

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
AMBIENTAL**

**CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO Y  
DEGRADACIÓN DE LA HOJARASCA EN TRES  
PARCELAS DEL CASERÍO CHURUPAMPA, CHIRINOS -  
SAN IGNACIO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
FORESTAL Y AMBIENTAL**

**Autor:**

**Bach. Pintado Castillo Franco Eulider**

**Asesora:**

**Mg. Huaccha Castillo Annick Estefany**

**Línea de investigación: Vulnerabilidad, Adaptación y Mitigación del cambio  
climático**

**JAÉN – PERÚ  
2025**

# Franco Eulider Pintado Castillo

## CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO Y DEGRADACIÓN DE LA HOJARASCA EN TRES PARCELAS DEL CASERÍO CHURUPAMP...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaen

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3283420069

55 Páginas

Fecha de entrega

23 jun 2025, 2:04 p.m. GMT-5

11.735 Palabras

57.750 Caracteres

Fecha de descarga

23 jun 2025, 2:10 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

INFORME-PINTADO\_CASTILLO\_FRANCO\_EULIDER.pdf

Tamaño de archivo

4.4 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN  
Dr. Segundo Sánchez Tello  
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

## 2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

### Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

*Dr. Segundo Sánchez Tello*  
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el 10 de julio de 2025, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado Evaluador designados con Resolución N° 560-2025-UNJ/FI

Presidente, Dr. Mario Ruíz Ramos

Secretario, Dr. James Tirado Lara

Vocal, Dr. Segundo Sánchez Tello

para evaluar la sustentación de la Tesis titulada: "CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO Y DEGRADACIÓN DE LA HOJARASCA EN TRES PARCELAS DEL CASERÍO CHURUPAMPA, CHIRINOS - SAN IGNACIO", cuyo autor es el bachiller Franco Eulider Pintado Castillo, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, teniendo como asesora a la Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado Evaluador acuerda:

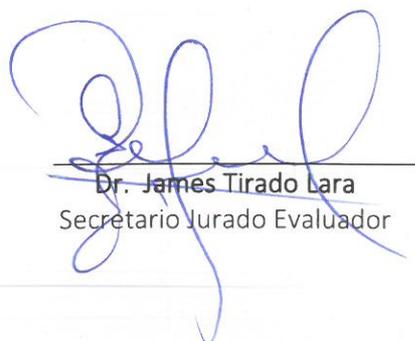
(  ) Aprobar      (    ) Desaprobar      (  ) Unanimidad      (    ) Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	(    )
Muy bueno	16, 17	(    )
Bueno	14, 15	( 14 )
Regular	13	(    )
Desaprobado	12 o menos	(    )

Siendo las 11.00 horas, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

  
Dr. Mario Ruíz Ramos  
Presidente Jurado Evaluador

  
Dr. James Tirado Lara  
Secretario Jurado Evaluador

  
Dr. Segundo Sánchez Tello  
Vocal Jurado Evaluador

## “Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana”

### ANEXO N°06:

#### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, Franco Eulider Pintado Castillo, egresado de la carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 77473732.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

“CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO Y DEGRADACIÓN DE LA HOJARASCA EN TRES PARCELAS DEL CASERÍO CHURUPAMPA, CHIRINOS - SAN IGNACIO”.

Asesorado por Mg. Huaccha Castillo Annick Estefany.

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Forestal y Ambiental.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

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

Fecha: Jaén, 31 de julio de 2025.



---

**Franco Eulider Pintado Castillo**

## ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	5
ABSTRACT .....	6
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
2.1. Ubicación .....	9
2.2. Materiales y equipos .....	11
2.3. Población, muestra y muestreo .....	11
2.4. Métodos y procedimiento .....	12
III. RESULTADOS .....	20
3.1. Determinación del contenido de carbono orgánico en el suelo en tres parcelas del caserío Churupampa, Chirinos – San Ignacio .....	20
3.2. Determinación del peso remanente y la tasa de descomposición de la hojarasca en los tres sistemas en el caserío Churupampa, Chirinos – San Ignacio.....	21
3.3. Efecto de las condiciones climáticas sobre la degradación de la hojarasca .....	24
IV. DISCUSIÓN.....	27
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	30
5.1. Conclusiones .....	30
5.2. Recomendaciones .....	30
VI. REFERENCIAS .....	32
AGRADECIMIENTO .....	38
DEDICATORIA.....	38
ANEXOS .....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> <i>Ubicación de la zona de estudio</i> .....	10
<b>Figura 2</b> <i>Ubicación de puntos de muestreo</i> .....	12
<b>Figura 3</b> <i>Ubicación de colectores de hojarasca</i> .....	15
<b>Figura 4</b> <i>Instalación de colector de hojarasca</i> .....	15
<b>Figura 5</b> <i>Diseño de ubicación de colector y bolsas de descomposición de hojarasca</i> .....	16
<b>Figura 6</b> <i>Ubicación de las bolsas de descomposición de hojarasca en cada colector</i> .....	16
<b>Figura 7</b> <i>Materia Orgánica en cada parcela (café sin sombra, café con sombra y bosque natural), al inicio y al final del estudio</i> .....	20
<b>Figura 8</b> <i>Carbono orgánico en cada parcela (café sin sombra, café con sombra y bosque natural), al inicio y al final del estudio</i> .....	21
<b>Figura 9</b> <i>Caída de hojarasca en los tres sistemas evaluados: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B)</i> .....	22
<b>Figura 10</b> <i>Degradación de hojarasca en los tres sistemas evaluados: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B)</i> .....	23
<b>Figura 11</b> <i>Tasa de descomposición de hojarasca en los tres sistemas evaluados: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B)</i> .....	24
<b>Figura 12</b> <i>Variables climáticas en la zona de estudio durante el periodo de enero a junio de 2024</i> .....	25
<b>Figura 13</b> <i>Matriz de correlación entre las variables climáticas y la degradación de la hojarasca en los tres sistemas evaluados (CSS, CCS y B)</i> .....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Características de las 3 parcelas de estudio .....	13
Tabla 2 Datos recolectados de hojarasca presente en las tres parcelas (CSS, CCS, B) .	48
Tabla 3 Datos recolectados de bolsa de descomposición de café sin sombra (CSS) .....	50
Tabla 4 Datos recolectados de bolsa de descomposición de café con sombra (CCS)....	52
Tabla 3 Datos recolectados de bolsa de descomposición de bosque natural (BN).....	54

## RESUMEN

El presente estudio determinó el contenido de carbono orgánico en el suelo (COS) y la degradación de la hojarasca en tres parcelas en el caserío Churupampa, Chirinos - San Ignacio: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque (B). El objetivo fue determinar el COS, la tasa de descomposición de la hojarasca y el impacto de las condiciones climáticas. Se realizaron muestreos de suelo a 20 cm de profundidad al inicio y al final del estudio en tres parcelas de 1 ha. Se instalaron 12 colectores de hojarasca a 50 cm sobre el suelo y cinco bolsas de descomposición de hojarasca alrededor de cada colector al mes de la cosecha. Se evidenció un aumento del COS en todos los sistemas, siendo más significativo en CCS (de 3,09% a 3,61%) y B (de 3,28% a 3,72%). La parcela B presentó la mayor acumulación de hojarasca con una rápida tasa de descomposición, mientras que el CSS mostró menor acumulación y descomposición menos eficiente. La temperatura máxima mostró una fuerte correlación positiva con la degradación de la hojarasca, mientras que la humedad relativa limitó el proceso. Las parcelas CCS y B mostraron alta similitud en los patrones de descomposición. En conclusión, los sistemas agroforestales y los ecosistemas naturales son más eficaces para el secuestro de carbono y la mejora de la calidad del suelo.

**Palabras clave:** agroforestería; cambio climático; sistema bosque; cobertura vegetal; hojarasca.

## ABSTRACT

This study determined the organic carbon content in the soil (COS) and the degradation of leaf litter in three plots in the Churupampa settlement, Chirinos - San Ignacio: coffee without shade (CSS), coffee with shade (CCS), and forest (B). The objective was to determine the COS, the leaf litter decomposition rate, and the impact of climatic conditions. Soil samples were collected at a depth of 20 cm at the beginning and end of the study in three 1-ha plots. 12 leaf litter collectors were installed 50 cm above the ground, and five leaf litter decomposition bags were placed around each collector one month after the first leaf litter harvest. It was evident an increase in COS in all systems, with the most significant increase in CCS (from 3.09% to 3.61%) and B (from 3.28% to 3.72%). The B system exhibited the highest accumulation of leaf litter with a rapid decomposition rate, while CSS showed lower accumulation and less efficient decomposition. Maximum temperature showed a strong positive correlation with leaf litter degradation, while relative humidity limited the process. The CCS and B systems showed high similarity in decomposition patterns. In conclusion, agroforestry systems and natural ecosystems are more effective for carbon sequestration and soil quality improvement.

**Keywords:** agroforestry; climate change; forest system; vegetation cover; leaf litter.

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es el mayor reservorio de carbono orgánico y su capacidad de almacenamiento depende de la vegetación presente en el área, almacenando más carbono que la atmósfera y la biosfera juntas (Janzen, 2004). Siendo importante mantener altos niveles de carbono orgánico del suelo (COS) para preservar su fertilidad y asegurar la productividad de los ecosistemas. Además, el COS desempeña un papel clave en la regulación del cambio climático, ya que actúa como un importante sumidero de carbono (Burbano, 2018).

Según la FAO (2020), los suelos contienen aproximadamente el 80% del carbono terrestre, destacando su relevancia en el ciclo del carbono. Los ecosistemas forestales por su parte, que almacenan más carbono que cualquier otro ecosistema terrestre y representan más del 36% del carbono del suelo hasta un metro de profundidad. Esta capacidad de almacenamiento es esencial mitigar el cambio climático, ya que contribuye a la reducción de los niveles de CO<sub>2</sub> atmosférico. Sin embargo, la conversión de bosques en tierras agrícolas y otras alteraciones antrópicas amenazan este equilibrio (Roncal et al., 2008).

En particular, los ecosistemas boscosos son críticos como reservorios de carbono (Maza et al., 2024), no obstante, actividades humanas como la agricultura, la minería, la deforestación y los cambios de uso de suelo han provocado una pérdida significativa de COS (Robert, 2002). Estas prácticas degradan los grandes almacenes de carbono, ya que la pérdida de vegetación limita la capacidad del suelo para capturar y retener CO<sub>2</sub>, exacerbando el calentamiento global (Zamora et al., 2018). Una de las estrategias para contrarrestar estos efectos negativos es el uso de sistemas de agroforestería (Villa et al., 2015), que ayudan a contribuir en la reducción de la pérdida de carbono del suelo mediante la absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico y la liberación de oxígeno (O<sub>2</sub>) (Mazo et al., 2016).

Estos sistemas aportan materia orgánica a través de la caída de hojarasca, que actúa como protección del suelo facilitando la infiltración del agua, disminuyendo la erosión del suelo (Hernandez et al., 1992), al descomponerse libera nutrientes esenciales para el crecimiento vegetal (Oliver et al., 2002), es por ello que la producción y degradación de la hojarasca son procesos clave para entender el funcionamiento a los ecosistemas a largo plazo (García et al., 2020), por influir en la fotosíntesis, la respiración microbiana y el ciclo del carbono proporcionando nutrientes (Hanpattanakit y Chidthaisong, 2012) siendo

un componente clave en la mejora de la fertilidad del suelo (Martínez-Atencia et al., 2023).

Debido a la escasez de estudios específicos que aborden la relación entre el COS y la degradación de la hojarasca en las regiones tropicales, especialmente en la región de Cajamarca, que está muy afectada por el avance del sistema agrícola en sus provincias cafetaleras de Jaén y San Ignacio con presencia de acelerada degradación del suelo, la necesidad de proporcionar datos científicos que sirvan de base para futuras estrategias que contribuyan con la mejora de la calidad del suelo (Paustian et al., 2016). Por lo que, bajo este contexto los objetivos de la presente investigación fueron: Determinar el contenido de COS en tres parcelas del caserío churupampa, Chirinos - San Ignacio; Determinar el peso remanente y la tasa de descomposición de la hojarasca y, establecer el efecto de las condiciones climáticas sobre la degradación de la hojarasca.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

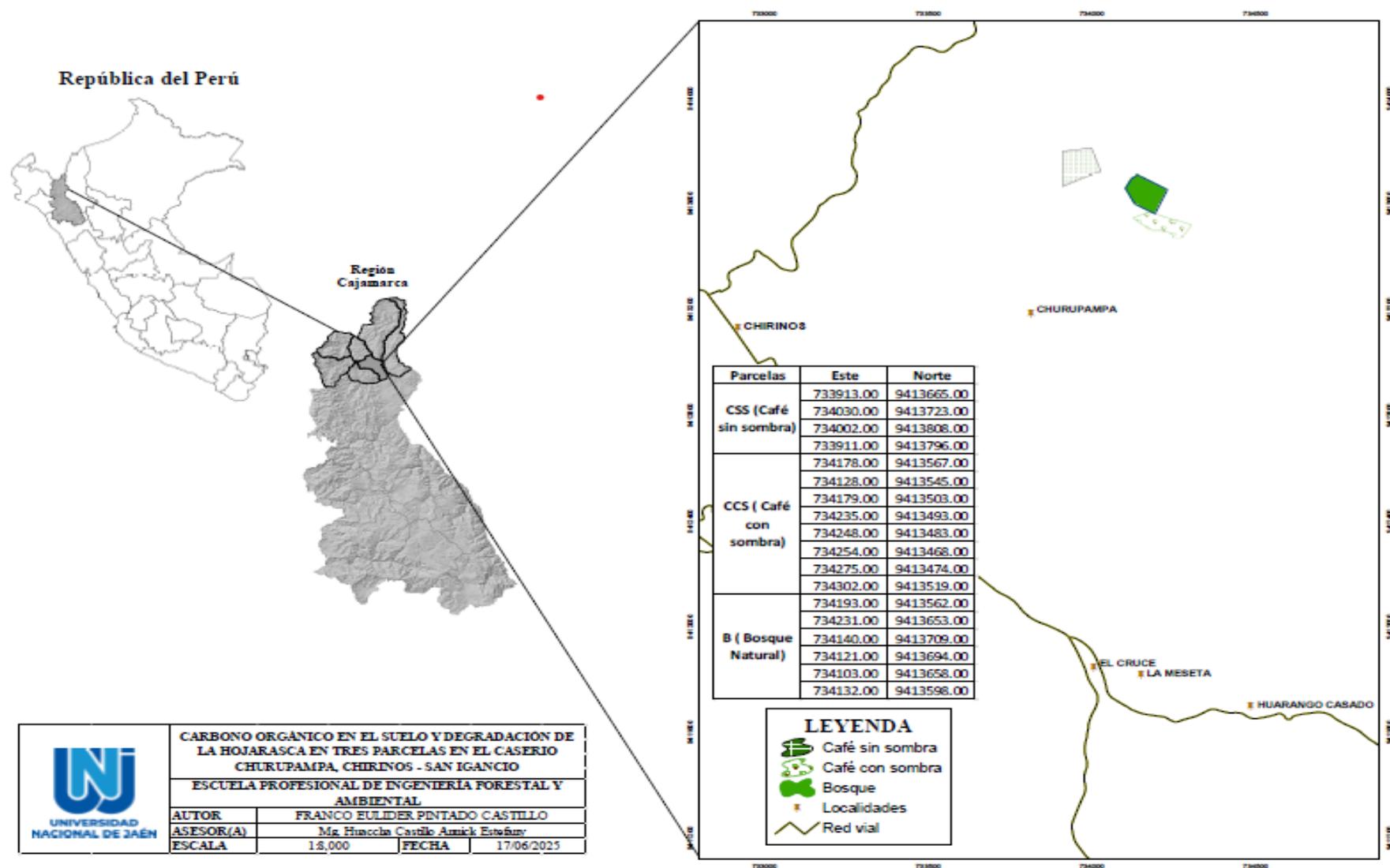
### 2.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en el caserío Churupampa, distrito de Chirinos y provincia de San Ignacio-Cajamarca, Perú, ubicado a una altitud de 1858 m entre las coordenadas 5° 17' 42'' de latitud sur y 8° 51' 15'' de longitud oeste, con clima cálido en la parte baja, templado en la parte media y frío en la parte alta. Limita por el norte con el distrito de San Ignacio, por el sur con la provincia de Jaén, con el este con el distrito de Huarango y por el oeste con el distrito de La Coipa (Silva y Saldaña, 2012).

