

# UCUENCA

## Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Agronomía

### **Caracterización de horizontes orgánicos en cuatro tipos de cobertura vegetal en una zona de la parte alta de Nero**

Trabajo de titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniero  
Agrónomo

**Autores:**

Nathaly Johanna Guamán Medina  
Katherine Alexandra Urgiles Duta

**Director:**

Raúl Alejandro Vanegas Cabrera  
ORCID:  0000-0002-7415-5481

**Cuenca, Ecuador**

2024-08-06

## Resumen

Las coberturas vegetales como bosques naturales, bosques exóticos y pajonales han enfrentado una intensa presión humana debido a la creciente demanda de servicios agrícolas y ganaderos causando degradación y cambios en la cobertura vegetal. Esta actividad antropogénica afecta una amplia gama de procesos ecológicos y biofísicos. La importancia de los bosques naturales reside en que los árboles proporcionan materia orgánica, lo que resulta fundamental para mantener la salud del suelo y la biodiversidad asociada. Este estudio fue realizado en el bosque protector Sunsun Yanasacha, entre las parroquias Baños y Victoria del Portete en la zona alta de Nero, en la provincia del Azuay. Se evaluaron las propiedades físico, químicas y caracterización del horizonte orgánico en cuatro tipos de coberturas vegetales: bosque natural, bosque de pino, pajonal y pastos. Mediante un muestreo aleatorio se obtuvieron las muestras de suelo para posteriormente realizar los análisis correspondientes en laboratorio. En los suelos de los bosques de pino es común encontrar horizontes Oe, en donde el espesor es mayor, mientras que el bosque nativo su espesor es mayor en el horizonte Oa en relación a las demás coberturas. Se encontraron diferencias significativas en la variable pH del horizonte O donde el rango variaba 3 a 6 en las diferentes coberturas vegetales. La caracterización de horizontes orgánicos revela una variabilidad significativa en las propiedades químicas de las coberturas vegetales, influenciada por factores como vegetación, clima y altitud.

*Palabras clave del autor:* Horizonte O, cambio de cobertura, mantillo, suelo



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

Vegetation cover such as natural forests, exotic forests, and grasslands have faced intense human pressure due to the growing demand for agricultural and livestock services, causing degradation and changes in vegetation cover. This anthropogenic activity affects a wide range of ecological and biophysical processes. The importance of natural forests lies in the fact that trees provide organic matter, which is essential for maintaining soil health and associated biodiversity. This study was conducted in the Sunsun Yanasacha protective forest, between the Baños and Victoria del Portete parishes in the highlands of Nero, Azuay province. The physical and chemical properties and characterization of the organic horizon were evaluated in four types of vegetation cover: natural forest, pine forest, grassland and pasture. Soil samples were obtained by random sampling for subsequent laboratory analysis. In the soils of pine forests, it is common to find Oe horizons, where the thickness is greater, while the native forest has a greater thickness in the Oa horizon in relation to the other coverages. Significant differences were found in the pH variable of the O horizon, where the range varied from 3 to 6 in the different vegetation covers. The characterization of organic horizons reveals a significant variability in the chemical properties of vegetation cover, influenced by factors such as vegetation, climate and altitude.

*Author Keywords:* O horizon, cover change, mulching, soil



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

Resumen .....	2
Abstract .....	3
Índice de contenido .....	4
Índice de figuras .....	6
Dedicatorias.....	9
Agradecimientos.....	10
Introducción .....	11
1.    Objetivos.....	12
1.1.    Objetivo general.....	12
1.2.    Objetivos específicos .....	12
2.    Revisión bibliográfica .....	12
2.1.    Bosque Protector Sun Sun Yanasacha .....	12
2.2.    Proyecto Nero .....	13
2.3.    Interrelación entre la Cobertura Vegetal, el Suelo y la Materia Orgánica .....	13
2.3.1.    Bosque Natural .....	13
2.3.3.    Importancia y Vulnerabilidad de los Pajonales de Páramo .....	14
2.3.4.    Cobertura de Pastos.....	15
2.4.    Cambio de la cobertura vegetal .....	15
2.5.    Importancia de la materia orgánica en ecosistemas tropicales .....	16
2.6.    Características del Horizonte Orgánico en Suelos Forestales .....	16
3.    Materiales y métodos .....	17
3.1.    Área de Estudio .....	17
3.2.    Materiales .....	18
3.3.    Metodología para el objetivo 1 .....	19
3.4.    Metodología para el objetivo 2.....	20
4.    Diseño Experimental .....	21
5.    Análisis estadístico .....	21
6.    Resultados .....	21
7.    Discusión.....	32
7.1.    Influencia de la cobertura vegetal en las características del suelo.....	32

# UCUENCA

	5
7.2 Efecto de la vegetación en las propiedades del suelo .....	34
8. Conclusión .....	36
9. Recomendaciones .....	37
10. Referencias .....	38
Anexos.....	44

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> . Área de estudio ubicado en el Cantón Cuenca, parroquia Nero con sus respectivas coberturas vegetales Bosque Natural (BN), Bosque de Pino (BP), Pajonal (PA) y Pastos (PO).....	18
<b>Figura 2</b> . Metodología para recolección de muestras de horizontes orgánicos .....	19
<b>Figura 3</b> . Representación gráfica de colores (a) y perfil de los horizontes orgánicos (b) de la cobertura de Bosque Natural.....	22
<b>Figura 4</b> . Representación gráfica de colores (a) y perfil de los horizontes orgánicos (b) de la cobertura de Pajonal.....	24
<b>Figura 5</b> . Representación gráfica horizontes y sus de colores (a) y perfil de los horizontes orgánicos (b) de la cobertura de pastos .....	25
<b>Figura 6</b> . Caracterización por color (a) y perfiles de los horizontes orgánicos (b) del Bosque de Pino .....	26
<b>Figura 7</b> . Gráfico de barras para los análisis químicos de los horizontes orgánicos pH (a), CE (b) y MO (c) con respecto a las coberturas vegetales de Bosque natural, Bosque de pino y Pajonal.....	29
<b>Figura 8</b> . Gráfico para el análisis de medias de la variable pH en relación con las diferentes coberturas y horizontes .....	31
<b>Figura 9</b> . Gráfico para el análisis de medias de la variable CE en relación con las diferentes coberturas y horizontes .....	31
<b>Figura 10</b> . Gráfico para el análisis de medias de la variable %MO en relación con las diferentes coberturas y horizontes .....	32

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Materiales utilizados en el estudio .....	18
<b>Tabla 2.</b> Promedio de espesor de los horizontes orgánicos (cm) .....	27
<b>Tabla 3.</b> Datos obtenidos de Promedio, Desviación estándar (D.E), mediana, máximos (Máx), mínimos (Min) y Coeficiente de Variación (CV), de los horizontes orgánicos de cada una de las coberturas en la zona del bosque Protector Sunsun Yanasacha .....	28
<b>Tabla 4.</b> Prueba de Shapiro-Wilk, para cada una de las variables en relación a las coberturas .....	30
<b>Tabla 5.</b> Anova para las variables en relación a las coberturas .....	30
<b>Tabla 6.</b> Prueba no paramétrica mediante el test Kruskal – Wallis de CE en relación a las coberturas y horizontes .....	30

## Abreviaturas y Simbologías

**BN:** Bosque natural

**PO:** Pastos

**PA:** Pajonal

**BP:** Bosque de Pino

**CE:** Conductividad Eléctrica

**MO:** Materia Orgánica

**g:** Gramo

**m:** metro

**cm:** centímetro

**m s.n.m:** metros sobre el nivel del mar

**CO<sub>2</sub>:** dióxido de carbono

**mS/cm:** milisiemens por centímetro

**°C:** grados Celsius

**µm:** micrómetro

**ml:** mililitro

**DCA:** diseño completamente al azar

## Dedicatorias

Dedico este trabajo a mi abuela María Coello y a mi madre Norma Duta, quienes con su sabiduría y paciencia me han guiado a lo largo de mi niñez y me han enseñado valores fundamentales como la importancia de la familia, el respeto y la honestidad. Su amor incondicional y apoyo inquebrantable han sido pilares fundamentales en mi camino hacia el éxito académico y personal.

A una amiga muy especial Jannina Illescas quien me ha brindado una linda amistad, me ha apoyado y animado a lo largo de la carrera.

**Katherine Urgiles**

Dedico a mi mamá María Medina y papá Ariolfo Guamán, a mis hermanos Marco, Elena, Andrea y William, mi sobrino Liam quienes me han sabido apoyar emocionalmente con sus consejos para cumplir con todos mis propósitos.

A una persona muy especial Daniel Melgar quien en el transcurso de esta etapa me ha dado todos los ánimos, motivación y su apoyo incondicional.

A las chicas poderosas quienes me han brindado años de amistad y con quienes he compartido este largo camino de la carrera.

**Nathaly Guamán**

## Agradecimientos

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por guiarnos en este largo camino de formación profesional y darnos fortaleza para alcanzar nuestras metas soñadas.

Nos gustaría expresar nuestro sincero agradecimiento a nuestros asesores Ingeniero Pablo Borja e Ingeniero Raúl Vanegas, por su orientación experta a lo largo de todo el proceso de investigación. Su sabiduría y dedicación fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

También queremos agradecer a la Ingeniera Michelle Cherrez quien inicialmente nos ha apoyado con sus conocimientos y su contribución en el desarrollo de esta tesis. A la Ingeniera Amanda Suqui, por facilitarnos los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de nuestra tesis.

**Nathaly Guamán y Katherine Urgiles**

## Introducción

El Bosque Protector Sun Sun Yanasacha se encuentra localizado en la parroquia de Nero (provincia del Azuay) y fue creado para generar un programa agroforestal y conservación de recursos naturales, buscando garantizar rendimientos agrícolas permanentes mejorando la calidad, cantidad de agua y vegetación, así como lograr el desarrollo sustentable y sostenido del área protegida (Calderón & Ramón, 2018).

Desde el año 1946 en Ecuador, los bosques se encuentran sometidos a una fuerte presión humana debido a la creciente demanda de servicios agrícolas y ganaderos lo que produce degradación y cambios de bosques a formas insostenibles de uso de la tierra (FAO, 2003, como se citó en Maza, 2009). La actividad humana también afecta ampliamente los procesos de ciclaje de nutrientes alterando la diversidad de la fauna del suelo, en Suramérica en el último siglo se reemplazaron bosques nativos por la plantación extensiva de especies exóticas, como pino y eucalipto (Granda, 2006). Las alteraciones físicas del suelo en plantaciones de pino conllevan a una baja retención de calor y una máxima evapotranspiración, afectando la dinámica hídrica a nivel regional (León et al., 2010).

El cambio de la cobertura vegetal afecta muchos procesos ecológicos y biofísicos, tales como la estructura trófica y la estabilidad hídrica, debido a lo último se verían afectados los procesos de regulación del ciclo hidrológico. Mazza (2023), reporta que la microcuenca del río Zhucay no cuenta con el caudal suficiente, por lo que se especula que esta consecuencia se debe a los cambios o alteraciones en las diferentes coberturas vegetales.

