the first 30 cm of depth. Similarly, the amount of organic carbon found in the stratum with herbaceous vegetation was 0.219 t C/ha between 0-10 cm, 0.201 t C/ha between 10-20 cm and 0.161 t C/ha between 20 cm. -30 cm that added 0.581 t C/ha stored in its first 30 cm. The organic carbon content in the litter was also evaluated and 55.20 t C/ha was detected in the forest cover and 2.50 t C/ha in the herbaceous cover.

Keywords: carbon storage, litter, forest vegetation, herbaceous vegetation.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El carbono orgánico del suelo (COS) contribuye en la retención de agua, convirtiéndose en una fuente muy esencial que almacena nutrientes para el crecimiento de especies forestales (Spracklen y Righelato, 2016), además elimina los gases de efecto invernadero (GEI) y mejora la estabilidad en el suelo (Galicía et al., 2015).

El COS, almacenado en los bosques naturales, se ve alterado por actividades antrópicas (deforestación, cambio de uso del suelo, minería, etc.) (Robert, 2002) actividades que retrasan los procesos edáficos y ocasionan una considerable y constante pérdida de almacenes de carbono (Cunalata et al., 2013).

A nivel global, la provisión de carbono orgánico en el suelo es de 1 500 Pg C (petagramos de carbono) y está almacenado principalmente en el primer metro de profundidad. Entre tanto, Lefevre, Rekik, Alcantara y Wiese (2017), indican que está en constante transformación debido a las secuelas del calentamiento global; aportando en el incremento de la captación de carbono en el suelo y liberación del mismo hacia la atmosfera, entre otros (Crowther et al., 2016).

Publicaciones actuales han destacado la capacidad que ejercen los bosques montanos tropicales en aglomerar y retener proporciones significativas de carbono (Spracklen y Righelato, 2016), mostrando un vínculo positivo relevante entre el carbono (C) y la abundancia de especies (Vizcaíno-Bravo et al., 2020).

En el Perú, sobre todo en regiones que poseen ecosistemas montañosos tropicales como Cajamarca, existe escasa información sobre el almacenamiento de carbono en los suelos que han sufrido cambios en su estructura por efectos de las altas tasas de deforestación, transformación en el uso del suelo y atenuación ambiental; en ese sentido, es

necesario investigar para determinar su estado y sobre ello tomar acciones de recuperación y restauración de estas áreas intervenidas.

En Cajamarca, provincia de Chota, el bosque nativo de Llangodén, se encuentra expuesto de manera constante a las actividades de deforestación principalmente a consecuencia del desarrollo de actividades agrícolas y agropecuarias asentadas en el área de influencia directa; no obstante, es limitado el conocimiento de los efectos que estas actividades causan en el ecosistema.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es la cantidad de carbono orgánico presente en el suelo del bosque nativo Llangodén?

1.3 Justificación

Los bosques del territorio peruano cooperan en el aplacamiento de impactos ambientales negativos, puesto que son reservorios de carbono, son espacios en los que se desarrollan los ciclos biogeoquímicos, generan servicios ambientales positivos, entre otros (Anderson-Teixeira et al., 2009).

El suelo es uno de los primordiales reservorios de carbono en los ecosistemas forestales; por lo que, conocer las reservas existentes es indispensable para la gestión ambiental (Ordóñez y Masera, 2001)

Existe escasa información acerca del almacenamiento de carbono en suelos de bosques montanos que han sufrido modificación en su estructura por cambio de uso del suelo y degradación ambiental; en ese sentido, es necesario investigar para determinar su estado y sobre ello tomar acciones de recuperación y restauración de estas áreas intervenidas.

La presente investigación contribuirá con información base en materia de reservorios de carbono en bosques montanos de Chota, Cajamarca, así como generar información para futuras investigaciones.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar el contenido de carbono orgánico en el suelo del bosque nativo Llangodén de Chota, Cajamarca.

1.4.2 Objetivos específicos

- Cuantificar el carbono orgánico del suelo del área boscosa y no boscosa del bosque Llangodén de Chota, Cajamarca.
- Cuantificar el carbono orgánico de la hojarasca dentro del área boscosa y no boscosa del bosque Llangodén de Chota, Cajamarca.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas del suelo dentro del área boscosa y no boscosa del bosque nativo Llangodén de Chota, Cajamarca.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 A nivel mundial

Güner y Makineci (2016), en su investigación realizada en Turquía determinaron las existencias anuales de carbono orgánico en el suelo en bosques de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) ubicados dentro de la montaña Turkmenistán; para lo cual utilizaron 40 parcelas en poste (Dap = 11.0 – 19.9 cm) y árbol pequeño (Dap = 20.0 – 35.9 cm) en diferentes aspectos (elevación, grado de pendiente y posiciones de pendiente). Registrando 2.88 Mg ha⁻¹ año⁻¹ de carbono orgánico en el suelo, mostrando que el suelo forestal compone una primordial fuente de acopio de carbono orgánico dentro del suelo y de la fase de nutrientes

en los ecosistemas forestales. Por esta razón, es particularmente importante proteger el suelo forestal y así poder tonificar la sostenibilidad y fertilidad del suelo en el ecosistema. En este entorno es necesario efectuar una mayor indagación acerca de la estimación de carbono, variación en las existencias y el impacto en las actividades forestales relacionadas a la gestión de carbono en los ecosistemas presentes.

Kooch y Bayranvand (2019), en su análisis realizado en la región de Hyrcaniangion - Irán; evaluaron el cambio de la calidad del suelo en el bosque y las fracciones de materia orgánica del suelo (MOS) labial a través de las mezclas forestales (haya-carpe-aliso, haya-carpe, haya-aliso, haya-roble y haya pura). Cada tipo de bosque se replicó tres veces en cada parcela; las muestras de suelo se colectaron dentro de un área de 30×30 cm, demostrando la reducción en la densidad de la haya, además evidenciaron la existencia de otra variedad de árboles como el carpe y el aliso, las cuales son variedades que fijan nitrógeno. Esto mejora la calidad del suelo de los bosques, lo que da como resultado materia orgánica del suelo inestable, que a su vez mejora la calidad del suelo; dado que la abundancia de la haya influyó en la fase nutritiva del suelo en el bosque; esto condujo a un aumento de la MOS lábil y la subsiguiente fertilidad a través de la mezcla de especies latifoliadas en el bosques de hayas.

2.1.2 A nivel nacional

Zanabria y Cuellar (2015), en su estudio desarrollado en cinco sub cuencas adyacentes al valle del Mantaro en la región Junín - Perú; cuantificaron la biomasa y el carbono almacenado en seis sistemas de uso de tierra; establecieron treinta parcelas de muestreo de $2\ 000\ m^2$ (100×20 m), evaluando cinco depósitos de carbono en cada sistema (árboles, arbustos/hierbas, hojarasca/materia muerta, raíces y carbono orgánico del suelo), mediante el análisis en laboratorio y densidad. Las abundantes cantidades de carbono fijo fueron encontradas en individuos de sistemas de plantaciones forestales en balance con otros

individuos de otros sistemas, seguidos de bosque primario, argumentando que los pastizales y los cultivos fijos tenían el contenido de carbono más bajo. Además debido a la gran biomasa de raíces, el carbono retenido en los suelos de pastizales de tierras bajas contribuyó a un mayor grado de secuestro de carbono en comparación con otros sistemas evaluados.

Chuquizuta et al. (2016), en su análisis realizado en la región San Martín del Perú, acerca del carbono cuantificado acumulado en la biomasa aérea y del suelo en cinco sistemas de uso de la tierra. Para ello se dispusieron tres transectos de cien metros cuadrados (4 m x 25 m) para cada sistema. Evaluaron la biomasa aérea viva, hojarasca y suelo (0 – 30 cm). Concluyeron que los bosques primarios y secundarios aglomeran mayor proporción de carbono total en contrastes con los sistemas de uso de la tierra analizados. Esto se debe a que convertir los bosques en plantaciones monoespecíficas reduce la captura de carbono y en consecuencia, el dióxido de carbono (CO₂), el gas que provoca el cambio climático.

2.1.3 A nivel regional

Romero Salazar (2015), realizó un diagnóstico para determinar el secuestro de carbono en dos sistemas mejorados de pastoreo en la zona de San Silvestre de Cochán, provincia de San Miguel de Cajamarca; se establecieron fracciones de pastos mejorados en 2 ha de avena (*Avena sativa* L.) y 1 ha de rye grass (*Lolium multiflorum* Lam). Descubrió que el depósito de carbono en el suelo era superior que el acopio en la biomasa radicular y aérea; además evidencio que el total de carbono reunido dentro del rye gras (46.2 t C/ha/año), superando la avena (47.5 t C/ha/año). Así mismo afirma sobre las existencias de carbono para los dos sistemas calculados a profundidades (0–10 cm y 10-20 cm) fueron semejantes, produciendo 14.7 y 14.4 t C/ha/año, y a profundidades trabajadas de 20 – 50 cm se registró una variación de 15.5 y 15.9 t C/ha/año.

Cabrera et al. (2016), realizaron un estudio para estimar la cantidad de secuestro de carbono en sistemas agroforestales de café en las provincias de Jaén y San Ignacio. Muestrearon treinta y dos sistemas agroforestales con diferentes copas de sombra, con diferentes densidades de plantación y manejo. Evaluado la biomasa aérea viva (café y madera), hojarasca y suelo. Argumentaron que la mayor reserva de carbono lo alberga el suelo, cuyos resultados oscilaban entre 32.69 y 52.81 tC/ha. Para la hojarasca, 0.29 y 3.45 tC/ha representan los sedimentos de carbono más bajos, lo que corresponde al 1.65% del total del sistema agroforestal.

2.2 Bases teórico – científicas

2.2.1 Materia orgánica del suelo (MOS)

Aguilera María (2000), afirma que las MOS están compuestas por una serie de sustancias carbonáceas degradables que son sustanciales para favorecer la impregnación de la red edáfica y cuyas propiedades son las responsables del desarrollo de todos los procesos fisicoquímicos y biológicos que tienen lugar en el suelo.

Al respecto Galantini et al. (2015), plantean la hipótesis de que la materia orgánica del suelo (MOS) se forma por la degradación biológica de residuos vegetales, animales y organismos en diversas etapas de transformación. Del mismo modo Cutillas et al. (2017), afirmaron que las MOS tienen funciones hidrológicas y morfológicas de agregar sustancias húmicas que enriquecen el suelo; por la composición diversa en cada fracción donde se desarrollan diversas actividades biológicas.

2.2.2 Procesos de intervención de la materia orgánica

Aguilera María (2000), refiere a las siguientes fases que tienen lugar directamente en el suelo.

- Es una fuente primaria.

- Almacenar agua para la producción de hidrógeno.
- Mitiga la materia orgánica en el suelo.
- Favorece la cohesión del suelo.
- Tolera la provisión de nutrientes.
- Auxilia al suelo ante la alteración repentina del pH.

2.2.3 Formación del carbono orgánico

Galantini et al. (2014), mencionan que la constitución del carbono orgánico no sólo es una sucesión en la descomposición, sino que los microorganismos son muy eficientes en la putrefacción de los desechos vegetales y animales, utilizando parte de la energía liberada para construir la propia planta. Aunque una fracción significativa de la materia orgánica del suelo (MOS) contiene los mismos análogos componentes del material en que se forman, ambos procesos ocurren simultáneamente y los agentes que perjudican a un elemento también aquejan al otro y difieren mucho en sus propiedades físicas y químicas; pero no siempre de la misma manera.

2.2.4 Carbono orgánico del suelo frente al cambio climático

Burbano (2018), afirma que la conservación del carbono del suelo a nivel regional y global es fundamental para obtener apoyo científico para respaldar los fallos políticos y sociales en favor de la conservación del carbono en el suelo global; la sostenibilidad del suelo y la función ambiental del suelo; para ello el dinamismo es necesario para que funcione dentro de las redes de la naturaleza y poder respaldar la estabilidad alimentaria de una población en progresión inexorable.

2.2.5 Ciclo del carbono

Para Honorio y Baker (2010), las moléculas constituidas por carbono atraviesan los océanos, la atmósfera y la superficie terrestre, en la cual tienen lugar numerosas

transformaciones físicas, químicas y biológicas. (Martín-Chivelet, 2010). Así mismo los depósitos de carbono se desplazan una variedad de estados, actuando desde lo más recóndito de la tierra hacia el espacio para retener dióxido de carbono (CO₂) que puede usarse en la fase fotosintética de las plantas; a medida que estos desaparecen, el carbono es consumido por el suelo con el tiempo

El dióxido de carbono (CO₂) es aspirado mediante los estomas y pasa a través del cloroplasto para realizar el proceso fotosintético en las plantas (Martínez y Fernández, 2004). Además las plantas funcionan como secretoras de dióxido de carbono (CO₂) al iniciar la exudación de ácidos orgánicos en sus raíces, así mismo realizan sucesiones de obstrucción de agua y excreción en el sistema radicular (Martín-chivelet, 2010).

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Carbono orgánico del suelo (COS)

Para Lefevre, Rekik, Alcantara y Wiese (2017), el COS forma parte del ciclo del carbono y consiste en varios productos en descomposición del suelo, la vegetación, el océano y la atmósfera. También facilita la carga de partículas y permite una distribución uniforme de los poros; esto aumenta el volumen de almacenamiento de agua y la pone a disposición de las plantas (Lull et al., 2020).

2.3.2 Hojarasca

López Hernández et al. (2013) lo definen como una capa superficial formada por el desprendimiento y acumulación de hojas forestales y restos vegetales los cuales cubren el suelo forestal y son descompuestos mediante la interacción de elementos bióticos y abióticos, aportando múltiples nutrientes.

2.3.3 Suelo

Bodí et al. (2012), lo definen como el cuerpo tridimensional de un sistema terrestre constituido por una serie de materiales triturados en diversos grados de descomposición en los que tiene lugar el crecimiento vegetal terrestre.

2.3.4 Carbono

Martínez y Fernández (2004), lo definen como componentes básicos de los elementos orgánicos, siempre presentes en los organismos vivos y su entorno y de gran importancia para la vida.

2.4 Hipótesis

Para esta investigación se utilizó la hipótesis alternativa (Ha) e hipótesis nula (H0):

H0: no existe diferencia estadística significativa en el contenido de carbono orgánico del suelo del bosque nativo Llangodén de Chota, Cajamarca, respecto a un área con vegetación herbácea.

Ha: existe diferencia estadística significativa en el contenido de carbono orgánico del suelo del bosque nativo Llangodén de Chota, Cajamarca, respecto a un área con vegetación cobertura herbácea.

2.5 Operacionalización de variables

En la Tabla 1 se presentan las variables e indicadores de investigación. Cuyas variables se clasifican en: Variables dependientes e independientes.

Tabla 1

Variables e indicadores de la investigación

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
------------------	------------------------------	--------------------	--------------------

				Unidad de Medida
V. Dependiente				
Carbono orgánico en el suelo	Parte del ciclo del carbono que se encuentra asociado a diversos materiales del suelo en descomposición.	Suelo mineral.	Cantidad de carbono.	t C/ha.
		Hojarasca.	Cantidad de carbono.	t C/ha.
V. Independiente				
Bosque	Ecosistema conformado por predominancia de especies de porte arbóreo con cobertura de copa superior a 25 %.	Estrato con vegetación forestal de <i>Podocarpus sp.</i>	Abundancia.	Número de árboles por ha.
		Estrato con vegetación herbácea.	Abundancia.	Número de árboles por ha.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y nivel de investigación

La naturaleza de esta investigación es cuantitativa ya que representa un proceso ordenado, organizado en una serie de pasos y en orden secuencial; donde los pasos son inevitables (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018).

