

# UCUENCA

**Universidad de Cuenca**

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Determinación del efecto de cuatro tipos de cobertura vegetal en las tasas de  
descomposición de hojarasca en una zona del bosque protector Sunsun  
Yanasacha**

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

**Autor:**

Milton Samuel Piña Lema

**Director:**

Pablo Marcelo Borja Ramón

ORCID:  0000-0002-9852-101X

**Cuenca, Ecuador**

2024-06-28

## Resumen

Los ecosistemas altoandinos se encuentran entre las zonas más protegidas y de mayor valor ecológico del mundo. Dentro de los bosques, la caída de hojarasca es importante debido a que forma un estrato orgánico conocido como mantillo el cual aporta nutrientes y minerales al suelo. Los estudios dentro de este campo son de suma importancia, pero limitados, por eso es importante estudiar los factores involucrados en la degradación de hojarasca en algunas coberturas vegetales. El objetivo en esta investigación fue determinar el efecto de 4 tipos de cobertura vegetal: bosque nativo, plantaciones de pino, pajonal y pastizal sobre las tasas de descomposición de hojarasca. La estimación de la tasa de descomposición de las coberturas se realizó a través de técnicas de campo y laboratorio usando bolsas de descomposición (litterbags), con una frecuencia de muestreo de dos semanas durante un año. Para el análisis de los datos se utilizó una estadística descriptiva e inferencial en donde se obtuvo datos del porcentaje y tiempo de descomposición. En la prueba no paramétrica de de Kruskal- Wallis se determinó que existen diferencias en las tasas de descomposición de las distintas coberturas, la cobertura que presentó una descomposición más rápida fue la cobertura de pasto (PO) ( $k=0,007473446$ ), en la cobertura de bosque de pino (BP) la descomposición fue más lenta ( $k=0,008853634$ ), en el caso de la cobertura de pajonal (PA) y bosque natural (BN) mostraron una descomposición de hojarasca similar. El clima, la calidad de la hojarasca, la abundancia de organismos degradadores y la composición físico-química de cada especie son variables que alteran la tasa de descomposición en cada tipo de cobertura.

*Palabras clave del autor:* bosques, tasa de descomposición, hojarasca, cobertura vegetal.



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

High Andean ecosystems are among the most protected and ecologically valuable areas worldwide. Within forests, leaf litter fall is crucial as it forms an organic layer known as litter, which contributes nutrients and minerals to the soil. Research in this field is essential but limited, highlighting the importance of studying factors influencing litter decomposition across different vegetation covers. This study aimed to determine the effect of four types of vegetation cover—native forest, pine plantations, grasslands, and pastures—on litter decomposition rates. Decomposition rates were estimated using field and laboratory techniques with litterbags sampled biweekly over one year. Data analysis involved descriptive and inferential statistics, assessing decomposition percentages and times. Kruskal-Wallis non-parametric tests revealed significant differences in decomposition rates among the covers. Grassland cover (PO) exhibited the fastest decomposition ( $k=0.007473446$ ), while pine forest cover (BP) showed slower decomposition ( $k=0.008853634$ ). Pajonal (PA) and native forest (BN) covers demonstrated similar litter decomposition rates. Climate, litter quality, abundance of decomposing organisms, and physicochemical composition of each species were identified as variables influencing decomposition rates across covers.

*Autor Keywords: forests, decomposition rate, leaf litter, vegetation cover.*



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

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción.....                                                                                                                                         | 11 |
| 1. Objetivos .....                                                                                                                                        | 13 |
| 1.1 Objetivo General .....                                                                                                                                | 13 |
| 1.2 Objetivos Específicos.....                                                                                                                            | 13 |
| 2. Revisión Bibliográfica .....                                                                                                                           | 14 |
| 2.1 Importancia de los ecosistemas altoandinos .....                                                                                                      | 14 |
| 2.2 Cobertura forestal nativa (bosque altoandino) .....                                                                                                   | 15 |
| 2.3 Cobertura exótica (plantación de pino).....                                                                                                           | 15 |
| 2.4 Cobertura de pajonal .....                                                                                                                            | 16 |
| 2.5 Cobertura de pastizal.....                                                                                                                            | 16 |
| 2.6 Descomposición de hojarasca .....                                                                                                                     | 17 |
| 2.7 Importancia de la descomposición de hojarasca.....                                                                                                    | 17 |
| 2.8 Método de descomposición – bolsas de hojarasca “litter bag” .....                                                                                     | 18 |
| 2.9 Estudios similares .....                                                                                                                              | 18 |
| 3. Materiales y Métodos .....                                                                                                                             | 19 |
| 3.1 Materiales .....                                                                                                                                      | 19 |
| 3.2 Zona de estudio .....                                                                                                                                 | 20 |
| 3.3 Tipos de coberturas o escenarios de estudio .....                                                                                                     | 21 |
| 3.4 Diseño experimental .....                                                                                                                             | 22 |
| 3.5 Determinación de las tasas de descomposición de la biomasa foliar en los cuatro tipos de coberturas vegetales consideradas en el área de estudio..... | 23 |
| 3.5.1 Metodología en el laboratorio.....                                                                                                                  | 23 |
| 3.5.2 Aplicación de fórmulas para obtener las tasas de descomposición .....                                                                               | 23 |
| 3.6 Análisis estadístico .....                                                                                                                            | 25 |
| 4. Resultados .....                                                                                                                                       | 26 |
| 4.1 Estimación de la tasa de descomposición de la biomasa foliar en los cuatro tipos de coberturas vegetales consideradas en el área de estudio.....      | 26 |
| 4.2 Evaluación del efecto del tipo de masa forestal en las tasas de descomposición del material foliar .....                                              | 27 |
| 5. Discusión .....                                                                                                                                        | 29 |
| 5.1 Estimación de las tasas de descomposición de la biomasa foliar en cuatro tipos de cobertura vegetal .....                                             | 29 |
| 5.2 Evaluación del tipo de cobertura sobre las tasas de descomposición del material foliar .....                                                          | 30 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 6. Conclusiones.....    | 32 |
| 7. Recomendaciones..... | 33 |
| Referencias.....        | 34 |
| Anexos .....            | 39 |

## Índice de figuras

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación de la zona de estudio (Bosque Protector Sunsun Yanasacha). ....                              | 21 |
| <b>Figura 2.</b> Diseño de la parcela de estudio para cada una de las coberturas. ....                                  | 23 |
| <b>Figura 3.</b> Promedios de peso remanente de los 15 a 379 días para todas las coberturas. ...                        | 27 |
| <b>Figura 4.</b> Comportamiento del peso remanente de cada cobertura durante 379 días de duración del experimento. .... | 28 |

**Índice de tablas**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Materiales usados en la ejecución del proyecto .....                                                                                                                                                                                                              | 19 |
| <b>Tabla 2.</b> Tiempo estimado de descomposición del 50% y 99% de hojarasca. K=tasa de descomposición, T 50 = tiempo estimado para alcanzar el 50 % de descomposición de la hojarasca en días, T99 = tiempo estimado para alcanzar el 99% de descomposición de la hojarasca..... | 26 |
| <b>Tabla 3.</b> Análisis de normalidad con la prueba de Shapiro Wilks .....                                                                                                                                                                                                       | 27 |
| <b>Tabla 4.</b> Grado de diferenciación de las coberturas forestales, según la prueba de Kruskal Wallis .....                                                                                                                                                                     | 28 |

## Índice de anexos

|                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo A.</b> Análisis de normalidad con la prueba de Shapiro Wilks. ....                                                        | 40 |
| <b>Anexo B.</b> Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.....                                                                       | 40 |
| <b>Anexo C.</b> Coordenadas de las parcelas de estudio. ....                                                                       | 41 |
| <b>Anexo D.</b> Constante de descomposición k para todas las coberturas, calculado para cada muestreo con relación al tiempo. .... | 41 |
| <b>Anexo E.</b> Peso remanente expresado en % para todas las coberturas, calculado para cada muestreo con relación al tiempo. .... | 43 |
| <b>Anexo F.</b> Fisonomía de la zona de estudio y establecimiento de las parcelas de estudio. ....                                 | 43 |
| <b>Anexo G.</b> Diseño y ubicación de las trampas de descomposición (litterbags). ....                                             | 43 |
| <b>Anexo H.</b> Recolección de muestras en las distintas parcelas de estudio. ....                                                 | 44 |
| <b>Anexo I.</b> Recepción y pesaje de muestras en laboratorio. ....                                                                | 44 |
| <b>Anexo J.</b> Secado de las muestras a 40°C durante 48 horas. ....                                                               | 44 |
| <b>Anexo K.</b> Pesaje de muestras luego de 48 horas de secado en la estufa. ....                                                  | 45 |



## **Agradecimiento**

Quiero agradecer primeramente a Dios por sus bendiciones en mi día a día, también al Ing. Pablo Borja y a la Ing. Michelle Cherez por apoyarme en todo el transcurso de esta investigación. Por último, quiero extender mi agradecimiento a mis colegas y mejores amigos Wellington Bustamante, Alex Pucha, Mateo Baculima y Adrián Guerrero quienes fueron parte importante de mi vida académica.

## **Dedicatoria**

Este trabajo va dedicado a mis abuelos Enrique y Elvira y a mi madre Flor quienes me apoyaron en todo momento de manera incondicional, además a todos mis tíos por guiarme con su sabiduría y experiencia.

Por último, quiero dedicar este trabajo a la Universidad de Cuenca por ser la institución en la cual obtuve mis conocimientos y sabiduría

## Introducción

La cordillera de los Andes forma parte de las cadenas montañosas más extensas del planeta, ya que recorre longitudinalmente la parte occidental de América del Sur y a la vez influye en el desarrollo de todo el continente en aspectos geológicos, climáticos, ecológicos incluyendo los económicos y sociales (Santacruz, 2016). En América latina están localizados el 50% de los países más biodiversos del mundo entre los cuales está incluido Ecuador (Fuentealba & Mejía, 2016). El Ecuador es un país que posee una gran biodiversidad, lo cual se debe a la presencia de la cordillera de los Andes que da origen a diferentes pisos altitudinales, que poseen su propio microclima y tipo de suelo (Rincón et al., 2016). Los bosques en el Ecuador son una pieza fundamental en el mantenimiento de las relaciones y asociaciones entre la flora y la fauna que habitan en la misma zona natural (Caranqui et al., 2016). No obstante, la deforestación y otros cambios de uso de suelo son los principales factores de pérdida de los recursos forestales y degradación ambiental a nivel local y global (Fernández et al., 2017).

Los bosques altoandinos se cuentan entre los ecosistemas más productivos y de mayor valor económico de todo el mundo (Guerrero et al., 2022). Estos ecosistemas son muy importantes debido a que proveen servicios ambientales que benefician a una gran parte de la población, mediante el almacenamiento de carbono, regulación del ciclo hídrico, conservación del agua, depuración de contaminantes y estabilización climática (Valencia & Figueroa, 2014). Los bosques altoandinos, son considerados ambientes frágiles por la Convención de Ramsar (2010) y su alta fragilidad está asociada a sequías y a causas antrópicas como: agricultura, pastoreo intensivo (García & Otto, 2015).