Las cubiertas vegetales son de gran importancia ya que, de los bosques, los árboles proveen hojas, troncos y raíces por lo que podemos encontrar materia orgánica. Gracias a la descomposición todos los restos ya antes mencionados se transforman en humus, para posteriormente desaparecer y transformarse en elementos minerales, CO<sub>2</sub> y agua (Alvarado, 2004, como se citó en Maza, 2009).

Los flujos hidrológicos regulados por los páramos son debido a sus suelos profundos con excelente estructura y altas concentraciones de materia orgánica. En ellos se pueden almacenar grandes cantidades de agua que son liberadas lentamente a los arroyos (Suárez et al., 2013). Existen estudios que han encontrado que la disminución del funcionamiento hidrológico en los ecosistemas de páramo está asociada con pérdidas en el contenido de materia orgánica del suelo, perdiendo su capacidad de retención y movimiento del agua (Suárez et al., 2013).

La materia orgánica del suelo contiene la mayor parte de los nutrientes disponibles para las plantas (Wilcke et al., 2002). Además, se considera clave los usos de la tierra ya que ayuda

en la calidad física, química y biológica de sus suelos al modificar propiedades como estructura y estabilidad de los agregados, porosidad y aireación, disponibilidad de agua, ciclo de elementos, actividad microbiana, etc (Pulido et al., 2013). También es sabido que la cubierta vegetal aumenta los aportes de materia orgánica, carbono orgánico y nutrientes en el suelo (Pulido et al., 2013). Es, por ende, la importancia de caracterizar horizontes orgánicos en diferentes coberturas vegetales ya que de acuerdo a los resultados se considera la conservación de las mismas.

El presente estudio busca mantener las áreas de vegetación, con la caracterización y el análisis del efecto de las diferentes coberturas vegetales, sobre algunas propiedades químicas de los horizontes. Además, la investigación beneficiará directamente a la Universidad de Cuenca y comunidades cercanas a la parroquia Nero.

## 1. Objetivos

### 1.1. Objetivo general

Caracterizar los horizontes orgánicos en cuatro tipos de coberturas vegetales en la parte alta de Nero.

### 1.2. Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar los horizontes orgánicos en los perfiles de suelo en cuatro tipos de cobertura vegetal.
- Analizar el efecto de las diferentes coberturas vegetales sobre las propiedades físicas y químicas de los horizontes orgánicos.

## 2. Revisión bibliográfica

### 2.1. Bosque Protector Sun Sun Yanasacha

El Bosque Protector Sun Sun Yanasacha se encuentra limitado al norte, sur y oeste por el Bosque Protector Yanuncay Irquis y al este por el río Zhucay, cuyo centro poblado más cercano es Baños a 2 km., aproximadamente; y por su rango altitudinal que varía entre los 2638 a 3907 m s.n.m con una temperatura que fluctúa desde los 6,48 a 12,62 °C se puede indicar que el bosque posee las siguientes formaciones vegetales: Matorral Húmedo Montano, Bosque de Neblina Montano y Páramo Herbáceo y que en áreas muy pequeñas se podrá observar algo de la siguiente flora características de estas formaciones: *Oreopanax avicenniifolius*, *Persea ferruginea*, *Juglans neotropica*, *Valeriana secunda*, *Oreopanax*

*eriocephalus*, *Stipa rosea*, *Polylepis spp*, etc. Dicha flora sirve de refugio y alimento para las siguientes especies de fauna: Zarigüeya de orejas blancas (*Diddelphis pernigra*), Chucurillo (*Mustella frenata*), Gorrión Americano (*Zonotrichia capensis*), Colibrí Estrella Ecuatoriana (*Oreotrochilus chimborazo*), etc (Aguirre & Cáseres, 2010). Es por ello que el Bosque Protector Sun Sun Yanasacha fue creado para generar un programa agroforestal y conservación de recursos naturales, buscando garantizar rendimientos agrícolas permanentes y mejorar la calidad y cantidad de agua y vegetación, así como lograr el desarrollo sustentable y sostenido del área protegida (Calderón y Ramón, 2018).

## 2.2. Proyecto Nero

La comunidad de Nero pertenece a la parroquia Baños del cantón Cuenca, provincia del Azuay al sur del Ecuador, a una altura media de 2914 m s.n.m (Bravo & Solis, 2018). A partir de la necesidad de recursos hídricos en las diferentes comunidades y parroquias se creó el proyecto Nero con la finalidad de satisfacer las necesidades de agua a los usuarios. El proyecto Nero comprende una extensión aproximada de 1.200 hectáreas, desde Baños hasta los límites con Paccha, se sitúa hacia el sur de la ciudad de Cuenca y en ella se localizan las 46 comunidades que administrativamente pertenecen a las parroquias de Turi, El Valle, Baños, Monay y Huayna Cápac del cantón Cuenca (Quito & López, 2014). Actualmente el sistema comprende unas 1.200 hectáreas de canales de riego que llegan a 6.553 usuarios y beneficia a cerca de 30.000 personas (Ministerio del Trabajo, 2014). Las comunidades pertenecientes a las zonas carecen en su totalidad de fuentes de agua, existiendo apenas pequeñas quebradas que recogen las aguas lluvias y ahora las aguas servidas de gran parte de los usuarios de este proyecto; sin que exista ninguna vertiente o manantial, tan solo algunos pozos de agua que anteriormente servían como fuente única de este recurso hídrico, actualmente ya están desapareciendo por la falta de mantenimiento (Quito & López, 2014).

## 2.3. Interrelación entre la Cobertura Vegetal, el Suelo y la Materia Orgánica

### 2.3.1. Bosque Natural

Los bosques nativos constituyen ecosistemas frágiles que contienen una diversidad de flora y fauna caracterizada por su alto grado de singularidad. Además, son reconocidos por poseer un importante nivel de endemismo, su vegetación dominante son las epífitas. Este tipo de ecosistema tiene especial importancia por el aporte de servicios ecosistémicos como regulación hídrica, protección de suelos, almacenamiento de bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), producción de oxígeno y provee a la población materia prima para el consumo, como por ejemplo la leña. La introducción de especies exóticas, agrícolas y la eliminación de otras,

producen cambios en la estructura y composición de estos bosques (Ministerio del Ambiente del Ecuador [MAE] y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2015).

### **2.3.2. Impacto de las Plantaciones Forestales de Especies Exóticas**

Las plantaciones de especies exóticas han facilitado la sucesión forestal en sitios donde las altas perturbaciones impiden la regeneración natural. Por lo general, estas plantaciones utilizan especies exóticas de rápido crecimiento como pinos y eucaliptos, adaptadas a una amplia gama de condiciones ecológicas (León et al., 2010).

En Ecuador las principales plantaciones forestales se concentran en especies como *Pinus spp.* y *Eucalyptus spp.*, principalmente ubicadas en la Región Sierra, que son maderas de alto valor comercial a nivel mundial (*Expoecuador*, 2007). Al sur del Ecuador existen plantaciones forestales de *Pinus patula*, desde hacía algunas décadas con el propósito de producir bienes y brindar servicios ecosistémicos. Sin embargo, varias de estas plantaciones se encuentran en estado de abandono, algunas desde su establecimiento inicial, y no han recibido intervención silvícola, lo que ha resultado en la presencia actual de plantaciones considerables en abandono (Jadán et al., 2019).

En los Andes tropicales, donde la temperatura media es inferior a los 10°C, los suelos presentan características ácidas y altas concentraciones de aluminio, lo que retarda la actividad microbiana. Esto resalta aún más la importancia de la fauna del suelo en el proceso de descomposición de la materia orgánica; en estos suelos, el horizonte orgánico normalmente conserva una baja densidad de macrofauna (León et al., 2010).

### **2.3.3. Importancia y Vulnerabilidad de los Pajonales de Páramo**

La cobertura de pajonal es estructuralmente bastante homogéneo, con predominancia de plantas en “penachos”, que forman una capa herbácea, bajo la cual crece un sinnúmero de otras pequeñas especies. En el pajonal crecen una gran cantidad de pequeños arbustos. El término “paja” no define una sola especie, sino algunas especies de gramíneas con el característico hábito en macolla (Minga et al., 2016).

Los pajonales de páramo brindan servicios ecosistémicos como la regulación y el suministro de agua, el almacenamiento de carbono y la conservación de la biodiversidad (Medina et al., 2022).

Debido a las actividades humana (pastoreo, vías de comunicación, incendios), este ecosistema tiende a hacer frágil por el cambio de uso del suelo ya que ejercen una fuerte presión sobre este ecosistema (Oliva et al., 2017).

#### **2.3.4. Cobertura de Pastos**

Los pastizales se establecen en áreas donde las condiciones para el cultivo están limitadas por factores como la humedad, la fertilidad del suelo, el pH, o la distancia a los centros urbanos. Según datos de la FAO (2018), aproximadamente el 26% de la superficie terrestre mundial y el 70% de la superficie agrícola mundial están cubiertos por praderas, donde 800 millones de personas subsisten, además es una fuente importante de alimentación para el ganado y hábitat silvestre. Sin embargo, según Liu & Lu (2021), la cobertura de pastizales abarca aproximadamente el 40% de la superficie terrestre global, proporcionando servicios ecosistémicos vitales y desempeñando un papel esencial en la seguridad alimentaria, el mantenimiento de la biodiversidad y el desarrollo sostenible.

En Ecuador, los pastos ocupan una superficie mayor que la de cualquier otro cultivo. La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2014, del INEC, indica que la superficie con actividad agropecuaria fue de 5,381.383 hectáreas. Dentro de esta superficie, los pastos cultivados representan el 42,68% y los pastos naturales el 14,85% (León et al., 2018).

El manejo agrícola tiene un impacto significativo en el ciclo del carbono orgánico del suelo y en los procesos biológicos relevantes, dado que ocasiona cambios en las propiedades abióticas y bióticas del suelo (Xiang et al., 2023).

#### **2.4. Cambio de la cobertura vegetal**

Ecuador se encuentra entre los diez países con la mayor reducción de extensión de bosque primario entre 1990 y 2015, recientemente presentaba la tasa más elevada de deforestación en América del Sur (Sloan y Sayer, 2015). Los programas de reforestación en la región se centraron principalmente en el uso de especies exóticas con el fin inicial de producción de madera, aunque más adelante se orientaron hacia la producción de productos forestales no maderables y la conservación del medio ambiente (Evans, 2009).

El suelo es un recurso natural muy importante, ya que de él depende la vida como muchas actividades de desarrollo. Por lo tanto, la cobertura edáfica y las conversiones del uso del suelo se deben a las actividades socioeconómicas, que conducen a cambios biofísicos y factores ambientales (Calderón et al., 2018). La conversión de bosques tropicales en pastizales o plantaciones puede aumentar el pH en 0,2-0,6 unidades y disminuir la humedad

del suelo, lo que también puede afectar a la comunidad microbiana (Navarrete et al., 2015). La destrucción forestal puede aumentar la temperatura del suelo, sin embargo, en los trópicos este aumento suele ser leve y no afecta a los procesos biológicos (Yashiro et al., 2008). Los cambios en la vegetación, el contenido de materia orgánica del suelo, el pH y la humedad parecen ser los principales factores que provocan cambios en las comunidades microbianas tras la deforestación. Debido a su asociación con fuentes de agua los bosques son considerados ecosistemas estratégicos para el mantenimiento y suministro de bienes y servicios ambientales, para las comunidades humanas asentadas en su zona de influencia (FAO, 2015).