Para llegar a las parcelas de estudio, se parte desde la ciudad de Jaén hacia el distrito de Chirinos, ubicado a 1 hora y 30 minutos por vía terrestre. Desde Chirinos, se accede al caserío Churupampa, ubicado a aproximadamente 40 minutos a pie a través de un camino rural no pavimentado.

**Figura 1**

*Ubicación de la zona de estudio*



## 2.2. Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados en esta investigación se seleccionaron siguiendo las recomendaciones de (Burga, 2019; Fernández, 2019; Vásquez y Paniagua, 2016).

**Material y equipo de campo:** GPS, Cámara fotográfica, wincha, balanza gramera modelo SF-400  $\pm 1$ g de precisión, palana, machete, barreta, bolsas ziploc de 26,8 x 27,9 cm., marcador indeleble, estacas, bandejas de aluminio, sacos de polipropileno color blanco, libreta de apuntes, botas de PVC impermeable, malla rachell (80% de sombra), pita paja rafea.

**Material y equipo de laboratorio:** Muestras de suelo, bandejas de aluminio, libreta de apuntes, cámara fotográfica, balanza analítica AS 520.R2 PLUS, estufa, guantes Nitrilo Touchntuff, mortero de porcelana, bolsas ziploc 7 x 8.

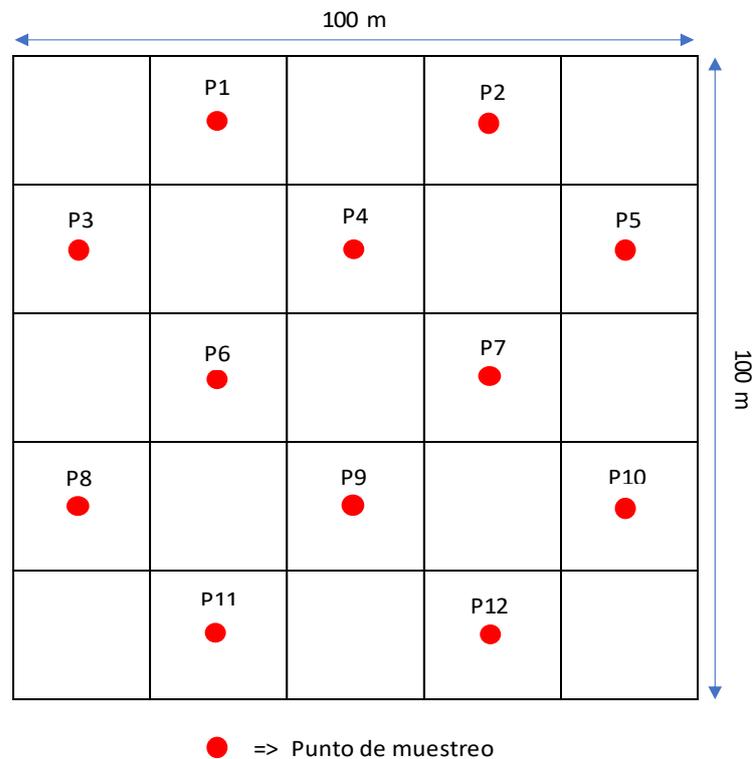
## 2.3. Población, muestra y muestreo

Esta investigación es de carácter descriptivo y de caracterización, por lo que no requiere evaluación estadística de población, muestra o muestreo. Sin embargo, bajo un enfoque cualitativo y por conveniencia metodológica, la población de interés comprende un sistema de bosque y áreas de cultivo de café de los agricultores del caserío Churupampa, considerando parcelas de al menos 1 hectárea (10 000 m<sup>2</sup>) que cumplan con tres condiciones definidas: T1 (café sin sombra), T2 (café con sombra y por lo menos 50 árboles) y T3 (bosque no intervenido).

Se realizó un muestreo sistemático para ubicar las 36 muestras de manera equitativa en las 3 parcelas, en donde se ubicó el punto de muestreo para instalar el colector de hojarasca y debajo de este la extracción de la muestra de suelo (12 muestras/parcela), para ello cada una de las parcelas se dividió en 25 cuadrados de 20 x 20 m y posteriormente se seleccionaron 12 cuadrados/parcela con su respectivo punto central de muestreo (Figura 2).

**Figura 2**

*Ubicación de puntos de muestreo*



#### **2.4. Métodos y procedimiento**

En el distrito de Chirinos se realizó un recorrido para identificar sistemas (parcelas) que cumplieran con los criterios: extensión mínima de 10 000 m<sup>2</sup>, parcela con presencia de café sin sombra, parcela de café con sombra y, parcela de bosque. Tras la identificación, en el caserío Churupampa, se seleccionaron las 3 parcelas para el estudio, que luego de identificar y tener el permiso de los propietarios, se procedió a instalación de los colectores de hojarasca y la toma de muestras de suelo. Finalmente, se registró la edad de las parcelas y, mediante un GPS las coordenadas UTM de cada una (Tabla 1).

**Tabla 1**  
*Características de las 3 parcelas de estudio*

<b>Parcela</b>	<b>Coordenadas UTM</b>		<b>Altitud (m s. n. m.)</b>	<b>Propietario</b>
	733913	9413665		
T1: CSS (Café sin sombra)	734030	9413723	1734	Segundo Ocupa Camizan
	734002	9413808		
	733911	9413796		
	734178	9413567		
	734128	9413545		
	734179	9413503		
T2: CCS (Café con sombra)	734235	9413493	1598	Luis Ocupa Jimenes
	734248	9413483		
	734254	9413468		
	734275	9413474		
	734302	9413519		
	734193	9413562		
	734231	9413653		
T3: B (Bosque Natural)	734140	9413709	1640	Luis Ocupa Jimenes
	734121	9413694		
	734103	9413658		
	734132	9413598		

**a. Determinación de carbono orgánico del suelo (COS)**

Siguiendo la metodología de (Solís et al., 2014), al inicio y al final del período de estudio en cada parcela se recolectaron muestras de suelo de los primeros 20 cm de profundidad en los 12 puntos de muestreo seleccionados.

Cada muestra de suelo se depositó en bolsas ziploc de 26,8 x 27,9 cm codificadas (CSS – 01, CSS – 02..., CSS - 12) para facilitar su manejo e identificación en la etapa de laboratorio.

Con el apoyo del Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliareos de la Estación Experimental Baños del Inca, del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Cajamarca, las muestras de suelo se colocaron en moldes de aluminio y se expusieron por dos días al secado natural bajo sombra a temperatura ambiente. Seguidamente se procedió a triturar de manera homogénea las muestras de suelo quedando aptas para el análisis correspondiente a través del método de combustión húmeda descrito por (Walkley y Black, 1934).

Para evaluar el contenido de carbono orgánico en el suelo (COS) durante el período de estudio, se registraron valores al inicio y al final en las tres parcelas seleccionadas: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B).

El porcentaje de carbono orgánico (% C) en los suelos tanto al inicio como al final, se calculó a partir de la ecuación  $\% C = \% MO / 1,724$  utilizada por Vela et al., (2012). Según (Minasny et al., 2020), menciona que el carbono orgánico representa el 58% de la materia orgánica del suelo y esta relación se fundamenta en el factor de Van Bemmelen (1.724).

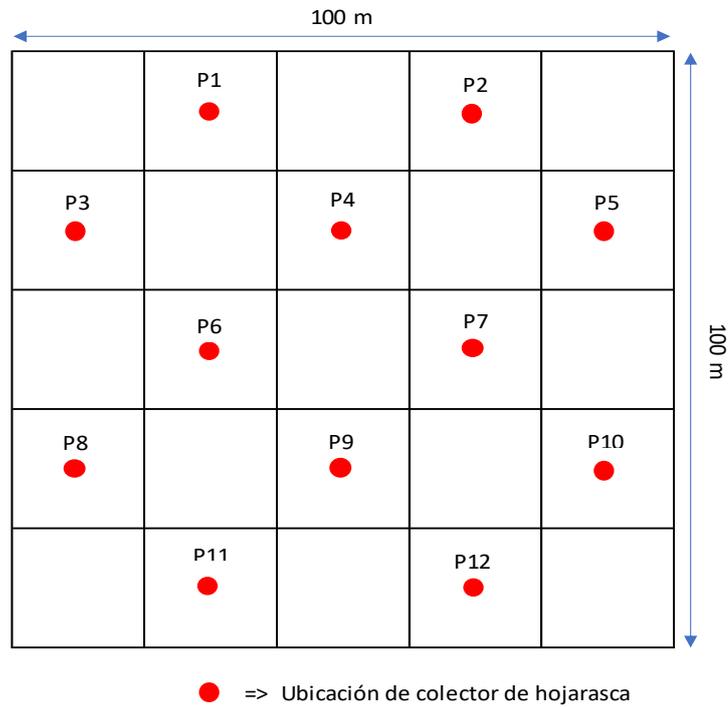
Por otro lado, a las mismas muestras analizadas se midió y evaluó otros parámetros en el suelo para cada una de las parcelas como: materia orgánica, fósforo, conductividad eléctrica, contenido de potasio, contenido de nitrógeno total y pH para cada parcela estudiada.

#### **b. Instalación de colectores de hojarasca y bolsas de descomposición**

Dentro de las parcelas de estudio, específicamente en los 12 puntos de muestreo seleccionados, se instalaron a 50 cm sobre el suelo 12 colectores de hojarasca de 1 m<sup>2</sup> fabricados con madera y malla de 1mm de abertura (Figura 3 y 4) para permitir escurrir el agua de lluvias acorde con lo señalado por Hernández et al., (2023).

**Figura 3**

Ubicación de colectores de hojarasca



**Figura 4**

*Instalación de colector de hojarasca*

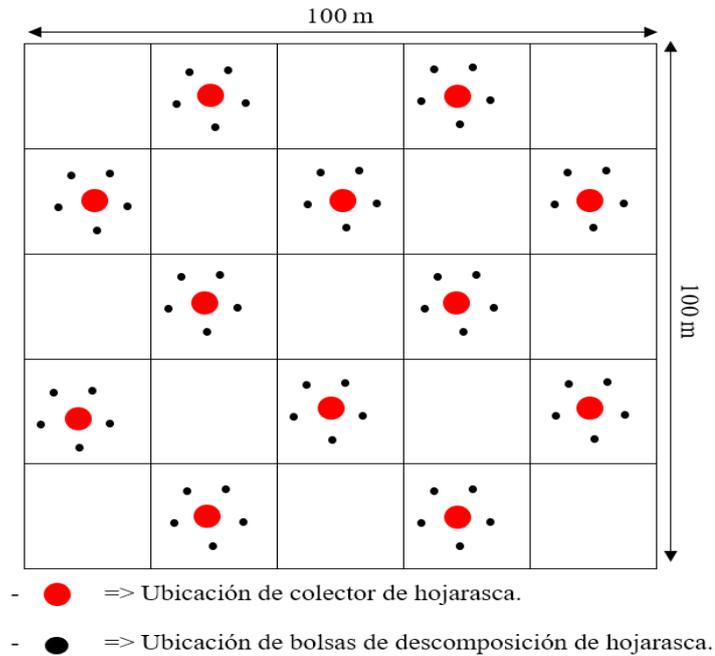


Asimismo, al mes en la primera cosecha de hojarasca, se instalaron cinco bolsas de descomposición de hojarasca alrededor de cada uno de los colectores, siendo 60 por parcela y 180 entre las tres parcelas evaluadas. Estas bolsas fueron fabricadas con tela mosquitera de 14 x 25 cm, ubicándose a 20 cm del colector,

al ras del suelo, para facilitar su degradación. En cada bolsa se colocaron 10 gramos de hojarasca en peso seco, y se evaluó su degradación mensualmente. Además, las bolsas fueron retiradas cada mes para su análisis (Figura 5 y 6).

### Figura 5

*Diseño de ubicación de colector y bolsas de descomposición de hojarasca*



### Figura 6

*Ubicación de las bolsas de descomposición de hojarasca en cada colector*



**c. Determinación del peso remanente y tasa de descomposición de hojarasca**

**- Determinación del peso remanente de hojarasca**

La recolección de hojarasca de cada colector/parcela se llevó a cabo mensualmente, durante 6 meses consecutivos. La hojarasca recolectada era depositada cuidadosamente en bandejas limpias de aluminio, lo que garantizaba su integridad durante el proceso. Posteriormente, se pesaba en una balanza gramera y se transfería a bolsas ziploc, cada una debidamente codificada para su identificación y seguimiento.

Para la recolección de hojarasca, se siguió un orden sistemático de los puntos de muestreo en cada parcela, comenzando desde el punto de muestreo 01 hasta el 12 por cada parcela asegurando un proceso organizado. Una vez completa la recolección, la hojarasca se trasladó al laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental para su secado en estufa.

Para calcular la cantidad de hojarasca generada/área, se pesó la hojarasca de los colectores/parcela *in situ* y, en el laboratorio de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén se calculó el peso seco tras someter la hojarasca a secado en estufa a 70 °C por 24 horas. Con los datos obtenidos, se extrapola el peso medio a una hectárea acorde con lo señalado por (García et al., 2020).

**- Determinación de la tasa descomposición de hojarasca**

Para analizar la pérdida y la tasa de degradación de hojarasca, se empleó el método de bolsas de descomposición (García et al., 2020). Las bolsas se elaboraron con malla de propileno (tela mosquitera) de 17 cm × 25 cm de 2 mm<sup>2</sup> de apertura, para un total de 60 bolsas por parcela y 180 entre las 3 parcelas. Cada bolsa tuvo 10 g de mezcla homogénea de hojarasca en peso seco de la primera cosecha colectada de los 12 colectores de cada parcela, es decir del primer mes.

Alrededor de las 12 trampas recolectoras de hojarasca se instalaron 5 bolsas de descomposición superficialmente y, de forma mensual se retiró una bolsa de cada trampa recolectora de hojarasca (12 bolsas/parcela al mes) y se trasladaron al laboratorio para su secado en un horno (estufa) de convección

a 70 °C hasta lograr peso constante de cada muestra. Cabe mencionar, que cada bolsa de descomposición antes de ser retirada de cada trampa recolectora se pesó (peso húmedo) y posteriormente cuando saco de la estufa (peso seco). Con el dato anterior, se obtuvo el porcentaje de pérdida de necromasa inicial y final a cada tiempo (García et al., 2020).