La intervención del ser humano en estos ecosistemas para el aprovechamiento de los recursos naturales que ofrecen se ha extendido, poniendo en riesgo su conservación en el tiempo (Leiton, 2018). La desaparición de dichos ecosistemas sólo afectará la disponibilidad de los recursos, sino también afectará a las comunidades relacionadas con estos cuerpos de agua (Valencia & Figueroa, 2014). Para contrarrestar esto en el Ecuador actualmente se ejecutan planes para la conservación a través de políticas y legislación (artículo 406) (Constitución, 2008) de estos humedales (MAE, 2012).

Los bosques han sido considerados inicialmente como fuente de biomasa (madera), mismos que hoy en día se les atribuye varias utilidades ambientales, como por ejemplo sumideros de carbono, nutrientes, conservación de la biodiversidad, etc (Gaspar et al., 2015).

Dentro de los bosques la caída de la hojarasca que cae al suelo forma un estrato orgánico conocido como mantillo, juega un papel importante ya que cubre el suelo y lo protege de los cambios de temperatura y de humedad (Sánchez et al., 2010) además, representa el mayor proceso de transferencia de nutrientes de las partes aéreas de la planta hacia el suelo. Estos son procesos complejos que siguen una transformación desde su descomposición, la mineralización y la humificación. La descomposición de esta hojarasca se divide en cuatro etapas: trituración, lixiviación, catabolismo y la humificación, o formación de la materia orgánica por los microorganismos.

Existen áreas de alta biodiversidad como los bosques altoandinos del sur del Ecuador, considerados bosques con alta diversidad biológica por lo que actualmente la mayoría se encuentran protegidos y su acceso al público es controlado (Pinos, 2022). Sin embargo, existen áreas de bosque que se encuentran protegidas, pero no existe un monitoreo y control de su protección, tal es el caso del área del bosque protector Sunsun Yanasacha del cual se tiene escasa información sobre los procesos de ciclaje de nutrientes a nivel suelo-planta, de manera más específica en el proceso de la descomposición del material de reciente caída conocida como hojarasca. Con estos antecedentes y debido a la importancia que tiene la hojarasca dentro de la reposición de nutrientes en estos sistemas boscosos, el objetivo principal de esta investigación fue determinar el efecto de 4 tipos de cobertura vegetal: bosque nativo, plantaciones de pino, pajonal y pastizal en las tasas de descomposición de hojarasca en una zona del bosque protector Sunsun Yanasacha.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo General**

Determinar el efecto de 4 tipos de cobertura vegetal: bosque nativo, plantaciones de pino, pajonal y pastizal sobre las tasas de descomposición de hojarasca en una zona del bosque protector Sunsun Yanasacha.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Estimar las tasas de descomposición de la biomasa foliar en los cuatro tipos de coberturas vegetales consideradas en el área de estudio.

Evaluar el efecto del tipo de cobertura sobre las tasas de descomposición del material foliar.

## 2. Revisión bibliográfica

### 2.1 Importancia de los ecosistemas altoandinos

Los ecosistemas altoandinos también conocidos como humedales o bosques altoandinos, son ecosistemas forestales que se ubican en las regiones de gran altitud de la cordillera de los Andes, en América del Sur (Bussmann, 2005). Estos ecosistemas se encuentran entre los 2000 y 3000 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas que oscilan entre los 10 y 17,5 °C (Cervantes et al., 2021). La vegetación en los ecosistemas altoandinos es muy diversa e incluye musgos, helechos, líquenes y diversos tipos de árboles y arbustos (Anthelme et al., 2015). También sirven como hábitat para numerosas especies de animales, de las cuales muchas son exclusivas (endémicas) (MAE, 2012).

En Ecuador los ecosistemas altoandinos están ubicados en diez provincias de la Sierra, de los cuales se consideran a 36 como ecosistemas de humedales y 23 como humedales aislados, llegando a un total de 59 humedales alto andinos que abarcan una zona aproximada de 661.309 has (MAE, 2012). Estos ecosistemas juegan un rol muy importante en el mantenimiento del equilibrio ecológico (Guerrero et al., 2022). Sirven como reservorios naturales de agua y son grandes controladores de la erosión del suelo (Cervantes et al., 2021). Además del suministro de agua, los humedales altoandinos proveen fibras vegetales, alimentos y recursos genéticos, almacenan y regulan caudales (Anthelme et al., 2015). Otro de los beneficios más importantes de estos ecosistemas es la mitigación del calentamiento global, debido a la capacidad que tienen para almacenar grandes cantidades de carbono (Astudillo, 2022).

Estos ecosistemas a pesar de jugar un papel importante en el medio ambiente también se ven afectados debido al cambio climático y las actividades antropogénicas como la minería (Valencia & Figueroa, 2014). Es por esto que la convención Ramsar considera los humedales altoandinos como ecosistemas frágiles que pueden verse gravemente afectados (Astudillo, 2022). Como es bien sabido toda actividad antropogénica genera un impacto, es por ello que en el artículo 406 de la constitución de la República del Ecuador se reconoce a los humedales como tal y es el Estado el que debe garantizar su conservación, manejo y uso sustentable (Constitución, 2008).

## 2.2 Cobertura forestal nativa (bosque altoandino)

La cobertura forestal en los bosques altoandinos se asocia a la cantidad de área que está ocupada por árboles y vegetación en estos ecosistemas (Anthelme et al., 2015). La cobertura es un indicador importante para evaluar la salud y la biodiversidad de los bosques (Cervantes et al., 2021). Esta varía dependiendo de la región y las condiciones ambientales (Bonnesoeur et al., 2019). Incluye una mezcla de árboles, arbustos, enredaderas, hierbas y pastos (Gil et al., 2018). También, existen otros factores de suma importancia como las raíces y los microorganismos que componen parte de la cobertura forestal (Cisternas, 2022).

En la actualidad en los bosques altoandinos se ha determinado una gran cobertura de pastos dominados por kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) (Valencia & Figueroa, 2014). En Azuay los bosques altoandinos cubren en gran porcentaje el área de las microcuencas del Llaviucu y Mazan (Fernández et al., 2017). En las cuales existen unas 300 especies de plantas vasculares, como: *Ocotea heterochroma*, *Weinmannia fagaroides*, *Escallonia myrtilloides*, *Miconia pustulata*, *Axinaea affinis*, *Miconia denticulata*, *Hedyosmum cumbalense* *Gynoxys* spp, *Badilloa salicina* y *Clethra fimbriata* (Quinteros et al., 2013).

## 2.3 Cobertura exótica (plantación de pino)

La cobertura exótica es aquella que cuenta con la presencia de especies vegetales no nativas en una zona determinada (Ulloa, 2023). En el Ecuador las plantaciones forestales se iniciaron en los años 1800, siendo *Pinus patula* (pino) la especie escogida por su rápido crecimiento (Tapia & Pacheco, 2015). Esto con el fin de que las plantaciones forestales de Pino provean de bienes y servicios ecosistémicos que mejoren el sector económico y social de nuestro país (Jadán et al., 2019). Uno de los servicios económicos que se obtiene de las plantaciones de Pino es la producción de madera y otros productos forestales (Valencia et al., 1996). No obstante, estas plantaciones también pueden tener impactos negativos en la biodiversidad y el ecosistema (Castellanos & León, 2011).

En nuestro país la situación de las plantaciones de pino comprende dos problemáticas; la primera es el abandono de las plantaciones y la segunda el mal manejo agronómico, lo cual causa disminución en el volumen y calidad de la madera (Ulloa, 2023). Del mismo modo se ha identificado impactos negativos que han causado rupturas inter-específicas que han provocado eliminación o desplazamiento de especies nativas (Jadán et al., 2019). En cuanto al factor edáfico estas plantaciones han causado que el suelo se seque, debido a la presencia

de la hojarasca, siendo esta resistente a microorganismos, dando como resultado un suelo con menos porcentaje de materia orgánica (Castillo et al., 2016). También, se debe a que las plantaciones de pino no cuentan con una distancia de siembra significativa lo que causa que la acícula se vuelve un factor negativo, ya que comienza a acumularse debajo de los árboles formando un colchón hidrófobo, lo que imposibilita que el agua se filtre hacia suelo (León et al., 2010).

## 2.4 Cobertura de pajonal

La cobertura de pajonal es la vegetación más abundante del ecosistema de páramo (Muñoz, 2016). Pajonal es un término de origen español que se usa para designar las formaciones dominadas por gramíneas vivaceas amacolladas (Izco et al., 2007). Esta cobertura es reconocida por presentar grandes extensiones de arbustos, aunque la especie más abundante es el penacho *Calamagrostis intermedia* (Caranqui et al., 2016). Aunque algunos otros autores también reportan grandes extensiones de la (flor de páramo) *Cichorium* (Sarango et al., 2019). Los páramos en Centroamérica se ubican a una elevación de 3100 msnm, mientras que, en Ecuador va desde los 3600 a 4500 m.s.n.m. (López, 2021). En nuestro país, la extensión de los ecosistemas de páramo reportada hasta el año 2012 corresponde a 13.933 km<sup>2</sup>, es decir, el 5% del territorio nacional (Zurita, 2017). En los cuales se alberga gran cantidad de fauna y flora muy bien adaptadas a las condiciones climáticas del mismo (Muñoz, 2016).

Las praderas naturales altoandinas, comúnmente llamadas páramos, han sido consideradas el segundo ecosistema más importante después de los bosques tropicales (Oliva et al., 2017). Debido a la capacidad que tienen para brindar servicios ambientales como la regulación del ciclo hídrico, protección de cuencas y secuestro de carbono (Cerón & García, 2009). A pesar de cumplir funciones y de brindar servicios ambientales, los páramos en el Ecuador se han visto amenazados (Caranqui et al., 2016) debido al pastoreo intensivo, cultivos y grandes plantaciones de pinos, las cuales, combinadas con el cambio climático, alteran el paisaje y la dinámica de estos ecosistemas (López, 2021). Otra de las amenazas que sufren los páramos son los incendios forestales, estos han provocado que el suelo se haya desgastado perdiendo gran cantidad de cobertura vegetal, emergencia de plántulas, reducción y pérdida del agua (Zurita, 2017).

## 2.5 Cobertura de pastizal



En los bosques altoandinos de Ecuador se han encontrado mosaicos de pastos con espacios naturales los cuales tienen un papel importante en la interceptación de la precipitación y en la escorrentía del agua (Fuentealba & Mejía, 2016). La mayoría de pastos crecen en zonas en las cuales los cultivos están limitados por humedad, fertilidad o pH (León et al., 2018). Actualmente el 26% de la superficie terrestre mundial y el 70% de la superficie agrícola mundial están cubiertas por praderas, las cuales contribuyen a la subsistencia de aproximadamente 800 millones de personas (FAO, 2018). En nuestro país los pastos cultivados para el año 2020 ocuparon una superficie nacional de 2.1 millones de hectáreas, mientras que, los pastos naturales ocuparon 871.4 miles de hectáreas (INEC, 2020).

Algunos autores como Rivera & Ávila (2019) mencionan que los pastos son una fuente importante de alimentación para el ganado, un hábitat para la flora y fauna silvestres, proporciona protección al medio ambiente, almacenamiento de carbono y agua y la conservación in situ de recursos fitogenéticos. En otras investigaciones como la de Huamán et al. (2021) sostienen que los pastos altoandinos tienen un potencial para la mitigación de la problemática de los gases de efecto invernadero a nivel nacional.

