

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Determinación del efecto de cuatro tipos de cobertura vegetal en
producción de hojarasca en una zona del bosque Sunsun Yanasacha.
Provincia del Azuay**

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


Autor:

Mateo Alejandro Baculima Sánchez

Gilbert Adrián Guerrero León

Director:

Pablo Marcelo Borja Ramón

ORCID:  0000-0002-9852-101X

Cuenca, Ecuador

2023-07-01

Resumen

La producción de hojarasca tiene alta significancia para la transferencia de nutrientes que se desarrolla desde la parte aérea hacia el suelo. La hojarasca está compuesta por varios residuos vegetales como hojas, ramas, flores, frutos y misceláneos. El objetivo del estudio es determinar el efecto de cuatro tipos de cobertura vegetal en la producción de hojarasca en una zona del bosque protector Sunsun Yanasacha, provincia del Azuay. Se estudiaron cuatro diferentes coberturas, Bosque Natural (BN), Bosque de Pino (BP), Pajonal (PA) y Potrero (PO). Para esto se instalaron 16 parcelas, divididas en cuatro parcelas para cada cobertura vegetal, con cinco trampas de recolección en cada parcela, con un periodo de recolección de 15 días para las coberturas arbóreas y 45 días en coberturas de Potrero y Pajonal. Para el análisis de los datos en los seis meses de recolección se utilizó estadística descriptiva, se evaluaron los promedios, obteniendo una producción para las coberturas arbóreas (BN) 2386,840 kg ha⁻¹ y (BP) 3570,575 kg ha⁻¹. En cuanto (PA) 1353,747 kg ha⁻¹ y (PO) 161,024 kg ha⁻¹. En la prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis, se determinó que existen diferencias en las coberturas para la producción. En las fracciones (BN) el promedio mayor fue hojas de la especie dominantes 1290,20 kg ha⁻¹ y menor corteza 19,49 kg ha⁻¹. Finalmente, en fracciones de (BP) la hoja dominante con 3292,29 kg ha⁻¹, la menor fue misceláneos 33,51 kg ha⁻¹. Se determinó que existen diferencias a nivel de las fracciones tanto en (BN y BP).

Palabras clave: hojarasca, cobertura, bosques, pajonal, potrero

Abstract

Litter production is highly significant for the transfer of nutrients that develops from the aerial part to the soil. Litter is made up of various plant residues such as leaves, branches, flowers, fruits and miscellaneous. The objective of the study is to determine the effect of four types of vegetation cover on litter production in an area of the Sunsun Yanasacha protective forest, Azuay province. Four different covers were studied: Natural Forest (BN), Pine Forest (BP), Pajonal (PA) and Pasture (PO). For this, 16 plots were installed, divided into four plots for each plant cover, with five collection traps in each plot, with a collection period of 15 days for tree covers and 45 days in Potrero and Pajonal covers. For the analysis of the data in six months of collection, descriptive statistics were used, the averages were evaluated, obtaining a production for the tree covers (BN) 2386,840 kg ha⁻¹ and (BP) 3570,575 kg ha⁻¹. As for (PA) 1353,747 kg ha⁻¹ and (PO) 161,024 kg ha⁻¹. In the non-parametric Kruskal-Wallis test, it was determined that there are differences in coverage for production. In the fractions (BN) the highest average was leaves of the dominant species 1290,20 kg ha⁻¹ and the lowest bark 19,49 kg ha⁻¹. Finally, in fractions of (BP) the dominant leaf with 3292,29 kg ha⁻¹, the lowest was miscellaneous 33,51 kg ha⁻¹. It was determined that there are differences at the level of the fractions both in (BN and BP).