El nivel de investigación es descriptiva puesto que se describen los datos y las características de la población objetivo; contribuyendo en la resolución de las interrogantes planteadas inicialmente (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018).

3.2 Diseño de la investigación

La investigación es de tipo no experimental dado que no se manipulan las variables y se miden tal como se muestran y de corte transversal pues se evalúan en un momento determinado (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018). Para esta investigación se

realizó inicialmente la selección del área en estudio, el establecimiento de parcelas, obtención de datos de campo, procesamiento de muestras en laboratorio y finalmente el procesamiento de datos, interpretación y redacción del informe final de tesis.

3.2.1 Ubicación del área de estudio

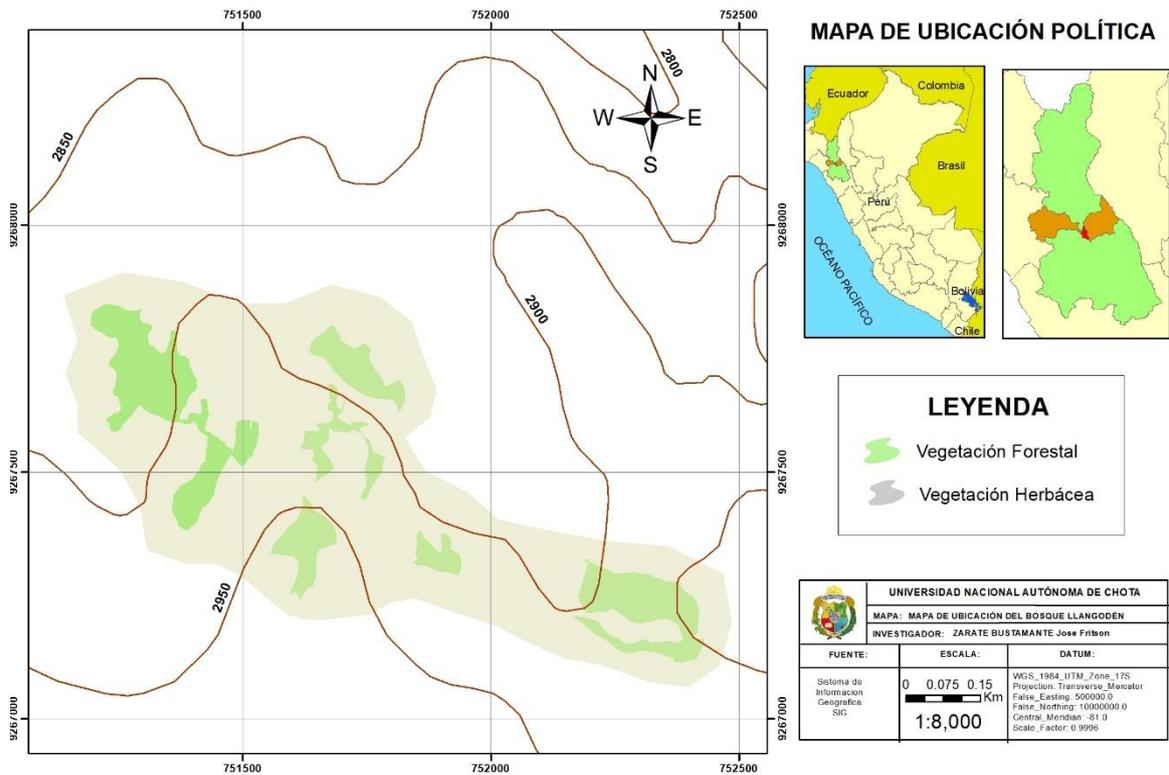
El presente trabajo se realizó en el bosque nativo del centro poblado de Llangodén Alto; denominado Bosque Llangodén, perteneciente al distrito de Lajas, provincia de Chota y departamento de Cajamarca. Presenta un clima frío, en especial durante las tardes, y nublado por las noches; la temperatura anual oscila entre los 12 a 17 °C, además en ciertas ocasiones desciende hasta los 4 °C grados bajo cero; así mismo presenta una topografía accidentada presentando pendientes, llanuras y zonas boscosas (Montalvo Reinoso y Prieto Coz, 2008).

El bosque Llangodén se localiza a una elevación de 2 925 msnm y como punto de referencia se sitúa dentro de las coordenadas UTM 751337 (Este) y 9267667 (Norte), cuenta con una extensión aproximada de 10.89 ha.

La flora silvestre lo componen especies pertenecientes a las familias Podocarpaceae, Lauraceae, Melastomataceae, Chloranthaceae, Clethraceae, Myrcinaceae; presentando además una variedad de orquídeas, brómeliás, musgos y helechos (Sánchez Tello y Vásquez, 2011).

Figura 1

Mapa de ubicación del bosque Llangodén



3.3 Métodos de investigación

Como parte de la utilización de técnicas e instrumentos que nos ayuden a consolidar mejor la información; la presente investigación se dividió en tres fases: Fase de campo, Fase de laboratorio y Fase de gabinete.

3.3.1 Fase de campo

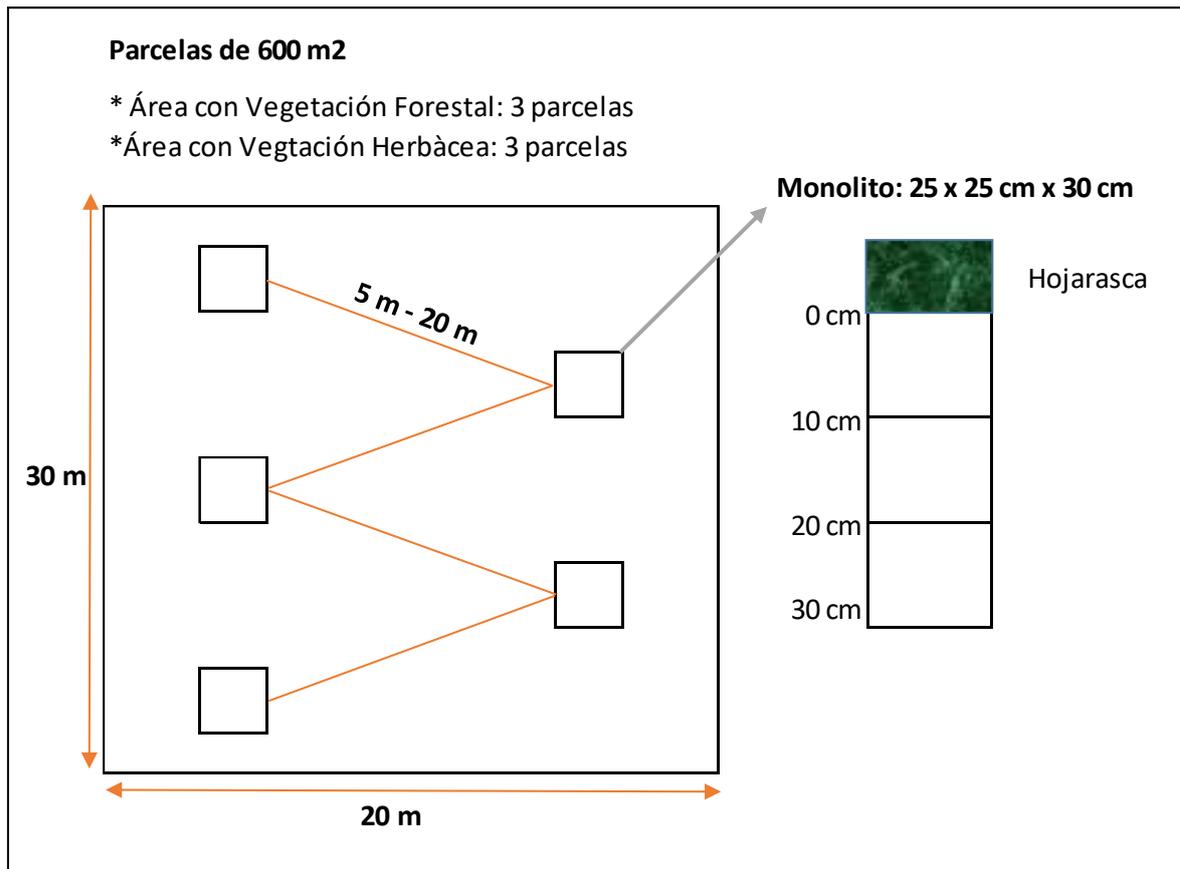
3.3.1.1 Instalación de parcelas de muestreo

Se establecieron seis parcelas rectangulares de 30 x 20 m (figura 2), en cada una de las cuales se realizó un muestreo compuesto por cinco puntos (monolito) ubicadas a una distancia no menor de cinco metros ni mayor de veinte metros. Cada monolito tiene 25 x 25 cm y 30 cm de profundidad. Tres parcelas se ubicaron en el estrato con vegetación forestal

con predominancia de *Podocarpus oleifolius*. y las tres parcelas restantes se instalaron en el estrato con vegetación herbácea adyacentes al bosque nativo.

Figura 2

Diseño de las parcelas de muestreo



3.3.1.2 Toma de muestras

De cada monolito se evaluó la hojarasca y el suelo comprendidos entre los 0 – 30 cm; extrayendo muestras de suelo cada 10 cm de profundidad.

Para hojarasca se utilizó un cuadrante de madera de 25 x 25 cm (Andrade y Ibrahim, 2003); en el cual se extrajo toda la biomasa que se depositó en bolsas ziploc y se etiquetaron y condujeron al laboratorio.

Para carbono orgánico se extrajo 500 g de muestra que inmediatamente se depositó en una bolsa ziploc, pasando a ser etiquetada (Anexo 2) y conducida al laboratorio. Cabe mencionar que los 500 g de muestra se obtuvieron luego de hacer una mezcla homogénea de las cinco sub muestras de suelo extraídas de cada monolito.

La estimación de la densidad aparente se realizó únicamente para poder determinar el carbono orgánico en t/ha; según el método utilizado es la manera más adecuada para poder calcular lo planteado. Ante ello se extrajeron muestras inalteradas en cilindros de volumen conocido, las cuales se depositaron en una bolsa ziploc debidamente etiquetada para ser conducida al laboratorio.

3.3.2 Fase de laboratorio

Las muestras colectadas fueron procesadas en el Laboratorio de Suelos y Aguas (LABISAG), perteneciente al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES–CES); referente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM).

3.3.2.1 Preparación y procesamiento de muestras para determinar carbono orgánico en el suelo

La muestra de suelo se extrajo de la bolsa ziploc y se depositó en un plato de porcelana para posteriormente realizar el secado en una estufa a una temperatura de 40 °C. Luego se realizó el triturado y se pasó por un tamiz de 2 mm.

Las muestras de suelo se analizaron utilizando el método de Walkley y Black 1934 (Okalebo, 2002). Fundamentado en la oxidación del carbono orgánico del suelo utilizando una solución de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_4$) y el calor de repulsión producido al mezclarlo con ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) (Correa, 2012). El método consiste en:

- Pesar 0.5 g de muestra y depositar en un matraz de 250 ml.
- Añadir 10 ml de $K_2Cr_2O_7$ (Dicromato de Potasio) al 1 N.
- Dentro de una cámara de bioseguridad adicionar 10 ml de H_2SO_4 (Ácido Sulfúrico) concentrado y agitar de manera manual por 1 minuto.
- Dejar en reacción a la solución durante 60 minutos.
- Adicionar agua destilada a la solución; hasta alcanzar los 100 ml del matraz.
- Dejar en reposo a la solución durante 24 horas.
- Sacar con mucho cuidado el matraz de la cámara de gases y extraer 10 ml de la solución concentrada y depositar en un vaso de precipitación de 50 ml.
- Adicionar 3 gotas del indicador de difenilamina sulfúrica a la solución depositada en el vaso de precipitado y agitar de manera manual durante 30 segundos.
- Titular con sal de mohr 0.5 N en forma lenta hasta obtener un cambio de coloración verdoso a verde brillante, el cual indica el final de la titulación.
- Anotar el gasto o cantidad de la solución de sal de mohr 0.5 N utilizada.
- Paralelamente trabajar con un blanco (sin muestra de suelo).

3.3.2.2 Preparación y procesamiento de muestras para determinar carbono orgánico de la hojarasca

Se determinó el peso fresco de la muestra, de ello se sacó una sub muestra de 200 g para ser secado en una estufa a 60 °C durante tres días, hasta alcanzar un peso constante a fin de poder precisar la cantidad de carbono (Chuquizuta et al., 2016).

3.3.2.3 Preparación y procesamiento de muestras para determinar densidad aparente

Se extrajeron las muestras de la bolsa ziploc y se depositaron en platos de porcelana para luego ser secadas en una estufa a 105 °C de temperatura, hasta que estas alcancen un peso constante (Gabriels y Lobo, 2011).

3.3.3 Fase de gabinete

Se sistematizarán todos los datos obtenidos que han sido trabajados en la fase de campo y fase de laboratorio.

3.3.3.1 Cálculo del contenido de carbono orgánico en el suelo

El contenido de carbono orgánico se determinó utilizando las siguientes ecuaciones.

❖ Materia orgánica (%)

$$\%MO = \left(\frac{4(a - b)}{a * p} \right) * 1.724$$

Donde.

% MO: Materia orgánica (%).

a: Volumen gastado del testigo (ml).

b: Volumen gastado de la muestra (ml).

p: Peso de la muestra (g).

1.724: Constante.

Se utilizó un coeficiente de Van Benmelen de 1.724 basado en el supuesto de que la materia orgánica del suelo abarca el 58% de carbono ($1/0.58 = 1.724$) (Correa, 2012).

❖ Carbono orgánico (%)

$$\%CO = \left(\frac{\%MO}{1.724} \right)$$

Donde.

%CO: Carbono orgánico (%).

%MO: Materia orgánica (%).

1.724: Constante.

❖ **Carbono orgánico acumulado en el suelo (t C/ha)**

$$COS = \%CO * DA * P$$

Donde.

COS: Carbono orgánico acumulado en el suelo (t C/ha).

% CO: Carbono orgánico (%).

DA: Densidad aparente (t/m³).

P: Profundidad de muestreo (m).

3.3.3.2 Cálculo del carbono orgánico en la hojarasca

❖ **Carbono orgánico en la hojarasca (t C/ha)**

$$COH = \left(\frac{Y * 0.5}{Tmm} \right)$$

Donde.

COH: carbono orgánico acumulado en la hojarasca (t C/ha).

Y: biomasa (Tn).

Tmm: total de metros muestreados (m²).

0.5: factor que corresponde al carbono.

3.3.3.3 Cálculo de la densidad aparente del suelo

❖ **Densidad aparente del suelo**

$$DA = \frac{Ms}{Vt}$$

Donde.

DA: Densidad aparente del suelo.

Ms: Masa del suelo seco (g).

Vt: Volumen total del cilindro (cm³).

3.3.3.4 Cálculo del carbono orgánico total

❖ Carbono orgánico total (t C/ha)

$$COT = COS + COH$$

Donde

COT: Carbono orgánico total acumulado en el suelo (t C/ha).

COS: Carbono orgánico acumulado en el suelo (t C/ha).

COH: Carbono orgánico acumulado en la hojarasca (t C/ha).

3.4 Población, muestra y muestreo

3.4.1 Población

Conformada por el suelo y la hojarasca del bosque nativo Llangodén, el cual cuenta con un área de 10.89 ha.

3.4.2 Muestra

Conformada por el suelo de seis parcelas de 600 m² instaladas en los estratos de bosque y pasto según corresponda.