## **2.6 Descomposición de hojarasca**

La descomposición de hojarasca es un proceso primordial en cualquier ecosistema (Castillo et al., 2016). La hojarasca está compuesta de hojas, ramas, flores y otros restos de plantas que caen al suelo (Salcedo, 2014). Gracias a este proceso, se da un abrigo orgánico en la superficie del suelo, teniendo como resultado un microclima edáfico peculiar y condiciones adecuadas como hábitat de microorganismos (Castellanos & León, 2011). El aumento en la producción de hojarasca contribuye a la regulación del ciclo de nutrientes y de la productividad primaria, así como al mantenimiento de la fertilidad del suelo forestal (Zárate et al., 2016).

En algunos estudios se menciona que la tasa de descomposición de hojarasca presenta una variabilidad significativa entre especies exóticas y especies nativas (Cedillo & Jara, 2019).

## **2.7 Importancia de la descomposición de hojarasca**

La descomposición de residuos orgánicos como la hojarasca depositados sobre los bosques, constituye una de las vías de mayor importancia en el flujo de nutrientes y en la fertilidad de los ecosistemas forestales (Ibarra et al., 2011). La caída de la hojarasca en el suelo genera un proceso importante de transferencia de nutrientes de las plantas hacia el suelo, ya que al

caer forma una especie de mantillo (Castillo et al., 2016). El cual cubre el suelo y éste es protegido ante las condiciones de temperatura y humedad, y también los elementos nutritivos regresan en gran cantidad ya que al descomponerse la hojarasca estos elementos se incorporan al suelo en donde son absorbidos nuevamente por las plantas (Varela et al., 2007). La acumulación de residuos vegetales en la superficie del suelo tiene efectos positivos sobre la productividad de los ecosistemas forestales, lo que ha llevado al estudio de los aportes y de los procesos asociados a la descomposición de la hojarasca (Castellanos & León, 2011).

Existen algunos factores que intervienen en la descomposición de hojarasca, entre ellos la acción realizada por una variedad de organismos como bacterias, hongos, lombrices de tierra e invertebrados (Salcedo, 2014). Estos organismos descomponen los materiales orgánicos de la hojarasca en sustancias más simples y liberan nutrientes al suelo en el proceso (Rincón et al., 2016). A diferencia de los bosques tropicales, donde la descomposición de los restos orgánicos es bastante rápida, en los ecosistemas de climas templado – fríos, este proceso ocurre con mayor lentitud (Ibarra et al., 2011). En si los ciclos de descomposición difieren en cada uno de los componentes y generalmente están influenciados por factores abióticos del suelo como temperatura, humedad, aireación y por la calidad de la hojarasca caída (Martínez, 2013).

## **2.8 Método de descomposición – bolsas de hojarasca “litter bag”**

El método de descomposición “litter bag” es una técnica utilizada para determinar la descomposición de hojarasca en el suelo (Gaspar et al., 2015). El cual consiste en colorar una malla fina entre 1 y 2 mm (espacio entre poros de la malla) que contenga una cantidad conocida de hojarasca en el suelo para posteriormente dejarla allí durante un periodo de tiempo determinado (Marmolejo et al., 2013). Durante este tiempo, los microorganismos descomponedores actúan sobre la hojarasca dentro de la bolsa, descomponiéndola gradualmente (Vázquez, 2019). Al final del período de tiempo establecido, se retira la bolsa del suelo y se analiza la hojarasca restante para determinar la cantidad de que se ha obtenido (Sánchez et al., 2010). Aunque el método puede subestimar la descomposición real, se asume que los resultados obtenidos con la técnica de “litter bags” reflejan las tendencias características de la descomposición de la hojarasca, permitiendo establecer comparaciones entre los tratamientos (Marqués, 2013).

## **2.9 Estudios similares**

Según diferentes estudios realizados en diferentes zonas los resultados han sido conclusivos en referencia al efecto de las coberturas en la producción de hojarasca por ejemplo Varela et al. (2007) mencionan que el producto de la descomposición de hojarasca genera anualmente entre el 69% y 87% de la energía para el crecimiento de los bosques y sistemas agrosilvopastoriles. En otro estudio realizado por Castellanos & León (2011) los autores testifican que la descomposición de la hojarasca varía según las especies forestales, en este estudio la especie *Acacia mangium* se caracterizó por tener una descomposición de la hojarasca relativamente rápida, aun cuando las tasas se determinaron sobre suelos degradados por actividades antropogénicas. Lusk et al. (2001) indican que en otros países algunas especies de coníferas tienden a producir grandes acumulaciones de detritus, esto a causa de una descomposición lenta. No obstante León et al. (2010) dan a conocer que la especie *Pinus radiata* en Chile se han desarrollado bajo otros tipos de vegetación (bosques y matorrales nativos, praderas) lo cual ha alterado la disponibilidad de nutrientes en el suelo con respecto a la vegetación existente.

Estudios recientes han determinado que la descomposición de la hojarasca está influenciada por variables ambientales como el pH, temperatura, régimen hídrico, como por componentes estructurales de la propia hoja como lignina, celulosa, cutina y taninos (Gómez et al., 2017). La producción de hojarasca en los bosques varía entre unos 100 a 1400 g m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> lo que revela que la descomposición es un proceso fundamental en el funcionamiento de los sistemas forestales y silvopastoriles (Martínez, 2013). En otro estudio se obtuvieron resultados en los cuales los pastos presentan una descomposición de hojarasca ligeramente más rápida que los bosques y pajonales, esto debido al aumento de la temperatura y eliminación de la cubierta arborea en áreas de pastoreo, lo cual permite que aumente la actividad microbiana y la de los invertebrados que mejora la tasa de descomposición (Santacruz, 2016).

### 3. Materiales y Métodos

#### 3.1 Materiales

Para el desarrollo de los dos objetivos específicos planteados, se usaron materiales tanto como de campo, laboratorio y de oficina, los cuales se detallan a continuación (Tabla 1).

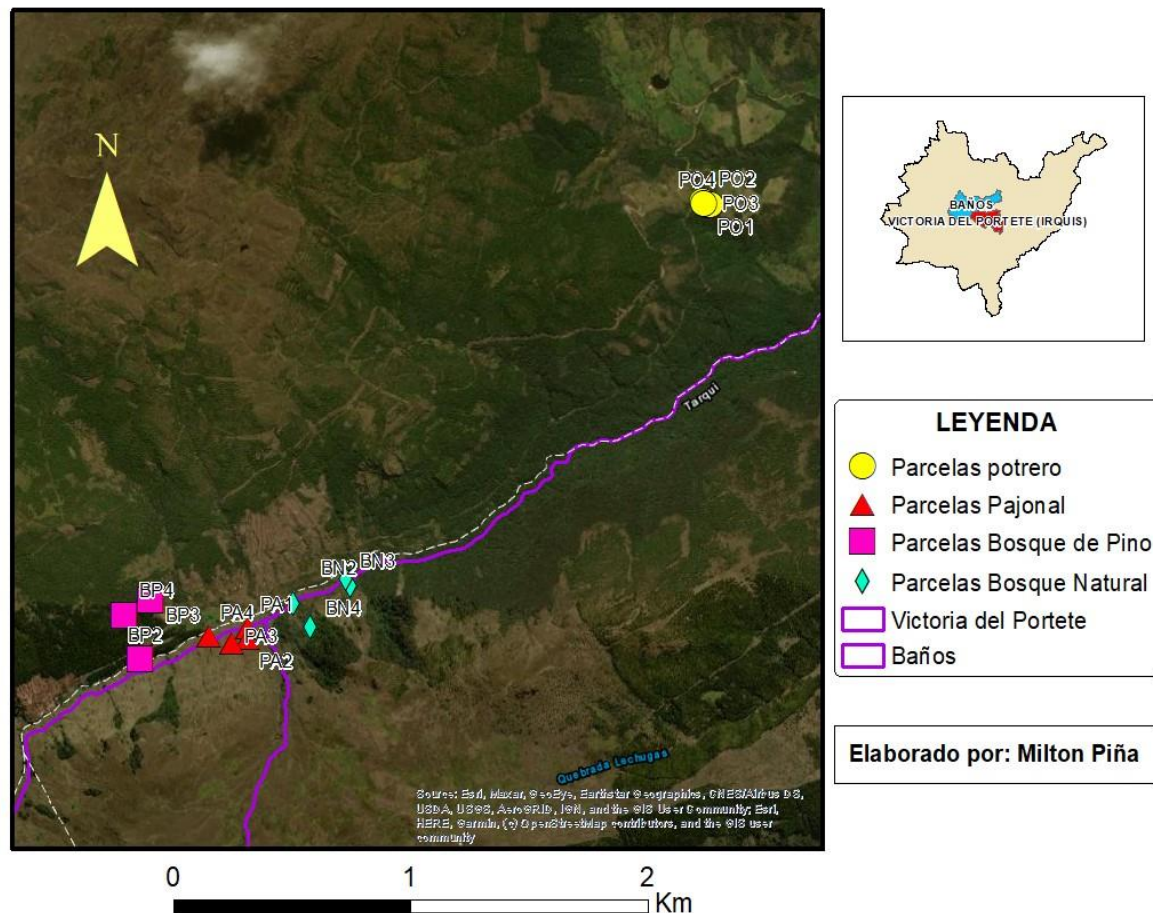
**Tabla 1.** Materiales usados en la ejecución del proyecto

| Materiales de campo                      | Materiales de laboratorio | Materiales de oficina |
|------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Fundas                                   | Balanza analítica         | Cámara fotográfica    |
| Etiquetas                                | Estufa                    | Computadora           |
| Bolsas de descomposición<br>(litterbags) | Pinzas                    | Software ArcMap 10.8  |

### 3.2 Zona de estudio

Las parcelas de estudio para el trabajo de campo fueron implementadas en la microcuenca del río Zhucay entre las parroquias Baños (Norte) y Victoria del Portete (Sur), parte alta de Nero, provincia del Azuay, en el área del bosque y vegetación protectores “Sunsun Yanasacha” (Figura 1) (Anexo G), formada por páramos, bosques andinos y pequeños humedales (Pinos, 2022). La zona de estudio cuenta con una superficie de 3850 ha<sup>-1</sup>, con un rango altitudinal que va desde los 3210 y 3800 m s.n.m. Tiene una media anual que está entre los 1100 - 1200 mm/año con una temperatura oscila entre los 6°a 8°C (Pinos, 2022).

Este proyecto de titulación estuvo asociado al proyecto “Ciclaje de nutrientes bajo diferentes coberturas vegetales en una zona del bosque protector Sunsun Yanasacha en la provincia del Azuay”, realizado por el grupo de investigación de Agroforestería y manejo del paisaje pertenecientes a la Universidad de Cuenca.



**Figura 1.** Ubicación de la zona de estudio (Bosque Protector Sunsun Yanasacha).

### 3.3 Tipos de coberturas o escenarios de estudio

En el área de estudio se distinguen diferentes tipos de coberturas de bosque, en donde se establecieron las parcelas. En cada cobertura se encuentran varios tipos de especies vegetales, pero para nuestro estudio solo se tomó en cuenta las especies dominantes en cada sitio de estudio esto con el fin de reducir las variables de estudio. En el caso de BN al encontrar varias especies, en primera instancia se realizó una identificación de todas las especies encontradas en las parcelas, posteriormente se determinó la especie dominante. Para ello se obtuvo valores de área basal ( $m^2$ ) por hectárea ( $G\ ha^{-1}$ ) y su correspondiente porcentaje (GR) a partir del diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada individuo perteneciente a una especie presente dentro de las 4 parcelas de esta cobertura. Se determinó como dominante a la que posee mayor área de cobertura siendo la especie *Ginoxys halli hieron* la dominante en esta cobertura (Anexo A).