### **2.5. Importancia de la materia orgánica en ecosistemas tropicales**

En los bosques tropicales la caída de hojarasca representa la mayor entrada de nutrientes y materia orgánica que retorna al suelo, estimándose entre 25% y 60% de la productividad primaria neta (Collantes et al., 2014). Mientras, que, en las zonas continentales, más del 90% de la materia orgánica producida anualmente por plantas regresa al suelo nuevamente como materia orgánica muerta (hojarasca, madera, frutas, flores) (Four et al., 2020). En cambio, en el horizonte O que es una de las capas más superficiales contiene varios tipos de materia orgánica de diferente composición química, desde materiales de hojarasca fresca hasta sustancias húmicas (Manaka et al., 2020). Por lo tanto, la descomposición de la materia orgánica conduce a la destrucción de moléculas grandes como la celulosa, la lignina, los azúcares, pero también proteínas, lípidos, etc. que la constituyen y a la formación de pequeñas moléculas como los nutrientes (ej. N, P, K, Na, Ca, Fe, Mg, Mn, etc.) y el CO<sub>2</sub> (Four et al., 2020).

La materia orgánica del suelo puede afectar a la retención de agua del suelo debido a la afinidad con el agua, influencia en la estructura del suelo y la densidad aparente. Sin embargo, se ha demostrado que los efectos de la materia orgánica del suelo en la retención de agua del suelo dependen de las proporciones de los componentes texturales y de la cantidad de materia orgánica del suelo (Rawls et al., 2003).

### **2.6. Características del Horizonte Orgánico en Suelos Forestales**

El piso forestal depende mayormente de la descomposición de residuos de las plantas para almacenamiento a largo plazo de la materia orgánica. Dicha descomposición está caracterizada por la disminución en la masa de los residuos vegetales, es decir, la masa del piso forestal refleja la relación entre la producción de residuos y su descomposición (Gómez et al., 2012).

Thiers et al. (2014) mencionan que el horizonte orgánico (horizonte O) es una capa parcialmente descompuesta de material orgánico. Esta descomposición es debido a las condiciones climáticas, la composición del bosque y las características del suelo. Este horizonte constituye un tipo particular de humus, que puede estar compuesto por uno o varios horizontes (Oi, Oe, Oa).

Denominación de horizontes orgánicos (Thiers et al., 2014):

Oi: predominan materiales fibrosos fácilmente reconocibles, la descomposición es bastante pobre, donde se pueden reconocer los tejidos de los minerales. El contenido de fibra es >40% (en volumen).

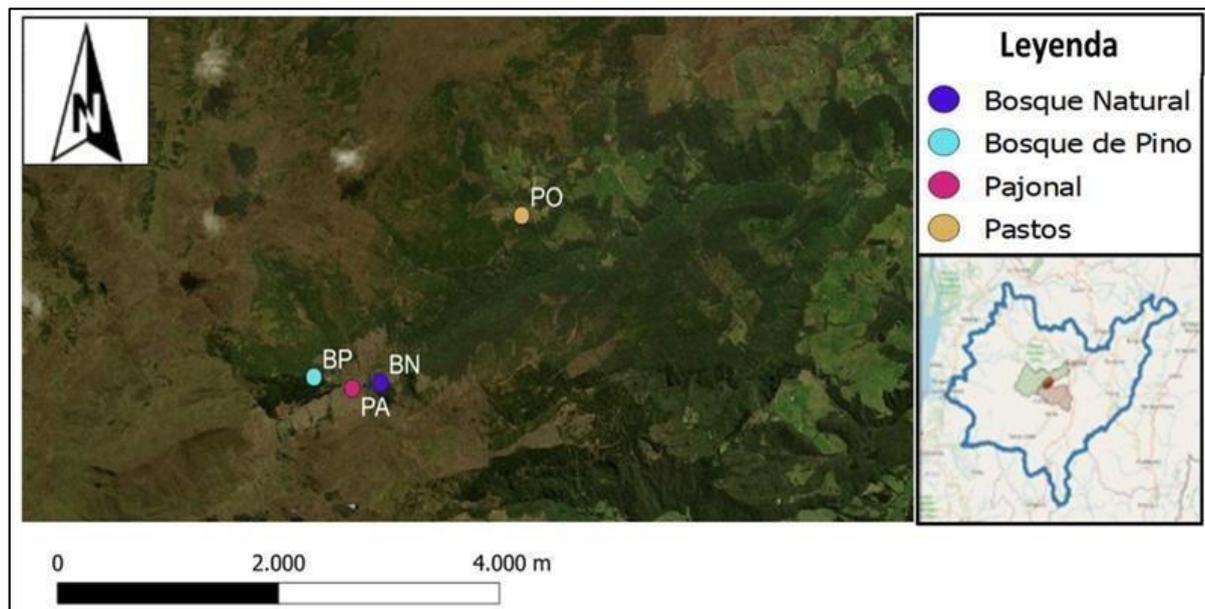
Oe: constituido por residuos orgánicos parcialmente descompuestos, el contenido de fibra es de 14-40% (en volumen).

Oa: material orgánico altamente descompuesto donde no es reconocible los tejidos orgánicos originales, contenido de fibra de <17% (en volumen).

### **3. Materiales y métodos**

#### **3.1. Área de Estudio**

La investigación se realizó en la microcuenca del río Zhucay, localizada en la provincia del Azuay, al Suroeste del cantón Cuenca, entre las parroquias Baños y Victoria del Portete en la zona alta de Nero.



**Figura 1** . Área de estudio ubicado en el Cantón Cuenca, parroquia Nero con sus respectivas coberturas vegetales Bosque Natural (BN), Bosque de Pino (BP), Pajonal (PA) y Pastos (PO).

### 3.2. Materiales

**Tabla 1.** *Materiales utilizados en el estudio*

<b>Materiales de campo</b>	<b>Materiales de oficina</b>	<b>Materiales de laboratorio</b>	<b>Material biológico</b>
Cuadrante (20x20 cm)	Computador	Estufa	Horizontes orgánicos (Oi, Oe y Oa)
Reglas	Software (Word, Excel, RStudio)	Morteros	
Cuchillos		Tamiz	
Fundas		Balanza	
Clavos		Peachimetro	
		Agua destilada	
		Varilla de vidrio	
		Filtro	
		Embudo	
		Tabla de Munsell	

### 3.3 Metodología para el objetivo 1

En este estudio se investigó de forma descriptiva y analítica cómo influyen o cómo afectan las diferentes coberturas a las propiedades del suelo en diferentes coberturas vegetales las cuales son Bosque natural (BN), Bosque de pino (BP), Pajonal (PA) y Pasto (PO).

Para la caracterización se tomaron muestras de los horizontes orgánicos (Oi, Oe y Oa) de las 4 coberturas vegetales, para ello se utilizó el cuadrante de madera que delimitó el espacio donde se tomaron las respectivas muestras, es decir, que se escogió un área que no se viera afectada y se colocó el cuadrante el cual se mantuvo uniformemente con clavos, seguido de eso con el cuchillo cortamos alrededor del cuadrante para obtener las muestras. En principio se encuentra el horizonte Oi y lo recolectamos en una funda hasta que la capa se haya terminado, después se encuentra el horizonte Oe y de igual manera lo recolectamos en una funda hasta que aparezca el horizonte Oa y de la misma forma lo recolectamos hasta encontrar la capa de suelo, cabe mencionar que este procedimiento lo seguimos para las tres coberturas vegetales (BN, BP y PA), como se observa en la Figura 2. En la cobertura vegetal de pastos no se distinguió el horizonte Oe del Oa ya que se encontró mezclado por lo que se recolectó la muestra junta (Oe-Oa).



**Figura 2.** *Recolección de muestras mediante el uso del cuadrante de madera*

### 3.4 Metodología para el objetivo 2

Las muestras recolectadas de los cuatros coberturas vegetales fueron sometidas a pretratamientos de laboratorio en primer lugar, se inició con el pesado inicial en húmedo, después continuamos con el proceso del secado donde se utilizó la estufa a una temperatura de 40°C, cabe mencionar que este proceso se realizó hasta obtener un peso constante de las muestras.

Después del secado se sometió a cada muestra al proceso de triturado con ayuda del mortero hasta obtener partículas muy finas y para ello se coló la muestra en un tamiz de 500 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ).

Una vez obtenida las muestras en fracciones finas se integraron todas las repeticiones formando así muestras por parcelas para cada cobertura vegetal, después se procedió a realizar los análisis físicos y químicos.

#### Propiedades físicas

Para el análisis del color, se seleccionó una muestra de cada horizonte orgánico ( $O_i$ ,  $O_e$ ,  $O_a$ ) de todas las coberturas. Posteriormente, estas muestras se humedecieron y se compararon con la tabla de Munsell para determinar su color exacto. Se anotó el código apropiado al color observado en cada muestra de suelo.

#### Propiedades químicas

Para la determinación del pH se procedió a pesar 20 g de suelo y se le agregó 100 ml de agua destilada. La solución del suelo se agitó con una varilla de vidrio durante 15 minutos y luego se lo filtró por papel filtro hasta tener una solución clara y con ayuda del potenciómetro se midió el pH. El mismo procedimiento se realizó para determinar la conductividad eléctrica.

Para el análisis de materia orgánica se utilizó el método de incineración, para ello se pesó 20 g de suelo y después se llevó a la estufa a 105 °C por 24 horas, posteriormente se pesó 10 g de muestra dentro de un crisol, seguido de eso se colocó en la mufla por cuatro horas a 400°C.

Para calcular el porcentaje de MO se utilizó la siguiente fórmula:

$$MO = \left( \frac{\text{Peso del suelo seco} - \text{peso del suelo incinerado}}{\text{Peso del suelo seco}} \right) \times 100$$

#### 4. Diseño Experimental

Dentro del área de estudio se encuentran cuatro tipos de cobertura que corresponden a: bosque natural (BN), bosque de pino (BP), pajonal (PA) y pasto (PO). Por cada tipo de cobertura se tiene cuatro parcelas de 12x12m y dentro de las parcelas se tienen cinco trampas siendo estas las unidades experimentales, dando un total de 80 unidades. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) ya que en el sitio de estudio las alturas y pendientes están controladas, es decir que todas las parcelas ya se encuentran establecidas en rangos de altura (Anexo D) y no es necesario realizar un bloqueo. Por cada unidad experimental se tomaron 15 repeticiones de los horizontes Oi, Oe y Oa, es decir que por cada parcela se obtuvieron 45 muestras, dando un total de 180 muestras por tratamiento para las coberturas BN, BP, PA, mientras que para la cobertura de PO se tomaron igualmente 15 repeticiones de los horizontes Oi y Oa obteniendo un total de 30 muestras por parcela y un total de 120 muestras de este tratamiento, teniendo así 660 muestras totales para el estudio.