3.4.3 Muestreo

Se realizó considerando lo estipulado en el manual de métodos Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) Baillie et al. (1990); en la cual menciona que se emplearan parcelas de 600 m² de área, que en su interior albergara cinco puntos de muestreo denominados monolitos, los cuales mantendrán una distancia de entre 5 a 20 m respectivamente. El muestreo se realizó al azar.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Se refiere a la manera de adaptar uno o más mecanismos de sondeo para recolectar información relevante para las variables de investigación dentro de una muestra (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018). Esto se hizo mediante la observación y el análisis de muestras de suelo y hojarasca.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas utilizadas en el presente trabajo son la ficha de muestreo de suelos (Anexo 1) y reporte del laboratorio.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento e interpretación de la información obtenida se realizó mediante estadística paramétrica y no paramétrica, y con ayuda del software SPSS. Primero se realizó el análisis de normalidad de Shapiro Wilk, luego se aplicó análisis de varianza y finalmente pruebas post hoc. Se utilizó ANOVA y Kruskal-Wallis como mecanismos para evaluar la varianza y en aquellas variables en las que se evidenció diferencias estadísticas significativas, se aplicó Tukey y Bonferroni de Kruskal-Wallis para variables con distribución normal y distribución no normal, respectivamente. El nivel de significación en todas las pruebas fue 0.05.

3.7 Aspectos éticos

La investigación se enmarca en la ética profesional, pues se cita correctamente las fuentes de información utilizadas, se sigue el método científico para la recolección, análisis, interpretación y redacción del informe de tesis, y se presentan datos veraces. En la etapa de recolección de datos se mantuvo la integridad del ecosistema, generando el menor impacto posible.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Análisis de normalidad de los indicadores

Se presenta el análisis de normalidad (Tabla 2) de Shapiro Wilk (nivel de significación de 0.05) para las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Tabla 2

Análisis de normalidad de los indicadores de suelo por estratos

Indicador de Suelo	Estadístico	gl	Sig.
pH Suelo	0.766	18	0.001
Conductividad Eléctrica (dS/m)	0.694	18	0.000
Carbono Orgánico (%)	0.873	18	0.020
Arena (%)	0.924	18	0.155
Limo (%)	0.929	18	0.189
Arcilla (%)	0.826	18	0.004
Calcio Cambiable (mEq/100g)	0.722	18	0.000
Magnesio Cambiable (mEq/100g)	0.816	18	0.003
Potasio Cambiable (mEq/100g)	0.809	18	0.002
Sodio Cambiable (mEq/100g)	0.617	18	0.000
Aluminio e Hidrógeno Cambiable (mEq/100g)	0.889	18	0.036
Densidad Aparente (g/cm ³)	0.988	18	0.996
Carbono Orgánico del Suelo según profundidad (t C/ha)	0.976	18	0.901
Carbono Orgánico del Suelo (0-30 cm) (t C/ha)	0.935	6	0.621
Carbono Orgánico de la Hojarasca (t C/ha)	0.845	6	0.145

Carbono Orgánico Total (t C/ha)	0.845	6	0.143
---------------------------------	-------	---	-------

Se deduce que los indicadores de arena, limo, densidad aparente, Carbono Orgánico del Suelo según profundidad (t C/ha), Carbono Orgánico del Suelo (0-30 cm) (t C/ha), Carbono Orgánico de la Hojarasca (t C/ha) y Carbono Orgánico Total (t C/ha) tienen una distribución normal pues el p-valor es mayor a 0.05; por tanto, para esos indicadores se aplican pruebas paramétricas para el análisis de varianza y pruebas post hoc. Para los indicadores restantes se aplican pruebas no paramétricas.

4.1.2. Propiedades fisicoquímicas del suelo

a. pH del suelo

La prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 9) no denota variabilidad significativa en el pH de suelo de acuerdo con su vegetación y profundidad evaluada, pues la sig bilateral es 0.458.

Tabla 3

Media \pm desviación estándar del pH de suelo según tipo de vegetación

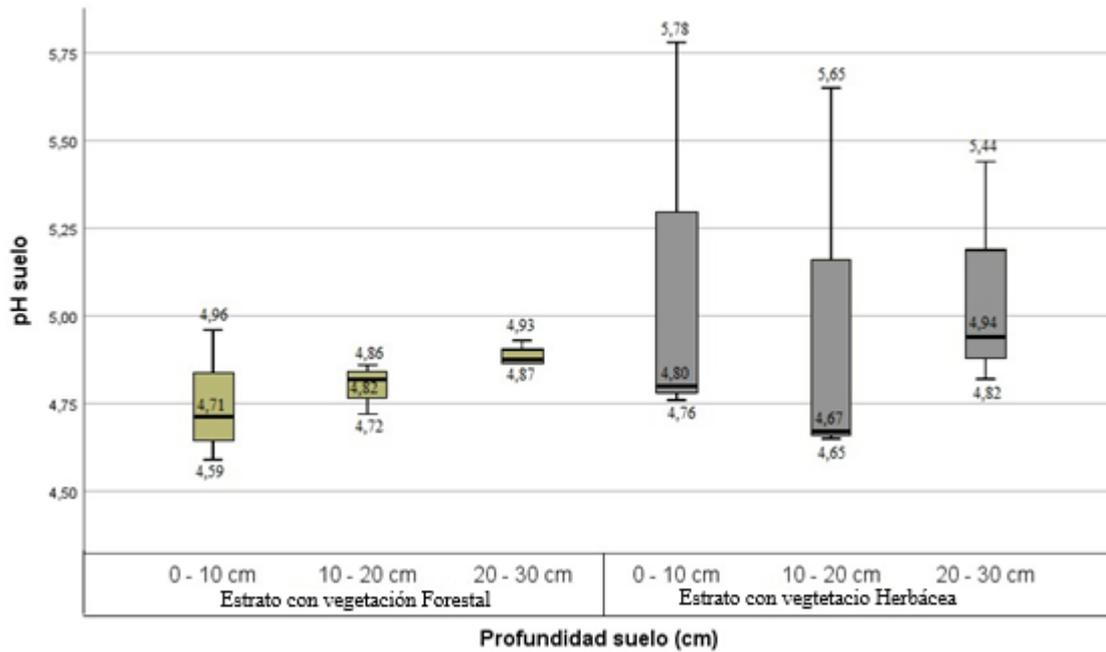
Profundidad	Tipo de vegetación	
	Forestal	Herbácea
0 - 10 cm	4.75 \pm 0.10	5.11 \pm 0.33
10 - 20 cm	4.80 \pm 0.04	4.99 \pm 0.33
20 - 30 cm	4.89 \pm 0.02	5.06 \pm 0.18

En los primeros 30 cm de profundidad del área con vegetación forestal se evidencia que el pH (Tabla 3 y Figura 3) es fuertemente ácido, pues varía entre 4.59 hasta 4.96 disminuyendo paulatinamente su acidez conforme la profundidad del suelo aumenta. En el

área con vegetación herbácea se encontró un pH que varía desde 4.65 hasta 5.78; siendo un pH fuertemente ácido a moderadamente ácido indistinto a la profundidad del suelo.

Figura 3

pH del suelo por estratos y niveles de profundidad



El pH del suelo presenta condiciones limitantes en la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales como N, P, K para el crecimiento de las plantas en los dos estratos evaluados.

b. Conductividad eléctrica del suelo

La prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 9) determinó que las muestras son relativamente homogéneas (p-valor 0.053).

Tabla 4

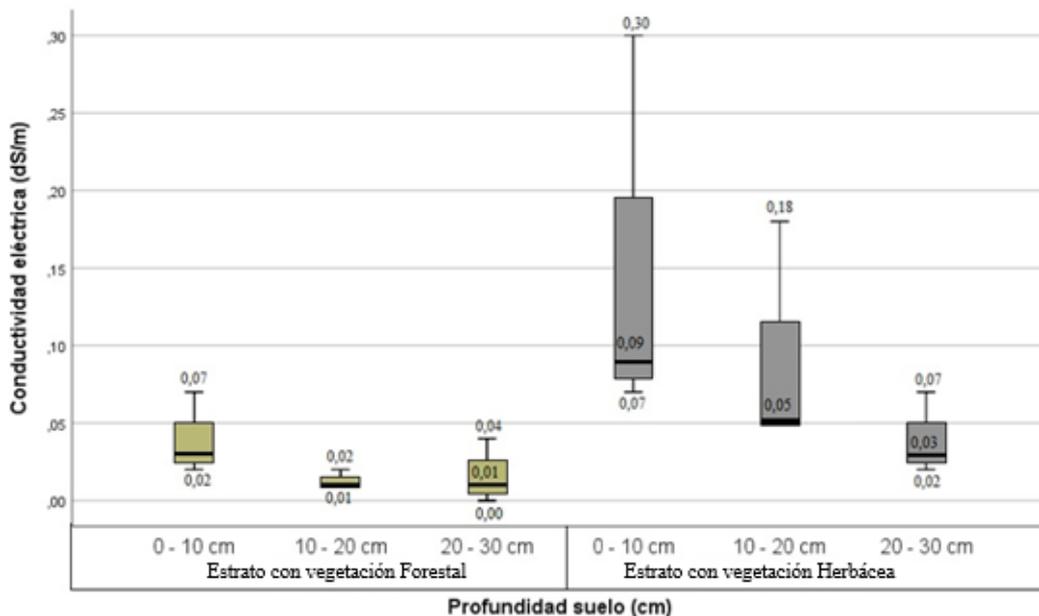
Media ± error estándar de la conductividad eléctrica (dS/m) por estratos

Profundidad	Tipo de vegetación	
	Forestal	Herbácea
0 - 10 cm	0.04±0.02	0.15±0.07
10 - 20 cm	0.01±0.00	0.09±0.04
20 - 30 cm	0.01±0.01	0.04±0.02

La conductividad eléctrica (Tabla 4 y Figura 4) en el suelo del estrato forestal varió entre 0.00 dS/m hasta 0.07 dS/m mientras que en el estrato herbácea se registró una variación de 0.02 dS/m hasta 0.30 dS/m. De acuerdo a la escala del reglamento de clasificación de tierras por la capacidad de uso mayor del suelo se puede evidenciar una concentración muy ligeramente salina en el suelo dentro de los estratos evaluados.

Figura 4

Conductividad eléctrica del suelo por estratos y niveles de profundidad



c. Textura del suelo

La prueba ANOVA (Tabla 5) indica ausencia de diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de arena según tipo de vegetación y profundidad del suelo. No obstante, se evidencia que en el área forestal la concentración de arena es mayor en los primeros 10 centímetros del suelo (70.05 %), respecto al suelo distribuido entre 10 – 20 cm (58.72 %); comportamiento similar se evidencia en el suelo con vegetación herbácea.

Respecto al porcentaje de limo, se evidencia un comportamiento inverso, pues se incrementa la concentración de esta partícula granulométrica a medida que se penetra en el suelo.

Tabla 5

Prueba de medias para la concentración de arena en el suelo

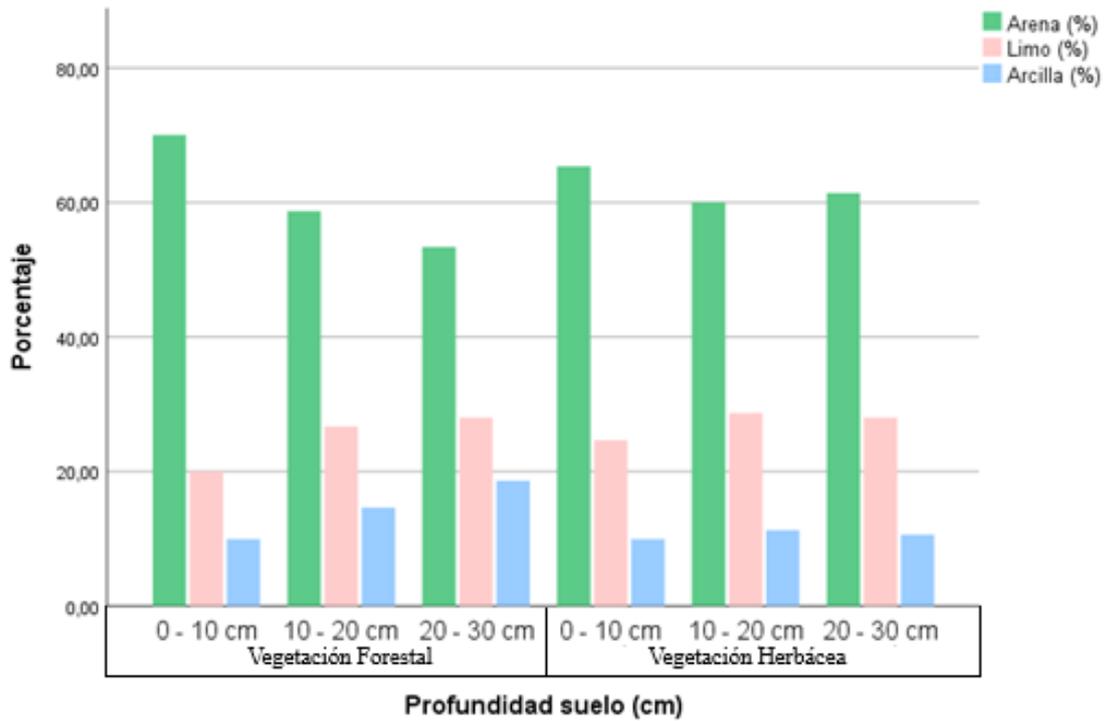
Partícula	Vegetación Forestal			Vegetación Herbácea		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Arena (%)	70.05±6.36	58.72±3.06	53.38±1.33	65.38±3.71	60.05±1.76	61.38±2.91
Limo (%)	20.00±4.62	26.66±1.76	28.00±4.16	24.66±2.40	28.66±1.76	28.00±2.31
Arcilla (%)	9.94±1.76	14.61±1.76	18.61±3.33	9.94±1.33	11.28±0.00	10.61±0.67
Clase textural	Fr.A.	Fr.A.	Fr.A.	Fr.A.	Fr.A.	Fr.A.

La prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 9), respecto al porcentaje de arcilla, indica que no existe diferencia estadística significativa (p-valor de 0.069) en el suelo con cobertura forestal y suelo con vegetación herbácea; asimismo, no se evidencia diferencia significativa

según profundidad del suelo. Asimismo, se evidencia que, a mayor profundidad, el porcentaje de arcilla se incrementa.

Figura 5

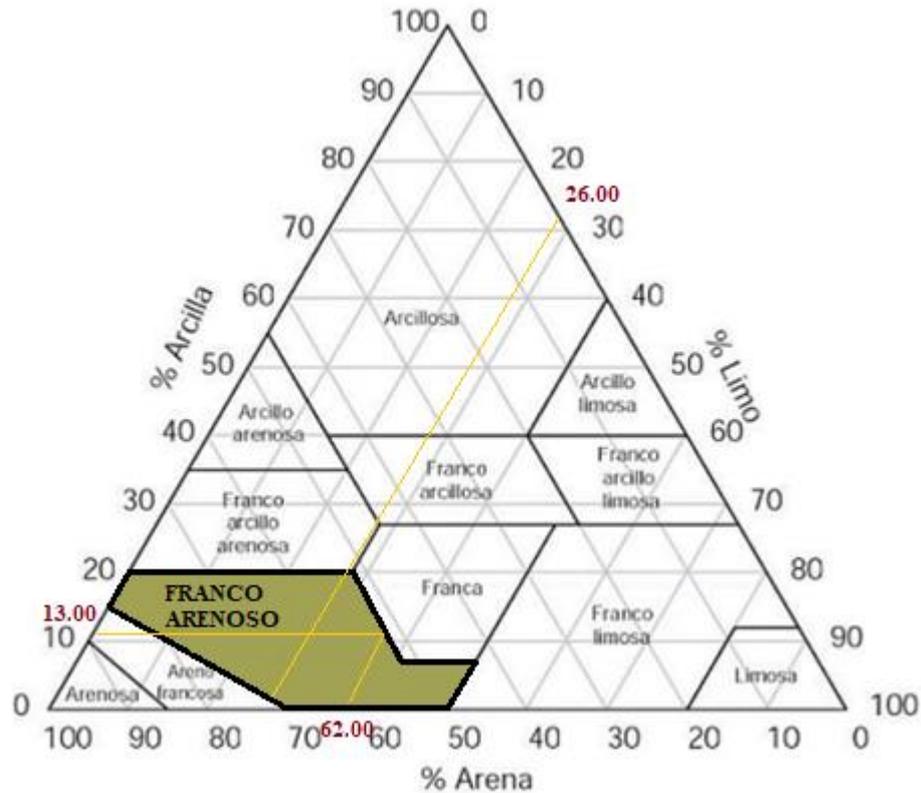
Partículas granulométricas del suelo



Referente a la clase textural del suelo; se encontró una predominancia en todas las áreas evaluadas la textura franco arenoso (Fr. A.), tal como se muestra en la figura 6; registrando una acumulación promedio de 62.00 % de arena, 26.00% de limo y 13.00% de arcilla obtenidos entre los 0 a 30 cm de profundidad evaluados.