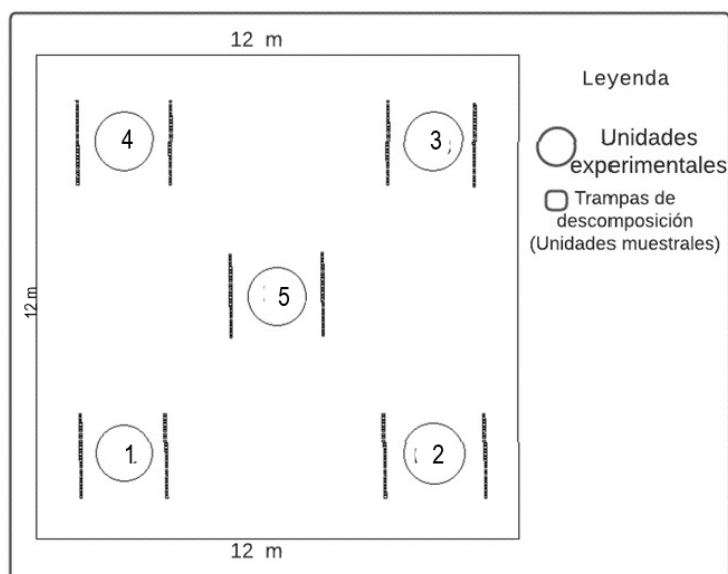
En BP solo se tomó en cuenta la hojarasca de pino (*Pinus spp*), en PA únicamente a pajonal (*Calamagrostis effusa*) y en PO se tomaron en cuenta 3 especies tales como raigrás (*Lolium perenne*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y trébol (*Trifolium spp*) dado que todas estas especies conforman el denominado “pastizal” o “PO” en nuestro estudio.

### 3.4 Diseño experimental

Dentro del área de estudio se establecieron 4 coberturas vegetales como: Cobertura de Bosque de Pino (BP); cobertura de Bosque Natural (BN); coberturas de Pajonal (PA) y cobertura de Potrero o pastizal (PO). Se aplicó un Diseño completamente al azar (DCA) ya que en este estudio solo se tomó en cuenta como variable independiente el tipo de cobertura además de que las parcelas se establecieron bajo un mismo rango de pendientes (Anexo D) lo que nos permitió garantizar la uniformidad de todas las unidades.

La distancia mínima de separación entre las parcelas de Bosques y Pajonal fue de 24 m. mientras que para el área del pastizal se ubicó a una distancia mínima de 3 m debido a la escasa área de terreno con esta cobertura. En nuestro escenario de estudio se instalaron un total de 16 parcelas con un área de 144 m<sup>2</sup> (12 m x 12 m) teniendo así 4 parcelas por cobertura, dentro de cada una de estas parcelas se establecieron 5 trampas de recolección para la captura del material senescente, alrededor de cada una de estas se ubicaron 54 bolsas de nylon (litterbags), de 2 mm de apertura y de 10 x 10 cm de superficie (Figura 2) (Anexo H), las cuales contenían 2 gramos de hojarasca fresca de cada tratamiento (cobertura vegetal) previamente recolectada y procesada en laboratorio (secada a 40 °C por 48 horas) (Anexo J), estas trampas con hojarasca fueron colocadas en el horizonte superficial Oi (horizonte orgánico en constante descomposición) alrededor de las 5 trampas de recolección por parcela para cada cobertura.

Posteriormente se recolectaron 2 litterbags (unidades experimentales) cada 15 días por cada unidad experimental, recolectando así 10 unidades por parcela y 40 por cada cobertura, obteniendo un total de 160 muestras en cada recolección durante 1 año recolectando así un total de 4320 muestras.



**Figura 2.** Diseño de la parcela de estudio para cada una de las coberturas.

### 3.5 Determinación de las tasas de descomposición de la biomasa foliar en los cuatro tipos de coberturas vegetales consideradas en el área de estudio.

#### 3.5.1 Metodología en el laboratorio

Una vez recolectadas las muestras en campo, estas fueron ingresadas al laboratorio, en primera instancia se realizó una limpieza de cada muestra puesto que estas contenían residuos de plantas, suelo, musgo, lombrices, etc. y utilizando una balanza analítica se obtuvo el peso húmedo expresado en gramos (Anexo J)., luego se sometieron las muestras a 40 °C durante 48 horas en una estufa para obtener el peso en seco (Anexo K y L). El peso seco y peso húmedo fueron utilizados para calcular la constante de descomposición y el peso remanente con los cuales se estimará las tasas de descomposición.

#### 3.5.2 Aplicación de fórmulas para obtener las tasas de descomposición

El porcentaje (%) del peso remanente de la hojarasca se determinó según el periodo de muestreo (cada 15 días), para todas las muestras (Olson, 1963):

$$k = \frac{-\ln \left( \frac{x}{x_0} \right)}{t}$$

Donde:



**K**= Constante de descomposición (valor que determina la velocidad de descomposición)

**ln**= Logaritmo natural

**X**= peso de la hojarasca en un tiempo dado

**X<sub>0</sub>**= Peso inicial de la hojarasca

**t**= tiempo expresado en días.

El valor numérico del coeficiente *k* indica la velocidad de descomposición de la hojarasca, la cual indica que:  $k < -0,005$  es lenta;  $-0,005 < k < -0,010$  es media;  $k > -0,010$  es rápida (Petersen & Cummins, 1974).

El valor de *K* se calculó desde los 15 hasta los 379 días, para las 4 diferentes coberturas vegetales, la pérdida del peso de la hojarasca durante este periodo de tiempo se determinará con el modelo exponencial simple (Olson, 1963):

$$W_t = W_0 e^{-kt}$$

**Donde:**

**W<sub>t</sub>**: El peso después del tiempo *t* (días)

**W<sub>0</sub>**: Peso al inicio del experimento

**e**: Constante

**k**: Constante de la tasa de descomposición.

**t**: Tiempo (días).

Partiendo de la constante (*k*), se calculó el tiempo necesario para alcanzar un 50% (*t* 50) y un 99% (*t* 99) de descomposición de la hojarasca de las cuatro coberturas vegetales, aplicando las ecuaciones:

$$t(50\%) = \ln \frac{0,5}{k} ; \quad t(99\%) = \ln \frac{(1-0,99)}{k}.$$

el cálculo de (*t*) es necesario para estimar el tiempo en el que el material foliar desaparecerá casi en su totalidad (Del Valle, 2003). También se calculó el porcentaje (%) del peso



remanente de la hojarasca según el periodo de muestreo (cada 15 días), para todas las coberturas usando la siguiente ecuación:

$$\%PR = \frac{X_t}{X_o} * 100$$

**Donde:**

**%PR:** Peso remante expresado en porcentaje.

**Xt:** Peso en el tiempo t (días)

**Xo:** Peso inicial

### 3.6 Análisis estadístico

En primera instancia se procedió a tabular los datos obtenidos en una hoja de excel, posteriormente con las ecuaciones antes mencionadas y utilizando una hoja de cálculo y el programa estadístico R, se obtuvo los datos de la constante de descomposición (K), El peso después del tiempo (Wt), el tiempo necesario para alcanzar un 50% (t 50) y un 99% (t 99) de descomposición y el peso remanente (%).

Con los datos obtenidos anteriormente, se realizó el análisis sobre el efecto del tipo de cobertura sobre las tasas de descomposición, para lo cual en primera instancia se evaluó por medio de una prueba de Shapiro - Wilk con un nivel del 5% de significancia, al no cumplir los supuestos de normalidad en los datos, se procedió a realizar un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal - Wallis con los datos del peso remanente de las diferentes coberturas vegetales para determinar la el efecto de cada una de estas sobre la de descomposición de hojarasca.

#### 4. Resultados

##### 4.1 Estimación de la tasa de descomposición de la biomasa foliar en los cuatro tipos de coberturas vegetales consideradas en el área de estudio

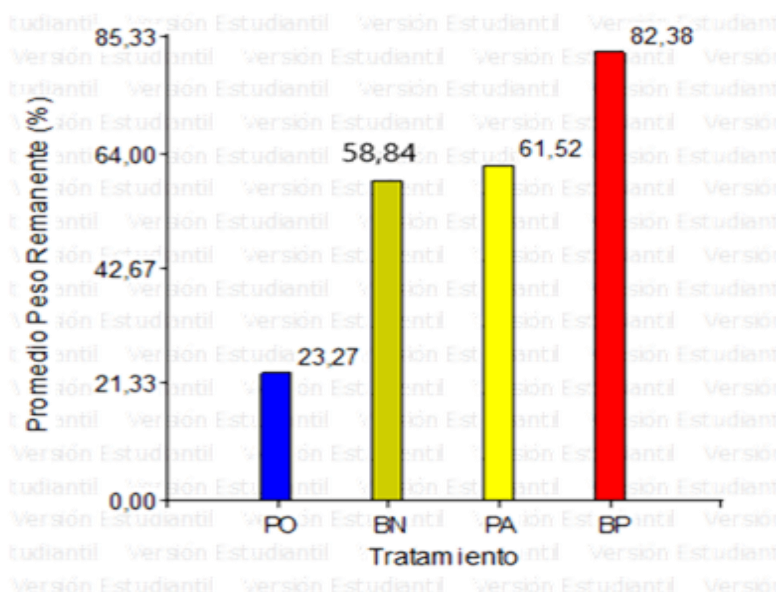
Según el factor que determina la velocidad de descomposición ( $K$ ), la cobertura vegetal que presentó una descomposición más acelerada fue PO, ( $K= 0,007473446$ ) por lo tanto, el tiempo estimado para la descomposición del 50% de esta cobertura fue de 92,74 días, mientras que para alcanzar una descomposición del 99%, el tiempo estimado es de 616,20 días. Seguido de PA, con un proceso de descomposición más lento ( $K=0,002822445$ ), en donde para alcanzar un 50% de descomposición requiere un tiempo de 245,58 días mientras que para llegar a un 99% de descomposición el tiempo estimado fue de 1631,62 días respectivamente. En el caso de BN es más lenta que las anteriores coberturas ( $K=0,001485445$ ) por lo que para alcanzar un 50% de descomposición de hojarasca requiere un tiempo estimado de 466,62 días mientras que para alcanzar un 99% de descomposición el tiempo estimado fue de 3100,19 días. Por último, la cobertura que presentó la tasa de descomposición más lenta de todas fue BP ( $K= 0,000853634$ ) requiriendo 811,99 días para alcanzar un 50% de descomposición y 5394,78 para alcanzar un 99% (Tabla 2) (Anexo E).