El peso remanente se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$\%PR = (Pt/P0) * 100$$

Donde:

% PR: proporción de peso remanente

Pt: peso en el tiempo t (días)

P0: peso en el tiempo cero

La tasa de descomposición se calculó mediante la fórmula propuesta por Olson (1963):

$$K = \frac{-\ln\left(\frac{P}{P0}\right)}{t}$$

Donde:

k: tasa de descomposición

P: peso de la hojarasca en un tiempo dado

P0: peso inicial de la hojarasca en el tiempo cero

t: tiempo (días)

Además, se consideró en el último mes de la investigación emplear una bolsa de hojarasca para analizar el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio.

#### **d. Efecto de las condiciones climáticas sobre la descomposición de la hojarasca**

Se recopilaron datos climáticos de precipitación, temperatura y humedad de la Estación Meteorológica Chirinos - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), ubicada en el distrito de Chirinos, provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca (latitud 5°18'30.59" S, longitud 78°53'51.32" O, altitud de 1772 m s. n. m.).

Para ello, se ingresó a la plataforma del SENAMHI, de donde se descargaron los datos correspondientes al período comprendido entre noviembre de 2023 y junio de 2024. Estos registros se emplearon para analizar la evaluación entre las condiciones climáticas y los índices de degradación de la hojarasca mediante el coeficiente de corrección de Pearson, según la distribución de los datos.

Cabe mencionar que, a partir de la data descargada, se calcularon promedios mensuales de las variables climáticas para facilitar su análisis en relación con los índices de descomposición de la hojarasca. No obstante, la totalidad de la información original se presenta en anexos, con fines de transparencia y consulta.

### III. RESULTADOS

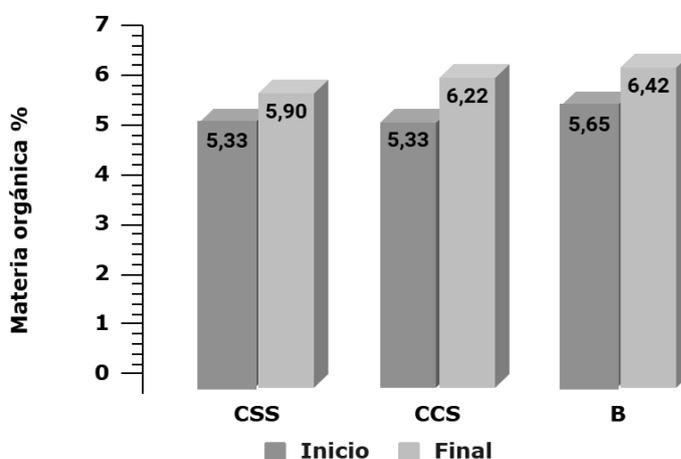
#### 3.1. Determinación del contenido de carbono orgánico en el suelo en tres parcelas del caserío Churupampa, Chirinos – San Ignacio

La Figura 8 muestra los cambios en el contenido de carbono orgánico (%) en el suelo al inicio y al final del periodo de evaluación en los tres sistemas en estudio: café sin sombra (CSS; pH= 5,70; MO = 5,90; CE = 12,79; P = 2,60; Nt = 1,67) café con sombra (CCS; pH = 5,42; MO = 6,22; CE = 11,66; P = 2,63; Nt = 1,70 con presencia de *Inga edulis*, *Laurus nobilis*, *Erythrina edulis*, *Musa paradisiaca*) y bosque natural (B; pH = 5,64; MO = 6,42; CE = 7,38; P = 2,95; Nt = 1,99 con presencia de *Ochroma*, Nombre común balsa)<sup>1</sup>.

En el sistema CSS, el contenido de carbono orgánico mostró un incremento moderado, pasando de 3,09% al inicio del estudio a 3,42% al final, si bien el incremento es leve, esta tendencia sugiere que el manejo agrícola de la parcela como la aplicación de compost, la poda de los árboles de sombra o la reducción de labranza, pudo favorecer una ligera acumulación de carbono en el suelo. Por otro lado, en el sistema CCS, el cargo orgánico aumentó significativamente de 3,09% a 3,61%, un resultado esperado debido al aporte constante de hojarasca, raíces finas y cobertura vegetal típico de los sistemas agroforestales. Por su parte, el sistema B, mostró un contenido inicial más alto (3,28%) en comparación con los sistemas cafetaleros, y aumentó hasta 3,72% al final del estudio.

**Figura 7**

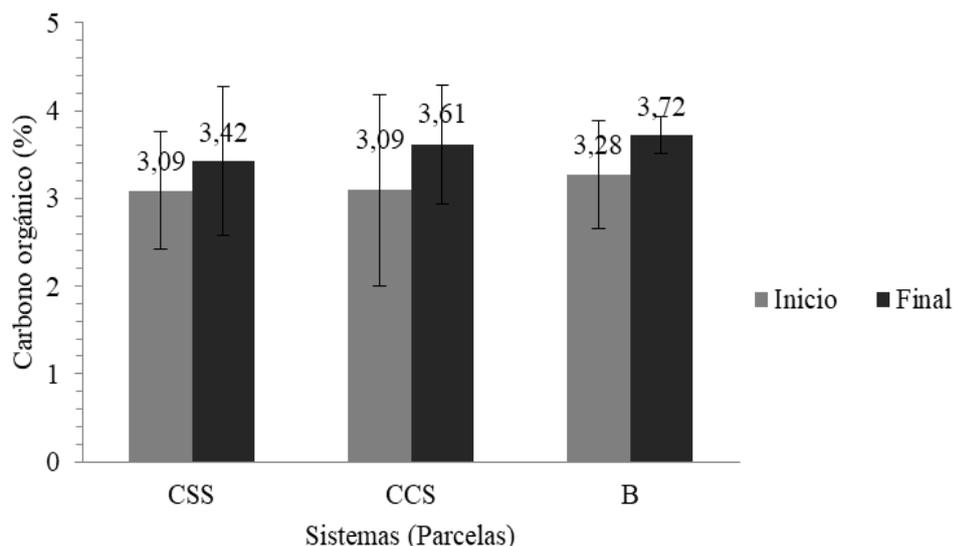
*Materia Orgánica en cada parcela (café sin sombra, café con sombra y bosque natural), al inicio y al final del estudio.*



<sup>1</sup> MO = materia orgánica; CE = conductividad eléctrica; P = fósforo; Nt = nitrógeno total

**Figura 8**

*Carbono orgánico en cada parcela (café sin sombra, café con sombra y bosque natural), al inicio y al final del estudio.*



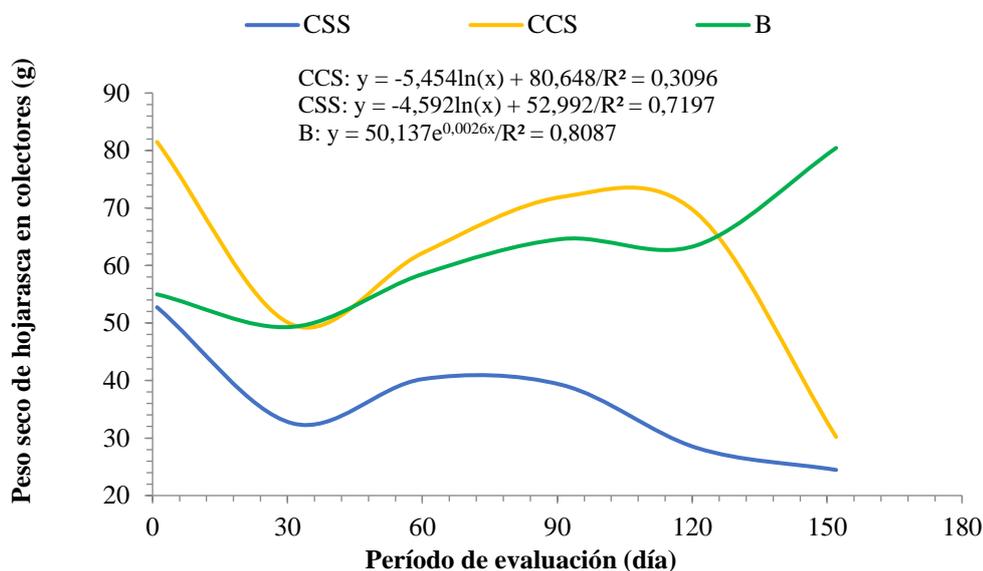
### **3.2. Determinación del peso remanente y la tasa de descomposición de la hojarasca en los tres sistemas en el caserío Churupampa, Chirinos – San Ignacio**

La Figura 9 muestra la variación temporal del peso seco de hojarasca acumulada en los colectores distribuidos en los tres sistemas: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B), a lo largo de un periodo de evaluación de 150 días.

Se evidencia que el sistema CSS muestra los valores más bajos de acumulación de hojarasca, con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,7197$ , lo que sugiere una acumulación más estable, aunque con menor eficiencia en la retención de biomasa en comparación con otros sistemas. Por su parte, el sistema CCS presenta valores intermedios de acumulación de hojarasca, con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,3096$ . En cambio, en el sistema bosque natural, se observa un patrón creciente de acumulación de hojarasca, alcanzando los valores más altos al final del periodo. El elevado valor de  $R^2 = 0,8087$  indica un excelente ajuste del modelo, reflejando un proceso de acumulación sostenida, característico de sistemas naturales con equilibrio ecológico y madurez estructural.

**Figura 9**

*Caída de hojarasca en los tres sistemas evaluados: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B)*



La Figura 10 muestra la evolución de la descomposición de hojarasca durante un periodo de evaluación en tres sistemas contrastantes de uso del suelo. Las curvas ajustadas a modelos exponenciales negativos, típicos de procesos de descomposición biológica, presentan elevados coeficientes de determinación ( $R^2$ ), indicando un buen ajuste a los datos experimentales.

El sistema **CSS** que inicia con un peso seco de 10 g, muestra una disminución progresiva del contenido de hojarasca, con una tasa de descomposición moderada, reflejada en una pendiente negativa suave. El alto valor de  $R^2$  (0,8993) evidencia la consistencia del modelo exponencial, sugiriendo que la descomposición está principalmente influenciada por factores bióticos como la actividad microbiana, y, abióticos como la exposición solar directa, baja humedad relativa, características típicas de un sistema de café sin sombra. A pesar de condiciones potencialmente adversas (alta radiación, baja retención de humedad), este sistema mantiene una tasa de pérdida de biomasa relativamente constante.

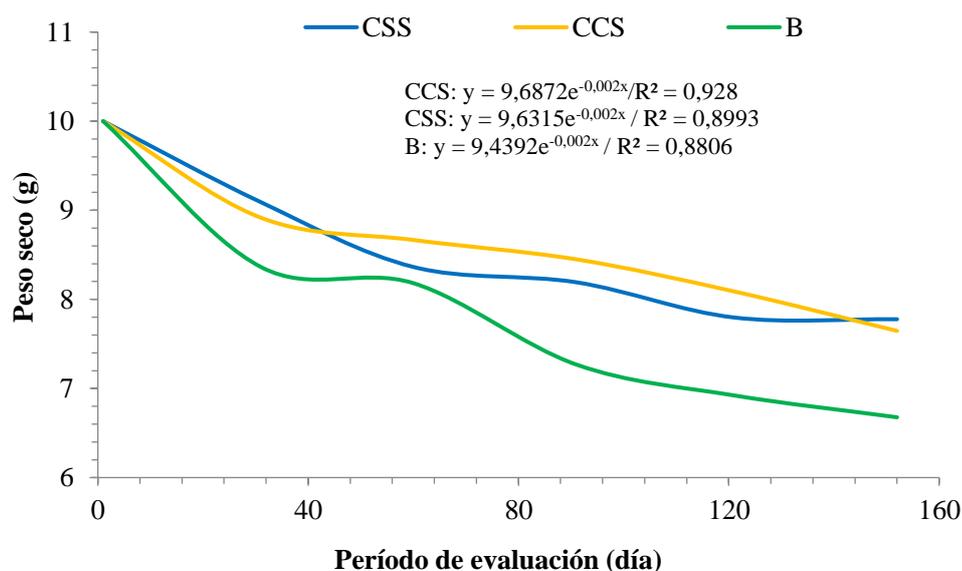
Respecto al sistema **CCS**, este presenta el mayor coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,928$ ), lo que refleja un patrón de descomposición altamente predecible. Aunque su tasa de descomposición es similar a la del CSS (coeficiente de  $-0,002x$ ), la curva muestra una mayor retención inicial de biomasa, atribuible a

condiciones de microclima más favorables (menor temperatura, mayor humedad relativa), proporcionados por la cobertura arbórea de sombra.

Finalmente, el sistema **B** muestra la tasa de descomposición más acelerada en la fase inicial (0-30 días), seguida de una estabilización. A pesar de una tasa de descomposición similar a los otros sistemas (coeficiente de  $-0,002x$ ), presenta menores valores residuales de biomasa. El valor de  $R^2$  (0,8806), aunque menor que en el sistema CCS  $R^2$  (0,928), sigue indicando un ajuste aceptable, pero podría reflejar una mayor complejidad en los procesos de descomposición propios de este sistema natural.

### Figura 10

*Degradación de hojarasca en los tres sistemas evaluados: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B)*



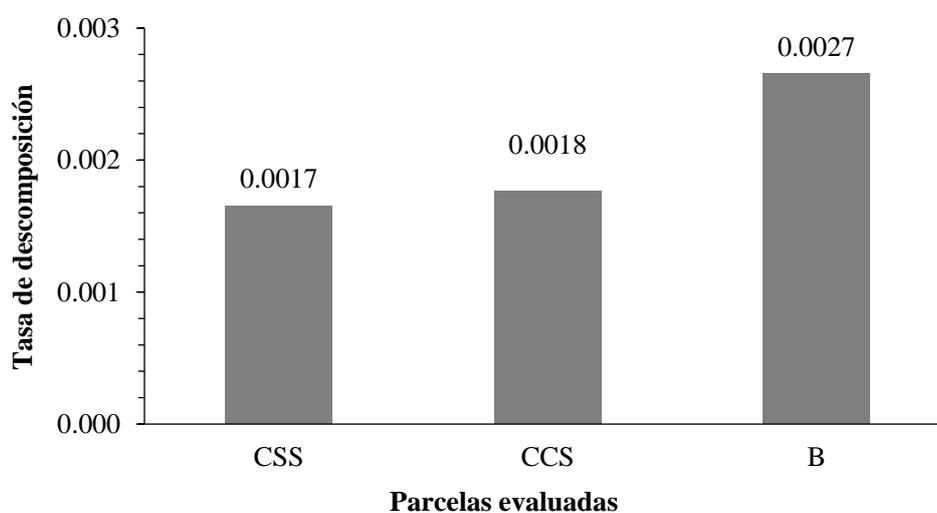
La Figura 11 compara las tasas de descomposición de hojarasca en los tres sistemas de uso del suelo café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B).

El tratamiento B presenta la mayor tasa de descomposición, con un valor de 0,0027, lo que indica un proceso significativamente más acelerado de descomposición en comparación con los otros sistemas. Por otro lado, los sistemas CSS y CCS presentan tasas más bajas y relativamente similares, de 0,0017 y

0,0018 respectivamente. La diferencia mínima entre CSS y CCS sugiere que ambos sistemas comparten características que no generan un impacto significativo en la variación de la tasa de descomposición. Sin embargo, la marcada diferencia entre el sistema B y los sistemas de café, resalta la influencia significativa de las condiciones boscosas sobre la aceleración del proceso de descomposición.