#### 5. Análisis estadístico

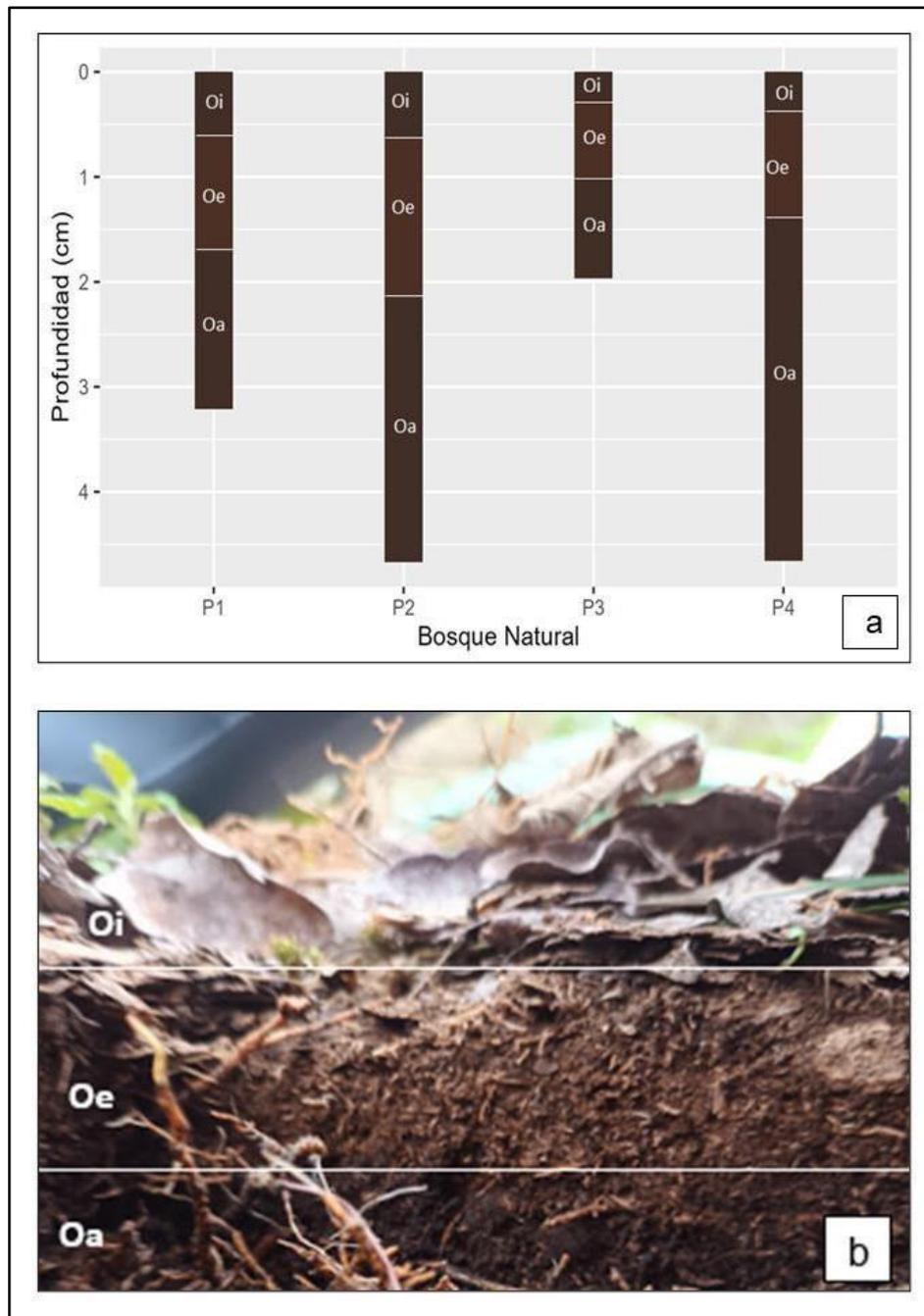
Los parámetros que se seleccionaron para el análisis estadístico son las variables químicas como el pH, CE, MO de las diferentes coberturas. Se utilizó la prueba de Shapiro Wilk ( $p < 0,05$ ) para determinar la existencia de normalidad y la prueba de Levene para homogeneidad de Varianzas. Una vez comprobada la normalidad de los datos se aplicó una prueba ANOVA tipo DCA donde existió diferencia en los datos por lo cual, se procedió a realizar una comparación de medias con la prueba de Tukey.

#### 6. Resultados

##### 6.1 Caracterización de horizontes orgánicos

En la Figura 3 se puede observar los diferentes perfiles y sus horizontes orgánicos correspondiente a la cobertura de bosque natural donde el horizonte Oi y Oa presentan el mismo color 7.5YR 2.5/2, mientras que el horizonte Oe presenta en la mayoría de parcelas el

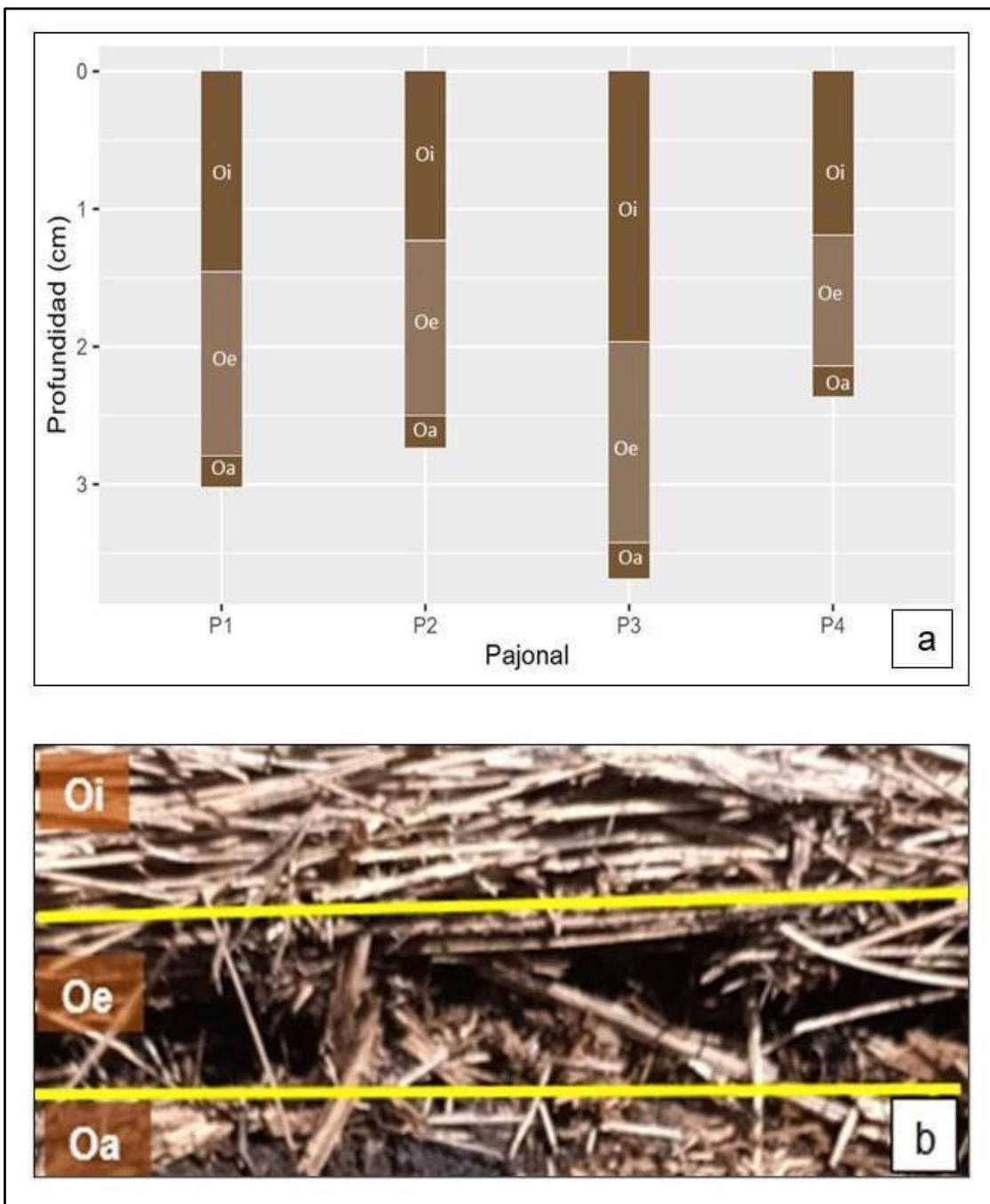
color 7.5YR 2.5/3. De igual manera se puede observar los espesores de los perfiles donde la parcela tres es de menor profundidad que las parcelas dos y cuatro.



**Figura 3.** Representación gráfica de colores (a) y perfil de los horizontes orgánicos (b) de la cobertura de Bosque Natural.

De igual manera en la representación gráfica de los perfiles de horizontes orgánicos para la cobertura de pajonal el color predominante para el horizonte Oi fue 10YR 4/4, para el horizonte Oe el color predominante fue 10YR 3/4 y 10YR 3/3, mientras que para horizonte Oa los colores en todas las parcelas variaron (Figura 4).