**Tabla 2.** Tiempo estimado de descomposición del 50% y 99% de hojarasca.  $K$ =tasa de descomposición, T 50 = tiempo estimado para alcanzar el 50 % de descomposición de la hojarasca en días, T99 = tiempo estimado para alcanzar el 99% de descomposición de la hojarasca.

| Promedios de $K$ durante un año de muestreo |             |          |          |
|---------------------------------------------|-------------|----------|----------|
| Coberturas                                  | $K$         | T50 días | T99 días |
| BN                                          | 0,001485445 | 466,62   | 3100,19  |
| BP                                          | 0,000853634 | 811,99   | 5394,78  |
| PA                                          | 0,002822445 | 245,58   | 1631,62  |
| PO                                          | 0,007473446 | 92,74    | 616,20   |

También se calculó el peso remanente expresado en % para todas las coberturas, obteniendo así los siguientes valores: PO (PR= 23,27%), BN (PR= 58,84%), PA (PR= 61,52%), BP (PR= 82,38%), siendo la cobertura vegetal pastizal la que presento el menor promedio de peso

remanente con 23,27%. seguido del bosque natural y la cobertura de pajonal, mientras que el bosque de pino presento un mayor porcentaje de peso remanente (Fig. 3).



**Figura 3.** Promedios de peso remanente de los 15 a 379 días para todas las coberturas.

#### 4.2 Evaluación del efecto del tipo de masa forestal en las tasas de descomposición del material foliar

Los datos del peso remanente de las diferentes coberturas vegetales, estadísticamente no presentaron normalidad (Shapiro-Wilk;  $W=0,92$ ,  $p < 0,05$ ). Por ende, tampoco presentaron homogeneidad de varianza (Tabla 3).

**Tabla 3.** Análisis de normalidad con la prueba de Shapiro Wilks

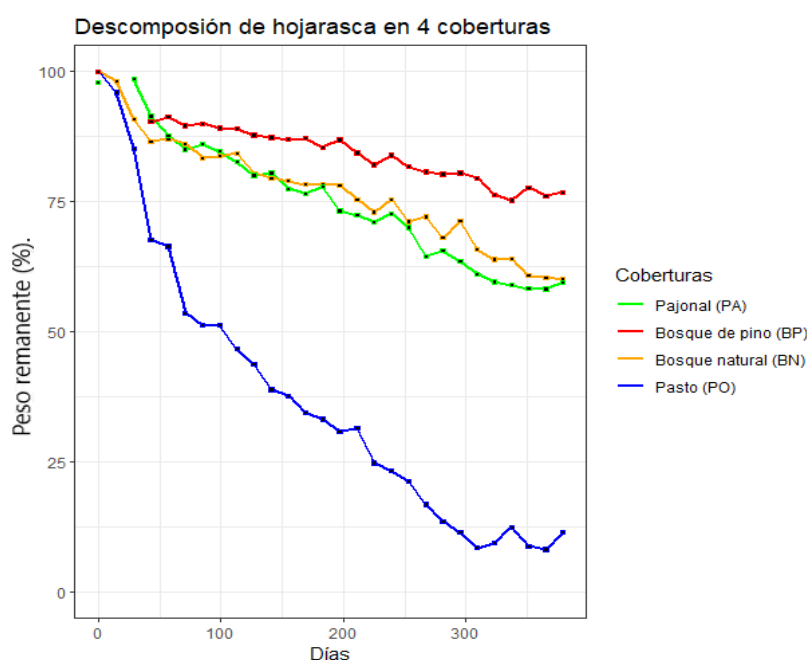
| Variable                | n   | Media | D.E.  | W    | p       |
|-------------------------|-----|-------|-------|------|---------|
| Promedio peso remanente | 112 | 68,82 | 24,58 | 0,92 | <0,0001 |

El peso remanente de la descomposición presentó diferencias significativas según la prueba de Kruskal-Wallis ( $p < 0,01$ ), teniendo así diferencias significativas entre los tipos de cobertura vegetal y el promedio de peso remanente, siendo la cobertura vegetal pastizal la que presentó el menor promedio de peso remanente con 23,27% y por ende un mejor nivel de descomposición con respecto a las demás coberturas, seguido de las coberturas pajonal y bosque natural, mientras que el bosque de pino presentó el mayor porcentaje de peso remanente y un menor grado de descomposición (Tabla 4).

**Tabla 4.** Grado de diferenciación de las coberturas forestales, según la prueba de Kruskal Wallis

| Tipo cobertura | Medias | DE    | Medianas | Rangos |   |
|----------------|--------|-------|----------|--------|---|
|                |        |       |          | (%)    |   |
| BN             | 75,59  | 12,83 | 74,95    | 58,84  | A |
| BP             | 85,57  | 6,87  | 86,21    | 82,38  | B |
| PA             | 77,02  | 10,70 | 78,27    | 61,52  | B |
| PO             | 37,13  | 26,61 | 32,41    | 23,27  | C |

Según el peso remanente la cobertura que mayor porcentaje de descomposición registró fue PO (76,73%), seguido de PA (38,48 %) y BN (41,16 %) y por último la cobertura que menor porcentaje de descomposición presentó fue BP (17,62 %). Por lo tanto, el porcentaje de descomposición de hojarasca varía según el tipo de cobertura. Esto se determinó para los 379 días de duración del experimento (Fig 4) (Anexo F).



**Figura 4.** Comportamiento del peso remanente de cada cobertura durante 379 días de duración del experimento.

## 5. Discusión

### 5.1 Estimación de las tasas de descomposición de la biomasa foliar en cuatro tipos de cobertura vegetal

Durante el desarrollo de este estudio se obtuvieron resultados muy importantes, en cuanto al primer objetivo se logró estimar las tasas de descomposición de la biomasa foliar en las cuatro coberturas vegetales lo cual sirvió como base para la realización del segundo objetivo. Estas coberturas fueron las siguientes: Pajonal (PA), bosque de Pino (BP), bosque Natural (BN) y pasto (PO). En cuanto al segundo objetivo de este estudio se logró evaluar el efecto del tipo de cobertura sobre las tasas de descomposición del material foliar. Seguidamente, se asoció el peso remanente de cada cobertura para asociarla a la descomposición de las mismas.

Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que la cobertura de Pasto (PO), alcanzó una mayor tasa de descomposición con un valor de  $K=0,007473446$ , es decir para que la hojarasca tenga una descomposición del 50% tienen que transcurrir 92,74 días, mientras que para alcanzar una descomposición del 99% tienen que transcurrir 616,20 días. Sánchez et al. (2010) realizaron un estudio sobre la descomposición de hojarasca en un sistema silvopastoril donde obtuvieron como resultado que la descomposición del 96,88% de la hojarasca se obtuvo a los 210 días quedando sin descomponer solo un 3,12%. Luna (2016) menciona que la descomposición en malla litter bag son más aceleradas en bosques, pero no en bosque-pasto y pasto, el autor testifica que esto se debe a las condiciones químicas diferentes y por la presencia excesiva de nutrientes en pastos, lo que limita la descomposición por parte de los microorganismos. Tapia et al. (2022) en su artículo “*Producción y descomposición de hojarasca de especies forestales en sistemas silvopastoriles, Valle del Sinú, Colombia*” afirma que entre más rápido se descomponga la hojarasca esto favorecerá a la liberación de nutrientes (C, N, P, K, Ca y Mg) a medida que el tiempo de exposición del material en el suelo aumenta. La cobertura de Pajonal (PA) obtuvo  $K= 0,003833445$ , la descomposición del 50% se da en un tiempo de 245,58 días y la descomposición del 99% se da en un tiempo de 1631,62 días. Sánchez et al. (2008) afirman que la descomposición de hojarasca está estrechamente relacionada con la actividad microbiana del suelo, la cual se desarrolla mejor en temperaturas más cálidas, lo cual no se puede evidenciar con nuestra zona de estudio, debido a que es una zona con temperaturas bajas, altas precipitaciones y por ende la descomposición de la hojarasca va hacer más lenta en comparación con una zona cálida.

Tapia et al. (2022) ratifica que la velocidad de descomposición depende de la naturaleza y composición de la especie vegetal y de las condiciones de cada sitio como el microclima, condiciones de humedad y biota del suelo.

En el caso de Bosque natural (BN) la descomposición de hojarasca es más lenta que las anteriores coberturas  $K=0,001485445$  por lo que para alcanzar un 50% de descomposición de hojarasca requiere un tiempo estimado de 466,62 días mientras que para alcanzar un 99% de descomposición el tiempo estimado fue de 3100,19 días. En un estudio realizado en Santander a 3100 msnm en un Bosque nativo los autores determinaron que la descomposición de hojarasca del 25 – 30% la obtuvieron en 222 días, es decir en este sitio para obtener una descomposición del 50% de la hojarasca se necesitan 370 días, en este estudio se menciona que la correlación entre la humedad del suelo y la precipitación es inversa y débil y que la descomposición de la hojarasca en sí, está influenciada por más variables como la intensidad y la duración de la lluvia, así como el tipo y el espesor de la capa de hojarasca, además otros factores tales como la calidad de hojarasca, donde las relaciones carbono/nitrógeno, carbono/fósforo y lignina/nutrientes tienen un fuerte impacto (Machuca et al., 2022).

Finalmente, la cobertura que presentó la tasa de descomposición más lenta de todas fue Bosque de pino (BP)  $K= 0,000853634$  requiriendo 811 días para alcanzar un 50% de descomposición y 5394,78 para alcanzar un 99%. López et al. (2018) en su estudio titulado “*Depósito y descomposición de hojarasca de Pinus cooperi C.E.Blanco en El Salto, Durango, México*” da a conocer que para bosques mixtos de coníferas en Estados Unidos el tiempo requerido para la descomposición de la hojarasca del 95% es de 4015 a 6205 días. En su mismo estudio los autores antes mencionados registran un valor de 5,8 años (2129 días) a 6,3 años (2313 días), el cual es menor que los de los intervalos documentados en este estudio.

## **5.2 Evaluación del tipo de cobertura sobre las tasas de descomposición del material foliar**

El tipo de masa forestal tiene un impacto significativo en las tasas de procesamiento del material foliar. La descomposición del material vegetal senescente en el suelo es un proceso fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que de ello depende el ciclo de nutrientes (Martínez, 2013). Para determinar el efecto del tipo de cobertura sobre la descomposición de hojarasca se tomó en cuenta el peso remanente de cada cobertura obteniendo así los siguientes valores: PO (PR= 23,27%), BN (PR= 58,84%), PA (PR= 61,52%), BP (PR= 82,38%), siendo la cobertura vegetal pastizal la que presento el menor promedio de peso remanente con 23,27%. En un estudio realizado por. Torres et al. (2013)