Figura 6

Clase textural del suelo



d. Densidad aparente del suelo

Al realizar la prueba ANOVA al 5% de probabilidad no se evidencia diferencias estadísticas significativas respecto a la densidad aparente del suelo (Tabla 6).

Tabla 6

Prueba de medias para la densidad aparente (g/cm³) del suelo

Profundidad	Tipo de vegetación	
	Forestal	Herbácea
0 - 10 cm	0.47±0.05	0.54±0.04
10 - 20 cm	0.59±0.01	0.52±0.06
20 - 30 cm	0.63±0.06	0.56±0.06

e. Cationes cambiabiles del suelo

La prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 9) indica ausencia de diferencias estadísticas significativas (Tabla 7 y Figura 7) para los cationes Ca^{+2} , K^+ , Na^+ , $\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$, pues el p-valor es 0.06, 0.09, 0.41 y 0.28, respectivamente.

Tabla 7

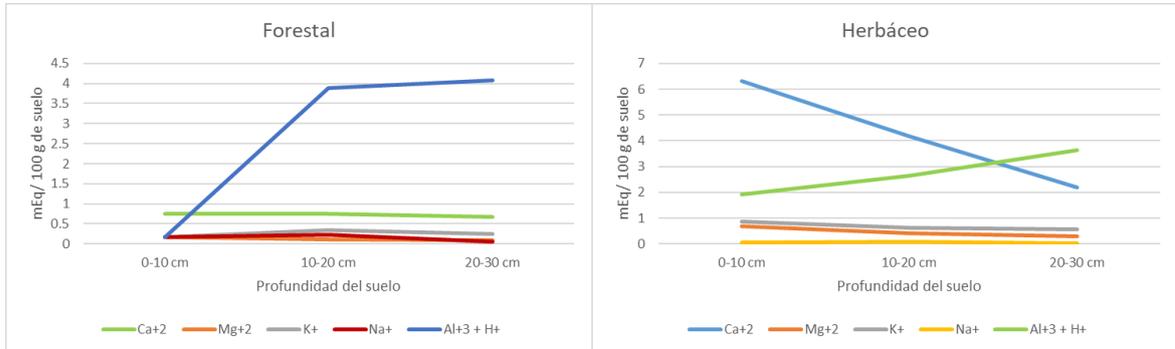
Prueba de medias para el calcio cambiabie en el suelo

Cación (mEq/100g)	Forestal			Herbácea		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
Ca⁺²	0.76±0.03	0.76±0.06	0.67±0.01	6.33±2.20	4.18±1.41	2.18±0.64
Mg⁺²	0.18±0.03	0.12±0.03	0.10±0.02	0.68±0.19	0.42±0.12	0.30±0.09
K⁺	0.33±0.02	0.35±0.08	0.25±0.03	0.86±0.31	0.63±0.09	0.57±0.06
Na⁺	0.05±0.02	0.22±0.09	0.05±0.01	0.06±0.01	0.08±0.01	0.04±0.01
Al⁺³ + H⁺	3.76±0.20	3.88±0.99	4.07±1.00	1.92±0.98	2.65±1.41	3.65±1.26

Según la escala del reglamento de clasificación de tierras por la capacidad de uso mayor del suelo, se evidencia concentraciones moderadamente bajas en los cationes de $\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$; concentraciones muy bajas en los cationes de Mg^{+2} , Na^+ ; Ca^{+2} , K^+ .

Figura 7

Cationes cambiabiles del suelo según tipo de vegetación y profundidad del suelo



La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Anexo 9) evidencia diferencias estadísticas significativas para Mg^{+2} (p-valor 0.035) y la prueba Post Hoc de Bonferroni de Kruskal-Wallis evidencia diferencias significativas en la concentración de este catión entre el suelo con cobertura forestal de 20 - 30 cm y áreas con vegetación herbácea de 0 - 10 cm (Figura 8 y Tabla 8).

Tabla 8

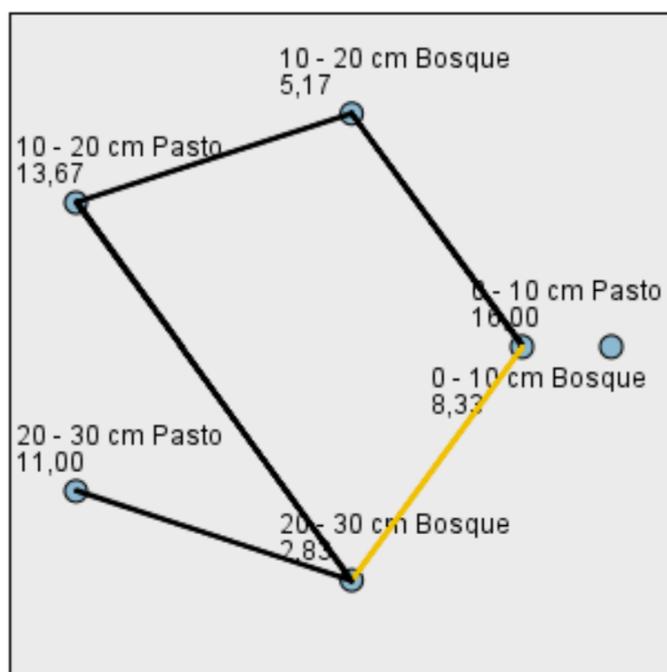
Comparación entre parejas, pruebas de Bonferroni de Kruskal-Wallis para Mg^{+2}

Muestra 1 - Muestra 2	Estadístico		Desv.		Sig. Ajust.
	de	Error	Estadístico	Sig.	
	de	Error	de contraste	de contraste	
20-30 cm Bosque - 10-20 cm Bosque	2.333	4.354	0.536	0.592	1.000
20-30 cm Bosque - 0-10 cm Bosque	5.500	4.354	1.263	0.207	1.000
20-30 cm Bosque - 20-30 cm Pasto	-8.167	4.354	-1.875	0.061	0.911
20-30 cm Bosque - 10-20 cm Pasto	-10.833	4.354	-2.488	0.013	0.193
20-30 cm Bosque - 0-10 cm pasto	-13.167	4.354	-3.024	0.002	0.037
10-20 cm Bosque - 0-10 cm Bosque	3.167	4.354	0.727	0.467	1.000
10-20 cm Bosque - 20-30 cm Pasto	-5.833	4.354	-1.340	0.180	1.000

10-20 cm Bosque - 10-20 cm Pasto	-8.500	4.354	-1.952	0.051	0.764
10-20 cm Bosque - 0-10 cm Pasto	-10.833	4.354	-2.488	0.013	0.193
0-10 cm Bosque - 20-30 cm Pasto	-2.667	4.354	-0.612	0.540	1.000
0-10 cm Bosque - 10-20 cm Pasto	-5.333	4.354	-1.225	0.221	1.000
0-10 cm Bosque - 0-10 cm Pasto	-7.667	4.354	-1.761	0.078	1.000
20-30 cm Pasto - 10-20 cm Pasto	2.667	4.354	0.612	0.540	1.000
20-30 cm Pasto - 0-10 cm Pasto	5.000	4.354	1.148	0.251	1.000
10 - 20 cm Pasto - 0 - 10 cm Pasto	2.333	4.354	0.536	0.592	1.000

Figura 8

Concentración de Mg^{+2} según tipo de vegetación y profundidad del suelo



4.1.3. Carbono orgánico acumulado en el suelo según profundidad

La prueba de Kruskal-Wallis (Anexo 8) evidencia diferencias estadísticas significativas (Tabla 9) para el indicador %COS, puesto que el p-valor es 0.031.

La prueba ANOVA indica ausencia de diferencias estadísticas significativas en el COS en t/ha, cuyo (p-valor 0.436); por tanto, se infiere que el suelo retiene similar cantidad de carbono en áreas con cobertura forestal y con cobertura herbácea.

Tabla 9

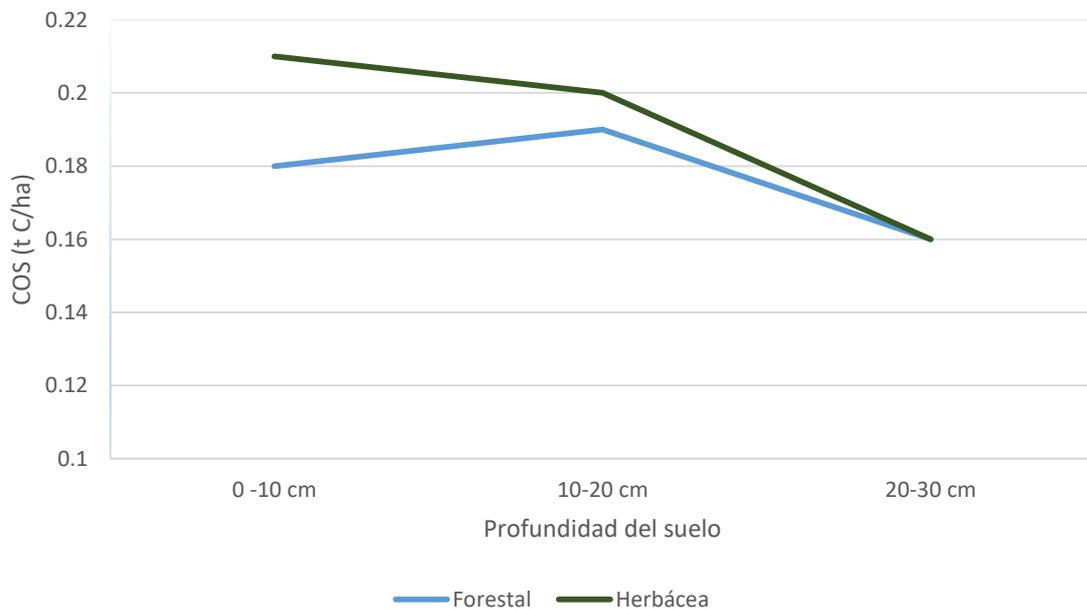
Carbono orgánico del suelo

Item	Forestal			Herbácea		
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm
%COS	3.91±0.09	3.20±0.31	2.66±0.53	3.20±0.31	3.82±0.09	2.84±0.18
COS (Tc/ha)	0.18±0.02	0.19±0.02	0.16±0.04	0.21±0.01	0.20±0.02	0.16±0.02

Respecto a la variación del carbono orgánico según profundidad, tampoco se evidencia diferencias estadísticas significativas; no obstante, se observa una disminución de cantidad a medida que se profundiza en el suelo (Figura 9).

Figura 9

Carbono orgánico en el suelo según tipo de vegetación y profundidad



La cantidad de carbono orgánico en el suelo (Figura 9) para la vegetación forestal fue de 0.186 t C/ha almacenados en los 0 – 10 cm; además se registró 0.190 t C/ha almacenados entre los 10 – 20 cm y se encontró 0.167 t C/ha dentro de los 20 – 30 cm. En tanto en la vegetación herbácea se encontró 0.219 t C/ha en los 0 – 10 cm; así mismo entre los 10 – 20 cm se registró 0.201 t C/ha y se obtuvo 0.161 t C/ha dentro de los 20 – 30 cm.

4.1.4. Carbono orgánico acumulado en la hojarasca

En la prueba de ANOVA (Tabla 11) se evidencia diferencias estadísticas significativas para el indicador COH, siendo el p-valor 0,006. Se encontró 55.20 t C/ha más en la hojarasca del área forestal que en el área con cobertura herbácea (Tabla 10).

Tabla 10

Descriptivos del carbono orgánico de la hojarasca en t C/ha

Tipo de vegetación		Estadístico	Desv. Error
Forestal	Media	55.2028	10.01188
	Desv. Desviación	17.34109	
	Mínimo	38.14	
	Máximo	72.81	
	Rango	34.67	
Herbácea	Media	2.5028	0.52267
	Desv. Desviación	0.90528	
	Mínimo	1.48	
	Máximo	3.22	
	Rango	1.73	

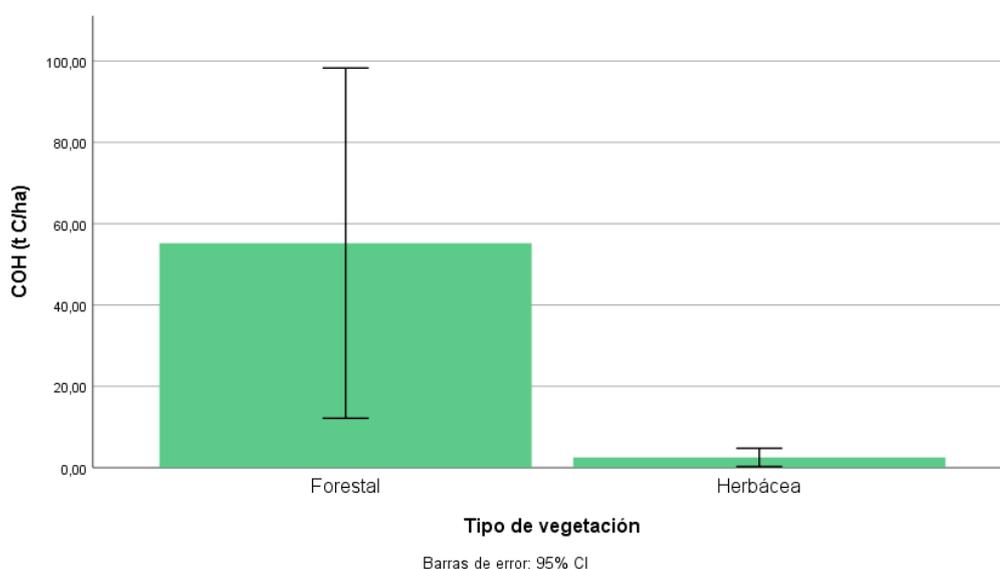
En el área forestal se ha registrado en promedio valores desde 38.14 t C/ha, con un máximo de 72.81 t C/ha, siendo estos valores estadísticamente superiores a los reportados

en el área con cobertura herbácea, en el cual, el valor medio es 2.50 t C/ha, habiéndose registrado incluso menos de 2.1 t C/ha en algunas áreas (Figura 10).

Se ha registrado altura de hojarasca en el área forestal de hasta 18 cm, siendo el valor más bajo 9 cm; en tanto, en área con vegetación herbácea la altura varió entre 0.5 a 1 cm.

Figura 10

Carbono orgánico en la hojarasca según tipo de vegetación



4.1.5. Carbono orgánico total

En la tabla 11 se presenta de manera resumida el carbono orgánico total evaluado, el cual se obtuvo mediante la suma del COT del suelo entre los 0 y 30 cm de profundidad y el carbono almacenado en la hojarasca (hojarasca en el bosque y material vegetal muerto en el área con cobertura herbácea).