### Figura 11

*Tasa de descomposición de hojarasca en los tres sistemas evaluados: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B)*



### 3.3. Efecto de las condiciones climáticas sobre la degradación de la hojarasca

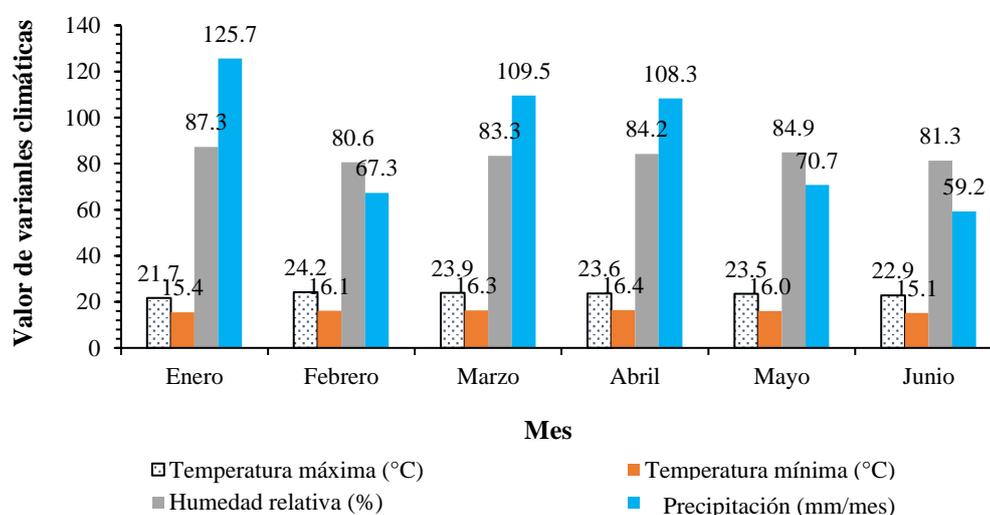
Cada sistema evaluado representa un gradiente de cobertura vegetal, lo que genera microclimas distintos que influyen sobre la dinámica de descomposición de la hojarasca. La Figura 12 muestra las variables climáticas registradas durante el periodo de estudio, mientras que la Figura 12 presenta la temperatura máxima ( $T_{max}$ ) con fuerte correlación positiva con los tres sistemas CSS ( $r = 0,93$ ), CCS ( $r = 0,84$ ) y B ( $r = 0,81$ ). Esto indica que las temperaturas más altas aceleran la degradación de la hojarasca, lo que se alinea con la teoría ecológica que señala que temperaturas elevadas estimulan la actividad microbiana y enzimática. En cuanto a la temperatura mínima ( $T_{min}$ ), se observa una relación moderada con la descomposición en CSS ( $r = 0,64$ ), pero débil con CCS ( $r = 0,32$ ) y B ( $r = 0,35$ ), esto sugiere que la temperatura nocturna tiene un impacto más significativo en ambientes abiertos como CSS, mientras que, en sistemas con cobertura, como CCS y B, la amortiguación térmica reduce su influencia.

La humedad relativa (H) presenta una correlación negativa con todos los sistemas, especialmente en CCS ( $r = -0,59$ ) y B ( $r = -0,53$ ), haciendo suponer que, en ambientes húmedos y sombreados, el exceso de humedad podría limitar la oxigenación del material o promover la presencia de microorganismos menos eficientes en la descomposición. También podría estar asociado con una mayor acumulación de material menos degradado en condiciones más frescas y húmedas. Por su parte, la precipitación (PP) muestra una correlación positiva leve con CSS ( $r = 0,37$ ), pero negativa con CCS ( $r = -0,03$ ) y B ( $r = -0,12$ ), indicando un impacto limitado de este factor en la descomposición.

Al analizar las relaciones entre los tres sistemas evaluados, se observa una fuerte correlación entre la degradación en CSS y CCS ( $r = 0,85$ ). Esto sugiere que, a pesar de las diferencias en cobertura vegetal, ambos sistemas presentan respuestas climáticas similares, posiblemente debido a su proximidad espacial o a características de suelos comparables. Para el caso de CSS y B, la correlación es moderada ( $r = 0,48$ ), lo que indica que los procesos de descomposición en CSS comparten ciertos patrones con B, posiblemente debido a factores como la entrada de luz o características del sustrato. Finalmente, entre CCS y B se registra una correlación muy alta ( $r = 0,96$ ), lo que indica que la dinámica de descomposición en CCS se asemeja notablemente a la del bosque natural.

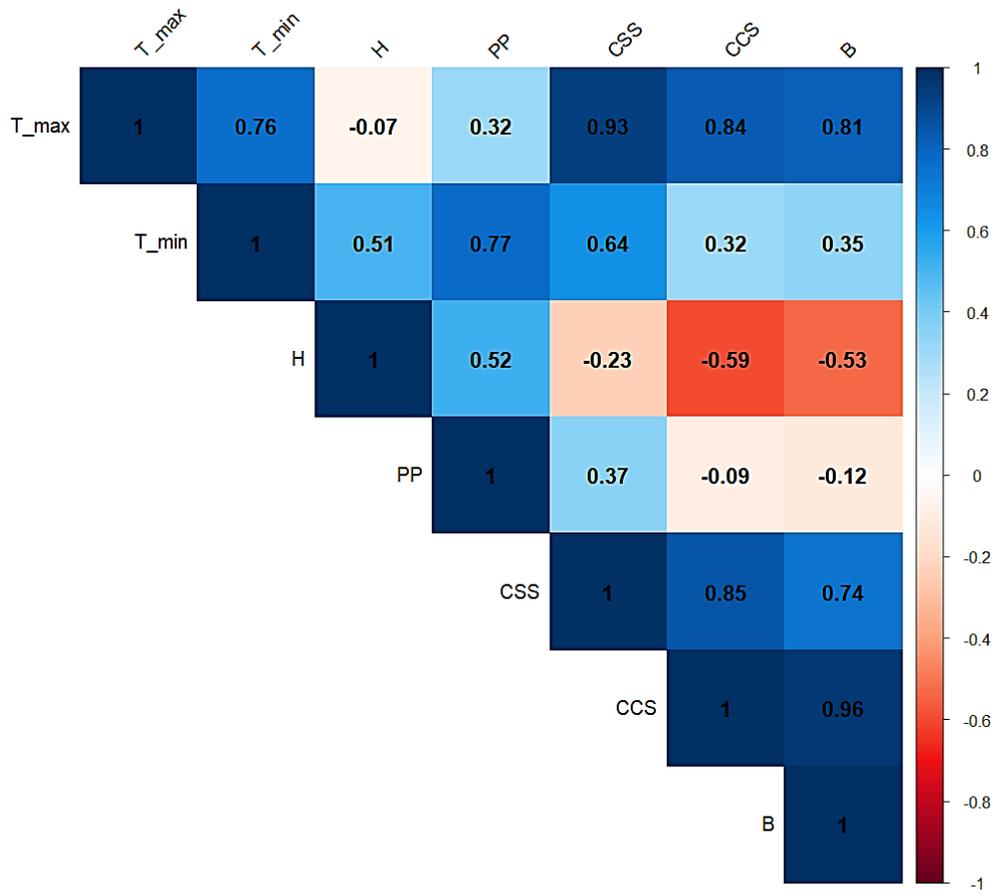
**Figura 12**

*Variables climáticas en la zona de estudio durante el periodo de enero a junio de 2024*



**Figura 13**

*Matriz de correlación entre las variables climáticas y la degradación de la hojarasca en los tres sistemas evaluados (CSS, CCS y B).*



## IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten inferir diferencias significativas en la dinámica del carbono edáfico y el reciclaje de biomasa entre los tres sistemas evaluados: café sin sombra (CSS), café con sombra (CCS) y bosque natural (B), lo cual es consistente con lo reportado en estudios previos sobre el manejo del suelo y su impacto en la sostenibilidad de los ecosistemas.

El incremento en el contenido de carbono orgánico del suelo (COS) en los tres sistemas, siendo más pronunciado en el sistema CCS (de 3,09% a 3,61%) y en el bosque (de 3,28% a 3,72%), sugiere una mayor capacidad de estos ecosistemas para secuestrar carbono en concordancia con Montagnini y Nair (2004); Post y Kwon (2000), quienes señalan que el aumento del COS en CCS puede atribuirse a la presencia de cobertura arbórea, la cual contribuye al aporte constante de residuos orgánicos como hojarasca, raíces finas y exudados radicales, además de reducir la temperatura del suelo y conservar la humedad, factores que ralentizan la mineralización de la materia orgánica. En contraste, aunque el sistema CSS también presentó un incremento de COS (de 3,09% a 3,42%), su magnitud fue menor, lo que pone en evidencia la influencia de la cobertura vegetal sobre el balance de carbono. Coincidiendo con lo que menciona Castañeda et al. (2013), La escasa sombra y la exposición directa al sol en este sistema generan condiciones menos favorables para la acumulación de materia orgánica, promoviendo tasas más altas de mineralización y pérdida de carbono por erosión o lixiviación. En este contexto, los sistemas agroforestales, como el CCS, emergen como una alternativa efectiva para mejorar la calidad del suelo y mitigar el cambio climático, al simular parcialmente la funcionalidad ecológica de un bosque (Shibu, 2009).

Por otro lado, los patrones de acumulación y descomposición de hojarasca evidencian diferencias estructurales y funcionales entre los ecosistemas. El sistema bosque (B) presentó la mayor acumulación de hojarasca, con una tasa de descomposición inicial acelerada y una posterior estabilización, reflejando un ecosistema con equilibrio ecológico y eficiencia en el reciclaje de nutrientes. Acorde con Berg y McClaugherty, (2003); Prescott, (2010), este comportamiento está respaldado por la elevada diversidad vegetal, la mayor humedad relativa y la presencia de una comunidad microbiana especializada que acelera la fragmentación y mineralización de los residuos vegetales. Este comportamiento sugiere una producción constante de biomasa aérea y una

descomposición a menor velocidad (favorecida por la sombra y la humedad) y una alta eficiencia en la retención de hojarasca (Monge-Muñoz et al., 2025).

La disminución de la masa en etapas tempranas de degradación se puede atribuir a la presencia de compuestos y tejidos que son fácilmente degradables en la hojarasca los cuales se lixivian fácilmente por acción de las precipitaciones o puede ser degradada por microorganismos concordando con los hallazgos de Berg (2000); Magh et al., (2024). La cantidad de nutrientes junto con compuestos de carbono estructurales y solubles en agua, tienen efectos positivos sobre la tasa de degradación de la hojarasca (Magh et al., 2024), por el contrario, la cantidad de lignina que pueda existir en el material inicial tendrán impacto sobre la tasa de descomposición de la hojarasca en etapas posteriores (Ge et al., 2013).

El sistema CCS mostró un comportamiento intermedio, con una acumulación y descomposición de hojarasca más estable que el sistema CSS. Su coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,928$ ) indica una alta predictibilidad del modelo de descomposición, lo cual es indicativo de condiciones más homogéneas en el microclima del suelo, en concordancia con Ahirwal et al., (2021), quienes señalan que este sistema parece beneficiarse de una mayor humedad relativa y menor variación térmica, condiciones que favorecen tanto la actividad enzimática como la retención de la biomasa.

En cambio, el CSS presentó la menor acumulación y una tasa de descomposición moderada, lo cual puede explicarse por la baja cobertura vegetal, la mayor exposición a la radiación solar, la escasa humedad, reciclaje limitado de biomasa y eventos puntuales de mayor disposición; condiciones que reducen la eficiencia de los procesos microbianos y aceleran la descomposición superficial sin una incorporación profunda al suelo (García et al., 2013).

La influencia de las variables climáticas sobre la degradación de hojarasca fue particularmente evidente en la correlación positiva entre la temperatura máxima ( $T_{max}$ ) y la tasa de descomposición en todos los sistemas. Se evidenciaron altas correlaciones positivas entre la temperatura y los tres sistemas de uso de suelo evaluados; en concordancia con Ahirwal et al., (2021), quienes hallaron que la temperatura y la precipitación son variables meteorológicas que controlan diversos procesos del ecosistema, de éstos dos, la temperatura es el principal parámetro que tiene influencia sobre la degradación de la hojarasca.

Este hallazgo está en concordancia con lo reportado por (Ahirwal et al., 2021), quienes identificaron la temperatura como el principal impulsor de la descomposición de la materia orgánica, al estimular la actividad microbiana. No obstante, también se observó que en condiciones de alta humedad relativa (especialmente en CCS y B), la descomposición puede ralentizarse, posiblemente por una menor oxigenación del sustrato o la proliferación de microorganismos menos eficientes (García-Palacios et al., 2013).

Finalmente, la alta correlación entre los sistemas CCS y B ( $r = 0,96$ ) en los patrones de descomposición sugiere una convergencia funcional entre estos dos ecosistemas, relacionado con lo señalado por Shibu, (2009), quien refuerza la idea de que los sistemas agroforestales pueden actuar como “puentes ecológicos” entre tierras agrícolas degradadas y ecosistemas naturales, permitiendo conservar procesos fundamentales como el reciclaje de nutrientes, la retención de carbono y la estabilidad estructural del suelo

En resumen, los sistemas agroforestales como el CCS presentan ventajas claras sobre los monocultivos de café sin sombra, tanto en la acumulación de carbono como en la eficiencia del reciclaje de biomasa. Estos resultados deben ser considerados en el diseño de políticas de manejo sostenible del paisaje rural, especialmente en zonas cafetaleras de montaña, donde la conservación del carbono edáfico representa un componente crítico para la resiliencia climática y la seguridad alimentaria a largo plazo.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- Los 3 sistemas (parcelas) mostraron aumentos en el contenido de carbono orgánico del suelo durante el periodo de evaluación. El incremento fue más notable en el sistema de café con sombra (CCS) y en el bosque natural (B), lo que demuestra la importancia de la cobertura vegetal y el manejo agroforestal para la acumulación de carbono edáfico.
- El sistema forestal presentó la mayor acumulación de hojarasca y una tasa de descomposición inicial rápida, estabilizándose posteriormente, lo cual indica un ecosistema maduro y eficiente en reciclaje de nutrientes. El CCS mostró un patrón intermedio y estable, mientras que el CSS presentó menor acumulación y descomposición menos eficiente, reflejando un sistema más perturbado.
- La temperatura máxima tuvo una alta correlación positiva con la tasa de descomposición en los 3 sistemas, confirmando su papel como factor principal en la actividad microbiana. En contraste, una alta humedad relativa mostró efectos limitantes, especialmente en CCS y B, posiblemente por baja oxigenación y actividad microbiana menos eficiente.
- La alta correlación ( $r = 0,96$ ) en los patrones de descomposición entre CCS y B evidencia que los sistemas agroforestales pueden simular procesos ecológicos del bosque, sirviendo como alternativas sostenibles para la conservación del suelo y el secuestro de carbono.