en un pastizal húmedo menciona que para especies emergentes en un humedal de Venezuela el peso remanente es de 37,5% a los 217 días. Sánchez et al. (2008) en su estudio titulado “Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala*” mencionan que la velocidad de descomposición de la hojarasca de *L. leucocephala* fue mayor que la de *P. maximum* en un sistema silvopastoril y que la de *P. maximum* en monocultivo. A los 210 días la masa seca residual de *L. leucocephala* fue 3,1%, la de *P. máximo* en el sistema silvopastoril 28,2% y 45,3% en la pastura en monocultivo. En cuanto al bosque natural (BN) los autores Rave et al. (2013) registran que a los 180 días de su ensayo en un Bosque natural intervenido se perdió el 50,1% del peso inicial, teniendo un peso remanente de 49,9% mientras que Cerón & García (2009) manifiestan que a descomposición de hojarasca muestra pérdida de peso rápida en dos bosques (Bosque natural reforestado y bosque de sucesión espontanea). A los 90 días del ensayo en el bosque natural reforestado en este ensayo se perdió el 60% de la masa, mientras que en el bosque de sucesión espontanea el perdió el 62%. En cuanto a la descomposición de la hojarasca de *V. nudipes* en los dos bosques, la hojarasca perdió más del 50% del peso original en los primeros 30 días del ensayo. Al final (90 días después) las bolsas contenían aproximadamente el 10% del material inicial para los dos bosques. En un estudio experimental que se propuso cuantificar la tasa de descomposición foliar de un grupo de especies vegetales representativas del Centro-Oeste de Argentina, se encontró que las tasas de revisión obtenidas en ambos tratamientos presentaron una alta variabilidad, lo que sugiere que el tipo de la masa forestal influye significativamente en las tasas de procesamiento del material foliar (Torres et al., 2013). García et al. (2010) testifica que en el proceso de descomposición hay múltiples factores que afectan la velocidad de descomposición de la hojarasca, pero básicamente este proceso está controlado por tres elementos principales: 1) el clima, 2) la calidad de la hojarasca y 3) la abundancia de organismos degradadores además Martínez (2013) dice que la tasa de descomposición ( $k$ ) de la hojarasca está relacionada con la composición físico-química de cada especie, pero también pueden obedecer a condiciones de cada sitio como el microclima, condiciones y biota del suelo. Finalmente se puede determinar que cada una de las variables evaluadas en este proyecto son de suma importancia ya que se ha observado que la dinámica entre la caída y deterioro de la hojarasca forma parte del funcionamiento de los ecosistemas, lo que subraya la relevancia de estudiar cómo la cobertura vegetal influye en este proceso, además estas indagaciones exploratorias resaltan la importancia de investigar el efecto de la cobertura vegetal en las tasas de procesamiento de hojarasca, ya que esto puede tener implicaciones significativas para la

gestión y conservación de los ecosistemas forestales en la zona del bosque protector Sunsun Yanasacha.

## 6. Conclusiones

Los resultados obtenidos de este trabajo de investigación demostraron que la descomposición de hojarasca se ve influenciada por las coberturas vegetales, ya que se encontraron diferencias significativas en las coberturas de bosque natural, bosque de pino, pajonal y pastizal en cuanto al efecto de cada una de estas sobre las tasas de descomposición. Dentro del estudio en las cuatro coberturas estudiadas quedó establecido que la cobertura de pastizal fue aquella que mayor porcentaje de descomposición presentó, seguido por el bosque natural y pajonal y finalmente la cobertura que presentó el menor porcentaje de descomposición fue el bosque de pino.

Respecto a la velocidad y tiempo de descomposición o tasa de descomposición que viene expresada por el factor  $k$ , se determinó que la cobertura PO es aquella que se descompone de manera más rápida (616,20 días el 99%) seguido de PA y BN los cuales requieren (1631,62 días el 99%) y (3100,19 días el 99%) respectivamente y por último la cobertura que presenta la descomposición más lenta es BP requiriendo 5394,78 días para alcanzar un 99% de descomposición de su masa.

En cuanto al peso remanente, la cobertura PO fue la que presentó el menor promedio de peso remanente con 23,27 %. seguido de las coberturas pajonal y bosque natural con un 61,52 % y 58,84 respectivamente mientras que el bosque de pino presento el mayor porcentaje de peso remanente con un 82,38% respectivamente.

Finalmente podemos concluir que la velocidad y el tiempo de descomposición de la hojarasca están estrechamente relacionados con el tipo de cobertura vegetal sobre el cual se realizó este estudio



## 7. Recomendaciones

De esta investigación se recomienda que, para determinar la tasa de descomposición dentro de un ecosistema o sistema forestal, es importante identificar las especies dominantes de la cobertura vegetal y también clasificarlas según su origen (Nativas o exóticas) ya que estos datos influyen directamente sobre la descomposición

En futuros estudios sería importante realizar un monitoreo de las variables ambientales como precipitación, humedad relativa y temperatura ya que estas podrían influenciar directamente en el grado de descomposición de la hojarasca y con ello obtener datos más concretos.

Se podría aplicar estudios similares en otras regiones y ecosistemas con el fin de obtener información de la descomposición de hojarasca en dichos lugares lo cual serviría para tomar medidas de conservación o manejo de los suelos y ecosistemas en estos lugares.

## Referencias

- Anthelme, F., Beck, S., Ginot, P., García, M., & Meneses, R. (2015). *Ecosistemas y plantas altoandinos de la Cordillera Real: únicos y frágiles*.
- Astudillo, D. (2022). Actividad minera en humedales altoandinos del Ecuador y la emisión de dióxido de carbono. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, Vol. 5, 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.46380/rias.v5.e216>
- Bonnesoeur, V., Locatelli, B., & Ochoa, B. (2019). *Impactos de la forestación en el agua y los suelos de los Andes: ¿Qué sabemos? Resumen de políticas*. <https://agritrop.cirad.fr/>
- Bussmann, R. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista peruana de Biología*, Vol. 12, 213-216. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332005000200006](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332005000200006)
- Caranqui, J., Lozano, P., & Reyes, J. (2016). Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador. *Enfoque UTE*, Vol. 7, 33-45. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n1.86>
- Castellanos, J., & León, J. (2011). Descomposición de hojarasca y liberación de nutrientes en plantaciones de *Acacia mangium* (Mimosaceae) establecidas en suelos degradados de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, Vol. 59, 113-128. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442011000100009](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000100009)
- Castillo, L., Bojórquez, J., Hernández, A., & García, D. (2016). Contenidos de carbono orgánico en suelos bajo diferentes coberturas vegetales y de cultivo. *Cultivos tropicales* Vol. 37, 72-78. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2035.4805>
- Cedillo, C., & Jara, L. (2019). *Evaluación de la descomposición de biomasa foliar bajo diferentes tipos de cobertura forestal en un ecosistema altoandino al sur del Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Cuenca - Ecuador <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32562>
- Cerón, P., & García, H. (2009). Propiedades del suelo en bosque pajonal; reserva natural Pueblo Viejo, Nariño, Colombia. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, Vol. 12, 113-120. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262009000100012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262009000100012&script=sci_arttext)
- Cervantes, R., Sánchez, J., Alegre, J., Rendón, E., Baiker, J., Locatelli, B., & Bonnesoeur, V. (2021). Contribución de los ecosistemas altoandinos en la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica. *Ecología Aplicada* Vol. 20, 137-146. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rea.v20i2.1804>
- Cisternas, M. (2022). *Flora vascular de humedales andinos en el santuario el Cañi, región de la Araucanía, Chile* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Temuco]. Temuco - Chile
- Constitución, E. (2008). *Constitución de la República del Ecuador* (449 de 20-oct.-2008). Quito - Ecuador Retrieved from <https://www.defensa.gob.ec/>
- FAO. (2018). *Praderas, pastizales y cultivos forrajeros*. <https://www.fao.org/agriculture/crops/mapa-tematica-del-sitio/theme/spi/praderas-pastizales-y-cultivos-forrajeros/praderas-pastizales-y-cultivos-forrajeros/es/>
- Fernández, J., Niveló, C., & Astudillo, P. (2017). Variación de la comunidad de pequeños mamíferos no voladores en bosques altoandinos del Parque Nacional Cajas, Ecuador *Mastozoología Neotropical*, Vol. 24, 347-354. <https://www.redalyc.org/>
- Fuentealba, B., & Mejía, M. (2016). Caracterización ecológica y social de humedales altoandinos del Parque Nacional Huascarán. *Aporte Santiaguino*, Vol. 9, 303-316. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32911/as.2016.v9.n2.203>

- García, E., & Otto, M. (2015). Caracterización ecohidrológica de humedales alto andinos usando imágenes de satélite multitemporales en la cabecera de cuenca del Río Santa, Ancash, Perú. *Ecología Aplicada*, Vol. 14, 115-125.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162015000200004](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162015000200004)
- García, L., Ríos, A., & Molina, L. (2010). Estructura, composición vegetal y descomposición de hojarasca en el suelo, en dos sitios de un bosque nublado andino (reforestado y en sucesión espontánea) en peñas blancas, Calarcá (Quindío) Colombia. *Actualidades Biológicas*, Vol. 32, 147-164.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842010000200003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-35842010000200003&script=sci_arttext)
- Gaspar, E., González, M., Ramírez, N., & Álvarez, J. (2015). Acumulación y descomposición de hojarasca en bosques secundarios del sur de la Sierra Madre de Chiapas, México. *Bosque (Valdivia)*, Vol. 36, 467-480.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002015000300013>
- Gil, P., Caro, D., Bravo, W., Solano, R., Camargo, N., Moreno, O., Ovalle, A., Muñoz, J., Morales, A., Reyes, J., Hernández, D., Medina, W., Gil, C., Jerez, R., Moreno, E., & Prado, L. (2018). *Restauración ecológica del bosque Altoandino en la vereda Montoya (Ventaquemada, Boyacá): diagnóstico, diseño y propagación de especies nativas*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7668889>
- Gómez, F., Correa, F., Díaz, E., Olguín, M., Encina, F., & Figueroa, R. (2017). Descomposición de hojarasca de especies nativas y no nativas en un humedal boscoso de agua dulce de Chile. *Gayana (Concepción)*, Vol. 81, 1-8.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382017000100001>
- Guerrero, O., Camargo, M., & Idrovo, B. (2022). Caracterización y clasificación geológica y ambiental: humedales altoandinos de la provincia de Loja- Ecuador. *Axioma*, 19-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.26621/ra.v1i26.742>
- Huamán, M., Espinoza, F., Barrial, A., & Ponce, Y. (2021). Influencia de la altitud y características del suelo en la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico de pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria*, Vol. 12, 83-90.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.010>
- Ibarra, M., Caldentey, J., & Promis, Á. (2011). Descomposición de la hojarasca en rodales de *Nothofagus pumilio* de la región de Magallanes. *Bosque (Valdivia)*, Vol. 32, 227-233. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002011000300004>
- INEC. (2020). *Encuesta de superficie y producción Agropecuaria continua 2020* [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec)
- Izco, J., Pulgar, Í., Aguirre, Z., & Santin, F. (2007). Estudio florístico de los páramos de pajonal meridionales de Ecuador. *Revista peruana de Biología*, Vol. 14, 237-246.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332007000300010&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332007000300010&script=sci_arttext)
- Jadán, O., Cedillo, H., Pillacela, P., Gualpa, D., Gordillo, A., Zea, P., Díaz, L., Bermúdez, F., Arciniegas, A., Quizhpe, W., & 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*, Vol. 67. <https://doi.org/10.15517/RBT.V67I1.32940>
- Leiton, K. (2018). Percepción ambiental de los habitantes de la microcuenca del lago Yahuarcocha: estrategias para la conservación y uso sustentable. *Universidad Técnica del Norte* 5-21.
- León, A., Ramos, C., & García, M. (2010). Efecto de las plantaciones de pino en la antropauna del suelo de un bosque altoandino. *Revista de Biología Tropical*, Vol. 58, 1031-1048. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442010000300016](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000300016)

- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador, siembre y producción de pasturas*.
- López, J., Corral, J., González, H., Domínguez, T., Gómez, M., & Cantú, I. (2018). Depósito y descomposición de hojarasca de *Pinus cooperi* C.E. Blanco en El Salto, Durango, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, Vol 9, 201-222.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.249>
- López, S. (2021). *Influencia del Gradiente Microclimático y Ecológico sobre la emergencia de Plántulas Nativas para la restauración del páramo Antisana, Pichincha, Ecuador*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador ]. Quito - Ecuador  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25551>
- Luna, N. (2016). *Descomposición de materia orgánica en ríos andinos: efectos del cambio de uso de suelo y de la calidad de la hojarasca* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Particular de Loja]. Loja-Ecuador.  
<https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/14589>
- Lusk, C., Donoso, C., Jiménez, M., Moya, C., Oyarce, G., Reinoso, R., Saldaña, A., Villegas, P., & Matus, F. (2001). Descomposición de hojarasca de *Pinus radiata* y tres especies arbóreas nativas. *Revista Chilena de historia natural*, Vol. 74, 705-710.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2001000300016>
- Machuca, F., Acevedo, Á., Suescún, D., León, J., & Santamaría, S. (2022). Producción y descomposición de hojarasca en un robledal: análisis de determinantes ambientales y de vegetación. *Colombia Forestal*, Volumen 26, 44-59.  
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/19524/19234>
- MAE. (2012). *Política de ecosistemas andinos del Ecuador* Quito - Ecuador Retrieved from  
<https://www.derechosdelanaturaleza.org.ec/>
- Marmolejo, J., Cantú, C., & Gutiérrez, M. (2013). Degradación de la hojarasca en sitios con vegetación primaria y secundaria del matorral espinoso tamaulipeco. *Revista mexicana de ciencias forestales*, Vol. 4, 174-181.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11322013000300016#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20la%20bolsa,et%20al.%2C%202008](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322013000300016#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20la%20bolsa,et%20al.%2C%202008)
- Marqués, L. (2013). *Modelización de la descomposición de la materia orgánica en suelos del Pirineo central* [Tesis de maestría, Universidad de Zaragoza]. Zaragoza - España.  
<https://zaguan.unizar.es/record/13113>
- Martínez, J. (2013). *Producción y descomposición de hojarasca en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples y su efecto sobre propiedades bioorgánicas del suelo en el valle medio del Río Sinú* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. Medellín - Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20938>
- Muñoz, C. (2016). *Determinación del efecto del tipo de cobertura vegetal en la capacidad de retención de agua del páramo de Pulinguí San-Pablo, Chimborazo-Ecuador* [Tesis de pregrado Universidad de las Américas]. Quito - Ecuador  
<https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5496>
- Oliva, M., Pérez, R., Salas, R., Gamarra, O., Leiva, S., Collazos, R., & Maicelo, J. (2017). Cuantificación del área de pajonal de las microcuencas de Gocta y Chinata y su potencial como reserva de carbono. *Scientia Agropecuaria*, Vol. 8, 233-241.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.06>
- Olson, J. S. (1963). Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems 1. *Ecology*, 44(2), 322–331.
- Petersen, R., y Cummins, K. (1974). Leaf Processing in a woodland stream. *Freshwater Biology*, 4, 343-368.
- Pinos, D. (2022). *Calidad del suelo a partir de indicadores físicos y químicos aplicado a tres usos de suelo para la generación de propuestas de gestión por impactos en el suelo por acciones antrópicas en el bosque y vegetación protectores de Sunsun* -

- Yanasacha [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Cuenca - Ecuador <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21860>
- Quinteros, P., Piercosimo, T., & Ansalloni, R. (2013). Comparación química de suelos en distintas coberturas vegetales del PNC mediante métodos de clúster análisis. *Memorias del II Congreso Binacional de Investigación, Ciencia y Tecnología de las Universidades*, 746-764. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11169>
- Rave, S., Montenegro, M., & Molina, L. (2013). Caída y descomposición de hojarasca de Junglas neotropical Diels (1906) en un bosque Montano Andino Pijao (Quindío) Colombia. *Actualidades Biológicas*, Vol. 35, 33-43. <https://doi.org/https://doi.org/10.17533/udea.acbi.329208>
- Rincón, J., Merchán, D., Sparer, A., Rojas, D., & Zarate, E. (2016). La descomposición de la hojarasca como herramienta para evaluar la integridad funcional de ríos altoandinos del sur del Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, Vol. 65, 321-334.
- Rivera, A., & Ávila, E. (2019). *Metodología de zonificación para uso de pastos en las provincias de intervención del proyecto GCI*. <http://www.ganaderiaclimaticamenteinteligente.com/>
- Salcedo, A. (2014). *Efectos del incremento de la temperatura y las quemadas sobre la mesofauna (Artrópodos) del suelo y la descomposición de hojarasca en un ecosistema de páramo en el Norte del Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad San Francisco de Quito]. Quito - Ecuador <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2876>
- Sánchez, S., Crespo, G., & Hernández, M. (2010). Descomposición de la hojarasca en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit cv. Cunningham. III. Influencia de la densidad y diversidad de la macrofauna asociada. *Pastos y Forrajes*, Vol. 33, 1-11. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942010000100003&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942010000100003&script=sci_arttext&tlng=en)
- Sánchez, S., Crespo, G., Hernández, M., & García, Y. (2008). Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala*. *Revista de Zootecnia Tropical* Vol 26, 269-273. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692008000300024](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000300024)
- Santacruz, T. (2016). *Estudio de la dinámica y variación de las tasas de descomposición de hojarasca en ríos altoandinos, con diferentes uso de suelo* [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay]. Cuenca - Ecuador <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6272>
- Sarango, J., Muñoz, J., Muñoz, L., & Aguirre, Z. (2019). Impacto ecológico de un incendio forestal en la flora del páramo antrópico del Parque Universitario "Francisco Vivar Castro", Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, Vol. 9, 101-114. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/687>
- Tapia, F., & Pacheco, C. (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* [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Cuenca - Ecuador <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23241>
- Tapia, J., Contreras, J., Martínez, J., López, L., & Rodríguez, J. (2022). Producción y descomposición de hojarasca de especies forestales en sistemas silvopastoriles, Valle del Sinú, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, Vol 33. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.49781>
- Torres, R., Lugo, C., Gordon, E., & Suárez, L. (2013). Descomposición foliar in situ de *heliconia marginata* en un humedal herbáceo (Barlovento, Venezuela). *Polibotánica*, Vol. 35, 21-40. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-27682013000100002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682013000100002)



- Ulloa, T. (2023). *Influencia de la acícula de pino en el establecimiento de plántulas de Oreocallis grandiflora en una plantación al sur del Ecuador* [Thesis de pregrado, Universidad del Azuay]. Cuenca-Ecuador <https://dspace.uazuay.edu.ec/>
- Valencia, M., & Figueroa, A. (2014). Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio: tendencias del análisis. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, Vol. 14, 29-42. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242015000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242015000100003&script=sci_arttext)
- Valencia, S., Vargas, J., Molina, J., & Jasso, J. (1996). Control genético de la velocidad de crecimiento y característica de la madera en *Pinus patula*. *Agrociencia*, Vol. 30. <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1443>
- Varela, A., Cortés, C., & Cotes, C. (2007). Cambios en edafofauna asociada a descomposición de hojarasca en un bosque nublado. *Revista Colombiana de Entomología*, Vol. 33, 45-53. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-04882007000100009&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-04882007000100009&script=sci_arttext)
- Vázquez, A. (2019). *Dinámica de nutrientes y composición química de la hojarasca durante el proceso de descomposición en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de Nuevo León* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Nuevo León - México. <http://eprints.uanl.mx/18630/>
- Zárate, E., Guerrero, J., & Urdiales, L. (2016). *Variación de las comunidades de hifomicetos acuáticos y tasa de descomposición de hojarasca en tres microcuencas altoandinas del sur del Ecuador* [Tesis de posgrado, Universidad del Azuay]. Cuenca - Ecuador <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6120>
- Zurita, D. (2017). *Determinación de los factores que influyen en los mecanismos de fijación de carbono en suelos de alta montaña (Papallacta Ecuador)* [Tesis de pregrado, Universidad de las Américas ]. Quito - Ecuador <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/7348>

## Anexos

| Especie                         | Familia         | DAP          | G/ha        | GR         |
|---------------------------------|-----------------|--------------|-------------|------------|
| <b>Bosque Natural Parcela 1</b> |                 |              |             |            |
| <i>Gynoxys hallii hieron</i>    | Asteraceae      | 358,7        | 1,22        | 100        |
| <b>total general</b>            |                 | <b>358,7</b> | <b>1,22</b> | <b>100</b> |
| <b>Bosque Natural Parcela 2</b> |                 |              |             |            |
| <i>Gynoxys hallii hieron</i>    | Asteraceae      | 236,7        | 0,69        | 62,15      |
| <i>Myrcine andina</i>           | Myrsinaceae     | 15,8         | 0,09        | 8,81       |
| <i>Valeriana hirtella kunth</i> | Caprifoliaceae  | 25,2         | 0,06        | 5,84       |
| <i>Verbesina ibensis</i>        | Asteraceae      | 28,5         | 0,17        | 15,6       |
| <i>Weinmannia pinnata</i>       | Cunoniaceae     | 24,5         | 0,08        | 7,59       |
| <b>Total general</b>            |                 | <b>333,7</b> | <b>1,11</b> | <b>100</b> |
| <b>Bosque natural parcela 3</b> |                 |              |             |            |
| <i>Berberis rigida hieron</i>   | Berberidaceae   | 29,4         | 0,09        | 3,54       |
| <i>Gynoxys hallii hieron</i>    | Asteraceae      | 119,7        | 1,17        | 45,59      |
| <i>Myrcine andina</i>           | Myrsinaceae     | 14,3         | 0,08        | 3,1        |
| <i>Polylepis incana kunth</i>   | Cunoniaceae     | 105,8        | 0,84        | 32,76      |
| <i>Valeriana hirtella kunth</i> | Caprifoliaceae  | 77,8         | 0,3         | 11,71      |
| <i>Verbesina ibensis</i>        | Asteraceae      | 12,9         | 0,03        | 1,32       |
| <i>Weinmannia pinnata</i>       | Cunoniaceae     | 16           | 0,05        | 1,95       |
| <b>Total general</b>            |                 | <b>375,9</b> | <b>2,58</b> | <b>100</b> |
| <b>Bosque natural parcela 4</b> |                 |              |             |            |
| <i>Axinaea macrophylla</i>      | Melastomataceae | 35,6         | 0,08        | 4,17       |
| <i>Gynoxys azuayensis</i>       | Asteraceae      | 61,5         | 0,42        | 21,29      |
| <i>Gynoxys hallii hieron</i>    | Asteraceae      | 258,7        | 0,88        | 44,1       |
| <i>Ilex andicola</i>            | Aquifoliaceae   | 23,2         | 0,05        | 2,68       |
| <i>Myrsine andina Mez</i>       | Primulaceae     | 113,8        | 0,47        | 23,81      |
| <i>Valeriana hirtella kunth</i> | Caprifoliaceae  | 24,5         | 0,08        | 3,91       |
| <b>Total general</b>            |                 | <b>517,3</b> | <b>2,01</b> | <b>100</b> |

**Anexo A.** Especies identificadas en la cobertura de Bosque Natural y valores de diámetro a la altura del pecho (DAP), el área basal por hectárea (G/ha) y el porcentaje del área basal (GR).