El p-valor para el COT (0-30 cm) es 0.655 indica que el tipo de cobertura vegetal no influye significativamente en el contenido de carbono del suelo por hectárea; situación opuesta se encontró en la evaluación de la hojarasca (p-valor 0.06), pues en el ecosistema forestal se registró mayor contenido de carbono que en el área con vegetación herbácea.

Tabla 11*Carbono orgánico total en t C/ha*

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
	Entre grupos	0.002	1	0.002	0.233	0.655
COT (0-30 cm)	Dentro de grupos	0.037	4	0.009		
	Total	0.039	5			
	Entre grupos	4165.935	1	4165.935	27.632	0.006
COH	Dentro de grupos	603.066	4	150.767		
	Total	4769.001	5			
	Entre grupos	4159.929	1	4159.929	27.508	0.006
COT	Dentro de grupos	604.906	4	151.227		
	Total	4764.836	5			

Referente al carbono orgánico total (Tabla 11), se evidencia diferencias estadísticas significativas cuyo p-valor 0.006 según tipo de vegetación sobre el suelo, registrándose un promedio de 55.746 t C/ha en el área forestal y 3.084 t C/ha en el área con vegetación herbácea (Tabla 12 y Figura 11).

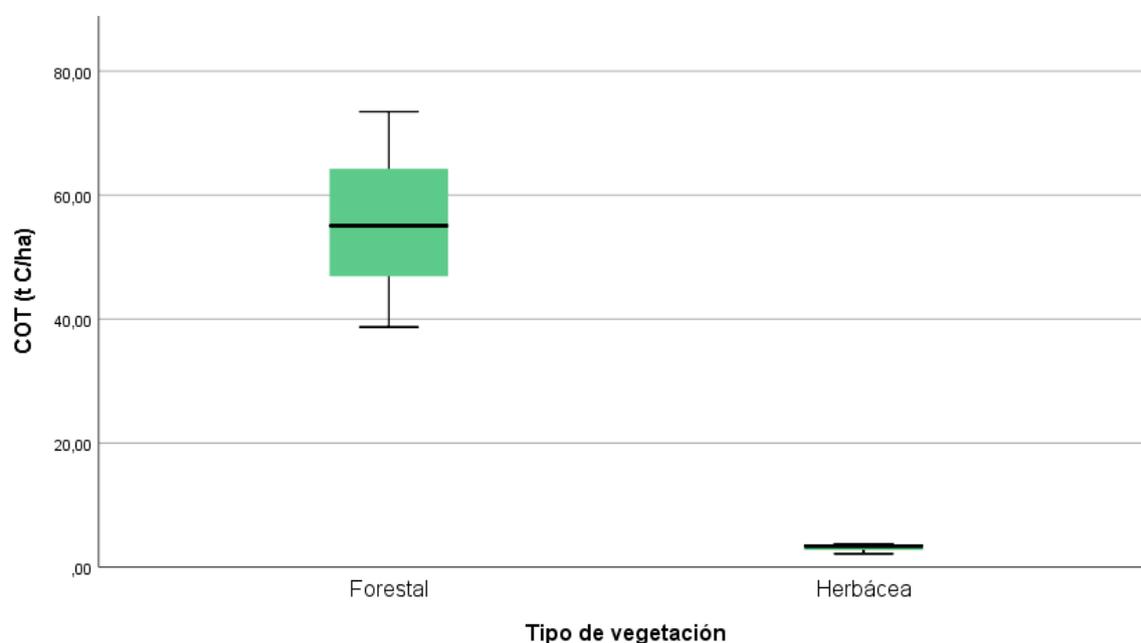
Tabla 12*Descriptivos del Carbono Orgánico Total en t C/ha*

Indicador	Vegetación Forestal	Vegetación Herbácea
------------------	----------------------------	----------------------------

(t C/ha)	Media \pm error estándar	Máximo	Mínimo	Media \pm error estándar	Máximo	Mínimo
COT(0-30cm)	0.543 \pm 0.067	0.41	0.64	0.581 \pm 0.041	0.66	0.54
COH	55.203 \pm 10.012	72.81	38.14	2.503 \pm 0.523	3.22	1.48
COT	55.746 \pm 10.029	73.45	38.73	3.084 \pm 0.483	3.76	2.15

Figura 11

Carbono orgánico total según tipo de vegetación



4.2. Contrastación de Hipótesis

- ✓ **Para la variable contenido de carbono orgánico en el bosque nativo Llangodén**

Las hipótesis planteadas son:

H₀: no existe diferencia estadística significativa en el volumen de carbono orgánico del suelo del bosque nativo Llangodén de Chota, Cajamarca, respecto a un área con cobertura herbácea.

Ha: existe diferencia estadística significativa en el volumen de carbono orgánico del suelo del bosque nativo Llangodén de Chota, Cajamarca, respecto a un área con cobertura herbácea.

El carbono orgánico total almacenado en el suelo (0-30 cm) y la hojarasca del bosque Llangodén-Chota es estadísticamente superior (p-valor 0.655) al carbono del área con vegetación herbácea, aceptándose la hipótesis alterna y rechazándose la hipótesis nula.

✓ **Para la variable contenido de carbono orgánico en el suelo**

Las hipótesis planteadas son:

H0: No existe diferencia estadística significativa en el almacenamiento de carbono orgánico entre los 30 cm en el bosque nativo Llangodén.

Ha: Existe diferencia estadística significativa en el almacenamiento de carbono orgánico entre los 30 cm en el bosque nativo Llangodén.

El carbono orgánico del suelo no varía según la profundidad (0 – 10 cm, 10 – 20 cm y 20 - 30 cm) o tipo de cobertura vegetal (forestal y herbácea), pues no se registraron diferencias estadísticas significativas (p-valor 0.436) aceptándose la hipótesis nula y rechazándose la hipótesis alterna.

✓ **Para la variable cuantificación de carbono orgánico en la hojarasca**

Las hipótesis planteadas son:

H0: No existe diferencia estadística significativa en el almacenamiento de carbono orgánico total en la hojarasca del bosque nativo Llangodén respecto a un área con cobertura herbácea.

Ha: Existe diferencia estadística significativa en el almacenamiento de carbono orgánico total en la hojarasca del bosque nativo Llangodén respecto a un área con cobertura herbácea.

El carbono orgánico amontonado en la hojarasca del área forestal es estadísticamente superior (p-valor 0.006) al carbono del área con vegetación herbácea, aceptándose la hipótesis alterna y rechazándose la hipótesis nula.

4.3. Discusión de resultados

4.3.1. Propiedades fisicoquímicas del suelo

a. pH del suelo

Se encontró un pH ácido en los 0 -30 cm de profundidad en las áreas con cobertura forestal y herbácea (pasto), no reportándose diferencias significativas (p-valor 0.458). El tipo de pH puede deberse a que en la sucesión de disgregación de la materia orgánica se generan ácidos orgánicos y están expuestos al lavado de cationes alcalinizantes del suelo. Osorio (2012), considera que la acidez del suelo es una circunstancia muy usual en los suelos de las regiones húmedas tropicales. Así mismo Quichimbo et al. (2012), en su investigación concluyeron que las coberturas antropizadas de vegetación herbácea (pasto) promueven la acidificación de los suelos debido a que se genera la disminución del porcentaje de saturación de bases. A su vez Lozano C. et al. (2007), en su estudio registraron valores de pH por debajo de 5.50 y asumieron que una actividad de las bacterias y actinomicetos, estos se incrementan gradualmente en condiciones neutras y alcalinas.

b. Conductividad eléctrica del suelo

La conductividad eléctrica entre los 0 a 30 cm para ambos estratos se ha clasificado como un suelo no salino, ideal para el desarrollo de múltiples especies; siendo un indicador importante para que las especies forestales se desarrollen de manera adecuada. No se registró

variación significativa (p-valor 0.052) en esta propiedad fisicoquímica del suelo. Romero et al. (2009), encontraron valores bajos de salinidad y evidenciaron un proceso de restauración del suelo que se ha influenciado por el aumento de la materia orgánica dentro de un estrato conformado con presencia de pastos y vegetación moderada. Así mismo Cremona y Enriquez (2020), manifiestan que la conductividad eléctrica del suelo aporta información eficaz acerca de la dinámica, reservas de nutrientes y agua en el suelo.

c. Textura del suelo

La textura del suelo es franco arenoso (Fr.A.), Arena Franca (A.Fr.), Franco Arcillo Arenoso (Fr.Ar.A.) y suelo Franco (Fr.) en ambas áreas de estudio. Se conoce que las texturas francas dotan al suelo de buenas propiedades físicas y químicas dado que presentan alta fertilidad y la trabajabilidad del suelo es la mejor Ravi et al. (1968), lo cual es corroborado en la investigación de Lacasta et al. (2006), donde manifiestan que los suelos franco arenosos, al poseer una considerable ventilación facilitan una importante cuantía de nitrógeno mineral a las especies forestales, esto permite producir e incorporar más biomasa vegetal al sistema, manteniendo así el nivel de materia orgánica incorporada al sistema terrestre.

Se pudo evidenciar que entre los 0 a 20 cm, para ambos tipos de cobertura, la cantidad de arena en el suelo ha sido más abundante, aunque no existe diferencia estadística significativa (p-valor 0.155), encontrándose una concentración media con 61.50%. Sin embargo altos porcentajes de esta partícula granulométrica indican mayor velocidad de infiltración del agua; así mismo Lacasta et al. (2006), afirman que las arenas aportan mayor aireación, la cual es indispensable para la respiración y actividad de la biota del suelo.

Se evidenció altos porcentajes de limo en los 0 a 30 cm de profundidad en ambos tipos de vegetación, incrementándose de manera no significativa con la profundidad; cabe

mencionar que en la fase limosa el agua infiltrada es retenida por una mayor cantidad de tiempo. Lopez (2015), puntualiza que en la fase limosa se retiene el agua que se infiltran por el suelo aportando condiciones adecuadas para el desarrollo de las especies forestales; además, esta fase favorece los procesos biológicos, fisiológicos y químicos del suelo. Así mismo, en los 0 a 30 cm evaluados se encontró una concentración media del suelo limoso con 26.00% en los dos tipos de vegetación.

La concentración de arcilla es relativamente baja en ambos estratos; aumentando está de forma no significativa (p-valor 0.069) a medida que la profundidad se incrementa. Zapata Sierra et al. (2015), puntualizaron que los suelos arcillosos se caracterizan por presentar un mayor nivel de humedad volumétrica la cual retiene el agua por un largo periodo que estará disponible para la vegetación en el momento que estas lo requieran. En los 0 a 30 cm de profundidad evaluados se encontró una concentración baja de suelo arcilloso con 12.50% en ambos estratos.

d. Densidad aparente del suelo

Se registraron las densidades aparentes más bajas en los a 10 cm de profundidad para ambas áreas de estudio, debido a que la capa orgánica superficial tiene mayor cantidad de materia orgánica, aunque estas diferencias no son significativas (p-valor 0.996); no obstante, se observó la relación respecto a su profundidad en la cual la densidad aparente va en crecimiento a medida que la profundidad aumenta debido al peso y presión de las capas superficiales del suelo. En tanto Salamanca y Sadeghian (2006), detalla que cuando la densidad aparente acrecienta se amplía la compactación y se dañan las condiciones de embotellamiento de humedad; por otro lado Marin (2017), manifiesta que los suelos que presentan mayor materia orgánica expresan valores más bajos en comparación con los suelos que presentan bajo contenido de materia orgánica.

e. Cationes cambiables del suelo

El calcio cambiabile disminuye en el área con cobertura forestal en relación a su profundidad, aunque esta variación no es significativa (p-valor 0.060) siguiendo la misma tendencia a mayor profundidad. Por su parte Río (2021), en su investigación encontró disponibilidad de Ca intercambiabile a escalas relativamente pequeñas y describió que es un macronutriente muy importante en los suelos forestales dado que su disponibilidad brinda patrones de crecimiento y mortalidad de algunas especies forestales.

Se registró diferencia estadística significativa en el magnesio cambiabile cuyo p-valor 0.037 entre los 20 - 30 cm del área con vegetación forestal y los 0 - 10 cm del área con vegetación herbácea. El magnesio cambiabile del suelo se origina a partir de la descomposición de minerales. Es un componente sustancial en el desarrollo las plantas, pues su poca disponibilidad provoca manchas cloróticas entre las nervaduras de las hojas Ross (2004). Así mismo en su proyecto García et al. (2009), concluyeron que la cantidad de magnesio cambiabile encontrado en suelos de selva nublada es bajo y media en suelos bajo pastizal; argumentando que los suelos donde se desarrolla el pastizal presenta mayor cantidad de magnesio en comparación de los suelos con vegetación forestal.

En los valores de potasio disponible evaluados en ambas áreas no se observó diferencias estadísticas significativas con un p-valor 0.092; no obstante, en el área con vegetación herbácea la cantidad media de potasio es mayor, con tendencia disminuir a medida que la profundidad se incrementa. Este resultado coincide con lo descrito por Conti (2000), quien manifiesta que los valores de potasio en el estrato de pasturas es mayor en comparación del estrato forestal adyacente puesto que el estrato de pasturas presenta una menor capa superficial orgánica la cual facilita la infiltración de este micronutriente hacia la capa arcillosa. El potasio cambiabile en el suelo es un ingrediente necesario y útil para el

crecimiento de la planta, pues su poca disponibilidad provoca marchites en estaciones secas o soleadas Novoa et al. (2018). Además reduce el extravío de agua por las hojas y amplía la destreza de las células radiales para impregnar agua.

No se registró diferencias significativas (p-valor 0.41) en los valores de sodio cambiante; cabe mencionar que se observó una tendencia a disminuir a medida que la profundidad aumenta. El sodio cambiante encuentra disperso en forma de sales, así mismo las regiones con clima semihúmedo presentan bajo contenido de sodio y puede ser fácilmente lixiviado a horizontes más profundos debido a su baja energía de absorción Gasca, Menjivar y Torrente Trujillo, (2011). En tanto Cabezas (2010), manifiesta que el sodio es un micronutriente esencial que sustituye a otros elementos cuando las especies forestales lo requieran. Así mismo Leiva et al. (2009), Encontraron disminución en los niveles de Na intercambiable respecto a la edad del bosque, lo cual podría cambiar en la multiplicidad de especies a la prolongada evolución de recuperación.

La acidez cambiante constituye los cationes de aluminio e hidrógeno en el suelo encontrándose, encontrándose diferencias no significativas (p-valor 0.282) según tipo de vegetación, registrando una disminución en la profundidad. Rivera et al. (2016), señalan que el aluminio cambiante en altas concentraciones es tóxico para la planta sobre todo si el pH > 5.0 produciendo síntomas morfológicos identificables en la raíz implicando diferencias en su estructura y funcionamiento. No obstante Rivas (2017), en su proyecto determino una concentración baja de los cationes de $Al^{+3} + H^{+}$ cambiante, además observo el comportamiento decreciente con respecto a la profundidad debido a la acidez intercambiable encontrada.

3.3.1. Carbono orgánico acumulado en el suelo según profundidad

Los resultados indican que el contenido de carbono no varía con la profundidad del suelo o tipo de cobertura vegetal, pues no existe diferencia estadística significativa (p-valor 0.436); estos resultados no concuerdan con los de Solís Hernández et al. (2014), donde reportaron mayor acumulación de carbono orgánico en el suelo dentro de los primeros 20 cm de profundidad y observaron una reducción significativa del porcentaje de carbono al ampliar la profundidad del suelo. Habitualmente el mayor depósito de carbono orgánico se da en las primeras capas en la mayoría de bosques puesto que existe la acumulación y descomposición de hojarasca, restos vegetales y restos de animales.