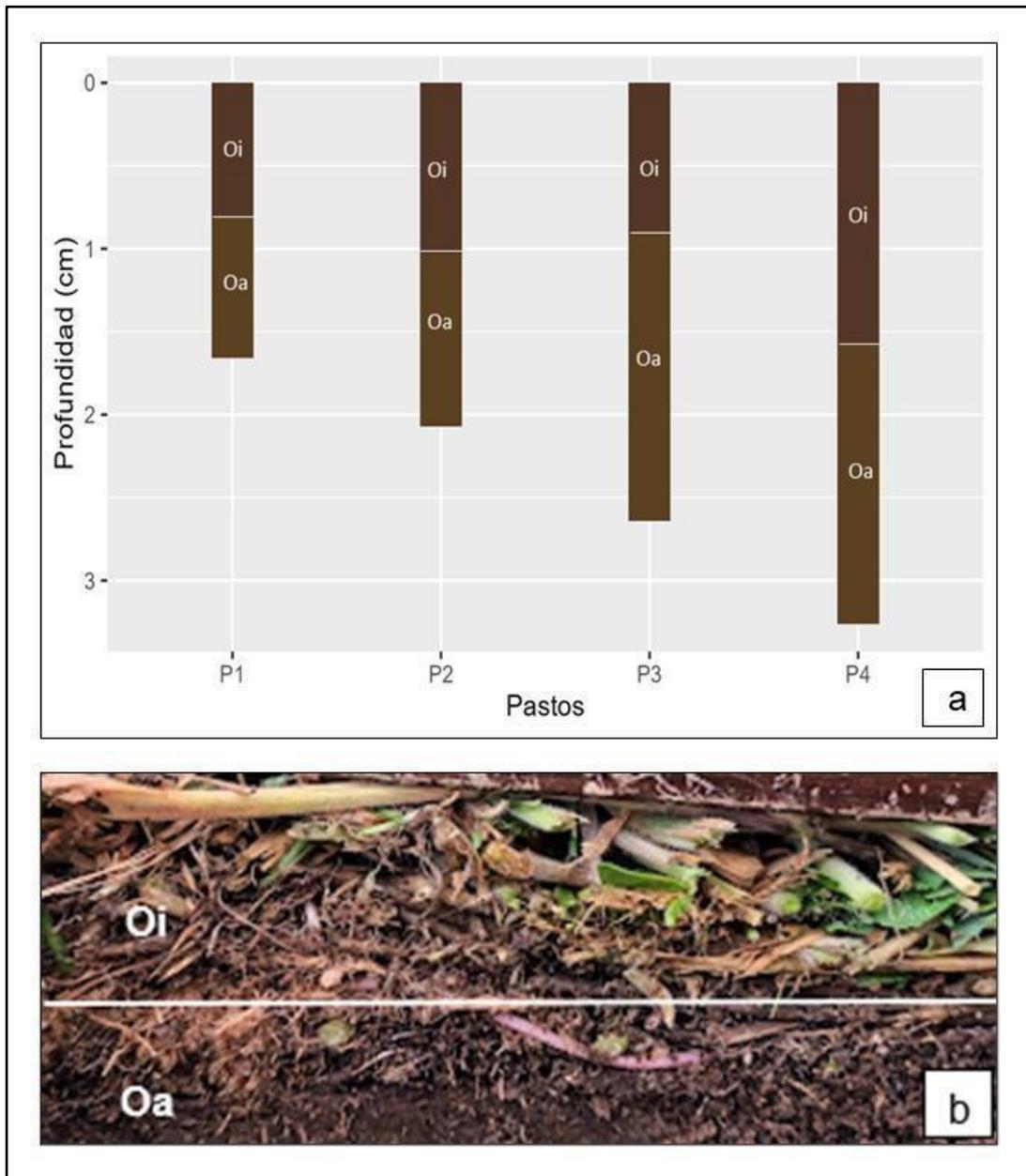
Por otra parte, las profundidades para los horizontes variaron completamente, teniendo la parcela tres con mayor profundidad y la parcela cuatro una menor profundidad (Figura 4)



**Figura 4.** Representación gráfica de colores (a) y perfil de los horizontes orgánicos (b) de la cobertura de Pajonal

Para la cobertura de pastos el color que mayormente resaltó para el horizonte Oi fue 10YR 3/3, mientras que para el horizonte Oa el color primordial fue 10YR 2/1. Por otra parte, el perfil

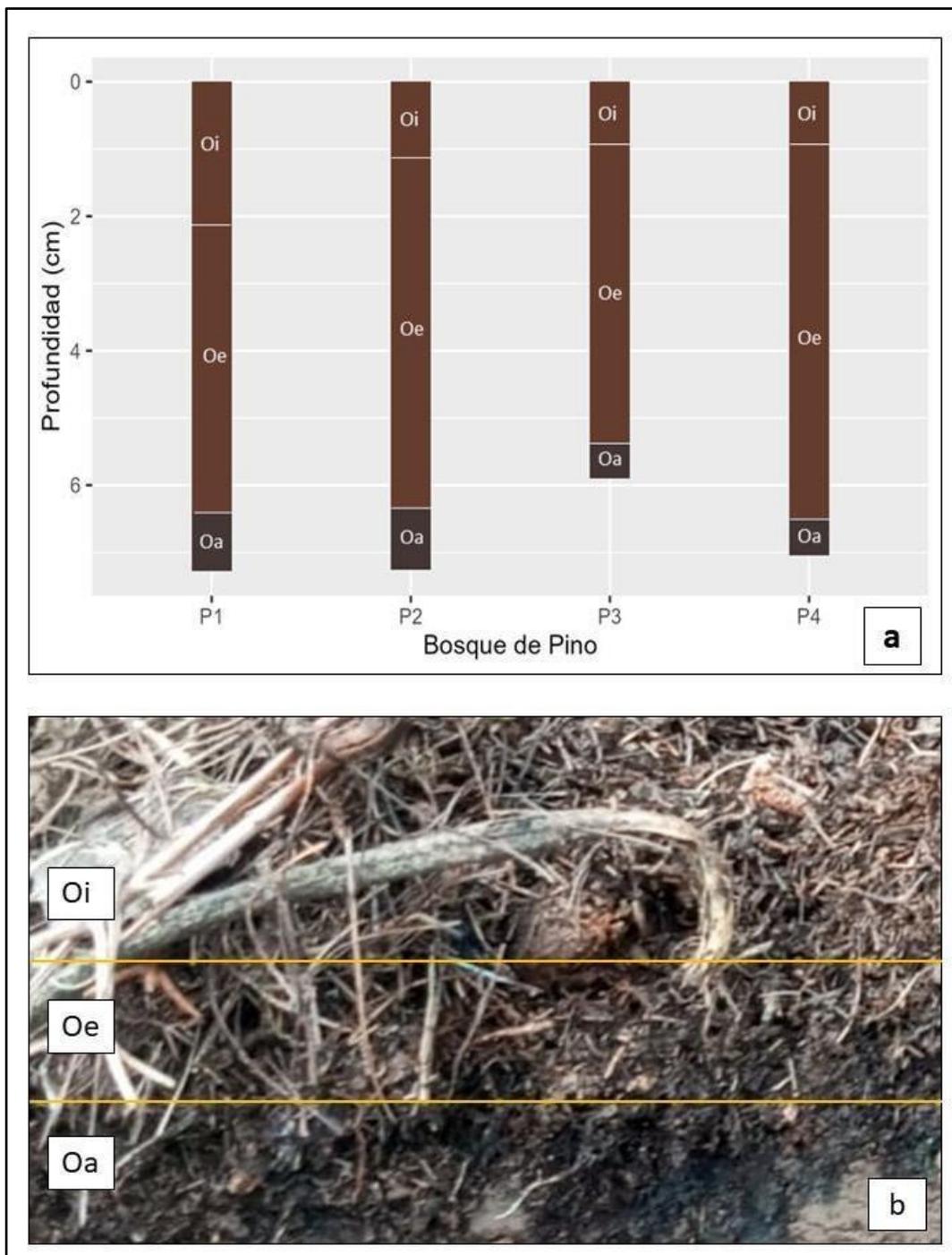
con mayor profundidad fue la parcela cuatro y la parcela de menor profundidad fue la 1 (Figura 5).



**Figura 5.** Representación gráfica horizontes y sus de colores (a) y perfil de los horizontes orgánicos (b) de la cobertura de pastos

Finalmente, en la Figura 6, se puede apreciar que el color con mayor dominancia para el horizonte Oi y Oe es 2.5YR 3/4 y para el horizonte Oa es el 10YR 2.5/1. Mientras que las

parcelas uno y dos tienen cierta similitud en las profundidades y las parcelas tres y cuatro son las de menor profundidad.



**Figura 6.** Representación gráfica de horizontes y sus colores (a) y perfil de los horizontes orgánicos (b) de la cobertura de Pino.

En las zonas de estudio de las diferentes coberturas vegetales se encontraron los horizontes orgánicos formados principalmente por hojarasca proveniente de la vegetación. En las

coberturas de BP, PA y BN se encontraron los tres horizontes (Oi, Oe,Oa) con una profundidad que va de 5 a 7 cm, mientras que en la cobertura de PO solo se encontró dos horizontes como se puede observar en la Tabla 2, por lo que la profundidad es mucho menor al resto de coberturas teniendo un horizonte O de hasta más 3 cm máximo (Figura 5). Por otra parte, la cobertura de BN presenta un espesor en el horizonte Oa con un promedio de 2,06 cm siendo la cobertura con mayor profundidad en relación al horizonte Oa. Sin embargo, en el BP se destaca el horizonte Oe con un promedio de 4,85 cm de espesor en relación con las otras coberturas. Mientras, que en las coberturas de PA destaca el horizonte Oi teniendo un promedio de 1,46 cm de espesor siendo la cobertura de mayor espesor en este horizonte en relación con las otras coberturas.

**Tabla 2.** Promedio de espesor de los horizontes orgánicos (cm)

Coberturas	Horizontes		
	Oi	Oe	Oa
Bosque Natural	0,46	1,1	2,06
Bosque Pino	1,3	4,85	0,72
Pajonal	1,46	1,25	0,24
Pastos	1,08		1,33

De acuerdo a los valores que presenta la Tabla 3, se puede decir que el horizonte orgánico de BN tiende a ser ligeramente ácido, mientras que, en BP tiende a ser más ácido. Por otra parte, el horizonte orgánico en el PA tiende a ser ligeramente ácido, pero existe mayor variación en los valores de pH en comparación con BN y BP.

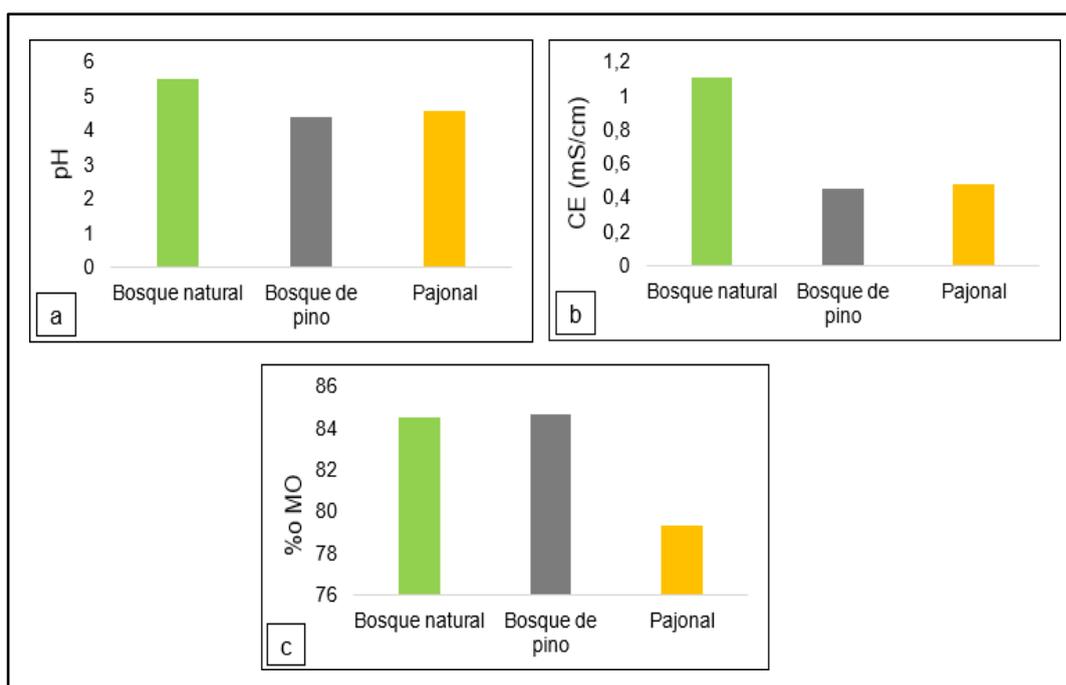
La conductividad eléctrica en BN varía significativamente y en BP es más baja y menos variable, mientras que, PA varía significativamente y muestra una alta variabilidad. En cuanto a contenido de MO, BN muestra un contenido uniforme en el horizonte orgánico, con niveles moderados y una baja variabilidad. BP muestra niveles moderados de materia orgánica en el suelo y de igual manera PA, pero este con una variabilidad más alta en comparación a las demás coberturas vegetales.