### 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a las cooperativas, asociaciones de productores y otros gremios agrarios fomentar la implementación de cultivos de café bajo sombra como estrategia efectiva para mejorar el secuestro de carbono, conservar la calidad del suelo y replicar funciones ecológicas clave de los ecosistemas forestales.
- Se recomienda a los municipios incorporar estos resultados en planes de ordenamiento territorial y programas de incentivos para productores que adopten prácticas agroecológicas, priorizando la conservación del carbono edáfico como eje de resiliencia ante el cambio climático.

- Se sugiere a las cooperativas, asociaciones de productores, comisión de regantes y otros gremios agrarios impulsar el implemento de sistemas de monitoreo microclimático en fincas agroforestales para ajustar prácticas de manejo según las condiciones térmicas y de humedad, optimizando así los procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes.
- Se recomienda a futuros investigadores extender los estudios en el tiempo y ampliar la escala espacial para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agroforestales en distintas condiciones edafoclimáticas, incluyendo análisis de biodiversidad microbiana y dinámica de nutrientes.

## VI. REFERENCIAS

- Ahirwal, J., Puja, S., Amitabha, N., Arun, J., Nath, S., Uttam K. S. (2021). Forests litter dynamics and environmental patterns in the Indian Himalayan region. *Forest Ecology and Management* 499:119612. doi: 10.1016/j.foreco.2021.119612.
- Berg, B. (2000). Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecology and Management* 133(1):13-22. doi: 10.1016/S0378-1127(99)00294-7.
- Ahirwal, J., Saha, P., Nath, A., Nath, A. J., Deb, S., & Sahoo, U. K. (2021). Forests litter dynamics and environmental patterns in the Indian Himalayan region. *Forest Ecology and Management*, 499, 119612.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119612>
- Andrade Castañeda, H. J., Alvarado, J., & Segura Madrigal, M. A. (2013). Almacenamiento de carbono orgánico en suelos en sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) En el municipio del Líbano, Tolima, Colombia. *Colombia forestal*, 16(1), 21-31.
- Berg, B. (2000). Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecology and Management*, 133(1), 13-22.  
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00294-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00294-7)
- Berg, B., & McLaugherty, C. (2003). *Plant Litter*. Springer.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-05349-2>
- Burbano Orjuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82.  
<https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Burga, E. A. (2019). Determinación del carbono en el suelo del bosque del caserío La Palma, Chadín—Chota. *Universidad Nacional de Cajamarca*.  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3543>

- FAO. (2020). *TENDENCIA GENERAL DE LA CAPTURA DE CARBONO EN EL SUELO*. <https://www.fao.org/4/y2779s/y2779s05.htm>
- Fernández, M. N. (2019, junio 19). *Cuantificación del carbono orgánico acumulado en el suelo de turberas de Alto Perú en Cajamarca—2018*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21810>
- García-Domínguez, A., Cámara Cabrales, L. D. C., Van Der Wal, J. C., & Martínez Sánchez, J. L. (2020). Producción y tasa de descomposición de hojarasca en acahuales de Tabasco, México. *Madera y Bosques*, 26(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611694>
- García-Domínguez, A., Cámara, L. del C., van der, J. C., & Martínez, J. L. (2020). Producción y tasa de descomposición de hojarasca en acahuales de Tabasco, México. *Madera y bosques*, 26(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611694>
- García-Palacios, P., Maestre, F. T., Kattge, J., & Wall, D. H. (2013). Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes. *Ecology Letters*, 16(8), 1045-1053. <https://doi.org/10.1111/ele.12137>
- Ge, X., Zeng, L., Xiao, W., Huang, Z., Geng, X., & Tan, B. (2013). Effect of litter substrate quality and soil nutrients on forest litter decomposition: A review. *Acta Ecologica Sinica*, 33(2), 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.01.006>
- Hanpattanakit, P., & Chidthaisong, A. (2012). Litter Production and Decomposition in Dry Dipterocarp Forest and Their Responses to Climatic Factors. *GMSARN International Journal*, 6, 169-174.
- Hernández, C. G. R., Hernández, J. M. L., Silva, I. C., Díaz, M. I. Y., Himmelsbash, W., & Rodríguez, H. G. (2023). Producción de hojarasca y depósito potencial de micronutrientes de la hojarasca en bosque de pino, encino y pino-encino, en el

noreste de México: Litter production and litter nutrient deposition potential in pine, oak and pine-oak forests in northeastern Mexico. *e-CUCBA*, 19, Article 19. <https://doi.org/10.32870/ecucba.vi19.265>

Hernandez, I. M., Regina, I. S., & Gallardo, J. E. (1992). Dinámica de la descomposición de la hojarasca forestal en bosques de la cuenca del duero (provincia de zamora): Modelización de la pérdida de peso. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 6(4), 339-355. <https://doi.org/10.1080/15324989209381328>

Janzen, H. H. (2004). Carbon cycling in earth systems—A soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104(3), 399-417. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.01.040>

Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 76(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>

Magh, T., Mozhui, L., Kakati, L. N., Ao, B., Lemtur, T., & Jing, L. (2024). Descomposición de hojarasca y dinámica de nutrientes en un ecosistema subtropical: Una comparación de bosques naturales y de plantaciones ( *Duabanga grandiflora* ) en Nagaland, noreste de la India. *Global Ecology and Conservation*, 56, e03321. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2024.e03321>

Martínez-Atencia, J., Osorio-Vega, N., León-Peláez, J., Cajas-Girón, Y., Contreras-Santos, J., & Berrío-Guzman, E. (2023). Retorno potencial de nutrientes vía hojarasca foliar en sistemas silvopastoriles en el norte de Colombia. *Agronomía Costarricense*. <https://doi.org/10.15517/rac.v47i1.53946>

Maza Maza, J. E., Añazco Loaiza, H. E., Poma Luna, D. A., Luna Florin, A. D., Sánchez Asanza, A. W., Guerrero Azanza, M., Maza Maza, J. E., Añazco Loaiza, H. E., Poma Luna, D. A., Luna Florin, A. D., Sánchez Asanza, A. W., &

- Guerrero Azanza, M. (2024). Evaluación del contenido de carbono orgánico del suelo en tres ecosistemas de la Reserva Ecológica Arenillas. *Revista Digital Novasinerгия*, 7(2), 52-72. <https://doi.org/10.37135/ns.01.14.04>
- Mazo, N. de los Á., Rubiano, J. E., & Castro, A. (2016). Sistemas agroforestales como estrategia para el manejo de ecosistemas de Bosque seco Tropical en el suroccidente colombiano utilizando los SIG. *Cuadernos de Geografía - Revista Colombiana de Geografía*, 25(1), 65-77.
- Minasny, B., McBratney, A. B., Wadoux, A. M. J.-C., Acoeb, E. N., & Sabrina, T. (2020). La precoz ciencia del carbono del suelo del siglo XIX. *Geoderma Regional*, 22, e00306. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00306>
- Monge-Muñoz, M., Soto-Muñoz, G., Chin-Pampillo, J., Durán-Quesada, A. M., Gutiérrez-Soto, M. V., Orozco-Aceves, M., & Chinchilla-Soto, C. (2025). Litter Dynamics and Soil Carbon Stock in a Coffee Agroforestry System in Costa Rica. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. <https://doi.org/10.1007/s42729-025-02410-2>
- Montagnini, F., & Nair, P. K. R. (2004). Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 61(1), 281-295. <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000029005.92691.79>
- Oliver, L., Pérez, M. E., & de Castro, F. B. (2002). Degradación de la hojarasca en un pastizal oligotrófico mediterráneo del centro de la Península Ibérica. *Anales de Biología*.
- Olson, J. S. (1963). Energy Storage and the Balance of Producers and Decomposers in Ecological Systems. *Ecology*, 44(2), 322-331. <https://doi.org/10.2307/1932179>

- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., & Smith, P. (2016). Climate-smart soils. *Nature*, 532(7597), 49-57.  
<https://doi.org/10.1038/nature17174>
- Post, W. M., & Kwon, K. C. (2000). Soil carbon sequestration and land-use change: Processes and potential. *Global Change Biology*, 6(3), 317-327.  
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2000.00308.x>
- Prescott, C. E. (2010). Litter decomposition: What controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? *Biogeochemistry*, 101(1), 133-149.  
<https://doi.org/10.1007/s10533-010-9439-0>
- Robert, M. (2002). *Captura de carbono en suelos para un mejor manejo de la tierra*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Roncal-García, S., Soto-Pinto, L., Castellanos-Albores, J., Ramírez-Marcial, N., & de Jong, B. (2008). Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de chiapas, México. *Interciencia*, 33(3), 200-206.
- Silva, E., & Saldaña, O. A. (2012). Propuesta de gestión municipal para mejorar la calidad de servicio en la municipalidad distrital de Chirinos, Cajamarca, Perú—2011. *Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza UNTRM*.  
<https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/170>
- Solís, A., Nájera, J. A., Méndez, J., Vargas, B., & Álvarez, M. (2014). Carbono orgánico del suelo en rodales silvícolas del ejido La Victoria, Pueblo Nuevo, Durango. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 63, 5-11.
- Vásquez, I. M., & Paniagua, F. P. (2016). *Comparación de dos técnicas para la determinación de carbono orgánico del suelo, en le LAFQA Departamento de*

*Química, UNAN-Managua, Septiembre-Diciembre, 2015.*

<https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/2722/>

Vela Blanco, G., López Blanco, J., & Rodríguez Gamiño, M. D. L. (2012). Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. *Investigaciones Geográficas*, 77, 18.

<https://doi.org/10.14350/rig.31007>

Villa, P. M., Martins, S. V., Delgado Monsanto, L., de Oliveira Neto, S. N., & Mota Cancio, N. (2015). La agroforestería como estrategia para la recuperación y conservación de reservas de carbono en bosques de la Amazonía. *Bosque (Valdivia)*, 36(3), 347-356. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002015000300002>

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An Examination Of The Degtjareff Method For Determining Soil Organic Matter, And A Proposed Modification Of The Chromic Acid Titration Method. *Soil Science*, 37(1), 29.

Zamora-Morales, B. P., Mendoza-Cariño, M., Sangerman-Jarquín, D. M., Quevedo Nolasco, A., Navarro Bravo, A., Zamora-Morales, B. P., Mendoza-Cariño, M., Sangerman-Jarquín, D. M., Quevedo Nolasco, A., & Navarro Bravo, A. (2018). El manejo del suelo en la conservación de carbono orgánico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(8), 1787-1799.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1723>

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco profundamente a mi asesora de tesis, Mg. Ing. Huaccha Castillo Annick Estefany, por su paciencia, valiosos consejos y orientación experta durante este proceso. También extendo mi gratitud al Mg. Ing. Fernandez Zarate Franklin Hitler y al Instituto Nacional de Innovación Agraria a través del proyecto de inversión denominado “Mejoramiento de los Servicios de Investigación y Transferencia de Tecnología Agraria en la Estación Experimental Agraria Baños del Inca en la localidad Los Baños del Inca del distrito Los Baños del Inca - provincia de Cajamarca- departamento de Cajamarca”, identificado con el código único de inversión 2472675. Gracias a todos por su colaboración, críticas constructivas y apoyo que enriquecieron este trabajo. Sin su ayuda, este logro no habría sido posible.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y enseñanzas que han sido mi guía en cada paso de este camino; por ser mi pilar en los momentos de duda y alegría. Esta tesis es el resultado de su acompañamiento y fe en mí.

# ANEXOS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200



## INFORME DE ENSAYO N° 101044-24 / SU / LABSAF - BAÑOS DEL INCA

### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : PROYECTO YANAYACU  
 Propietario / Productor : CENTRO EXPERIMENTAL YANAYACU  
 Dirección del cliente : CARRETERA JAEN - SAN IGNACIO KM 27  
 Solicitado por : CLIENTE  
 Muestreado por : CLIENTE  
 Número de muestra(s) : 30  
 Producto declarado : Suelo  
 Presentación de las muestras(s) : BOLSA DE PLÁSTICO  
 Referencia del muestreo : RESERVADO POR EL CLIENTE  
 Procedencia de muestra(s) : CHIRINOS/SAN IGNACIO/CAJAMARCA  
 Fecha(s) de muestreo : 2024-07-21 (\*\*\*)  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-09-03  
 Lugar de ensayo : LABSAF BAÑOS DEL INCA  
 Fecha(s) de análisis : Del 2024-09-04 al 2024-10-03  
 Cotización del servicio : 374-24-BI  
 Fecha de emisión : 2024-10-10

### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU2035-BI-24	SU2036-BI-24	SU2037-BI-24	SU2038-BI-24	SU2039-BI-24	SU2040-BI-24		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo	2024-07-21	2024-07-21	2024-07-21	2024-07-21	2024-07-21	2024-07-21		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:00	8:30	9:00	9:30	11:00	11:30		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	CCS - 01 - I	CCS - 04 - I	CCS - 10 - I	CCS - 12 - I	CCS - 01 - F	CCS - 04 - F		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH.	unid. pH	0,10	5,6	4,8	4,7	5,1	5,3	5,9
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	1,5	< LC	< LC	< LC
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,50	--	--	--	--	--	--
Materia Organica	%	0,10	7,5	5,9	4,3	4,2	2,2	3,0
Fósforo Disponible	mg/kg	0,50	3,0	6,2	1,7	3,2	3,4	1,4
Conductividad Electrica	mS/m	1,00	75,5	29,2	33,8	11,9	23,6	5,4
Arena	%		34	34	34	34	42	34
Arcilla	%		40	44	39	40	40	48
Limo	%		26	22	27	26	18	18
Clase Textural	-		Franco Arcilloso	Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Arcilloso
Potasio disponible (*)	mg/kg	0,50	77,06	51,05	41,04	35,41	50,15	42,55
Nitrógeno Total Kjeldahl (**)	mg/g	0,10	1,81	0,69	1,35	1,95	1,01	1,27



Firmado digitalmente por:  
 CABRERA HOYOS Hector  
 Antonio FAU 20131385984 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 14/10/2024 14:46:31-0600



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare  
 Acreditado con la Norma  
 NTP-ISO/IEC 17025:2017

LABSAF (Nombre)

Dirección: (Dirección del laboratorio)

Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.05  
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200**



Registro N° LE - 200

ITEM	7	8	9	10	11	12		
<b>Código de Laboratorio</b>	SU2041-BI-24	SU2042-BI-24	SU2043-BI-24	SU2044-BI-24	SU2045-BI-24	SU2046-BI-24		
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
<b>Fecha de Muestreo</b>	2024-07-21	2024-07-21	2024-07-21	2024-07-21	2024-07-21	2024-07-21		
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)</b>	11:50	12:30	13:00	15:00	15:30	16:00		
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)</b>	CCS - 06 - F	CCS - 09 - F	CCS - 12 - F	Q - 1	Q - 2	Q - 3		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH.	unid. pH	0,10	5,2	5,3	5,4	5,2	7,0	7,1
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	< LC	< LC	--	--
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	< LC	< LC	--	--
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,50	--	--	--	--	3,9	4,3
Materia Organica	%	0,10	5,8	5,4	8,2	6,9	9,6	10,2
Fósforo Disponible	mg/kg	0,50	7,1	1,9	3,5	48,7	48,6	49,0
Conductividad Electrica	mS/m	1,00	5,6	13,4	10,3	40,3	147,4	138,3
Arena	%		42	34	44	42	52	52
Arcilla	%		24	38	34	20	20	14
Limo	%		34	28	22	38	28	34
Clase Textural	-		Franco	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco	Franco	Franco
Potasio disponible (*)	mg/kg	0,50	34,93	73,85	99,44	621,59	1.768,11	1.730,58
Nitrógeno Total Kjeldahl (**)	mg/g	0,10	2,53	2,23	3,46	3,07	2,51	3,19