Keywords: leaf litter, coverage, forests, pajonal, pasture

Índice de contenido

Resumen.....	2
Abstract	3
Índice de contenido.....	4
Índice de figuras.....	6
Índice de tablas.....	8
Abreviaturas y Simbología.....	9
Agradecimientos	10
Dedicatoria	12
Introducción.....	14
1 Objetivos.....	15
1.1 Objetivo general	15
1.2 Objetivos específicos	15
2 Revisión bibliográfica.....	15
2.1 Importancia de los ecosistemas forestales.....	15
2.2 Producción primaria neta	16
2.3 Hojarasca	17
2.4 Cobertura forestal nativa (Bosque natural).....	18
2.5 Cobertura forestal exótica (Pino)	18
2.6 Cobertura de pajonal.....	19
2.7 Cobertura de pasto	19
2.8 Factores que influyen en la caída de hojarasca.....	20
2.9 Estudios relacionados	21
3 Materiales y métodos	22
3.1 Ubicación del área de estudio.....	22
3.2 Producción de biomasa.....	23
3.2.1 Metodología en el laboratorio	23
3.2.2 Estimación de la biomasa.....	24
3.2.3 Identificación de la especie dominante	24
4 Diseño experimental.....	24
4.1 Diseño de la investigación	24
4.1.1 Número de observaciones.....	25
4.1.2 Metodología para el objetivo específico 1	26

4.1.3	Metodología para el objetivo específico 2	27
4.2	Análisis estadístico	27
4.2.1	Análisis estadístico para el objetivo específico 1	27
4.2.2	Análisis estadístico para el objetivo específico 2	28
5	Resultados	28
5.1	Producción de biomasa	28
5.1.1	Acumulación de hojarasca	28
6	Producción de fracciones principales de la hojarasca en Bosque natural y Bosque de pino	31
6.1	Identificación de la especie dominante	31
6.2	Pruebas de Normalidad	33
6.3	Producción por cada clase de fracción que conforman la hojarasca	35
6.3.1	Producción de fracciones en el Bosque Natural	35
6.3.2	Producción de fracciones en el Bosque de Pino	36
7	Discusión	38
7.1	Acumulación de hojarasca	38
7.2	Acumulación por fracciones de la hojarasca	40
	Conclusiones	42
	Referencias	44
	Anexos	50
	Anexo A. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis	50
	Anexo B. Coordenadas de las parcelas de estudio.	50
	Anexo C. Diseño de las trampas de recolección para las coberturas arbóreas BP y BN ..	51
	Anexo D. Histogramas de Frecuencias para cada cobertura	52
	Anexo E. Recolección de muestras en cada parcela ubicada en las diferentes coberturas del estudio.	53
	Anexo F. Metodología de Laboratorio	54

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (Bosque Protector Sunsun Yanasacha) del Trabajo de Titulación denominado “Determinación del efecto de cuatro tipos de cobertura forestal en producción de hojarasca en una zona del bosque Sunsun Yanasacha. Provincia del Azuay.	23
Figura 2. Diseño para la ubicación de trampas de recolección dentro de las parcelas de estudio.....	25
Figura 3. Ejemplificación de la distribución de las parcelas y unidades experimentales para la recolección de hojarasca	26
Figura 4. Trampa utilizada para la recolección de Hojarasca en las coberturas Arbóreas...27	
Figura 5. Gráfico de barras para el total de producción en kg ha-1 para las coberturas de bosque natural (BN), Bosque de Pino (BP), Potrero (PO) y cobertura de Pajonal	29
Figura 6. Gráfico de cajas de la producción de hojarasca (kg ha-1) obtenida por cada parcela durante los 6 meses de muestreo para los 4 tipos de cobertura: Bosque de Pino (BP), cobertura de Bosque Natural (BN), Cobertura de Pajonal (PA) y cobertura de Potrero (PO).	31
Figura 7. Gráfico de cajas de la producción media por fracciones (kg ha-1) obtenida en la Cobertura de Bosque Natural (BN)	34
Figura 8. Gráfico de cajas de la producción media por fracciones (kg ha-1) obtenida en la Cobertura de Bosque de Pino (BP)	35
Figura 9. Diferencias entre la producción de cada una de las fracciones para la cobertura de Bosque Natural (BN).....	36
Figura 11. Diferencias entre la producción de cada una de las fracciones para la cobertura de Bosque de Pino (BP)	37
Figura 11. Trampa de recolección: 1 agujeros para filtración de Agua, 2 trampa de recolección, 3 varillas para sujeción de las trampas.....	51
Figura 12. Histograma de frecuencias para la cobertura de Bosque Natural (BN)	52
Figura 13. Histograma de frecuencias para la cobertura de Bosque de Pino (BP)	52
Figura 14. Histograma de frecuencias para la cobertura de Potrero (PO)	53
Figura 15. Histograma de frecuencias para la cobertura de Bosque de Pajonal (PA).....	53
Figura 16. Recolección de muestras de Bosques y Potrero.....	54
Figura 17. Pesado en húmedo y secado de Muestras	54
Figura 18. Pesado de muestras luego de salir de la estufa.....	55
Figura 19. Fraccionamiento de muestras de las coberturas Arbóreas	55