El carbono orgánico (%) en mayor concentración presente en el suelo se localiza en los 0 a 20 cm de profundidad, aunque esta diferencia no es significativa, descendiendo levemente a medida que la profundidad aumenta.

3.3.2. Carbono orgánico almacenado en la hojarasca

El carbono orgánico acumulado en la hojarasca fue de 52.20 t C/ha para el área forestal y 2.50 t C/ha para el área con cobertura herbácea, siendo estadísticamente superior (p-valor 0.006) en el área forestal. Por su parte Heath et al. (2002) aseveran que la comparación del carbono orgánico en la hojarasca de un ecosistema forestal depende de la composición física, química, condiciones climáticas, así como del grado y tasa de descomposición. En el área forestal, el elevado acopio de carbono orgánico está influido por el aporte de materia orgánica de la vegetación herbácea, arbórea y arbustiva.

Cuevas et al. (2014), registraron una mayor depósito carbono en la hojarasca en el horizonte compuesto por materia orgánica parcialmente no descompuesta con un total mayor a 30 t ha⁻¹ carbono capturado. No obstante Páliz (2016), asevera que en un bosque latifoliado mixto la hojarasca tiene las condiciones y el tiempo necesario para descomponerse e incorporarse al suelo. Además Fonseca et al. (2008), encontraron muy poco carbono

almacenado en la vegetación herbácea registrando valores por debajo del 7.0% y 10.7% del carbono total.

3.3.3. Carbono orgánico total

El contenido de carbono orgánico total (suma de carbono de la hojarasca y suelo a profundidad de 0 a 30 cm) en el área forestal es estadísticamente superior (p-valor 0.655) al área con vegetación herbácea, lo cual se debe principalmente a la provisión de carbono en la hojarasca del bosque. Delaney et al. (1997), Reportaron mayor reserva de carbono orgánico en la hojarasca encontrando valores entre 1.4% a 5.9% en comparación con el carbono almacenado en el suelo. Así mismo Fonseca et al. (2008), manifiestan que el almacenamiento de carbono en la biomasa es más activa que en el suelo, pero la estabilidad en el suelo es mucho mejor.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ❖ El carbono orgánico total acaparado en el suelo del bosque nativo Llangodén a profundidad de 0 a 30 cm en el estrato con vegetación forestal fue de 55.746 t C/ha, por su parte el estrato con vegetación herbácea almacenó 3.084 t C/ha; siendo el estrato con vegetación forestal el que almacenó importante porción de carbono orgánico en el suelo.
- ❖ Se encontró 0.543 t C/ha almacenadas entre los primeros 30 cm de profundidad dentro del área con vegetación forestal, así mismo se registró 0.581 t C/ha en el área con vegetación herbácea, siendo esta la que reunió considerable concentración de carbono orgánico en el suelo del bosque nativo Llangodén.
- ❖ El carbono orgánico almacenado en la hojarasca fue de 55.20 t C/ha en la vegetación forestal y de 2.50 t C/ha almacenadas dentro de la vegetación herbácea; existiendo mayor almacenamiento de carbono en el área con vegetación forestal.
- ❖ En la caracterización de las propiedades fisicoquímicas se obtuvieron un pH fuertemente ácido, conformación de un suelo muy ligeramente salino, abundancia de un suelo franco arenoso (Fr.A.) y una muy baja disponibilidad de cationes cambiables (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+) a moderada disponibilidad (Al^{+3} H^+) en los dos estratos evaluados.

5.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda a los investigadores realizar una determinación total del contenido de carbono de los bosques montanos, en el cual se incluya el carbono almacenado en la biomasa aérea, biomasa subterránea, suelo y hojarasca.
- ❖ Se recomienda a los gestores del ecosistema conservar los bosques, dado que se ha demostrado alta potencialidad en el almacenamiento de carbono, lo cual contribuye a la retención del CO₂, gas de efecto invernadero responsable del calentamiento global.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera María. (2000). *Impotancia de la Protección de la Materia Orgánica en Suelos*. 1–9. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121065>
- Anderson-Teixeira, K. J., Davis, S. C., Masters, M. D., & Delucia, E. H. (2009). Changes in soil organic carbon under biofuel crops. *GCB Bioenergy*, 1(1), 1–22. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2008.01001.x>
- Andrade, H. J., & Ibrahim, M. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforestería En Las Américas*, 10(39–40), 1–8. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6950/Como_monitorear_el_secuestro.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Baillie, I. C., Anderson, J. M., & Ingram, J. S. I. (1990). Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. *The Journal of Ecology*, 78(2), 547. https://www.researchgate.net/publication/232141777_Tropical_Soil_Biology_and_Fertility_A_Handbook_of_Methods
- Bodí, M. B., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., & Doerr, S. H. (2012). Repelencia al agua en suelos forestales afectados por incendios y en suelos agrícolas bajo distintos manejos y abandono. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 38(2), 1–22. <https://doi.org/10.18172/cig.1282>
- Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. The soil organic carbon and its role on climate change. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 1–15. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Cabezas, O. L. (2010). Sodio en plantas C4. C4 y CAM. *Características Generales y Uso En Programas de Desarrollo de Tierras Áridas y Semiáridas. Homenaje Al Dr. Julio López*

- Gorgé, 151–156. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/29768/19/lastra.pdf>
- Cabrera, L., Vaca, S., Aguirre, F., & Aguirre, H. (2016). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales cafetaleros en las provincias de Jaén y San Ignacio, Cajamarca. *Revista Científica Pakamuros*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v4i1.42>
- Chuquizuta, P. D., Ruiz, G. F., Salas, C. T., & López, L. A. (2016). Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra, en la región San Martín Perú. *Rinderesu*, 1(2), 1–11. <http://www.rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/22/06>
- Conti, M. E. (2000). Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo. *Informaciones Agronómicas Del Cono Sur*, 1017, 1–14. [http://lacs.ipni.net/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/\\$FILE/AA4.pdf](http://lacs.ipni.net/0/C2645DDD711C34D303257967007D6ED5/$FILE/AA4.pdf)
- Correa, G. V. (2012). *Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal , centro de México Levels of total organic carbon in The Suelo de Conservación of the Distrito Federal , Central Mexico*. 1–13. <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n77/n77a3.pdf>
- Crowther, T. W., Todd-Brown, K. E. O., Rowe, C. W., Wieder, W. R., Carey, J. C., MacHmuller, M. B., Snoek, B. L., Fang, S., Zhou, G., Allison, S. D., Blair, J. M., Bridgham, S. D., Burton, A. J., Carrillo, Y., Reich, P. B., Clark, J. S., Classen, A. T., Dijkstra, F. A., Elberling, B., ... Bradford, M. A. (2016). Quantifying global soil carbon losses in response to warming. *Nature*, 540(7631), 1–7. <https://doi.org/10.1038/nature20150>
- Cuevas, R. S., Martínez Adame, S., García López, J., & Román Flores, D. (2014). Carbono orgánico de la hojarasca en los bosques de la reserva de la Biósfera Mariposa Monarca

- , caso santuario sierra Chincua , México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5 Número 1, 29–45. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5344964>
- Cunalata, C., Inga, C., Recalde, C., & Echeverría, M. (2013). Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades del chimborazo y shobol llinllin en Ecuador. *Boletín Del Grupo Español Del Carbón*, 27, 1–4. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4227496.pdf>
- Cutillas, P. P., Barberá, G. G., & García, C. C. (2017). Efectos de las variables ambientales en la estimación de materia orgánica del suelo a escala regional en un ambiente semiarido (región de murcia, España). *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 2017(75), 1–18. <https://doi.org/10.21138/bage.2497>
- Delaney, M., Brown, S., Lugo, A. E., Torres-Lezama, A., & Quintero, N. B. (1997). The distribution of organic carbon in major components of forests located in five life zones of Venezuela. *Journal of Tropical Ecology*, 13(5), 697–708. <https://doi.org/10.1017/S0266467400010877>
- Fonseca, W., Alice, F., Montero, J., Toruño, H., & Leblanc, H. (2008). Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales de *Vochysia guatemalensis* e *Hieronyma alchorneoides* en el Caribe de Costa Rica. *Agroforestería En Las Américas*, 46(Mdl), 57–64. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5742/Acumulacion_de_biomasa_y_carbono.pdf?sequence=1
- Fuentes Aguilar, L. (1971). Interpretación y análisis de suelos. In *Investigaciones Geográficas* (Vol. 1, Issue 4, pp. 1–40). <https://doi.org/10.14350/rig.58865>
- Gabriels, D., & Lobo, D. (2011). *Métodos para determinar granulometría y densidad*

aparente del suelo (pp. 1–13).

- Galantini, J., Céspedes, C., & Millas, P. (2015). Relevancia de la materia orgánica del suelo [en línea]. *Chillan: INIA Quilamapu. Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. No. 308.*, 1–18. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7858> (Consultado: 29 septiembre 2021).
- Galicia, L., María, A., Cáceres, G., Cram, S., Vergara, B. C., Peña Ramírez, V., Saynes, V., & Siebe, C. (2015). *Almacén y dinámica del carbono orgánico del suelo del suelo en bosques templados de México*. 1–29. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00001.pdf>
- García, M., Márquez, O., López, R., & Hernández, R. (2009). Reservas orgánicas y minerales del suelo y su afectación por la deforestación de la selva nublada. Estado Mérida, Venezuela. *Revista Agricultura Andina*, 16:28-38. *Agricultura Andina*, 16(December), 28–38. <https://www.researchgate.net/publication/264496971>
- Gasca, Cesar A., Menjivar, Juan C., Torrente Trujillo, A. (2011). Cambios en el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y la relación de absorción de sodio (RAS) de un suelo y su influencia en la actividad y biomasa microbiana. *Acta Agronomica*, 60(1), 27–38. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v60n1/v60n1a03.pdf>
- Güner, Ş., & Makineci, E. (2016). Türkmen Dağı (Eskişehir, Kütahya) sarıçam ormanlarında toprak ve ölü örtüde biriken yıllık organik karbon miktarının belirlenmesi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 0(0), 1–8. <https://doi.org/10.17099/jffiu.199494>
- Heath, L. S., Birdsey, R. A., & Williams, D. W. (2002). Methodology for estimating soil carbon for the forest carbon budget model of the United States, 2001. *Environmental Pollution*, 116(3), 373–380. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00213-5](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00213-5)

- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las tres rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In *Mc Graw Hill* (Vol. 1, Issue Mexico). http://www.mhhe.com/latam/sampieri_mi1e
- Honorio, E. N., & Baker, T. R. (2010). Manual para el monitoreo el ciclo del carbono en bosques amazónicos. In *Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana / Universidad de Leeds*. (Vol. 1). <https://core.ac.uk/display/249331916>
- Julia Martínez; Adrián Fernández. (2004). Cambio climático: una visión desde México. In *Journal of Visual Languages & Computing* (Vol. 11, Issue 3, pp. 1–523). <https://www.ccmss.org.mx/acervo/cambio-climatico-una-vision-desde-mexico/>
- Kooch, Y., & Bayranvand, M. (2019). Labile soil organic matter changes related to forest floor quality of tree species mixtures in Oriental beech forests. *Ecological Indicators*, 107(2), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105598>
- Lacasta, C., Benítez, M., Maire, N., & Meco, R. (2006). Efecto de la textura del suelo sobre diferentes parámetros bioquímicos. *VII Congreso SEAE*, 1–8. <https://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2006/CD Congreso Zaragoza/Ponencias/110 Lacasta Com - Efecto.pdf>
- Lefevre, C.; Rekik, F.; Alcantara, V.; Wiese, L. (2017). *Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto* (pp. 1–907). <http://www.fao.org/3/b-i6937s.pdf>
- Leiva, J. A., Mata, R., Rocha, O. J., & Soto, M. V. G. (2009). Chronology of tropical dry forest regeneration in Santa Rosa, Guanacaste, Costa Rica. I. Edaphic characteristics. *Revista De Biología Tropical*, 57(3), 801–815. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v57n3/art28v57n3.pdf>
- López Hernández, J. M., , González Rodríguez, H., , Lozano, Ramírez, R. G., , Cantú Silva,

- I., , Gómez Meza, M. V., , Pando Moreno, M., & , Estrada Castellón, A. E. (2013). Producción De Hojarasca Y Retorno Potencial De Nutrientes En Tres Sitios Del Estado De Nuevo León, México. *Polibotánica*, 35(December 2009), 41–64. <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n35/n35a3.pdf>
- Lopez, S. (2015). *Efecto del nivel de salinidad del agua y la textura del suelo en el cultivo de rúcula (Eruca sativa mill)* (pp. 1–107). <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2092/F06-L67-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lozano C., P., Bussmann, R. W., & Küppers, M. (2007). Diversidad florística del bosque montano en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus, Sur del Ecuador y su influencia en la flora pionera en deslizamientos naturales. *Revista Científica UDO Agrícola*, 7(1), 142–159. <https://www.academia.edu/download/31049211/AGROVOL16No1.pdf#page=75>
- Lull, C., Bautista, I., Lidón, A., del Campo, A. D., González-Sanchis, M., & García-Prats, A. (2020). Temporal effects of thinning on soil organic carbon pools, basal respiration and enzyme activities in a Mediterranean Holm oak forest. *Forest Ecology and Management*, 464(September 2019), 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118088>
- Marin, R. L. (2017). Diagnóstico de la Densidad aparente en relación con otras propiedades físicas del suelo en tres sistemas productivos y bosque nativo , en terrazas altas del piedemonte llanero . Ruth Lucena Marín Romero Universidad Nacional Abierta y a Distancia “ UNAD .” *UNAD - ECAPMA*, 1–40. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/14992/40384545.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Martín-chivelet, J. (2010). Carbon Cycle and Climate: the geological perspective Fundamentos Conceptuales y didácticos. *Enseñanza de Las Ciencias*, 1–14. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/33310/>
- MINAM. Ministerio del Ambiente. (2014). Guía para el muestreo de suelos. In *Minam* (pp. 1–72). <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>
- Montalvo Reinoso, R., & Prieto Coz, L. (2008). *Entre silencios, palabras que matan y rutas truncadas* (pp. 1–96). http://www.ser.org.pe/files/violencia_hacia_mujer__distritos_rurales.pdf
- Novoa, M. A., Miranda, D., & Melgarejo, L. M. (2018). Efecto de las deficiencias y excesos de fósforo, potasio y boro en la fisiología y el crecimiento de plantas de aguacate (*Persea americana*, cv. Hass). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 293–307. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.8092>
- Okalebo, J. R. (2002). Laboratory Methods of Soil and Plant Analysis: A Working Manual The Second Edition. *SACRED Africa, Kenya Any, SECOND EDI*, 1–131. <https://www.researchgate.net/profile/Dilip-Kundu/post/Which-is-accurate-way-for-measuring-P-content/attachment/59d6455d79197b80779a07dc/AS%3A452837697167361%401484976328229/download/Soil+Analyses+manual.pdf>
- Ordóñez, J. A. B., & Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3–12. <https://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>
- Osorio, N. W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral Del Suelo y Nutrición Vegetal*, 1(4), 1–4.