ITEM	13	14	15	16	17	18		
<b>Código de Laboratorio</b>	SU2047-BI-24	SU2048-BI-24	SU2049-BI-24	SU2050-BI-24	SU2051-BI-24	SU2052-BI-24		
<b>Matriz Analizada</b>	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
<b>Fecha de Muestreo</b>	2024-07-18	2024-07-18	2024-07-18	2024-07-18	2024-07-18	2024-07-18		
<b>Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)</b>	8:00	8:30	9:00	9:30	11:00	11:30		
<b>Condición de la muestra</b>	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
<b>Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)</b>	B - 01 - I	B - 04 - I	B - 10 - I	B - 12 - I	B - 01 - F	B - 04 - F		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH.	unid. pH	0,10	5,8	5,3	5,6	5,7	5,2	5,8
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,50	--	--	--	--	--	--
Materia Organica	%	0,10	6,6	5,0	4,5	6,5	6,7	5,9
Fósforo Disponible	mg/kg	0,50	3,5	3,4	2,4	2,5	8,5	2,2
Conductividad Electrica	mS/m	1,00	31,5	19,4	8,1	24,2	15,8	3,4
Arena	%		38	44	36	36	44	40
Arcilla	%		36	18	39	39	31	35
Limo	%		26	38	25	25	25	25
Clase Textural	-		Franco Arcilloso	Franco	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso
Potasio disponible (*)	mg/kg	0,50	74,14	45,82	78,51	78,81	40,56	80,07
Nitrógeno Total Kjeldahl (**)	mg/g	0,10	2,06	1,56	1,41	2,03	2,09	1,84



Firmado digitalmente por:  
CABRERA HOYOS Hector  
Antonio FAU 20131386994 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 14/10/2024 14:46:20-0600



Página 2 de 7

**Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare**  
**Acreditado con la Norma**  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017**  
LABSAF (Nombre)  
Dirección: (Dirección del laboratorio)  
Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.05  
[www.inia.gob.pe](http://www.inia.gob.pe)



Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 200



Registro N° LE - 200

ITEM	19	20	21	22	23	24		
Código de Laboratorio	SU2053-BI-24	SU2054-BI-24	SU2055-BI-24	SU2056-BI-24	SU2057-BI-24	SU2058-BI-24		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo	2024-07-18	2024-07-18	2024-07-18	2024-07-18	2024-07-18	2024-07-18		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	12:00	12:00	12:30	8:00	8:30	9:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	B - 06 - F	B - 09 - F	B - 12 - F	CSS - 01 - I	CSS - 04 - I	CSS - 10 - I		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH.	unid. pH	0,10	5,7	5,7	5,8	5,3	4,9	5,1
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,50	--	--	--	--	--	--
Materia Organica	%	0,10	5,8	6,4	6,3	6,7	5,5	3,9
Fósforo Disponible	mg/kg	0,50	2,0	2,3	2,0	2,5	2,3	1,1
Conductividad Electrica	mS/m	1,00	4,8	7,5	5,4	26,9	23,2	13,6
Arena	%		36	38	40	44	32	30
Arcilla	%		35	36	38	38	44	46
Limo	%		29	26	22	18	24	24
Clase Textural	-		Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Franco Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso
Potasio disponible (*)	mg/kg	0,50	79,17	270,15	215,02	485,42	194,77	182,65
Nitrógeno Total Kjeldahl (**)	mg/g	0,10	1,81	2,00	1,97	2,09	1,72	1,22

ITEM	25	26	27	28	29	30	
Código de Laboratorio	SU2059-BI-24	SU2060-BI-24	SU2061-BI-24	SU2062-BI-24	SU2063-BI-24	SU2064-BI-24	
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	
Fecha de Muestreo	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:30	11:00	11:30	12:00	12:20	12:50	
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	CSS - 12 - I	CSS - 01 - F	CSS - 04 - F	CSS - 06 - F	CSS - 09 - F	CSS - 12 - F	
Ensayo	Unidad	LC	Resultados				
pH.	unid. pH	0,10	5,5	6,1	5,5	5,6	5,7
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0,50	< LC	< LC	< LC	< LC	< LC
Carbonato De Calcio Equivalente	%	0,50	--	--	--	--	--
Materia Organica	%	0,10	5,2	6,7	6,6	6,6	6,3
Fósforo Disponible	mg/kg	0,50	4,5	2,0	2,1	3,4	2,2
Conductividad Electrica	mS/m	1,00	23,9	15,1	12,7	19,0	11,4
Arena	%		40	32	38	36	32
Arcilla	%		38	46	38	40	44
Limo	%		22	22	24	24	24
Clase Textural	-		Franco Arcilloso	Arcilloso	Franco Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso
Potasio disponible (*)	mg/kg	0,50	96,91	306,41	233,65	237,12	196,79
Nitrógeno Total Kjeldahl (**)	mg/g	0,10	1,63	2,09	2,06	2,06	1,97



Firmado digitalmente por: CABRERA HOYOS Hector Antonio FAU 20131386904 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 14/10/2024 14:46:13-0500



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliarés Acreditado con la Norma NTP-ISO/IEC 17025:2017

LABSAF (Nombre) Dirección: (Dirección del laboratorio) Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.05 www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR  
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE - 200**



Registro N° LE - 200

**III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH.	EPA Method 9045 D Rev. 4 2004 Soil and waste pH.
Acidez y Aluminio Intercambiable	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.29, AS-33 2002 Determinación de Acidez y Aluminio Intercambiable (AS-33 método de Cloruro de Potasio).
Carbonato De Calcio Equivalente	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.3.25, AS-29 2002 Determinación de los carbonatos de calcio equivalente (AS-29 Método de neutralización ácida).
Materia Orgánica	NOM-021-RECNAT-2000; 2da Sección. 2002; ítem 7.1.7 AS-07 2002 Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black)
Fósforo Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.10, AS-11. Determinación de fósforo extraíble en suelos neutros y ácidos (AS 11 Método de Bray y Kurtz).
Potasio Disponible	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.12, AS-12 // EPA 6010 D. Revision 5, 2018). Validado (modificado y aplicado fuera del alcance)
Conductividad Eléctrica	NTP 214.049:2023 2023 CALIDAD DE AGUA. Conductividad electrolítica en agua. Método de ensayo
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.9, AS-09. Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).
Nitrógeno Total Kjeldahl	ISO 11261:1995, First Edition. Soil Quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method

**IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

(\*\*\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

**V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO**

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Marieta Cervantes Peralta - Responsable del LABSAF - BAÑOS DEL INCA



Firmado digitalmente por:  
CABRERA HOYOS Hector  
Antonio FAU 20131385904 soft  
Motivo: Soy el autor del  
documento  
Fecha: 14/10/2024 14:46:01-0600

Firma

**FIN DE INFORME DE ENSAYO**



**Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliaves  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017  
LABSAF (Nombre)**

Dirección: (Dirección del laboratorio)  
Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.05  
www.inia.gob.pe

### INTERPRETACIONES DE RESULTADOS DE ANALISIS

#### CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN VALOR DE PH

pH	Evaluación	Efectos
< 5.0	Fuertemente ácido	Condiciones muy desfavorables.
5.1 - 6.5	Moderadamente ácido	Deficiente asimilación de algunos elementos
6.6 - 7.3	Neutro	Efectos tóxicos mínimos
7.4 - 8.5	Medianamente alcalino	Existencia de carbonato cálcico. Deficiente asimilación de algunos nutrientes
> 8.5	Alcalino	Presencia de carbonato sódico. Poca asimilación de algunos nutrientes

#### CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL VALOR DE LA CONDUCTIVIDAD (CE)

CLASIFICACION	CE (dS/m)	Efectos
Normal	<1.0	Efecto despreciable de la salinidad. No existe restricción para ningún cultivo, aunque algunos cultivos muy sensibles pueden ser afectado en sus rendimientos.
Muy Ligeramente salino	1.1 – 2.0	Los rendimientos de cultivos sensibles pueden verse afectados en sus rendimientos.
Moderadamente salino	2.1 – 4.0	Los rendimientos de cultivos pueden verse afectados en sus rendimientos. El rendimiento de casi todos los cultivos se ve afectado por esta condición de salinidad.
Suelo salino	4.1 - 8.0	Solo lo cultivos muy resistentes a la salinidad pueden crecer en estos suelos.
Fuertemente salino	8.1 - 16	Prácticamente ningún cultivo convencional puede crecer económicamente en estos suelos.

#### MATERIA ORGANICA

Clasificación	%MO
Muy Bajo	<0.5
Bajo	0.6 - 1.5
Medio	1.6 – 3.5
Alto	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 6.0

#### FÓSFORO

Clasificación	mg/kg de P
Bajo	<5.5
Medio	6.5 - 11
Alto	>11

#### CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO

Clasificación	CIC (Cmol/Kg suelo)	Efectos
Muy Bajo	< 5.0	Suelo muy pobre
Bajo	5.0 - 15	Suelo pobre
Medio	15 - 25	Suelo medio
Alto	25 - 40	Suelo rico
Muy Alto	> 40	Suelo muy rico

#### CATIONES INTERCAMBIABLES (Ca, Mg, K Cmol/kg)

Clase	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Potasio (K)
Muy Baja	<2.0	<0.5	<0.2
Baja	2.0 - 5.0	0.5 - 1.3	0.2 - 0.3
Media	5.0 - 10	1.3 - 3.0	0.3 - 0.6
Alta	>10	>3.0	>0.6

#### SATURACIÓN DE BASES CAMBIABLES

Calificativo	Saturación de Bases (%)	Efectos
Bajo	< 35	Suelo muy ácido. Aconsejable una enmienda caliza.
Medio	35 – 80	Suelo medio. Su riqueza dependerá de la CIC.
Alto	> 80	Suelo neutro a alcalino. Suelo saturado de bases.

### RECOMENDACIONES

Código de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidades de Nutriente Kg/Ha			Cantidades en Tn/Ha	
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	ESTIERCOL
SU2035-BI-24	CAFÉ	50	80	100	--	--
SU2036-BI-24	CAFÉ	70	70	100	--	--
SU2037-BI-24	CAFÉ	80	80	100	--	1,7
SU2038-BI-24	CAFÉ	80	80	100	--	1,8
SU2039-BI-24	CAFÉ	100	80	100	--	3,8
SU2040-BI-24	CAFÉ	90	80	100	--	3,0
SU2041-BI-24	CAFÉ	70	70	100	--	0,2
SU2042-BI-24	CAFÉ	70	80	100	--	0,6
SU2043-BI-24	CAFÉ	40	80	100	--	--
SU2044-BI-24	CAFÉ	60	30	30	--	--
SU2045-BI-24	CAFÉ	40	30	0	--	--
SU2046-BI-24	CAFÉ	40	30	0	--	--
SU2047-BI-24	BOSQUE	40	60	70	--	--
SU2048-BI-24	BOSQUE	50	60	70	--	1,0
SU2049-BI-24	BOSQUE	60	60	70	--	1,5
SU2050-BI-24	BOSQUE	30	60	70	--	--
SU2051-BI-24	BOSQUE	30	50	70	--	--
SU2052-BI-24	BOSQUE	50	60	70	--	--
SU2053-BI-24	BOSQUE	50	60	70	--	--
SU2054-BI-24	BOSQUE	30	60	50	--	--
SU2055-BI-24	BOSQUE	30	60	60	--	--
SU2056-BI-24	CAFÉ	100	80	40	--	--
SU2057-BI-24	CAFÉ	100	80	90	--	0,5
SU2058-BI-24	CAFÉ	110	80	90	--	2,1



Firmado digitalmente por:  
CABRERA HOYOS Hector  
Antonio FAU 20131306064 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 14/10/2024 14:44:43:0600

Código de Muestra	Cultivo a Instalar	Cantidades de Nutriente Kg/Ha			Cantidades en Tn/Ha	
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CAL	ESTIERCOL
SU2059-BI-24	CAFÉ	80	80	100	--	0,8
SU2060-BI-24	CAFÉ	110	80	80	--	--
SU2061-BI-24	CAFÉ	100	80	90	--	--
SU2062-BI-24	CAFÉ	90	80	90	--	--
SU2063-BI-24	CAFÉ	100	80	90	--	--
SU2064-BI-24	CAFÉ	110	80	100	--	2,7

PLAN DE FERTILIZACION QUIMICA						
Primera Fertilización Kg/Ha - Siembra		Programa de Fertilización				
Urea		Siembra	Aporque			
Fosfato Diamonico		N				
Sulfato de Potasio		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>				
		K <sub>2</sub> O				
Segunda Fertilización Kg/Ha - Aporque		Fuente	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Azufre
Urea		Urea				

PLAN DE ABONO ORGANICO	
Abonamiento Kg/Ha - Siembra	

**COMENTARIOS:**

---



---



---



Firmado digitalmente por:  
 CABRERA HOYOS Hector  
 Antonio FAU 20131306904 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 14/10/2024 14:44:53-0600



Instituto Nacional de Innovación Agraria

## INFORME DE ENSAYO

### N° 100748 / FO / LABSAF - BAÑOS DEL INCA

#### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : PROYECTO YANAYACU  
Propietario / Productor : CENTRO EXPERIMENTAL YANAYACU  
Dirección del cliente : CARRETERA JAEN - SAN IGNACIO KM 27  
Solicitado por : CLIENTE  
Muestreado por : CLIENTE  
Número de muestra(s) : 27  
Producto declarado : Foliar  
Presentación de las muestras(s) : BOLSA DE PLÁSTICO  
Referencia del muestreo : RESERVADO POR EL CLIENTE  
Procedencia de muestra(s) : CHIRINOS/SAN IGNACIO/CAJAMARCA  
Fecha(s) de muestreo : 2024-07-22 (\*\*\*)  
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-09-03  
Lugar de ensayo : LABSAF BAÑOS DEL INCA  
Fecha(s) de análisis : Del 2024-09-04 al 2024-09-30  
Cotización del servicio : 380-24-BI  
Fecha de emisión : 2024-10-03

#### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	FO271-BI-24	FO272-BI-24	FO273-BI-24	FO274-BI-24	FO275-BI-24	FO276-BI-24		
Matriz Analizada	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar		
Fecha de Muestreo (***)	2024-07-22	2024-07-22	2024-07-22	2024-07-22	2024-07-22	2024-07-22		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:00	8:30	9:00	9:30	11:00	11:30		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	CCS - 01	CCS - 04	CCS - 10	CCS - 12	CCS - 01 - 05	CCS - 04 - 05		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg.g-1	0,10	18,8	18,9	20,8	21,2	19,5	14,7
Fósforo (P)	mg.kg-1	0,05	722,16	683,59	724,60	779,83	578,75	463,60
Potasio (K)	mg.kg-1	0,05	6.100,78	2.658,40	4.584,00	4.823,11	3.606,84	1.567,00