Figura 20. Fracción de Hoja Dominante.....	56
Figura 21. Fracciones de flores y Frutos	56
Figura 22. Fracción de Hoja Secundaria	57

Índice de tablas

Tabla 1. Datos obtenidos de Promedio, Desviación estándar (D.E), mediana, máximos (MAX), mínimos (MIN) y Coeficiente de Variación (CV), en cada una de las coberturas de estudio en la zona del bosque Protector Sunsun Yanasacha	28
Tabla 2. Prueba de Normalidad de Kolmogorov para la producción de hojarasca	30
Tabla 3. 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).....	32
Tabla 4. Valores obtenidos luego de realizar las pruebas de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, para cada una de las fracciones en las coberturas Arbóreas	33
Tabla 5. Producción total (kg ha-1) y porcentajes para cada una de las fracciones de las coberturas arbóreas.....	38
Tabla 6. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis diferenciando la producción de hojarasca (kg ha-1) en los cuatro tipos de cobertura	50
Tabla 7. Ubicación de las parcelas de estudio ubicadas en el Bosque Protector Sunsun Yanasacha.	50

Abreviaturas y Simbología

BP: Cobertura de Bosque de Pino

BN: Cobertura de Bosque Natural

PA: Cobertura de Pajonal

PO: Cobertura de Potrero

kg ha⁻¹: Kilogramos por hectárea

GR: Área Basal expresada en porcentajes

G ha⁻¹: Área basal en Hectáreas

DAP: Diámetro a la altura del Pecho

Agradecimientos

En este momento tan significativo de mi carrera académica, me gustaría expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que contribuyeron a la realización de esta tesis.

En primer lugar, me gustaría agradecer a Dios que me ha permitido seguir adelante con salud y bienestar durante toda esta etapa académica. También quiero expresar mi total gratitud al Ing. Pablo Borja por su guía experta, paciencia y apoyo constante a lo largo del proceso de investigación. A la Ing. Michelle Cherez quien fue la persona que nos brindó no solo su amistad sino también todos sus conocimientos y apoyo para poder realizar el trabajo de campo en esta investigación.

También quiero expresar mi gratitud a mi gran amigo y compañero Adrián Guerrero quien siempre estuvo presente y dispuesto a colaborar en todos los aspectos necesarios para culminar nuestro trabajo de titulación.

No puedo dejar de mencionar a mis profesores, compañeros de estudio y amigos, quienes me brindaron un apoyo invaluable durante este proceso. Sus enseñanzas, palabras de aliento y colaboración en las diversas etapas durante mi tiempo en la Universidad fueron fundamentales para seguir adelante en el proceso de aprendizaje.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia por su amor incondicional y su constante apoyo emocional y a mi padre y madre que han sido el pilar durante toda esta etapa, su confianza en mí y su aliento constante fueron un motor fundamental para mi éxito en este proyecto.