<https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>

Páliz, P. (2016). *Efecto de la altitud en el contenido de carbono orgánico en el suelo y hojarasca de la Reserva Biológica Uyuca, Zamorano, Honduras*.
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5743/1/IAD-2016-T034.pdf>

Quichimbo, P., Tenorio, G., Borja, P., Cárdenas, I., Crespo, P., & Célleri, R. (2012). Efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos por el cambio de la cobertura vegetal y uso del suelo: páramo de Quimsacocha al sur del Ecuador. *Suelos Ecuatoriales*, 42(2), 138–153.
<https://www.academia.edu/download/31049211/AGROVOL16No1.pdf#page=75>

Ravi, A., King, D. A., & Sheppard, N. (1968). Infra-red spectra of nitrogen adsorbed on iridium. *Transactions of the Faraday Society*, 64, 3358–3360.
<https://doi.org/10.1039/TF9686403358>

Río, P. (2021). *Efecto de variables edáficas y microclimáticas en el bosque semidecíduo sobre arenas de la Llanura Sur occidental de Pinar del Río, Cuba*. 29, 59–70.
http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades_fisicas_del_suelo.pdf

Rivas, W. (2017). *Efecto del fuego sobre las propiedades químicas del suelo en un ecosistema forestal de la Sierra de San Luis, estado Falcón, Venezuela*. May 2018.
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v12n2/2011-2173-rcch-12-02-293.pdf>

Rivera, Y., Moreno, L., Herrera, M., & Romero, H. M. (2016). La toxicidad por aluminio (Al³⁺) como limitante del crecimiento y la productividad agrícola: el caso de la palma de aceite. *Palmas*, 37(1), 11–23. file:///C:/Users/Pracom/Downloads/11696-12949-1-SM.pdf

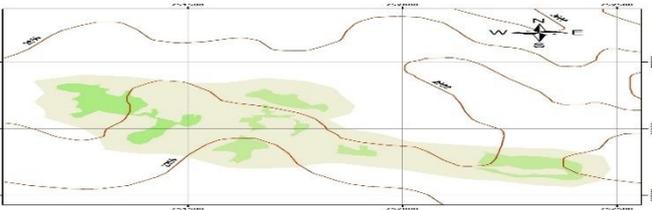
- Robert, M. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelos No. 96. In *Fao* (pp. 1–83). FAO. <http://www.fao.org/3/bl001s/bl001s.pdf>
- Romero, M., Santamiara, D., & Zafra, C. (2009). Bioingeniería y suelo: Abundancia microbiológica, pH y conductividad electrica bajo tres estratos de erosión. *Umbral Científico*, 15(1), 67–74. <https://www.redalyc.org/pdf/304/30415144008.pdf>
- Romero Salazar, F. (2015). Determinación De La Captura Del Carbono En Dos Sistemas De Pastos Mejorados En El Distrito De San Silvestre De Cochan Provincia De San Miguel - Cajamarca. In *Universidad de Cajamarca* (Vol. 3, Issues 3–24, pp. 1–151). http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1556/tesis_Captura_de_carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ross, M. (2004). *Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite The Role of Magnesium for Sustainable High Yields of Oil Palm*. 98–104. <file:///C:/Users/por/Downloads/1071-Texto-1071-1-10-20120719.pdf>
- Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2006). La densidad aparente y su relación con otras propiedades en suelos de la zona cafetera colombiana. *Journal Of Agricultural Education and Human Resource Development*, 41(1–14), 191–210. <https://doi.org/10.23840/agehrd.2009.41.1.191>
- Sánchez Tello, S., & Vásquez, C. (2011). *Zonas de Vida de cajamarca*. 1–37. https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/Memoria_Descriptiva_Zvida-1.pdf
- Solís Hernández, A., Nájera Luna, J., Méndez González, J., Vargas-Larreta, B., & lvarez Gallegos, M. (2014). Carbono orgánico del suelo en rodales silvícolas del ejido La

- Victoria, Pueblo Nuevo, Durango. *Investigación y Ciencia*, 22(63), 5–11.
<https://www.redalyc.org/pdf/674/67435407001.pdf>
- Spracklen, D. V., & Righelato, R. (2016). Carbon storage and sequestration of re-growing montane forests in southern Ecuador. *Forest Ecology and Management*, 364, 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.01.001>
- Victoria Cremona, M., & Soledad Enriquez, A. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica. *Presencia*, 73, 5–8.
- Vizcaíno-Bravo, Q., Williams-Linera, G., & Asbjornsen, H. (2020). Biodiversity and carbon storage are correlated along a land use intensity gradient in a tropical montane forest watershed, Mexico. *Basic and Applied Ecology*, 44, 1–11.
<https://doi.org/10.1016/j.baae.2019.12.004>
- Zanabria, R., & Cuellar, J. (2015). Carbono total almacenado en los depósitos de diferentes sistemas de uso de tierra del ecosistema alto andino , valle del Mantaro , Junín. *Xilema*, 28, 1–10. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/xiu/article/view/597/580>
- Zapata Sierra, A. J., Contreras París, J. I., Martín Usero, F., & Baeza Cano, R. (2015). *Influencia De La Textura Del Suelo En Los Bulbos Húmedos Desarrollados En Suelo Enarenado Con Emisores De Riego Localizado De Bajo Caudal*. 1–11.
<https://doi.org/10.4995/cnriegos.2015.1431>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de muestreo de suelos.

DATOS GENERALES						
Nombre del Sitio en Estudio:				Departamento:		
Uso principal:				Provincia:		
Dirección del predio:				Distrito:		
DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO						
Nombre del punto de muestreo:				Operador:		
Coordenadas (UTM, WGS84): X: Y:				Descripción de la superficie:		
Temperatura (°C):				Precipitación:		
Técnica de muestreo:				Instrumentos usados:		
Profundidad final:				Napa freática:		
DATOS DE LAS MUESTRAS:						
Clave de la muestra:						
Fecha:						
Hora:						
Profundidad desde:						
Profundidad hasta:						
Características organolépticas:						
Color:						
Olor:						
Textura:						
Compactación/consistencia:						
Humedad:						
Componentes organolépticos:						
Estimación de la fracción > 2 mm (%):						
Cantidad de la muestra:						
Tipo de muestra:						

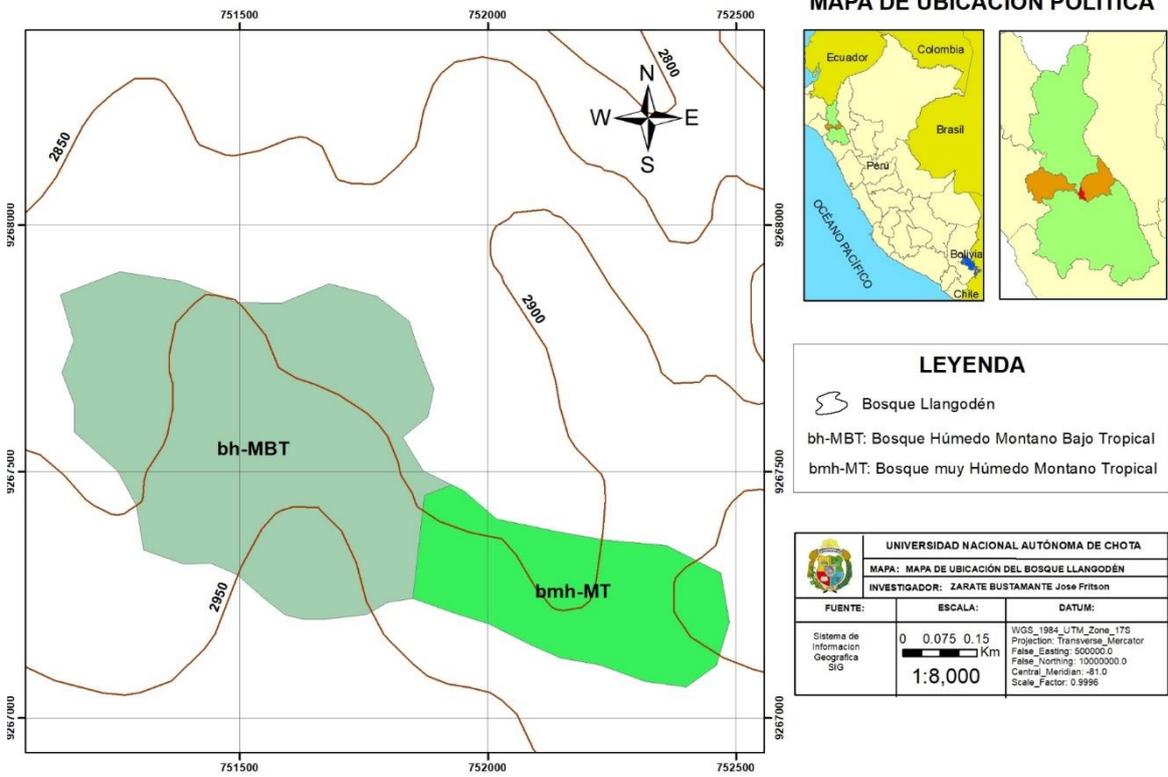
PARA MUESTRAS SUPERFICIALES COMPUESTAS:						
Área de muestreo (m ²):						
Numero de sub muestras:						
Comentarios:			Croquis:			
						

Fuente: Adaptado de la guía del muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM, 2014).

Anexo 2. Etiqueta de muestras.

Identificación de Muestra	
Código:	
Fecha:	Hora:
Departamento:	Provincia:
Suelo: ()	Hojarasca: ()
Profundidad (cm):	
UTM	Altitud (m.s.n.m)
_____	_____

Anexo 3. Zonas de vida del bosque nativo Llangodén.



MAPA DE UBICACIÓN POLÍTICA



LEYENDA

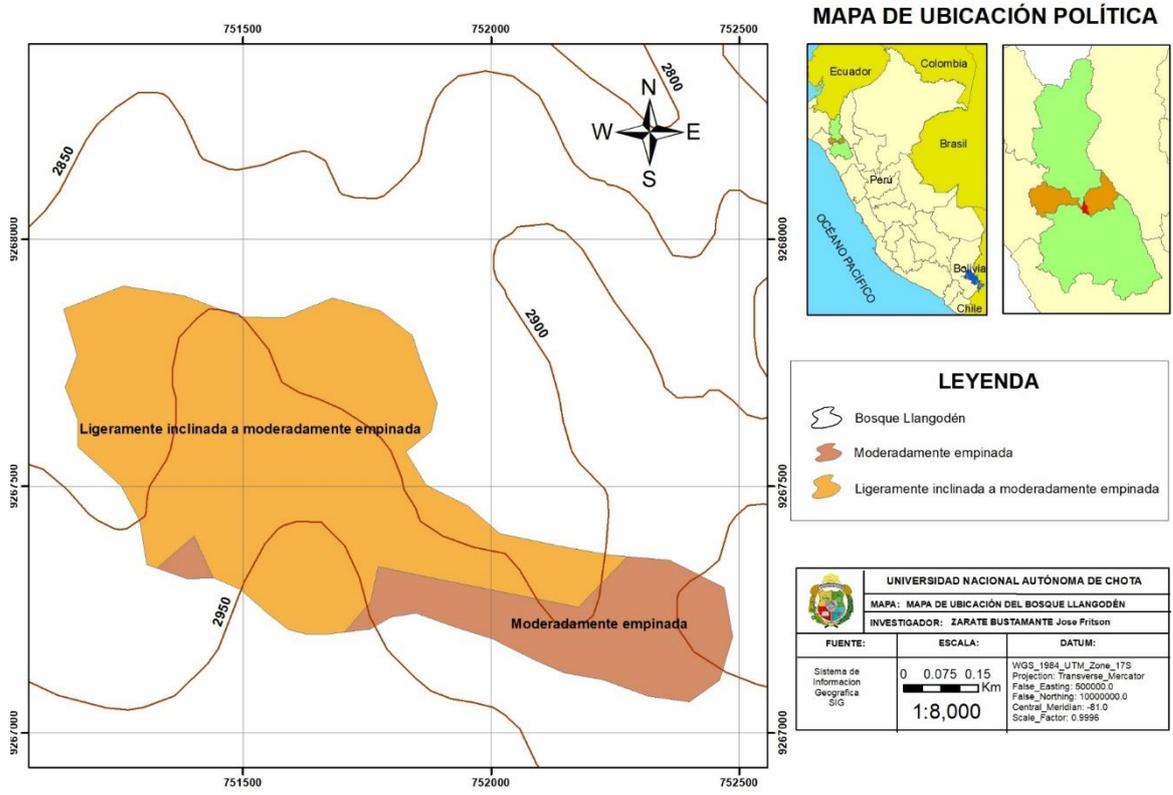
Bosque Llangodén

bh-MBT: Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical

bmh-MT: Bosque muy Húmedo Montano Tropical

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
MAPA: MAPA DE UBICACIÓN DEL BOSQUE LLANGODÉN		
INVESTIGADOR: ZARATE BUSTAMANTE Jose Fritson		
FUENTE:	ESCALA:	DATUM:
Sistema de Información Geográfica SIG	0 0.075 0.15 Km 1:8,000	WGS_1984_UTM_Zone_17S Projection: Transverse_Mercator False_Easting: 500000.0 False_Northing: 10000000.0 Central_Meridian: -81.0 Scale_Factor: 0.9996

Anexo 4. Pendientes del bosque nativo Llangodén.



MAPA DE UBICACIÓN POLÍTICA



LEYENDA

- Bosque Llangodén
- Moderadamente empinada
- Ligeramente inclinada a moderadamente empinada

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA		
MAPA: MAPA DE UBICACIÓN DEL BOSQUE LLANGODÉN		
INVESTIGADOR: ZARATE BUSTAMANTE Jose Frison		
FUENTE:	ESCALA:	DATUM:
Sistema de Información Geográfica SIG	0 0.075 0.15 Km 1:8,000	WGS_1984_UTM_Zone_17S Projection: Transverse_Mercator False_Easting: 500000.0 False_Northing: 10000000.0 Central_Meridian: -81.0 Scale_Factor: 0.9996

Anexo 5. Datos de la clasificación textural por estratos y niveles de profundidad.

Parcela	Profundidad (cm)	Análisis Mecánico (%)			Clase Textural
		Arena	Limo	Arcilla	
P1 (V. Forestal)	0 -10	58.72	28.00	13.28	Fr.A.
	10 - 20	60.725	24.00	15.28	Fr.A.
	20 - 30	54.72	20.00	25.28	Fr.Ar.A.
P2 (V. Forestal)	0 -10	80.72	12.00	7.28	A.Fr.
	10 - 20	52.72	30.00	17.28	Fr.A.
	20 - 30	54.72	30.00	15.28	Fr.A.
P3 (V. Forestal)	0 -10	70.72	20.00	9.28	Fr.A.
	10 - 20	62.72	26.00	11.28	Fr.A.
	20 - 30	50.72	34.00	15.28	Fr.
P4 (V. Herbácea)	0 -10	62.72	26.00	11.28	Fr.A.
	10 - 20	60.72	28.00	11.28	Fr.A.
	20 - 30	66.72	24.00	9.28	Fr.A.
P5 (V. Herbácea)	0 -10	60.72	28.00	11.28	Fr.A.
	10 - 20	62.72	26.00	11.28	Fr.A.
	20 - 30	56.72	32.00	11.28	Fr.A.
P6 (V. Herbácea)	0 -10	72.72	20.00	7.28	Fr.A.
	10 - 20	56.72	32.00	11.28	Fr.A.
	20 - 30	60.72	28.00	11.28	Fr.A.

Nota. Arena (A); Arena Franca (A.Fr.); Franco Arenoso (Fr.A.); Franco (Fr.); Franco Limoso (Fr.L.); Limoso (L); Franco Arcillo Arenoso (Fr.Ar.A.); Franco Arcilloso (Fr.Ar.); Franco Arcillo Limoso (Fr.Ar.L.); Arcillo Arenoso (Ar.A.); Arcillo Limoso (Ar.L.); Arcilloso (Ar.).

Anexo 6. Datos de los cationes evaluados por estratos y niveles de profundidad.