ITEM	7	8	9	10	11	12		
Código de Laboratorio	FO277-BI-24	FO278-BI-24	FO279-BI-24	FO280-BI-24	FO281-BI-24	FO282-BI-24		
Matriz Analizada	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar	Foliar		
Fecha de Muestreo (***)	2024-07-22	2024-07-22	2024-07-22	2024-07-23	2024-07-23	2024-07-23		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	12:00	12:20	12:50	8:00	8:30	9:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	CCS - 06 - 05	CCS - 09 - 05	CCS - 12 - 05	B - 01	B - 04	B - 10		
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>					
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg.g-1	0,10	21,0	31,9	26,1	13,6	10,6	15,6
Fósforo (P)	mg.kg-1	0,05	503,80	991,00	582,98	990,91	750,20	997,70
Potasio (K)	mg.kg-1	0,05	1.279,98	742,70	1.162,77	9.629,15	9.320,27	5.670,00



Firmado digitalmente por:  
CABRERA HOYOS Hector  
Antonio FAU 20131306904 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/10/2024 18:18:03-0500



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliar  
Acreditado con la Norma  
NTP-ISO/IEC 17025:2017

LABSAF (Nombre)  
Dirección: (Dirección del laboratorio)  
Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.05  
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

## INFORME DE ENSAYO

### N° 100748 / FO / LABSAF - BAÑOS DEL INCA

ITEM	13	14	15	16	17	18
Código de Laboratorio	FO283-BI-24	FO284-BI-24	FO285-BI-24	FO286-BI-24	FO287-BI-24	FO288-BI-24
Matriz Analizada	Foliare	Foliare	Foliare	Foliare	Foliare	Foliare
Fecha de Muestreo (***)	2024-07-23	2024-07-23	2024-07-23	2024-07-23	2024-07-23	2024-07-23
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:30	11:00	11:30	12:00	12:20	12:50
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	B - 12	B - 01 - 05	B - 04 - 06	B - 06 - 07	B - 09 - 08	B - 12 - 09
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>			
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg.g-1	0,10	17,8	18,8	16,1	16,0
Fósforo (P)	mg.kg-1	0,05	1.200,66	729,40	523,80	609,10
Potasio (K)	mg.kg-1	0,05	3.956,21	1.862,00	1.306,74	2.436,00

ITEM	19	20	21	22	23	24
Código de Laboratorio	FO289-BI-24	FO290-BI-24	FO291-BI-24	FO292-BI-24	FO293-BI-24	FO294-BI-24
Matriz Analizada	Foliare	Foliare	Foliare	Foliare	Foliare	Foliare
Fecha de Muestreo (***)	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:00	8:30	9:00	9:30	11:00	11:30
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	CSS - 01	CSS - 04	CSS - 10	CSS - 12	CSS - 01 - 05	CSS - 04 - 05
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>			
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg.g-1	0,10	22,3	19,7	23,4	19,7
Fósforo (P)	mg.kg-1	0,05	179,76	916,07	442,82	443,90
Potasio (K)	mg.kg-1	0,05	2.594,48	12.572,67	12.121,15	6.692,00

ITEM	25	26	27	-	-	-
Código de Laboratorio	FO295-BI-24	FO296-BI-24	FO297-BI-24	-	-	-
Matriz Analizada	Foliare	Foliare	Foliare	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2024-07-20	2024-07-20	2024-07-20	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	12:00	12:20	12:50	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	CSS - 06 - 05	CSS - 09 - 05	CSS - 12 - 05	-	-	-
<b>Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>LC</b>	<b>Resultados</b>			
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg.g-1	0,10	20,6	21,4	17,2	-
Fósforo (P)	mg.kg-1	0,05	535,50	410,25	421,15	-
Potasio (K)	mg.kg-1	0,05	1.940,00	1.668,00	2.421,55	-

### III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Humedad	Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos (FAO) 1993, Análisis proximales (Weende), Cap 3, Sec. 3.1, Humedad
Carbono orgánico Total	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de Diciembre 2002). ítem 7.1.7. AS-07 2002 Determinación de materia orgánica del suelo (AS-07 Método de Walkley y Black).
Metales en suelos por ICP-MS (Arsénico, Berilio, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cobre, Estroncio, Molibdeno, Níquel,	Metales MP-AES 4210 / Mexicana NOM-117-SSA1-1994/EPA 6010C./MET-UCCIRT/Res-22 SENASA
Nitrógeno Total Kjeldahl	ISO 11261:1995, First Edition 1995 Soil Quality - Determination of total nitrogen - Modified Kjeldahl method



**Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare**  
**Acreditado con la Norma**  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017**  
 LABSAF (Nombre)  
 Dirección: (Dirección del laboratorio)  
 Email: (correo de contacto del laboratorio)



Firmado digitalmente por:  
 CABRERA HOYOS Hector  
 Antonio FAU 20131385994 soft  
 Motivo: Soy el autor del documento  
 Fecha: 03/10/2024 16:18:41-0500  
 F-46 / Ver.05  
[www.inia.gob.pe](http://www.inia.gob.pe)



Instituto Nacional de Innovación Agraria

## INFORME DE ENSAYO

N° 100748 / FO / LABSAF - BAÑOS DEL INCA

### IV. CONSIDERACIONES

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA.

(\*\*) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

(\*\*\*) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

### V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Marieta Cervantes Peralta - Responsable del LABSAF - BAÑOS DEL INCA



Firmado digitalmente por:  
CABRERA HOYOS Hector  
Antonio FAU 20131386904 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 03/10/2024 18:20:00-0600

Firma

FIN DE INFORME DE ENSAYO



**Tabla 2**

*Datos recolectados de hojarasca presente en las tres parcelas (CSS, CCS, B)*

Código	Coordenadas		Fechas																	
			9 - ene - 2024			9-feb-2024			9-mar-2024			9-abril-2024			9-may-2024			9-jun-2024		
	X	Y	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)
CSS -01	7339382.759	9413788.5173	66	51	22,73	47	35	25,53	55	46	16,36	64	47,8	25,31	53	46,6	12,08	60	27,54	54,10
CSS -02	733974.1688	9413793.3301	71	53	25,35	39	29	25,64	61	49	19,67	53	38	28,30	59	46,9	20,51	89	52,57	40,93
CSS -03	733920.4372	9413764.3537	64	50	21,88	43	34	20,93	71	54	23,94	62,7	44,3	29,35	35	26,88	23,20	22	16,33	25,77
CSS -04	733956.4247	9413768.8843	70	51	27,14	55	43	21,82	51	45	11,76	47	33	29,79	49	37,52	23,43	31	18,79	39,39
CSS -05	733993.7846	9413774.0838	63	50	20,63	47	38	19,15	48	39	18,75	44	31,5	28,41	51	39,77	22,02	68	40,16	40,94
CSS -06	733938.5710	9413744.4969	79	55	30,38	51	44	13,73	36	31	13,89	49,3	36	26,98	33	25,07	24,03	34	18,27	46,26
CSS -07	733974.6406	9413749.2563	87	63	27,59	35	24	31,43	47	38	19,15	51	37,9	25,69	31	26,24	15,35	24	16,71	30,38
CSS -08	733920.8960	9413720.2712	75	53	29,33	52	33	36,54	40	34	15,00	47	30,4	35,32	22	17,78	19,18	38	23,42	38,37
CSS -09	733956.7987	9413724.9252	83	59	28,92	36	21	41,67	44	36	18,18	66	50	24,24	27	20,22	25,11	29	24,51	15,48
CSS -10	733995.5455	9413730.4472	40	30	25,00	32	22	31,25	54	46	14,81	60,1	46	23,46	15	11,44	23,73	37	22,16	40,11
CSS -11	733939.2415	9413701.7044	80	58	27,50	44	31	29,55	36	32	11,11	43	31	27,91	25	18,57	25,72	24	13,55	43,54
CSS -12	733975.1930	9413707.0082	80	60	25,00	57	37	35,09	41	33	19,51	52	45	13,46	29	22,55	22,24	26	19,48	25,08
<b>CSS</b>	<b>Promedio</b>		<b>71,50</b>	<b>52,75</b>	<b>0,26</b>	<b>44,83</b>	<b>32,58</b>	<b>27,69</b>	<b>48,67</b>	<b>40,25</b>	<b>0,17</b>	<b>53,26</b>	<b>39,24</b>	<b>0,27</b>	<b>35,75</b>	<b>28,30</b>	<b>0,21</b>	<b>40,17</b>	<b>24,46</b>	<b>0,37</b>
	<b>Desviación estándar</b>		<b>12,57</b>	<b>8,36</b>	<b>0,03</b>	<b>8,13</b>	<b>7,57</b>	<b>8,06</b>	<b>10,46</b>	<b>7,53</b>	<b>0,04</b>	<b>8,01</b>	<b>7,09</b>	<b>0,05</b>	<b>13,93</b>	<b>11,69</b>	<b>0,04</b>	<b>21,04</b>	<b>11,25</b>	<b>0,11</b>
CCS-01	734145.2076	9413540.3597	126	76	39,68	80	52	35,00	77	58	24,68	81,4	71	12,78	79	62,66	20,68	56	33,32	40,50
CCS-02	734172.3120	9413552.2856	106	59	44,34	75	49	34,67	83	61	26,51	94	73	22,34	99	60,24	39,15	41,5	29,47	28,99
CCS-03	734161.1489	9413522.9505	129	76	41,09	65	49	24,62	66	52	21,21	72	59	18,06	50	39,35	21,30	42,04	12,54	70,17
CCS-04	734188.4376	9413534.8933	110	67	39,09	62	48	22,58	74	57	22,97	75	61	18,67	115	76,59	33,40	34	23,59	30,62
CCS-05	734215.5112	9413546.7423	218	135	38,07	78	54	30,77	105	86	18,10	122	91	25,41	149	119,6	19,73	71	56,82	19,97
CCS-06	734204.6055	9413517.4555	170	117	31,18	65	51	21,54	125	83	33,60	134,7	100,3	25,54	96	59,98	37,52	30	14,16	52,80
CCS-07	734231.1454	9413529.4532	122	80	34,43	69	52	24,64	76	58	23,68	88	63	28,41	67	56,48	15,70	66,8	22,03	67,02
CCS-08	734220.2070	9413500.0893	108	73	32,41	61	48	21,31	88	72	18,18	89	65	26,97	97	71,79	25,99	53	30,82	41,85

CCS-09	734247.1616	9413512.0744	88	64	27,27	60	48	20,00	68	59	13,24	76	56	26,32	90	68,38	24,02	77	51,35	33,31
CCS-10	734274.5693	9413523.8811	125	74	40,80	66	45	31,82	85	51	40,00	96	84	12,50	89	73,2	17,75	37	27,39	25,97
CCS-11	734263.3237	9413494.6373	124	82	33,87	68	50	26,47	81	54	33,33	90,2	77,3	14,30	84	67,55	19,58	96	37,36	61,08
CCS-12	734290.4280	9413506.5632	100	75	25,00	68	51	25,00	70	55	21,43	84	62,7	25,36	89	73,52	17,39	34	23,54	30,76
<b>CCS</b>	<b>Promedio</b>		<b>127,17</b>	<b>81,50</b>	<b>0,36</b>	<b>68,08</b>	<b>49,75</b>	<b>26,53</b>	<b>83,17</b>	<b>62,17</b>	<b>0,25</b>	<b>91,86</b>	<b>71,94</b>	<b>0,21</b>	<b>92,00</b>	<b>69,11</b>	<b>0,24</b>	<b>53,20</b>	<b>30,20</b>	<b>0,42</b>
<b>Desviación estándar</b>			<b>35,05</b>	<b>22,11</b>	<b>0,06</b>	<b>6,50</b>	<b>2,42</b>	<b>5,26</b>	<b>16,87</b>	<b>11,75</b>	<b>0,08</b>	<b>18,81</b>	<b>13,81</b>	<b>0,06</b>	<b>24,33</b>	<b>18,83</b>	<b>0,08</b>	<b>20,69</b>	<b>13,31</b>	<b>0,17</b>
B-01	734127.4966	9413635.7248	67	51	23,88	56	44	21,43	65	56	13,85	99	77,3	21,92	106	60,73	42,71	260	129,82	50,07
B-02	734132.9488	9413672.7286	98	65	33,67	63	50	20,63	73	61	16,44	87	63	27,59	74	58,02	21,59	115	54,62	52,50
B-03	734136.7711	9413606.6930	82	60	26,83	60	46	23,33	71	59	16,90	71	56	21,13	68	55,1	18,97	150	38,62	74,25
B-04	734152.2233	9413643.6968	119	59	50,42	61	49	19,67	86	66	23,26	93	71	23,66	85	56,05	34,06	155	62,84	59,46
B-05	734167.5698	9413680.6666	107	53	50,47	65	50	23,08	77	56	27,27	64	47,9	25,16	88	67,06	23,80	320	147,39	53,94
B-06	734161.4978	9413614.6651	89	50	43,82	70	57	18,57	75	55	26,67	79	61	22,78	106	79,21	25,27	133,5	63,88	52,15
B-07	734176.9500	9413651.6689	95	62	34,74	56	44	21,43	89	62	30,34	84,6	63	25,53	86	69,09	19,66	236	103,41	56,18
B-08	734170.9634	9413585.6949	168	71	57,74	96	63	34,38	98	66	32,65	127,2	87,2	31,45	137	92	32,85	365	140,66	61,46
B-09	734186.2245	9413622.6371	50	31	38,00	61	48	21,31	59	49	16,95	81	59	27,16	63	48,95	22,30	166	63,84	61,54
B-10	734201.6269	9413659.5596	88	56	36,36	62	50	19,35	67	52	22,39	78	57	26,92	98	56,8	42,04	114	22,38	80,37
B-11	734195.4990	9413593.6053	83	52	37,35	54	41	24,07	68	58	14,71	105	75	28,57	70	57,26	18,20	112	24,21	78,38
B-12	734210.9512	9413630.6092	96	50	47,92	62	50	19,35	88	62	29,55	78	58	25,64	83	62	25,30	270	113,83	57,84
<b>B</b>	<b>Promedio</b>		<b>95,17</b>	<b>55,00</b>	<b>0,40</b>	<b>63,83</b>	<b>49,33</b>	<b>22,22</b>	<b>76,33</b>	<b>58,50</b>	<b>22,58</b>	<b>87,23</b>	<b>64,62</b>	<b>25,63</b>	<b>88,67</b>	<b>63,52</b>	<b>27,23</b>	<b>199,71</b>	<b>80,46</b>	<b>61,51</b>
<b>Desviación estándar</b>			<b>29,02</b>	<b>10,01</b>	<b>0,10</b>	<b>11,00</b>	<b>5,93</b>	<b>4,20</b>	<b>11,63</b>	<b>5,23</b>	<b>6,67</b>	<b>16,98</b>	<b>10,97</b>	<b>2,96</b>	<b>20,73</b>	<b>11,93</b>	<b>8,63</b>	<b>87,33</b>	<b>44,72</b>	<b>10,47</b>