**Tabla 3.** Datos obtenidos de Promedio, Desviación estándar (D.E), mediana, máximos (Máx), mínimos (Min) y Coeficiente de Variación (CV), de los horizontes orgánicos de cada una de las coberturas en la zona del bosque Protector Sunsun Yanasacha

Coberturas	Horizontes	Variable	Media	D.E	CV	Min	Máx	Mediana
Bosque Natural	Oa	pH	4,83	0,12	2,46	4,68	4,97	4,84
	Oe		5,71	0,19	3,32	5,52	5,96	5,68
	Oi		5,98	0,12	2,01	5,89	6,06	5,98
	Oa	CE(Ms/cm)	1,08	0,48	44,25	0,67	1,73	0,95
	Oe		1,2	0,37	30,73	0,93	1,74	1,06
	Oi		1,05	0,03	2,82	1,03	1,07	1,05
	Oa	MO (%)	81	0,04	4,65	0,78	0,85	0,81
	Oe		88	0,03	3,4	0,84	0,91	0,88
	Bosque de Pino	Oa	pH	3,99	0,12	3,13	3,84	4,12
Oe		4,15		0,21	5,12	4	4,46	4,06
Oi		4,98		0,34	6,92	4,58	5,2	5,15
Oa		CE(Ms/cm)	0,34	0,02	6,14	0,31	0,36	0,34
Oe			0,47	0,09	19,44	0,37	0,56	0,47
Oi			0,54	0,14	25,96	0,42	0,69	0,5
Oa		MO (%)	73	0,04	5,81	0,68	0,77	0,74
Oe			88	0,04	4,3	0,83	0,92	0,88
Oi			93	0,01	1,24	0,92	0,94	0,94
Pajonal	Oa	pH	4,44	0,2	4,5	4,15	4,58	4,52
	Oe		4,66	0,06	1,24	4,59	4,73	4,66
	Oi		4,6	0,23	50,8	4,3	4,87	4,61
	Oa	CE(Ms/cm)	0,7	0,36	51,73	0,43	1,24	0,57
	Oe		0,41	0,08	20,02	0,31	0,5	0,43
	Oi		0,34	0,08	22,83	0,26	0,41	0,34

Oa		68	0,06	8,12	0,6	0,73	0,69
Oe	MO (%)	82	0,04	4,93	0,76	0,85	0,83
Oi		88	0,05	5,18	0,83	0,93	0,89

En la Figura 7 se puede observar una representación gráfica de los valores de pH, CE y MO para las tres coberturas vegetales, en donde el bosque natural es mayormente representativo siendo su horizonte orgánico ligeramente ácido y obteniendo un mayor contenido de materia orgánica.



**Figura 7.** Gráfico de barras para los análisis químicos de los horizontes orgánicos pH (a), CE (b) y MO (c) con respecto a las coberturas vegetales de Bosque natural, Bosque de pino y Pajonal

**6.2 Evaluación de las coberturas vegetales a partir de las propiedades físicas y químicas de los horizontes orgánicos.**

A partir de los datos de las variables pH, CE, MO se realizó una prueba de Shapiro-Wilk al 0,05 de significancia para ver la distribución de normalidad de los datos esto se puede observar en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Prueba de Shapiro-Wilk, para cada una de las variables en relación a las coberturas

Variables	Valor p
pH	0,5467
CE	0,0002751
MO	0,6444

A partir de los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk se obtuvo que las variables pH y MO presentan normalidad, mientras que la variable CE no es normal. También se realizó una prueba de homogeneidad de varianzas con test de Levene (Anexo A).

La Tabla 5 muestra un Anova para las variables pH y MO que presentaron significancia y por lo mismo se procedió a realizar una prueba de Tukey (Anexo B y C).

**Tabla 5.** Anova para las variables en relación a las coberturas

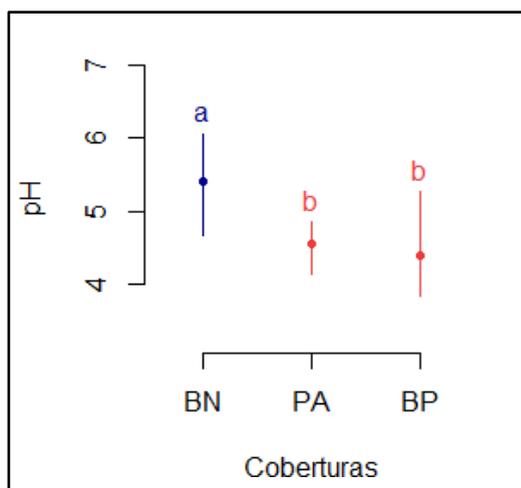
Variables	Df	Sum	Sq	F value	Pr(>F)
pH	1	6,284	3,1421	32,54	3,88-e08***
MO	1	188,1	94	5,317	0,0113*

Debido a que la variable CE no presenta normalidad se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis ( $p = 0,05$ ), para determinar si existe diferencia entre grupos (Tabla 6).

**Tabla 6.** Prueba no paramétrica mediante el test Kruskal – Wallis de CE en relación a las coberturas y horizontes

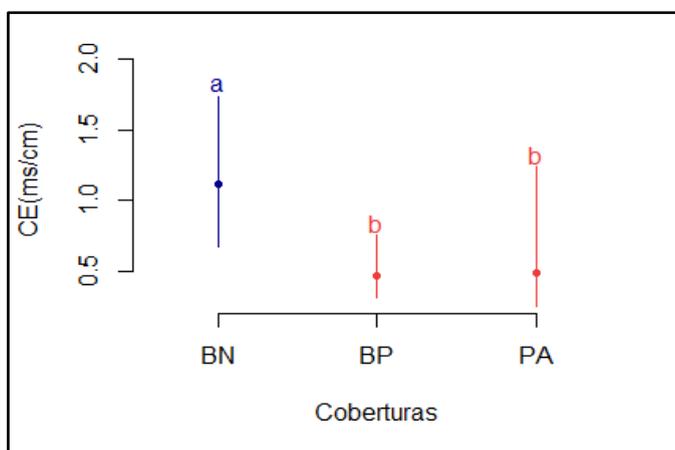
Variables	Chi-cuadrado	GI	p-value
CE	17,292	2	0,0001758

En la Figura 8 se puede observar dos grupos distintos: el primer grupo (“b”) corresponde a las coberturas PA y BP, caracterizados por una acidez notablemente superior a la de la cobertura BN. Esta diferencia es tan significativa que la cobertura BN se distingue claramente del resto siendo el grupo “a”.



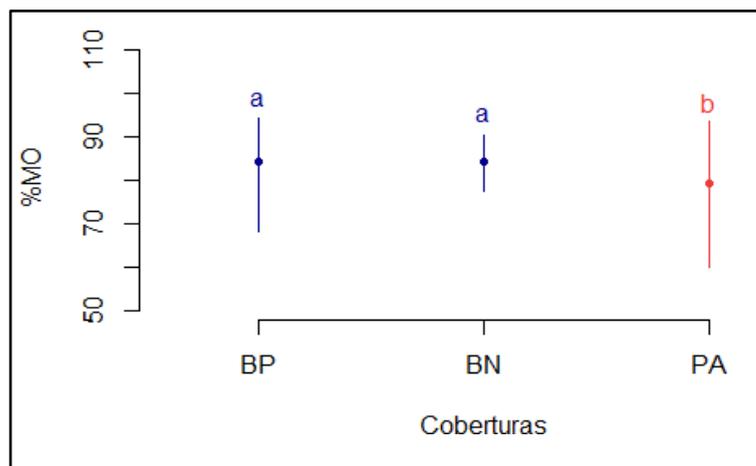
**Figura 8.** Gráfico para el análisis de medias de la variable pH en relación con las diferentes coberturas y horizontes

En cuanto a la conductividad eléctrica (CE), en la Figura 9 se observa la presencia de dos grupos distintos, el primer grupo “b” muestra similitudes entre las coberturas de Bosque de Pino y Pajonal. Sin embargo, se observa una diferencia significativa en la cobertura de Bosque Natural, perteneciendo al grupo “a”.



**Figura 9.** Gráfico para el análisis de medias de la variable CE en relación con las diferentes coberturas y horizontes

En relación al porcentaje de materia orgánica (MO), la Figura 10 muestra dos grupos distintos. El grupo “a” muestra similitudes entre las coberturas de BP y BN, mientras que el grupo “b”, que representa al PA, se diferencia claramente de las otras coberturas en términos de sus niveles de materia orgánica.



**Figura 10.** Gráfico para el análisis de medias de la variable %MO en relación con las diferentes coberturas y horizontes

## 7. Discusión

### 7.1 Influencia de la cobertura vegetal en las características del suelo

En este estudio realizado, la mayoría de las coberturas evaluadas dentro de la categoría de color presentaron un matiz 10YR, con variaciones en cuanto a la claridad y pureza. Esto coincide con los resultados del estudio de Pacheco y Tapia (2015), en el que se encontró que en las coberturas de pajonal y pino en diferentes zonas altoandinas mostraron un color representativo de (10YR 1.7/1). Según Borja (2012), el color de los horizontes superficiales es muy oscuro debido a que está asociado directamente al contenido de materia orgánica.

En nuestro estudio en el horizonte superficial el bosque de pino fue el que mayor espesor obtuvo frente a las demás coberturas (Tabla 2) lo que concuerda con Manzanares y Navarro (2004), donde evaluaron el horizonte orgánico de tres coberturas vegetales (bosque de pino, nativo y eucalipto) siendo de mayor espesor el bosque de pino con 8 cm. El bosque natural fue otras de las coberturas que mayor espesor del horizonte orgánico obtuvo, esto se encuentra dentro del rango de un estudio realizado por Gerding y Thiers (2002), donde se realiza una caracterización de suelos bajo bosques de *Nothofagus betuloides*, en Chile, el espesor que presentó el mantillo (horizontes Oi, Oe y Oa) en todos los bosques fue de 2 a 20

cm. Salas (1987), señala que, para una localización específica, las tasas de acumulación y descomposición de la materia orgánica, dependen del tipo de cobertura (cantidad y calidad de los restos vegetales), la población microbiológica del suelo, el tipo de drenaje, en sí la descomposición de la materia orgánica es el resultado del ambiente.

En otro estudio realizado por Wilcke *et al.*, (2002), mencionó que el espesor de toda la capa orgánica (horizontes Oi, Oe y Oa) oscilaba entre 2 y 43 cm, con un promedio de 16cm, en un bosque lluvioso montano tropical y observó que este espesor aumentaba con el aumento de la altitud por encima de 2100 m. Este resultado se asemeja con la investigación previa que indica que las capas orgánicas gruesas y densamente arraigadas son comunes en los bosques montaños tropicales (Grieve *et al.*, 1990; Hafkenschied, 2000; Tanner *et al.*, 1998). Por ejemplo, Silver *et al.*, (1994) encontraron que las propiedades del suelo en un bosque tropical húmedo de Puerto Rico dependían de la posición topográfica, mientras que, en Jamaica, los bosques nubosos montaños mostraban capas orgánicas más gruesas en las cimas de las crestas en comparación con las laderas o brechas (Hafkenschied, 2000; Tanner, 1977).