Mateo Alejandro Baculima Sánchez

Al director, Ing. Pablo Borja por su colaboración, enseñanzas y ayuda al desarrollar la tesis de titulación. A la Ing. Michelle Cherez por su amistad, ayuda y las enseñanzas impartidas al momento de realizar todas las fases de la tesis.

A mi compañero de tesis Mateo Baculima, por su dedicación y esfuerzo realizado en el tiempo de desarrollo de la tesis.

A los encargados de los laboratorios de La Universidad de Cuenca al brindarnos las instalaciones para realizar las mediciones de los resultados.

A los miembros del tribunal: Ing. Walter Larriva, Ing. Hugo Cedillo, Ing. Andrés Arciniegas. Por sus aportes, correcciones para el trabajo escrito.

Gilberth Adrián Guerrero León

Dedicatoria

Esto va dedicado principalmente a mis padres quienes desde un principio me inculcaron el valor de la educación y me apoyaron en cada paso de mi camino, a mis hermanos quienes siempre me apoyaron y me brindaron momentos de risas y alivio durante todo este tiempo y a mi sobrino quien llegó a mi vida para fortalecerme, alegrarme y motivarme a seguir adelante.

A mi familia en general y amigos cercanos, quienes han estado a mi lado a lo largo de esta travesía, su presencia ha sido un regalo invaluable. Sus palabras de ánimo, celebraciones y muestras de cariño han sido un impulso para seguir adelante en los momentos más desafiantes. Gracias por creer en mí y por ser mi red de apoyo.

Mateo Alejandro Baculima Sánchez

Primeramente, a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida profesional logrando cumplir mis objetivos propuestos.

A mis padres Ivan y Esthela al brindarme su apoyo incondicional en todas las distintas actividades académicas para la formación profesional.

Finalmente, a toda mi familia y amigos los cuales me brindaron su ayuda y conocimientos para culminar con esta etapa.

Gilberth Adrián Guerrero León

Introducción

Ecuador tiene bosques montanos únicos en las tres regiones del país que incluyen costa, sierra y oriente. El bosque montano o bosque nublado es conocido por la presencia de una gran diversidad de flora y fauna nativa, en su mayoría endémica. Los bosques montanos en Ecuador se caracterizan por la presencia de epífitas y musgos que crecen en los árboles. La mayoría de especies de epífitas son orquídeas. Además, provee a la población de un importante flujo de materias primas para el consumo, entre las cuales destaca la leña (Lozano, 2015). En esta región, los bosques montanos de los Andes son vistos comúnmente como la segunda cobertura más importante en comparación con las grandes extensiones de bosques amazónicos, ya que cubren 11% (31 millones de hectáreas) del área total de bosques de los siete países que comparten los Andes (Doornbos, 2015).

Dentro de los bosques la caída de la hojarasca representa el mayor proceso de transferencia de nutrientes de las partes aéreas de la planta hacia el suelo. La hojarasca que cae al suelo forma un estrato orgánico conocido como mantillo, el cual cubre el suelo y lo protege de los cambios de temperatura y de humedad. Los residuos vegetales depositados (hojas, ramas, flores y frutos) son una fuente valiosa de materia orgánica que después de sufrir procesos de descomposición liberan elementos nutritivos que se incorporan al suelo para ser nuevamente utilizados por las plantas (Bonilla et al., 2008).

La producción de hojarasca y su posterior descomposición son procesos fundamentales en el ciclo de nutrientes, ya que representa la principal transferencia de materia orgánica y nutrientes desde la parte aérea a la superficie del suelo (Isaac & Nair, 2006). Esta vía, además de la precipitación directa y flujos corticales (Cantú & González, 2001), es la principal fuente de fertilización natural. Más de la mitad de la absorción anual de nutrimentos en los bosques es debido a la reincorporación de hojarasca al suelo y el subsecuente reciclaje de estos nutrientes, y representa la principal fuente de minerales disponibles (Del Valle-Arango, 2003).