**Tabla 3***Datos recolectados de bolsa de descomposición de café sin sombra (CSS)*

Código	Coordenada		Fechas															
			13/01/24			13/02/24			13/03/24			13/04/24			13/05/24			13/06/24
	X	Y	Peso inicial (g)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)
CSS-01-01	733938.2759	9413788.5173	10	13	9	30,8												
CSS-01-02	733938.2759	9413788.5173	10				17	8	52,9									
CSS-01-03	733938.2759	9413788.5173	10							9	7,07	21,4						
CSS-01-04	733938.2759	9413788.5173	10										13	7,51	42,2			
CSS-01-05	733938.2759	9413788.5173	10													9	6,42	28,7
CSS-02-01	733974.1688	9413793.3301	10	15	10	33,3												
CSS-02-02	733974.1688	9413793.3301	10				12	8	33,3									
CSS-02-03	733974.1688	9413793.3301	10							11	8,92	18,9						
CSS-02-04	733974.1688	9413793.3301	10										12	8,12	32,3			
CSS-02-05	733974.1688	9413793.3301	10													20	8,36	58,2
CSS-03-01	733920.4372	9413764.3537	10	14	9	35,7												
CSS-03-02	733920.4372	9413764.3537	10				10	8	20,0									
CSS-03-03	733920.4372	9413764.3537	10							9	8,47	5,9						
CSS-03-04	733920.4372	9413764.3537	10										8,46	6,75	20,2			
CSS-03-05	733920.4372	9413764.3537	10													19	9,32	50,9
CSS-04-01	733956.4247	9413768.8843	10	15	9	40,0												
CSS-04-02	733956.4247	9413768.8843	10				19	9	52,6									
CSS-04-03	733956.4247	9413768.8843	10							9	8,03	10,8						
CSS-04-04	733956.4247	9413768.8843	10										9	7,93	11,9			
CSS-04-05	733956.4247	9413768.8843	10													9	6,2	31,1
CSS-05-01	733993.7846	9413774.0838	10	15	10	33,3												
CSS-05-02	733993.7846	9413774.0838	10				20	9	55,0									
CSS-05-03	733993.7846	9413774.0838	10							14,43	8,03	44,4						
CSS-05-04	733993.7846	9413774.0838	10										9	8,16	9,3			
CSS-05-05	733993.7846	9413774.0838	10													8	6,56	18,0
CSS-06-01	733938.5710	9413744.4969	10	16	9	43,8												
CSS-06-02	733938.5710	9413744.4969	10				12	8	33,3									
CSS-06-03	733938.5710	9413744.4969	10							10	7,79	22,1						
CSS-06-04	733938.5710	9413744.4969	10										9	8,2	8,9			
CSS-06-05	733938.5710	9413744.4969	10													9	8,11	9,9
CSS-07-01	733974.6406	9413749.2563	10	13	9	30,8												
CSS-07-02	733974.6406	9413749.2563	10				15	9	40,0									
CSS-07-03	733974.6406	9413749.2563	10							12,34	8,34	32,4						

CSS-07-04	733974.6406	9413749.2563	10									10	8,56	14,4				
CSS-07-05	733974.6406	9413749.2563	10												17	8,87	47,8	
CSS-08-01	733920.8960	9413720.2712	10	21	9	57,1												
CSS-08-02	733920.8960	9413720.2712	10				16	8	50,0									
CSS-08-03	733920.8960	9413720.2712	10							10	8,58	14,2						
CSS-08-04	733920.8960	9413720.2712	10									11	8,2	25,5				
CSS-08-05	733920.8960	9413720.2712	10												11	5,33	51,5	
CSS-09-01	733956.7987	9413724.9252	10	19	9	52,6												
CSS-09-02	733956.7987	9413724.9252	10				15	9	40,0									
CSS-09-03	733956.7987	9413724.9252	10							10	8,21	17,9						
CSS-09-04	733956.7987	9413724.9252	10									10	8,07	19,3				
CSS-09-05	733956.7987	9413724.9252	10												10	7,85	21,5	
CSS-11-01	733939.2415	9413701.7044	10	13	9	30,8												
CSS-11-02	733939.2415	9413701.7044	10				16	8	50,0									
CSS-11-03	733939.2415	9413701.7044	10							13	8,15	37,3						
CSS-11-04	733939.2415	9413701.7044	10									8	6,56	18,0				
CSS-11-05	733939.2415	9413701.7044	10												13	7,4	43,1	
CSS-12-01	733975.1930	9413707.0082	10	10	8	20,0												
CSS-12-02	733975.1930	9413707.0082	10				12	8	33,3									
CSS-12-03	733975.1930	9413707.0082	10							11	8,52	22,5						
CSS-12-04	733975.1930	9413707.0082	10									9	7,7	14,4				
CSS-12-05	733975.1930	9413707.0082	10												20	8,68	56,6	
<b>CSS</b>			<b>10</b>	<b>14,90909</b>	<b>9,090909</b>	<b>37,1%</b>	<b>14,90909</b>	<b>8,363636</b>	<b>41,9%</b>	<b>10,79727</b>	<b>8,191818</b>	<b>22,5%</b>	<b>9,86</b>	<b>7,796363</b>	<b>19,7%</b>	<b>13,1818182</b>	<b>7,554545</b>	<b>37,9%</b>

**Tabla 4**

*Datos recolectados de bolsa de descomposición de café con sombra (CCS)*

Código	Coordenada		Fechas															
			13/01/24	13/02/24			13/03/24			13/04/24			13/05/24			13/06/24		
	X	Y	Peso inicial (g)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)
CCS-01-01	734145.2076	9413540.3597	10	14	8	42,9%												
CCS-01-02	734145.2076	9413540.3597	10				20	9	55,0%									
CCS-01-03	734145.2076	9413540.3597	10							12	7,95	33,8%						
CCS-01-04	734145.2076	9413540.3597	10										10	7,89	21,1%			
CCS-01-05	734145.2076	9413540.3597	10													11	7,99	27,4%
CCS-02-01	734172.3120	9413552.2856	10	17	8	52,9%												
CCS-02-02	734172.3120	9413552.2856	10				18	8	55,6%									
CCS-02-03	734172.3120	9413552.2856	10							12	8,35	30,4%						
CCS-02-04	734172.3120	9413552.2856	10										18	7,5	58,3%			
CCS-02-05	734172.3120	9413552.2856	10													20	8,26	58,7%
CCS-03-01	734161.1489	9413522.9505	10	14	9	35,7%												
CCS-03-02	734161.1489	9413522.9505	10				13	9	30,8%									
CCS-03-03	734161.1489	9413522.9505	10							12	9,31	22,4%						
CCS-03-04	734161.1489	9413522.9505	10										20	5,99	70,1%			
CCS-03-05	734161.1489	9413522.9505	10													24	8,54	64,4%
CCS-04-01	734188.4376	9413534.8933	10	13	9	30,8%												
CCS-04-02	734188.4376	9413534.8933	10				22	8	63,6%									
CCS-04-03	734188.4376	9413534.8933	10							13	8,58	34,0%						
CCS-04-04	734188.4376	9413534.8933	10										13	9,01	30,7%			
CCS-04-05	734188.4376	9413534.8933	10													18	7,37	59,1%
CCS-05-01	734215.5112	9413546.7423	10	17	10	41,2%												
CCS-05-02	734215.5112	9413546.7423	10				12	10	16,7%									
CCS-05-03	734215.5112	9413546.7423	10							12	9,74	18,8%						
CCS-05-04	734215.5112	9413546.7423	10										12	8,44	29,7%			
CCS-05-05	734215.5112	9413546.7423	10													12	9,34	22,2%
CCS-06-01	734204.6055	9413517.4555	10	15	10	33,3%												
CCS-06-02	734204.6055	9413517.4555	10				21	9	57,1%									
CCS-06-03	734204.6055	9413517.4555	10							14	8,87	36,6%						
CCS-06-04	734204.6055	9413517.4555	10										19	9,16	51,8%			
CCS-06-05	734204.6055	9413517.4555	10													15	8,57	42,9%
CCS-07-01	734231.1454	9413529.4532	10	14	9	35,7%												

CCS-07-02	734231.1454	9413529.4532	10				17	9	47,1%									
CCS-07-03	734231.1454	9413529.4532	10							15	8,72	41,9%						
CCS-07-04	734231.1454	9413529.4532	10										12	9,38	21,8%			
CCS-07-05	734231.1454	9413529.4532	10													11	8,42	23,5%
CCS-08-01	734220.2070	9413500.0893	10	13	9	30,8%												
CCS-08-02	734220.2070	9413500.0893	10				23	9	60,9%									
CCS-08-03	734220.2070	9413500.0893	10							12	7,18	40,2%						
CCS-08-04	734220.2070	9413500.0893	10										11	7,79	29,2%			
CCS-08-05	734220.2070	9413500.0893	10													17	7,36	56,7%
CCS-09-01	734247.1616	9413512.0744	10	15	8	46,7%												
CCS-09-02	734247.1616	9413512.0744	10				19	8	57,9%									
CCS-09-03	734247.1616	9413512.0744	10							13	7,97	38,7%						
CCS-09-04	734247.1616	9413512.0744	10										10	6,4	36,0%			
CCS-09-05	734247.1616	9413512.0744	10													20	6,42	67,9%
CCS-10-01	734274.5693	9413523.8811	10	16	9	43,8%												
CCS-10-02	734274.5693	9413523.8811	10				12	8	33,3%									
CCS-10-03	734274.5693	9413523.8811	10							14	9,38	33,0%						
CCS-10-04	734274.5693	9413523.8811	10										18	9	50,0%			
CCS-10-05	734274.5693	9413523.8811	10													12	8,28	31,0%
CCS-11-01	734263.3237	9413494.6373	10	15	9	40,0%												
CCS-11-02	734263.3237	9413494.6373	10				14	8	42,9%									
CCS-11-03	734263.3237	9413494.6373	10							13	7,63	41,3%						
CCS-11-04	734263.3237	9413494.6373	10										15	8,56	42,9%			
CCS-11-05	734263.3237	9413494.6373	10													13	7,72	40,6%
CCS-12-01	734290.4280	9413506.5632	10	17	9	47,1%												
CCS-12-02	734290.4280	9413506.5632	10				16	9	43,8%									
CCS-12-03	734290.4280	9413506.5632	10							17	7,71	54,6%						
CCS-12-04	734290.4280	9413506.5632	10										10	7,95	20,5%			
CCS-12-05	734290.4280	9413506.5632	10													11	7,33	33,4%
<b>CCS</b>					<b>10</b>	<b>15</b>	<b>8,91666667</b>	<b>40,1%</b>	<b>17,25</b>	<b>8,66666667</b>	<b>47,0%</b>	<b>13,25</b>	<b>8,44916667</b>	<b>35,5%</b>	<b>14</b>	<b>8,08916667</b>	<b>38,5%</b>	<b>15,33333333</b>

**Tabla 5***Datos recolectados de bolsa de descomposición de bosque natural (BN)*

Código	Coordenada		Fechas																
	X	Y	13/01/24	13/02/24			13/03/24			13/04/24			13/05/24			13/06/24			
			Peso inicial (g)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Humedad (%)	
B-01-01	734127.4966	9413635.7248	10	36	8	77,8%													
B-01-02	734127.4966	9413635.7248	10				28	6	78,6%										
B-01-03	734127.4966	9413635.7248	10							14	7,08	49,4%							
B-01-04	734127.4966	9413635.7248	10										23	7,43	67,7%				
B-01-05	734127.4966	9413635.7248	10													20	6,44	67,8%	
B-02-01	734132.9488	9413672.7286	10	24	9	62,5%													
B-02-02	734132.9488	9413672.7286	10				19	8	57,9%										
B-02-03	734132.9488	9413672.7286	10							13	7,94	38,9%							
B-02-04	734132.9488	9413672.7286	10										20	7,96	60,2%				
B-02-05	734132.9488	9413672.7286	10													33	7,4	77,6%	
B-03-01	734136.7711	9413606.6930	10	28	9	67,9%													
B-03-02	734136.7711	9413606.6930	10				22	9	59,1%										
B-03-03	734136.7711	9413606.6930	10							13	7,88	39,4%							
B-03-04	734136.7711	9413606.6930	10										18	8	55,6%				
B-03-05	734136.7711	9413606.6930	10													13	8,08	37,8%	
B-04-01	734152.2233	9413643.6968	10	27	8	70,4%													
B-04-02	734152.2233	9413643.6968	10				24	10	58,3%										
B-04-03	734152.2233	9413643.6968	10							18	7,16	60,2%							
B-04-04	734152.2233	9413643.6968	10										18	6,53	63,7%				
B-04-05	734152.2233	9413643.6968	10													14	7,32	47,7%	
B-05-01	734167.5698	9413680.6666	10	43	8	81,4%													
B-05-02	734167.5698	9413680.6666	10				21	7	66,7%										
B-05-03	734167.5698	9413680.6666	10							12	7,1	40,8%							
B-05-04	734167.5698	9413680.6666	10										15	6,72	55,2%				
B-05-05	734167.5698	9413680.6666	10													15	5,56	62,9%	
B-06-01	734161.4978	9413614.6651	10	27	8	70,4%													
B-06-02	734161.4978	9413614.6651	10				31	7	77,4%										
B-06-03	734161.4978	9413614.6651	10							16	6,63	58,6%							
B-06-04	734161.4978	9413614.6651	10										23	6,15	73,3%				
B-06-05	734161.4978	9413614.6651	10													28	6,42	77,1%	
B-07-01	734176.9500	9413651.6689	10	31	9	71,0%													
B-07-02	734176.9500	9413651.6689	10				32	9	71,9%										
B-07-03	734176.9500	9413651.6689	10							17	7,43	56,3%							

B-07-04	734176.9500	9413651.6689	10										20	7,4	63,0%			
B-07-05	734176.9500	9413651.6689	10													21	7,08	66,3%
B-08-01	734170.9634	9413585.6949	10	63	8	87,3%												
B-08-02	734170.9634	9413585.6949	10				43	8	81,4%									
B-08-03	734170.9634	9413585.6949	10							36	6,46	82,1%						
B-08-04	734170.9634	9413585.6949	10										21	5,75	72,6%			
B-08-05	734170.9634	9413585.6949	10													39	5,59	85,7%
B-10-01	734201.6269	9413659.5596	10	29	9	69,0%												
B-10-02	734201.6269	9413659.5596	10				32	10	68,8%									
B-10-03	734201.6269	9413659.5596	10							14	8,29	40,8%						
B-10-04	734201.6269	9413659.5596	10										14	8,15	41,8%			
B-10-05	734201.6269	9413659.5596	10													11	8,62	21,6%
B-11-01	734195.4990	9413593.6053	10	15	8	46,7%												
B-11-02	734195.4990	9413593.6053	10				25	9	64,0%									
B-11-03	734195.4990	9413593.6053	10							17	7,27	57,2%						
B-11-04	734195.4990	9413593.6053	10										12	4,61	61,6%			
B-11-05	734195.4990	9413593.6053	10													14	7,65	45,4%
B-12-01	734210.9512	9413630.6092	10	35	8	77,1%												
B-12-02	734210.9512	9413630.6092	10				26	7	73,1%									
B-12-03	734210.9512	9413630.6092	10							12	6,71	44,1%						
B-12-04	734210.9512	9413630.6092	10										17	5,13	69,8%			
B-12-05	734210.9512	9413630.6092	10													24	6,63	72,4%
<b>B</b>			<b>10</b>	<b>32,54545</b> <b>45</b>	<b>8,363</b> <b>6363</b> <b>6</b>	<b>71,0%</b>	<b>27,545454</b> <b>5</b>	<b>8,181818</b> <b>18</b>	<b>68,8%</b>	<b>16,54545</b> <b>45</b>	<b>7,268181</b> <b>82</b>	<b>51,6%</b>	<b>18,27272</b> <b>73</b>	<b>6,711818</b> <b>18</b>	<b>62,2%</b>	<b>21,0909091</b>	<b>6,980909</b> <b>09</b>	<b>60,2%</b>