En la cobertura de pastos el espesor en el horizonte O (Oi, Oe y Oa) fue menor frente a las demás coberturas, se debe tomar en cuenta que dicha cobertura se encuentra en una menor altitud por lo mismo que el grosor de la capa orgánica tiende a ser más delgada. (Burghouts *et al.*, 1998), menciona que la altitud controla el grosor de la capa orgánica, estas variaciones en el grosor pueden explicarse por la diversidad de especies vegetales, cada una de las cuales produce hojarasca.

En un estudio realizado por Plaza (2018), en la zona del Cajas, se observaron valores globales del horizonte O para las coberturas de Bosque Secundario y Bosque de Pino. En este estudio, se encontró que el pH en los horizontes Oi y Oe variaba entre 4,13 y 6,86 lo que indica una ligera acidez, mientras que el horizonte Oa oscilaba entre 3,55 y 6,78 mostrando un rango de acidez de moderada a ligera. Estos resultados coinciden con nuestro estudio. Sin embargo, se observó una diferencia significativa en el contenido de materia orgánica (MO). En el estudio de Plaza (2018), los valores de MO para los horizontes Oi, Oe y Oa estaban entre 45 % y 51%, considerablemente más bajos que los valores encontrados en nuestras muestras, donde el contenido de MO para las coberturas de Bosque Natural (BN) y Bosque de Pino (BP) en los horizontes Oi, Oe y Oa oscilaba entre 80% y 93%.

Es importante destacar que la metodología utilizada en ambos estudios difiere significativamente, lo que puede influir en los resultados obtenidos. En nuestro estudio, se empleó el método de incineración para determinar el contenido de MO, mientras que Plaza

(2018), utilizó el método de Walkley y Black. Estas técnicas pueden arrojar resultados no comparables directamente.

Por otro lado, el cambio de cobertura vegetal, que puede tener un impacto significativo en los horizontes superficiales del suelo, especialmente cuando se trata del bosque de pino, dado que puede alterar el contenido de humedad y, como consecuencia, provocar una disminución en la materia orgánica. Este aspecto es crucial, ya que influye de manera significativa en la capacidad del suelo para retener agua, como sugiere Plaza (2018), además, se señala que la cobertura de pino presenta un contenido de MO del 32,93%, lo cual también puede estar influenciado por las diferencias metodológicas.

Sin embargo, Amaguaya (2015), en su estudio muestra que los contenidos de materia orgánica en bosque nativo a una profundidad de 0-10cm son de 27,31%, teniendo relación con la misma metodología empleada en este estudio, al igual que el estudio Pulgar *et al.*, (2014), donde el porcentaje MO para bosque es 72,34% siendo mayor a los demás tipos de vegetación. Esto coincide con los resultados de nuestro estudio.

Este fenómeno puede explicarse por el hecho de que en suelos con una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC), la materia orgánica puede ser neutralizada. Sin embargo, es importante destacar que esta característica puede afectar la fertilidad del suelo, como indican Schlatter y Otero (1995).

## 7.2 Efecto de la vegetación en las propiedades del suelo

La variable MO presentó significancia para las coberturas de BP y BN, mientras que en el estudio de Manzanares y Navarro (2004), las tres cubiertas (Bosque nativo, Pino, eucalipto), analizadas no fueron significativamente diferentes a pesar de tener una mayor acumulación en el estrato superficial del suelo.

Bosque natural en cuanto a la variable pH fue significativamente diferente al bosque de pino, siendo ligeramente ácido lo que concuerda con Manzanares y Navarro (2004), en donde las tres cubiertas la reacción fue ácida, siendo bajo la cobertura de pino fuertemente ácido y ligeramente ácido en bosque nativo. Fassbender (1994) y Donoso (1997), señalan que las coníferas producen un mantillo más ácido y menos lábil, además de que las coníferas tienden a acidificar debido al bajo contenido de Ca de sus acículas.

Borja (2012), señala que los suelos de páramo tienden a ser más ácidos debido a los ácidos orgánicos. En nuestro estudio pajonal se diferenció de bosque natural siendo un poco más

ácido por lo que se puede decir que en la cobertura puede haber presencia de ácidos orgánicos.

## 8. Conclusión

La caracterización de los horizontes orgánicos en los diferentes tipos de cobertura vegetal mostró variabilidad significativa en el espesor y coloración del horizonte O. La diferencia en el espesor se atribuye a las distintas tasas de descomposición y acumulación de materia orgánica, influenciadas por el tipo de vegetación.

En cuanto al análisis de las propiedades químicas del horizonte O, el pH del suelo mostró variaciones significativas, siendo ligeramente ácido las coberturas de bosque natural y Pajonal mientras que, la cobertura de pino es más ácido. Estas diferencias indican que el tipo de vegetación y las prácticas de manejo del suelo tienen un impacto considerable en la acidez del suelo, lo cual puede influir en la disponibilidad de nutrientes y la actividad biológica en estos ecosistemas.

El horizonte orgánico en la cobertura de bosque natural mostró los niveles más altos de materia orgánica, lo que indica una mayor fertilidad. Estos hallazgos resaltan la importancia de las coberturas vegetales naturales en el mantenimiento de la calidad química del suelo, proporcionando un ambiente favorable para la biodiversidad y la productividad del suelo.

## 9. Recomendaciones

- Se recomienda llevar a cabo estudios de coberturas vegetales durante un periodo de tiempo más prolongado. Esto permitirá obtener datos más representativos y precisos sobre las variaciones en las propiedades del suelo, especialmente en la capa orgánica. Además, se debería investigar los antecedentes históricos de las coberturas para identificar y comprender mejor los cambios en las propiedades del suelo a lo largo del tiempo.
- Es aconsejable realizar más estudios utilizando el método de incineración para la determinación de la materia orgánica en el suelo. Aunque es un método poco estudiado, su implementación podría ofrecer ventajas significativas en términos de costos y eficiencia.
- Es necesario desarrollar más estudios sobre la importancia de los bosques nativos al sufrir cambios de una cobertura a otra debido a las múltiples funciones que cumple dentro del ecosistema y a los beneficios que brinda a las comunidades cercanas.

## 10. Referencias

- Aguirre Murillo, M. C., & Cáseres Simbaña, M. M. (2010). Inventario de atractivos en cinco áreas de bosques y vegetación protectora en la provincia del Azuay [BachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6399>
- Amaguaya, J. L. A. (2015). Determinación de carbono en el suelo de bosque nativo de ceja andina en el sector Guangra, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3883/1/33T0135%20.pdf>
- Borja, P. (2012). Los suelos del páramo. En *Ecología, hidrología y suelos de páramo*. (pp. 173-248). <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56475.pdf>
- Bravo Jácome, D. M., & Solís García, E. D. (2018). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Los Laureles, comunidad de Nero, de la parroquia Baños, cantón Cuenca [BachelorThesis]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/31523>
- Burghouts, T. B. A., Straalen, N. M. V., & Bruijnzeel, L. A. (1998). Spatial heterogeneity of element and litter turnover in a Bornean rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 14(4), 477-506. <https://doi.org/10.1017/S0266467498000352>
- Calderón, L. F., & Ramón, H. D. (2018). Propuesta de una guía turística para diez áreas protegidas del cantón Cuenca, 2018. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31691/1/trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf.pdf>
- Calderón, J. E., Díaz, J. A. B. O., Pola, M. C. del C. N. de P., & Díaz, M. de J. O. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(46), 27-53.
- Carua Cola J., Proaño M., Suarez D., Podwojewski Pascal. (2008). Determinación de retención de agua en los suelos de los páramos: estudio de caso en la subcuenca del río San Pedro, cantón Mejía, Pichincha, Ecuador. In : Mena Vasconez P. (ed.), Ochoa N. (ed.). *Forestación 2*. Quito (ECU) ; Quito : Ecociencia ; Abya-Yala, p. 27-45. (Páramo; GTP 26). ISBN 978-9978-22-764-0. ISSN 9978-22-477-7.
- Collantes Quintero, A., Castellanos Barliza, J., León Peláez, J. D., & Tamarís Turizo, C. E. (2014). Caracterización de materia orgánica aportada por hojarasca fina en los

bosques de ribera del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia). RIAA, 5(1), 171-184.

De Salas G. (1987). Suelos y ecosistemas forestales. IICA. San José. Costa Rica.

Donoso Z. (1997). Ecología Forestal: el bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. (pp. 41).

Evans, J. (Ed.). (2009). Planted forests: Uses, impacts, and sustainability. Published jointly by Food and Agriculture Organization of the United Nations and Cabi Pub.

Expoecuador. (2007, abril 1). Planificación estratégica de plantaciones forestales en el Ecuador. Ecuador forestal. [https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE\\_Plantaciones.pdf](https://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Plantaciones.pdf)

FAO. (2015). Los bosques y suelos forestales contribuyen de manera esencial a la producción agrícola y a la seguridad alimentaria mundial. <http://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/285875/>

FAO. (s. f.). Plant Production and Protection Division: Praderas, pastizales y cultivos forrajeros. <https://www.fao.org/agriculture/crops/temas-principales/theme/spi/praderas-pastizales-y-cultivos-forrajeros/es/>

Fassbender H. (1994). Química de Suelos. Con énfasis en América Latina. IICA-OEA, San José, Costa Rica. (pp. 365).

Four, B., Dangles, O., & Cárdenas, R. (2020). La descomposición de la materia orgánica: Un proceso crucial para sostener el funcionamiento de los bosques tropicales amazónicos.