Particularmente este estudio es importante en bosques de montaña ya que se sabe muy poco de su dinámica y funcionamiento, su productividad está influenciada principalmente por factores climáticos como precipitación, temperatura y humedad (Vargas & Varela, 2007). La caída de hojarasca y su descomposición son procesos relacionados con la transferencia de energía y los ciclos biogeoquímicos (Aceñolaza et al., 2009), la materia orgánica (Liu et al., 2004) y representan el mayor flujo de nutrientes de la vegetación al suelo. Por esto, la medición de la producción de hojarasca ha sido utilizada como una medida de la productividad primaria neta (Vargas & Varela, 2007), que contribuye al mantenimiento de la biodiversidad biológica (Zamboni & Aceñolaza, 2004; Carnevale & Lewis, 2001). Por ende, estimar la

producción y descomposición de la hojarasca contribuye a conocer los procesos que determinan la productividad del ecosistema (IPCC, 2014). Debido a la información antes presentada este proyecto de investigación se justifica en la necesidad de evaluar el efecto de 4 coberturas en la producción de hojarasca dentro una zona del bosque protector Sunsun Yanasacha, Provincia del Azuay. Se espera que el presente trabajo permita ampliar los conocimientos sobre las interrelaciones que se presentan dentro de los distintos ecosistemas y su importancia para la conservación del mismo.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

- Determinar el efecto de cuatro tipos de cobertura vegetal en la producción de hojarasca en una zona del bosque protector Sunsun Yanasacha, provincia del Azuay.

1.2 Objetivos específicos

- Estimar las tasas de producción de hojarasca en coberturas forestales nativas (bosque natural), forestales exóticas (pino), cobertura específica de páramo (pajonal), y cobertura de potrero (pasto cultivado).
- Caracterizar la producción de fracciones principales de la hojarasca en el bosque natural y de Pino en la zona de bosque protector Sunsun Yanasacha.

2 Revisión bibliográfica

2.1 Importancia de los ecosistemas forestales

Los ecosistemas forestales son un componente crítico de la biodiversidad mundial, ya que muchos bosques son más biodiversos que otros ecosistemas (FAO & PNUMA, 2020). Los bosques son estructuras complejas, organizadas y dinámicas, y en su funcionamiento están implicados una gran cantidad de componentes, sean o no seres vivos; un bosque es una unidad irreplicable que, a la vez, es un compendio de diversidad (poblaciones, cadenas tróficas o alimentarias y estratos ecológicos) (Marcén, 2004).

Los bosques cubren el 31% de la superficie terrestre mundial, pero no están uniformemente distribuidos en el planeta. Casi la mitad de la superficie forestal se mantiene relativamente intacta y más de una tercera parte está constituida por bosques primarios (FAO & PNUMA, 2020). En el pasado los bosques naturales se manejaron principalmente para la producción de madera y energía (leña y carbón). El aprovechamiento se realizó en algunos casos en forma excesiva, lo que ocasionó consecuentemente fuertes presiones hacia su protección, provocando la pérdida de importantes superficies de bosques, selvas y matorrales (Aguirre, 2015).

La biomasa foliar, aunque sólo representa entre el 4% y el 6% de la biomasa total, es una variable fundamental de la estructura arbórea, ya que guarda relación directa con la productividad primaria y tiene una influencia sobre las condiciones ambientales del sotobosque. Adicionalmente, la biomasa foliar es un parámetro importante en la estimación de la cantidad de agua por unidad de materia seca, y por lo tanto se puede utilizar para predecir la aparición y la propagación de incendios forestales (Mestre, 2021).

2.2 Producción primaria neta

La Productividad Primaria Neta (PPN) es la diferencia entre la fotosíntesis total (productividad primaria bruta- PPB) y la respiración total de las plantas dentro de un ecosistema (Jandl, 2004). La productividad primaria neta varía entre los ecosistemas y depende de muchos factores. Estos incluyen la energía solar recibida, la temperatura, la humedad, los niveles de dióxido de carbono, la disponibilidad de nutrientes y las interacciones en la comunidad (por ejemplo, el consumo de pasto de los herbívoros) (Valiela, 1995).