| Variable                     | n   | Media | D.E. | W*   | p (Unilateral D) |
|------------------------------|-----|-------|------|------|------------------|
| RDUO RAIZ Promedio peso re.. | 112 | 0,00  | 1,17 | 0,92 | <0,0001          |

**Anexo B.** Análisis de normalidad con la prueba de Shapiro Wilks.

| Variable                | Tratamiento | N  | Medias | D.E.  | Medianas | H     | p       |
|-------------------------|-------------|----|--------|-------|----------|-------|---------|
| Promedio_peso_remanente | BN          | 28 | 75,59  | 12,83 | 74,95    | 47,91 | <0,0001 |
| Promedio_peso_remanente | BP          | 28 | 85,57  | 6,87  | 86,21    |       |         |
| Promedio_peso_remanente | PA          | 28 | 77,02  | 10,70 | 78,27    |       |         |
| Promedio_peso_remanente | PO          | 28 | 37,13  | 26,61 | 32,41    |       |         |

**Trat. Ranks**

|    |       |   |
|----|-------|---|
| PO | 23,27 | A |
| BN | 58,84 | B |
| PA | 61,52 | B |
| BP | 82,38 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**Anexo C.** Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

| Coordenadas   |        |        |         |      |           |
|---------------|--------|--------|---------|------|-----------|
| N° de Parcela | Código | x      | Y       | z    | Pendiente |
| 1             | BN1    | 702962 | 9667237 | 3424 | 0         |
| 2             | BN2    | 703203 | 9667309 | 3423 | 0         |
| 3             | BN3    | 703182 | 9667338 | 3417 | 50        |
| 4             | BN4    | 703036 | 9667144 | 3451 | 27        |
| 1             | BP1    | 702546 | 9667063 | 3424 | 16        |
| 2             | BP2    | 702316 | 9667011 | 3322 | 18        |
| 3             | BP3    | 702361 | 9667255 | 3506 | 53        |
| 4             | BP4    | 702249 | 9667191 | 3513 | 51        |
| 1             | PA1    | 702771 | 9667136 | 3425 | 0         |
| 2             | PA2    | 702766 | 9667095 | 3431 | 0         |
| 3             | PA3    | 702703 | 9667076 | 3439 | 0         |
| 4             | PA4    | 702602 | 9667102 | 3425 | 0         |
| 1             | PO1    | 704689 | 9668888 | 3258 | 21        |
| 2             | PO2    | 704693 | 9668876 | 3424 | 19        |
| 3             | PO3    | 704706 | 9668875 | 3274 | 22        |
| 4             | PO4    | 704720 | 9668875 | 3279 | 41        |



**Anexo D.** Valores de Coordenadas y pendientes de las parcelas de estudio.

| Días de muestreo                     | Factor k para cada una de las coberturas |              |             |             |
|--------------------------------------|------------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
|                                      | BN                                       | BP           | PA          | PO          |
| 0                                    | 0                                        | 0            | 0           | 0           |
| 15                                   | -0,001744734                             | -0,001375969 | 0,001322722 | 0,00273784  |
| 29                                   | 0,000489101                              | -0,000132626 | 0,006638085 | 0,005584513 |
| 43                                   | 0,002112189                              | 0,002377363  | 0,003436687 | 0,009240674 |
| 57                                   | 0,002313852                              | 0,001607098  | 0,009353834 | 0,0073511   |
| 71                                   | 0,002293008                              | 0,001557282  | 0,002158878 | 0,009232031 |
| 85                                   | 0,001772278                              | 0,001255791  | 0,012976222 | 0,008180382 |
| 99                                   | 0,001681435                              | 0,001169133  | 0,001822474 | 0,006958097 |
| 113                                  | 0,001696655                              | 0,001042793  | 0,011660711 | 0,006896376 |
| 127                                  | 0,001766822                              | 0,001030247  | 0,001739383 | 0,006908958 |
| 141                                  | 0,00155003                               | 0,000969652  | 0,001643549 | 0,006834126 |
| 155                                  | 0,00165585                               | 0,000908749  | 0,001555049 | 0,006423463 |
| 169                                  | 0,00159229                               | 0,000816948  | 0,001481247 | 0,006400775 |
| 183                                  | 0,001381099                              | 0,000867677  | 0,001346234 | 0,006156545 |
| 197                                  | 0,00159334                               | 0,000715729  | 0,001278466 | 0,006149652 |
| 211                                  | 0,00154121                               | 0,000809839  | 0,001357483 | 0,005578094 |
| 225                                  | 0,001533396                              | 0,00088717   | 0,001443411 | 0,006339861 |
| 239                                  | 0,001354006                              | 0,000743324  | 0,001201457 | 0,006497273 |
| 253                                  | 0,001423314                              | 0,00080893   | 0,001404208 | 0,007076375 |
| 267                                  | 0,00169913                               | 0,000807167  | 0,00125364  | 0,010026929 |
| 281                                  | 0,001509987                              | 0,000791745  | 0,001420893 | 0,010744056 |
| 295                                  | 0,001555759                              | 0,000743     | 0,001177715 | 0,010541744 |
| 309                                  | 0,001605733                              | 0,000749805  | 0,001377655 | 0,012296339 |
| 323                                  | 0,001619447                              | 0,000852582  | 0,001416069 | 0,010369326 |
| 337                                  | 0,001580069                              | 0,000854571  | 0,001349044 | 0,009434236 |
| 351                                  | 0,00155314                               | 0,000723677  | 0,00145541  | 0,009135666 |
| 365                                  | 0,001525978                              | 0,000760921  | 0,001530823 | 0,000773569 |
| 379                                  | 0,001452622                              | 0,000705528  | 0,001404674 | 0,007915042 |
| Factor k durante todo el experimento | 0,001432393                              | 0,000823147  | 0,002716998 | 0,007473446 |

**Anexo E.** Constante de descomposición k para todas las coberturas, calculado para cada muestreo con relación al tiempo.

| Días de muestreo | Promedios de peso remanente expresados en % para cada una de las coberturas |    |    |    |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|----|----|
|                  | BN                                                                          | BP | PA | PO |

|     |            |            |            |            |
|-----|------------|------------|------------|------------|
| 0   | 100        | 100        | 100        | 100        |
| 15  | 98,6190000 | 99,4574350 | 98,1855814 | 96,0381626 |
| 29  | 97,9975518 | 99,1571150 | 90,8279785 | 85,2529242 |
| 43  | 91,4649150 | 90,3875653 | 86,6028707 | 67,7473718 |
| 57  | 87,7635946 | 91,3113763 | 87,1826753 | 66,4365557 |
| 71  | 85,0697966 | 89,6280364 | 86,1445772 | 53,3270808 |
| 85  | 86,0919079 | 90,0169873 | 83,4340009 | 51,3322169 |
| 99  | 84,7500045 | 89,1978965 | 83,8107687 | 51,3063839 |
| 113 | 82,6903429 | 89,0129502 | 84,2164399 | 46,7639844 |
| 127 | 80,0800217 | 87,8652881 | 80,5096707 | 43,7795831 |
| 141 | 80,5184640 | 87,3964068 | 79,5719930 | 38,9845382 |
| 155 | 77,5169323 | 86,9764495 | 79,0604886 | 37,7410248 |
| 169 | 76,6109469 | 87,2036822 | 78,3432194 | 34,5426794 |
| 183 | 77,8761231 | 85,4775226 | 78,4153345 | 33,3088169 |
| 197 | 73,2868725 | 86,9425412 | 78,1902360 | 30,9134187 |
| 211 | 72,4336277 | 84,3978008 | 75,4519412 | 31,5038240 |
| 225 | 71,1401658 | 82,1642868 | 73,0279307 | 24,8819755 |
| 239 | 72,7155160 | 83,9549756 | 75,4891530 | 23,3345995 |
| 253 | 70,0747302 | 81,7832022 | 71,2324342 | 21,3989970 |
| 267 | 64,5451263 | 80,7778363 | 72,1074581 | 16,9139592 |
| 281 | 65,6275706 | 80,3006524 | 68,1588501 | 13,6515420 |
| 295 | 63,5812129 | 80,5311250 | 71,3480394 | 11,5373174 |
| 309 | 61,1924448 | 79,5525884 | 65,8574252 | 8,2987428  |
| 323 | 59,6458971 | 76,3992120 | 63,9738572 | 9,2201523  |
| 337 | 59,0573137 | 75,3338710 | 63,9982336 | 12,6456425 |
| 351 | 58,3686886 | 77,7564719 | 60,8334984 | 8,8489547  |
| 365 | 58,2483145 | 76,1338587 | 60,4364402 | 8,3079377  |
| 379 | 59,5994358 | 76,8651280 | 60,1078121 | 11,7544743 |

**Anexo F.** Peso remanente expresado en % para todas las coberturas, calculado para cada muestreo con relación al tiempo.



**Anexo G.** Fisonomía de la zona de estudio y establecimiento de las parcelas de estudio.



**Anexo H.** Diseño y ubicación de las trampas de descomposición (litterbags).





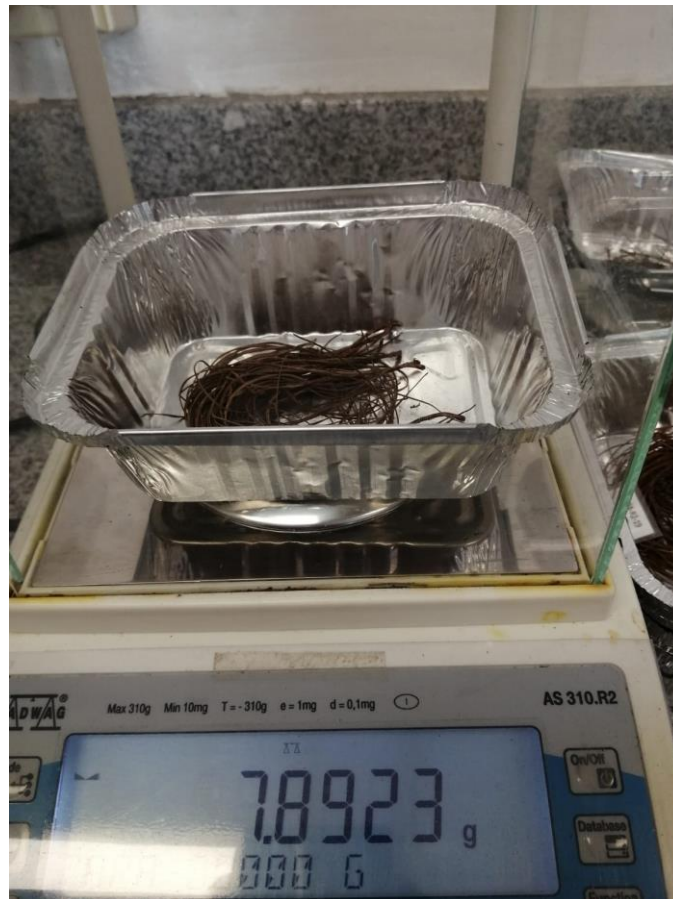
**Anexo I.** Recolección de muestras en las distintas parcelas de estudio.



**Anexo J.** Recepción y pesaje de muestras en laboratorio.



**Anexo K.** Secado de las muestras a 40°C durante 48 horas.



**Anexo L.** Pesaje de muestras luego de 48 horas de secado en la estufa.