Parcela	Profundidad (cm)	Cationes Cambiables (mEq/100g)				
		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
P1 (V. Forestal)	0 - 10	0.80	0.16	0.29	0.04	3.75
	10 - 20	0.65	0.07	0.21	0.05	3.12
	20 - 30	0.66	0.07	0.20	0.06	2.08
P2 (V. Forestal)	0 - 10	0.70	0.16	0.35	0.10	3.42
	10 - 20	0.82	0.18	0.46	0.28	3.52
	20 - 30	0.70	0.12	0.30	0.06	4.93
P3 (V. Forestal)	0 - 10	0.79	0.24	0.37	0.03	4.11
	10 - 20	0.81	0.13	0.40	0.33	5.00
	20 - 30	0.67	0.11	0.25	0.04	5.20
P4 (V. Herbácea)	0 - 10	3.50	0.38	0.39	0.04	3.23
	10 - 20	2.18	0.26	0.46	0.08	4.83
	20 - 30	0.92	0.15	0.46	0.04	4.99
P5 (V. Herbácea)	0 - 10	4.84	0.63	1.44	0.06	2.53
	10 - 20	3.45	0.35	0.68	0.07	3.12
	20 - 30	2.62	0.45	0.67	0.06	4.83
P6 (V. Herbácea)	0 - 10	10.67	1.04	0.76	0.08	0.00
	10 - 20	6.91	0.67	0.75	0.11	0.00
	20 - 30	3.02	0.32	0.59	0.04	1.14

Anexo 7. Datos de carbono orgánico y densidad aparente.

Parcela	Profundidad (cm)	CO (%)	DA (g/cm³)	COS (t C/ha)
P1 (V. Forestal)	0 - 10	4.00	0.37	0.150
	10 - 20	2.67	0.58	0.155
	20 - 30	1.60	0.67	0.107
P2 (V. Forestal)	0 - 10	3.73	0.55	0.205
	10 - 20	3.20	0.62	0.199
	20 - 30	3.20	0.72	0.231
P3 (V. Forestal)	0 - 10	4.00	0.51	0.202
	10 - 20	3.73	0.58	0.216
	20 - 30	3.20	0.51	0.164
P4 (V. Herbácea)	0 - 10	4.27	0.46	0.194
	10 - 20	4.00	0.43	0.174
	20 - 30	3.20	0.53	0.171
P5 (V. Herbácea)	0 - 10	4.00	0.55	0.220
	10 - 20	3.73	0.51	0.190
	20 - 30	2.67	0.49	0.131
P6 (V. Herbácea)	0 - 10	4.00	0.61	0.243
	10 - 20	3.73	0.64	0.238
	20 - 30	2.67	0.68	0.182

Nota. CO: Carbono orgánico; DA: Densidad aparente; COS: Carbono orgánico del Suelo; COH: Carbono orgánico de la hojarasca; COT: Carbono orgánico total.

Anexo 8. *Datos de carbono orgánico total por tipo de componente.*

Tipo de vegetación	COT (0 - 30 cm)	COH	COT
Forestal	0.41	54.65	55.06
Forestal	0.64	72.81	73.45
Forestal	0.58	38.14	38.73
Herbácea	0.54	3.22	3.76
Herbácea	0.54	2.81	3.35
Herbácea	0.66	1.48	2.15

Nota. COT: Carbono orgánico total; COH: Carbono orgánico de la hojarasca

Anexo 9. *Kruskal-Wallis de los parámetros fisicoquímicos del suelo con distribución no normal.*

Parámetro	H de Kruskal-Wallis	gl	Sig. asintótica
pH suelo	2,599	3	0,458
C.E. (dS/m)	7,739	3	0,052
%CO	8,862	3	0,031
Arcilla (%)	7,108	3	0,069
Ca ⁺² cambiabile (mEq/100g)	7,423	3	0,060
Mg ⁺² cambiabile (mEq/100g)	8,637	3	0,035
K ⁺ cambiabile (mEq/100g)	6,436	3	0,092
Na ⁺ cambiabile (mEq/100g)	2,875	3	0,411
Al ⁺³ + H ⁺ cambiabile (mEq/100)	3,821	3	0,282

Nota. a: Prueba de Kruskal Wallis; b. Variable de agrupación: Profundidad suelo (cm).

Anexo 10. Panel fotográfico.

Figura 12

Diversidad florista que alberga el bosque nativo Llangodén



Figura 13

Instalación del monolito de (25cm x 25cm x 30cm) dentro del área con vegetación forestal



Figura 14

Instalación de los puntos de muestreo dentro del área con vegetación herbácea



Figura 15

Evaluación de 30 cm de profundidad de suelo forestal



Figura 16

Extracción de la hojarasca y del suelo orgánico dentro del monolito instalado



Figura 17

Medición del monolito instalado dentro del área con vegetación forestal



Anexo 11. Resultados del análisis físicoquímico realizado en el laboratorio de investigación de suelos y aguas (LABISAG) perteneciente al INDES-CES.

	 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA MENDOZA DE AMAZONAS	Código: CCFG - 036	Versión: 01 Página .../...
INFORME DE ENSAYO Nº 132 - 134			

1. DATOS :
 Solicitante : JOSE FRITSON ZARATE BUSTAMANTE
 Departamento : CAJAMARCA
 Provincia : CHOTA
 Distrito : CHOTA

Sector :
 N. Parcela :
 Cod. Muestra :
 Fecha : 16/02/22

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	C.O. %			Análisis Mecánico		Clase textural	Cationes Cambiables meq/100g				
				Arena %	Limo %	Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²		K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺		
132	F1 - (0 - 10cm)	4.59	0.02	4.00	58.7	28.0	13.3	Fr.A.	0.80	0.16	0.29	0.04	3.75	
133	F1 - (10 - 20cm)	4.86	0.01	2.67	60.7	24.0	15.3	Fr.A.	0.65	0.07	0.21	0.05	3.12	
134	F1 - (20 - 30cm)	4.93	0.01	1.80	54.7	20.0	25.3	Fr.Ar.A.	0.68	0.07	0.20	0.06	2.08	

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.A.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; A.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producción o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
 LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS LABISAG

M. Sc. JESUS RASCON BARRIOS
 RESPONSABLE

RESPONSABLE DE LABISAG

Recibi Conforme:
 Nombre:
 DNI:
 Fecha y Hora:

 Firma de Conformidad

Calle Higos Urco Nº 342-350-356 - Calle Universitaria Nº 304 - Chachapoyas - Amazonas - Perú
 labisag@unirfm.edu.pe / labisag@indes.ces.edu.pe

INFORME DE ENSAYO Nº 135 - 137

1. DATOS :
 Solicitante : JOSE FRITSON ZARATE BUSTAMANTE
 Departamento : CAJAMARCA
 Provincia : CHOTA
 Distrito : CHOTA

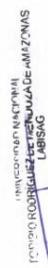
Sector :
 N. Parcela :
 Cod. Muestra :
 Fecha : 16/02/22

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E (1:1) dSm	Análisis Mecánico			Clase textural	Cationes Cambiables meq/100g					
				Arena %	Limo %	Arcilla %		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	
135	F2 - (0 - 10cm)	4,96	0,07	3,73	80,7	12,0	7,3	A.Fr.	0,70	0,16	0,35	0,10	3,42
136	F2 - (10 - 20cm)	4,82	0,02	3,20	52,7	30,0	17,3	Fr.A.	0,82	0,18	0,46	0,28	3,52
137	F2 - (20 - 30cm)	4,87	0,00	3,20	54,7	30,0	15,3	Fr.A.	0,70	0,12	0,30	0,06	4,93

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.L. = Franco Arcilloso ; Ar. = Arcilloso
 Fr.A.L. = Franco Arcillo Limoso ; A.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 INSTITUCIÓN EDUCATIVA N.º 20011 LABORATORIO DE SUELOS RESPONSABLE	 INSTITUCIÓN EDUCATIVA N.º 20011 LABORATORIO DE SUELOS RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG
M. S. JESUS RAMON BARRIOS RESPONSABLE	TEC. EIDER GUILLERMO VALS RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS

Recibi Conforme:
 Nombre: _____
 DNI: _____
 Fecha y Hora: _____

Firma de Conformidad

1. DATOS :
Solicitante : JOSE FRITSON ZARATE BUSTAMANTE
Departamento : CAJAMARCA
Provincia : CHOTA
Distrito : CHOTA

Sector :
N. Parcela :
Cod. Muestra :
Fecha : 16/02/22

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E (1:1) dSm	C.O. %	Análisis Mecánico		Clase textural	Cationes Cambiables meq/100g				
					Atena %	Limo %		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	A ⁺³ + H ⁺
138	F3 - (0 - 10cm)	4,71	0,03	4,00	70,7	20,0	Fr.A	0,79	0,24	0,37	0,03	4,11
139	F3 - (10 - 20cm)	4,72	0,01	3,73	62,7	26,0	Fr.A	0,81	0,13	0,40	0,33	5,00
140	F3 - (20 - 30cm)	4,87	0,04	3,20	50,7	34,0	Fr.	0,67	0,11	0,25	0,04	5,20

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.A.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.A.L. = Franco Arcillo Limoso ; A.A. = Arcillo Arenoso ; A.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



RESPONSABLE DEL ÁREA DE SUELOS LABISAG



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



M. SUSANA RASCON BARRIOS
RESPONSABLE



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG



Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU
LABISAG

Tec. Eider Chumpi Naja
RESPONSABLE DEL VENTAJE SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL ALTIPLANO DE PERU

1. DATOS :
 Solicitante : JOSE FRITSON ZARATE BUSTAMANTE
 Departamento : CAJAMARCA
 Provincia : CHOTA
 Distrito : CHOTA

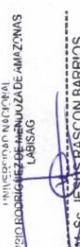
Sector :
 N. Parcela :
 Cod. Muestra :
 Fecha : 16/02/22

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	C.O. %		Análisis Mecánico		Clase textural	Cationes Cambiables meq/100g			
				Arena %	Limo %	Arcilla %	Ca ⁺²		Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
141	F4 - (0 - 10cm)	4,80	0,07	4,27	26,0	11,3	Fr.A	3,50	0,38	0,39	0,04	3,23
142	F4 - (10 - 20cm)	4,67	0,05	4,00	60,7	28,0	Fr.A	2,18	0,26	0,46	0,08	4,83
143	F4 - (20 - 30cm)	4,82	0,03	3,20	66,7	24,0	Fr.A	0,92	0,15	0,46	0,04	4,99

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.A.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.A.L. = Franco Arcillo Limoso ; A.A. = Arcillo Arenoso ; A.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS LABORATORIO INVESTIGACIONE SUELOS Y SUELOS LABISAG  Ing. Sc. J. RASCON BARRIOS RESPONSABLE DE LABISAG	UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS LABORATORIO INVESTIGACIONE SUELOS Y SUELOS LABISAG  Tec. EIDER CHIRIPE YLÍA RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG
--	---

Recibi Conforme:
 Nombre: _____
 DNI: _____
 Fecha y Hora: _____
 Firma de Conformidad

		INFORME DE ENSAYO N° 144 - 146	Código: CCFG - 036	Versión: 01
			Página .../...	

1. DATOS :
 Solicitante : JOSE FRITSON ZARATE BUSTAMANTE
 Departamento : CAJAMARCA
 Provincia : CHOTA
 Distrito : CHOTA
 Sector :
 N. Parcela :
 Cod. Muestra :
 Fecha : 16/02/22

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra	pH (1:1)	C.E (1:1) gS/m	Análisis Mecánico			Clase textural	Cationes Cambiables meq/100g				
				Arena %	Limo %	Arcilla %		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
144	F5 - (0 - 10cm)	4,76	0,30	4,00	28,0	11,3	Fr.A	4,84	0,63	1,44	0,06	2,53
145	F5 - (10 - 20cm)	4,65	0,18	3,73	26,0	11,3	Fr.A	3,45	0,35	0,68	0,07	3,12
146	F5 - (20 - 30cm)	4,94	0,07	2,67	56,7	11,3	Fr.A	2,62	0,45	0,67	0,06	4,83

A = Arena ; A.F. = Arena Arenosa ; F.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; F.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; F.A.A. = Franco Arcillo Arenoso ; F.A.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso ; F.A.L. = Franco Arcillo Limoso ; A.A. = Arcillo Arenoso ; A.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio. Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG. Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 TERCIO RESPONSABLE DE MENDOZA DE AMAZONAS LABORATORIO DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS TEC. EIDER CARRILLO VELA RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG
 TERCIO RESPONSABLE DE MENDOZA DE AMAZONAS LABORATORIO DE MUESTREO DE SUELOS Y AGUAS TEC. EIDER CARRILLO VELA RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

Recibi Conforme:
 Nombre: _____
 DNI: _____
 Fecha y Hora: _____
 Firma de Conformidad

1. DATOS :
 Solicitante : JOSE FRITSON ZARATE BUSTAMANTE
 Departamento : CAJAMARCA
 Provincia : CHOTA
 Distrito : CHOTA

Sector :
 N. Parcela :
 Cod. Muestra :
 Fecha : 16/02/22

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	CE (1:1) dSm	C.O. %			Análisis Mecánico		Clase textural	Cationes Cambiables meq/100g			
				Arena %	Limo %	Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²		K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	
147	F6 - (0 - 10cm)	5,78	0,09	4,00	72,7	20,0	7,3	Fr.A	10,67	1,04	0,76	0,08	0,00
148	F6 - (10 - 20cm)	5,65	0,05	3,73	56,7	32,0	11,3	Fr.A	6,91	0,67	0,75	0,11	0,00
149	F6 - (20 - 30cm)	5,44	0,02	2,67	60,7	28,0	11,3	Fr.A	3,02	0,32	0,59	0,04	1,14

A = Arena ; A.Fr. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.L.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;
 Fr.A.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Nota: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABISAG.
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

 TONYO RODRIGUEZ MENDOZA DE AMAZONAS LABISAG RESPONSABLE DE LABISAG	 TONYO RODRIGUEZ MENDOZA DE AMAZONAS LABISAG RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG
RESPONSABLE DE LABISAG	RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABISAG

Recibi Conforme:
 Nombre: _____
 DNI: _____
 Fecha y Hora: _____
 Firma de Conformidad

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELO

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
 2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
 3. pH: medida en el potenciómetro de la suspensión en el suelo: agua relación 1:1.
 4. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. % M.O. = %CX1.724.
5. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio(CH₃-COONH₄) N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de emisión atómica.
- Equivalencias:**
 1 ppm = 1 mg/kilogramo
 1 milimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
 1 miliequivalente / 100g = 1 cmol (+)/kg
 Sales solubles totales (TDS) en ppm o mg/kg = 640xCEes
 CE (1:1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACIÓN

Salinidad		Materia Orgánica		Relaciones Catiónicas	
clasificación del suelo	CE(es)	Clasificación	%	Clasificación	k/Mg Ca/Mg
*muy ligeramente salino	<2	*bajo	<2.0	*Normal	0.2-0.3 5-9
*ligeramente salino	2 - 4	*medio	2-4	*defc. Mg	>0.5
*moderadamente salino	4-8	*alto	>4.0	*defc. K	>0.2
*fuertemente salino	>8			*defc. Mg	>10

Reacción o pH		CLASES TEXTURALES		Distribución de cationes %	
clasificación del suelo	pH	A	Fr.Ar.A	Ca ²⁺	=
*fuertemente ácido	<5.5	= arena	= franco arcillo arenoso	Mg ²⁺	= 60-75
*moderadamente ácido	5.6-6.0	A,Fr = arena franca	Fr,Ar = franco arcilloso	K ⁺	= 15-20
*ligeramente ácido	6.1-6.5	Fr,A = franco arenoso	Fr,Ar,L = franco arcillo limoso	Na ⁺	= 3-7
*neutro	7.0	Fr. = franco	Ar,A = arcillo arenoso		= <15
*ligeramente alcalino	7.1-7.8	Fr,L. = franco limoso	Ar,L = arcillo limoso		
*moderadamente alcalino	7.9-8.4	L = limoso	Ar. = arcilloso		
*fuertemente alcalino	>8.5				