Gerding, V. & Thiers, O. (2002). Caracterización de suelos bajo bosques de Nothofagus betuloides (Mirb) Blume, en Tierra del Fuego, Chile. Revista chilena de historia natural, 75(4), 819-833. <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2002000400015>

Gómez, J. D., Monterroso, A. I., Tinoco, J. A., & Etchevers, J. D. (2012). Almacenes de carbono en el piso forestal de dos tipos de bosque. Terra Latinoamericana, 30(2), 177-187. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792012000200177](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792012000200177)

Granda, P. (2006). Carbon dioxide absorption. In Monoculture tree plantations in Ecuador (World Rainforest Movement ed., pp. 11-12). Hersilia Fonseca. <https://www.wrm.org.uy/wp-content/uploads/2013/02/book2.pdf>

- Grieve, I. C., Proctor, J., & Cousins, S. A. (1990). Soil variation with altitude on Volcan Barva, Costa Rica. *CATENA*, 17(6), 525-534. [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(90\)90027-B](https://doi.org/10.1016/0341-8162(90)90027-B)
- Hafkenscheid, R. L. L. J. (2000). Hydrology and Biogeochemistry of Tropical Montane Rain Forests of Contrasting Stature in the Blue Mountains, Jamaica [PhD-Thesis - Research and graduation internal, VU]. <https://research.vu.nl/en/publications/hydrology-and-biogeochemistry-of-tropical-montane-rain-forests-of>
- Jadán, O., Cedillo, H., Pillacela, P., Guallpa, D., Gordillo, A., Zea, P., Díaz, L., Bermúdez, F., Arciniegas, A., Quizhpe, W., Vaca, C., Jadán, O., Cedillo, H., Pillacela, P., Guallpa, D., Gordillo, A., Zea, P., Díaz, L., Bermúdez, F., ... Vaca, C. (2019). Regeneración de árboles en ecosistemas naturales y plantaciones de *Pinus patula* (Pinaceae) dentro de un gradiente altitudinal andino (Azuay, Ecuador). *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 182-195. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.32940>
- León, A., Ramos, C., & García, M. (2010, Septiembre). Efecto de plantaciones de pino en la artropofauna del suelo de un bosque Altoandino. *Revista de Biología Tropical*, 58(3), 1031-1048. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000300016&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442010000300016&script=sci_arttext)
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas (1ra edición). Abya Yala.
- León-Gamboa, A. L., Ramos, C., & García, M. R. (2010). Efecto de plantaciones de pino en la artropofauna del suelo de un bosque Altoandino. *Revista de Biología Tropical*, 58(3), 1031-1048.
- Liu, Y., & Lu, C. (2021). Quantifying Grass Coverage Trends to Identify the Hot Plots of Grassland Degradation in the Tibetan Plateau during 2000-2019. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 416. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020416>
- MAE y FAO. (2015). Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montaños del Ecuador. 6-174. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55826.pdf>
- Manaka, T., Ono, K., Furusawa, H., Ogo, S., & Miura, S. (2020). Chemical sequential extraction of O horizon samples from Fukushima forests: Assessment for degradability and radiocesium retention capacity of organic matters. *Journal of Environmental Radioactivity*, 220-221, 106306. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106306>

- Manzanarez, N., y Navarro, C. (2004). Efecto de la sustitución del bosque nativo por plantaciones de pino y eucalipto sobre el horizonte orgánico en concepción (Chile). *Revista ITEA*, 100(2), 96-109.
- Maza, C. V. (2009). "CLASIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA COBERTURA VEGETAL SOBRE LA SUBCUENCA ZAMORA HUAYCO - CANTÓN LOJA". [https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2218/3/UTPL\\_Maza\\_Chamba\\_Cristian\\_Vicente\\_1009103.pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2218/3/UTPL_Maza_Chamba_Cristian_Vicente_1009103.pdf)
- Mazza, A. V. (2023, January 12). El proyecto Nero no puede dotar de agua a nuevos usuarios porque no cuenta con fuente de captación. *El Mercurio*. Retrieved April 23, 2023, from <https://elmercurio.com.ec/2023/01/12/nero-cuenca/>
- Medina, B., Jonard, M., Rendon, M., y Jacquemart, A. L. (2022). Effects of Pine Plantation on Native Ecuadorian Páramo Vegetation. *Forests* 13(9), 1499. <https://doi.org/10.3390/f13091499>
- Ministerio del trabajo. (2014). 200 OPERADORES DE AGUA POTABLE SERÁN CERTIFICADOS POR EL MINISTERIO DEL TRABAJO. Gobierno del Ecuador. <https://www.trabajo.gob.ec/200-operadores-de-agua-potable-seran-certificados-por-el-ministerio-del-trabajo/>
- Minga Ochoa, D. A., Ansaloni, R., Verdugo, A., & Ulloa Ulloa, C. (2016). Flora del páramo del Cajas, Ecuador. Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco Centro Gráfico Salesiano.
- Navarrete, A. A., Tsai, S. M., Mendes, L. W., Faust, K., De Hollander, M., Cassman, N. A., Raes, J., Van Veen, J. A., & Kuramae, E. E. (2015). Soil microbiome responses to the short-term effects of Amazonian deforestation. *Molecular Ecology*, 24(10), 2433-2448. <https://doi.org/10.1111/mec.13172>
- Oliva, M., Pérez, T. R., Salas, R., Gamarra, O., Leiva, S., Collazos, R., & Maicelo, Q. (2017). Cuantificación del área de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata y su potencial como reserva de carbono. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 233-241. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.06>
- Pacheco, C. & Tapia, F. (2015). Efectos de las plantaciones de pino (*Pinus patula*) en las propiedades hidrofísicas de los horizontes ándicos de los suelos de páramo en dos zonas de la cuenca alta del río Paute. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23241/3/Tesis.pdf>

- Plaza, J. (2018). "Impacto del tipo de cobertura forestal sobre las propiedades edáficas en una zona de bosque montano en el Parque Nacional el Cajas, provincia del Azuay. Universidad de Cuenca.
- Pulido-Fernández, M., Schnabel, S., Lavado-Contador, J. F., Miralles Mellado, I., & Ortega Pérez, R. (2013). Soil organic matter of Iberian open woodland rangelands as influenced by vegetation cover and land management. *CATENA*, 109, 13-24. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.05.002>
- Pulgar, J., García, B., & González, A. (2014). Comparación de métodos analíticos para determinar materia orgánica en suelos cultivados con cacao, pasto y palma aceitera en el Sur del Lago de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela | *Producción Agropecuaria*. 4(1), 53-58.
- Quito Baculima, J. F., & López López, W. I. (2014). Administración de riesgos empresarial basado en el Método RISICAR aplicado al proceso de potabilización de agua del sistema comunitario autónomo de agua potable proyecto NERO. [BachelorThesis, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3567>
- Quichimbo, P., Jiménez, L., Veintimilla, D., Tischer, A., Günter, S., Mosandl, R., & Hamer, U. (2017). Forest Site Classification in the Southern Andean Region of Ecuador: A Case Study of Pine Plantations to Collect a Base of Soil Attributes. *Forests*, 8(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/f8120473>
- Rawls, W. J., Pachepsky, Y. A., Ritchie, J. C., Sobecki, T. M., & Bloodworth, H. (2003). Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116(1), 61-76. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00094-6](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00094-6)
- Silver, W. L., Scatena, F. N., Johnson, A. H., Siccama, T. G., & Sanchez, M. J. (1994). Nutrient availability in a montane wet tropical forest: Spatial patterns and methodological considerations. *Plant and Soil*, 164(1), 129-145.
- Sloan, S., & Sayer, J. A. (2015). Forest Resources Assessment of 2015 shows positive global trends but forest loss and degradation persist in poor tropical countries. *Forest*
- Suárez, E., Arcos, E., Moreno, C., Encalada, A., & Álvarez, M. (2013, junio 28). Influence of vegetation types and ground cover on soil water infiltration capacity in a high-altitude páramo ecosystem. *Avances en ciencias e ingenierías*, 5(1), B14-B21.

- Tanner, E. V. J. (1977). Four Montane Rain Forests of Jamaica: A Quantitative Characterization of the Floristics, the Soils and the Foliar Mineral Levels, and a Discussion of the Interrelations. *The Journal of Ecology*, 65(3), 883. <https://doi.org/10.2307/2259385>
- Tanner, E. V. J., Vitousek, P. M., & Cuevas, E. (1998). Experimental Investigation Of Nutrient Limitation Of Forest Growth On Wet Tropical Mountains. *Ecology*, 79(1), 10-22. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[0010:EIONLO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[0010:EIONLO]2.0.CO;2)
- Wilcke, W., Yasin, S., Abramowski, U., Valarezo, C., & Zech, W. (2002). Nutrient storage and turnover in organic layers under tropical montane rain forest in Ecuador: Nutrient storage and turnover in montane forest. *European Journal of Soil Science*, 53(1), 15-27. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2002.00411.x>
- Xiang, Y., Chang, S. X., Shen, Y., Chen, G., Liu, Y., Yao, B., Xue, J., & Li, Y. (2023). Grass cover increases soil microbial abundance and diversity and extracellular enzyme activities in orchards: A synthesis across China. *Applied Soil Ecology*, 182, 104720. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104720>
- Yashiro, Y., Kadir, W. R., Okuda, T., & Koizumi, H. (2008). The effects of logging on soil greenhouse gas (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) flux in a tropical rainforest, Peninsular Malaysia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(5), 799-806. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2008.01.010>

## Anexos

**Anexo A.** Tabla de la Prueba de Levene

Variable	Df	F Valor	Pr(>F)
pH	2	3.2973	0,0531
CE	2	1.1123	3419
MO %	2	1.5618	2.269

**Anexo B.** Tabla de la Prueba de comparación de medias Tukey para la variable pH

Coberturas	pH	Grupo
BN	5,41	a
PA	4,56	b
BP	4,39	b

**Anexo C.** Tabla de la Prueba de comparación de medias Tukey para la variable CE

Coberturas	MO	Grupo
BP	84,38	a
BN	84,35	a
PA	79,36	b

**Anexo D.** Tabla de rangos de altitud de las coberturas vegetales

Cobertura	Altitud
PO	3258-3279
PA	3439-3425
BN	3417-3451
BP	3322-3513

## Anexo E. Cuatro coberturas vegetales de la parte alta de Nero



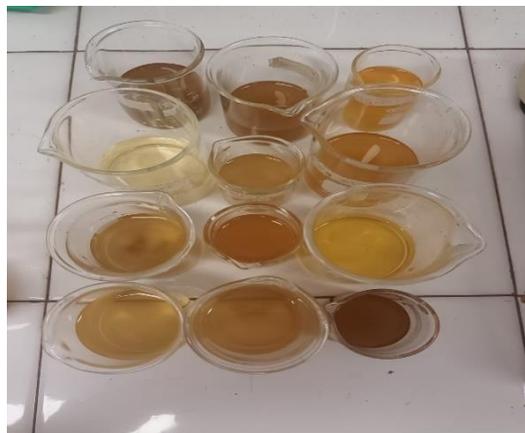
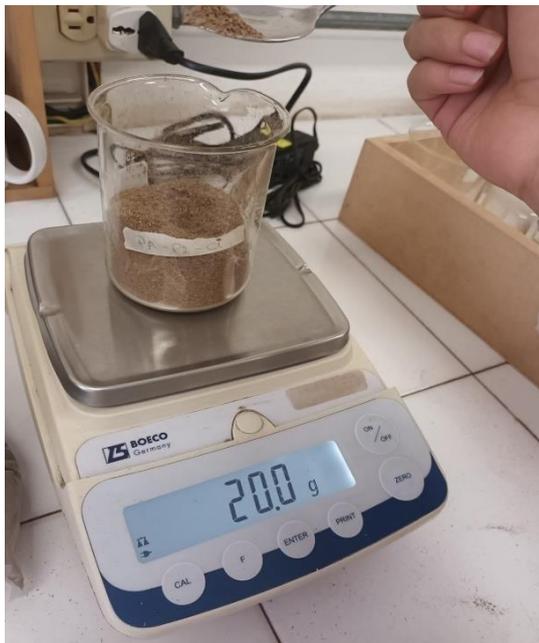
## ANEXO F. Metodología de recolección de muestras para las cuatro coberturas



## Anexo G. Procesamientos de las muestras



## Anexo H. Análisis químicos en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias



## Anexo I. Determinación de MO en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias



## ANEXO J. Determinación del color utilizando la tabla de Munsell