En la práctica, pocos componentes de la PPN son medidos en estudios de campo en los ecosistemas forestales. Mayormente, las mediciones se restringen a la hojarasca fina y el incremento de la biomasa aérea y la suma es el equivalente considerado a la PPN aérea. Los componentes subterráneos son a menudo ignorados o estimados como una proporción teórica de los valores de la parte aérea (Salas et al., 2006). Las estimaciones precisas de productividad primaria neta constituyen la base fundamental para el entendimiento referente a la capacidad de almacenamiento de biomasa en los ecosistemas; además, son importantes por su relación directa con el incremento de CO₂ atmosférico, debido al papel que tienen los bosques como sumideros y reservorios de carbono (Mosquera et al., 2007).

La producción de hojarasca representa un componente fundamental de la productividad primaria neta en ecosistemas arbóreos en un estado dinámico estable. Por tal razón, la caída de la hojarasca ha sido utilizada como una medida de la productividad primaria neta. En

términos generales, la producción de hojarasca representa entre un 20 y un 30% de la producción neta total, y está regulada fundamentalmente por procesos biológicos y climáticos, aunque también son relevantes la topografía, condiciones edáficas, especie vegetal, edad y densidad del bosque (Mosquera et al., 2007).

2.3 Hojarasca

La caída de la hojarasca representa el mayor proceso de transferencia de nutrientes de las partes aéreas de la planta hacia el suelo. La hojarasca que cae al suelo forma un estrato orgánico conocido como mantillo, el cual cubre el suelo y lo protege de los cambios de temperatura, de humedad, y también permite que retornen elementos nutritivos en una cantidad importante (Schlatter et al., 2006). Los residuos vegetales depositados (hojas, ramas, flores y frutos) son una fuente valiosa de materia orgánica que después de sufrir procesos de descomposición liberan elementos nutritivos que se incorporan al suelo para ser nuevamente utilizados por las plantas (Laossi et al., 2008). La producción de nueva biomasa unida a las velocidades de descomposición y transferencia de los elementos nutritivos depende en gran parte de las condiciones edafológicas, climatológicas, de la biota y calidad de los nutrientes presentes en la hojarasca (Bonilla et al., 2008).

La composición de los bosques representa la mayor ruta de retorno de materia orgánica para la biota acuática y terrestre de estos bosques como fuente de suministro y mantenimiento de la fertilidad del suelo que satisface las necesidades nutricionales de las especies vegetales. Por ello, la caída, descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca son procesos funcionales claves que pueden suministrar información esencial acerca del desarrollo fenológico, vitalidad y variación anual como reacción al clima y a otros cambios ambientales (Molina et al., 2018).

Algunas especies producen más hojarasca que otras según las características morfológicas y grupos funcionales, así estas especies pueden usar y procesar los nutrientes de forma diferente en términos de asimilación, absorción, almacenamiento y pérdida, afectando en última instancia la calidad de la hojarasca. Mantener, restaurar o incrementar la fertilidad del suelo y la producción de biomasa mediante la acumulación de materia orgánica en el suelo y el reciclaje de nutrientes, es factible mediante la implementación de prácticas de gestión a nivel de plantaciones forestales (Amaya et al., 2017).

2.4 Cobertura forestal nativa (Bosque natural)

Los Bosques Primarios o naturales se caracterizan por no haber sido transformados o alterados nunca por la actividad industrial. Dado que la intervención humana ha sido limitada, son los únicos que aún se conservan en estado virgen. No obstante, estos bosques vírgenes están desapareciendo rápidamente y de forma irreversible. El 80% de estos ecosistemas ya ha sido destruido o alterado y el 20% restante está amenazado (Marcén, 2004). Los bosques naturales se manejaron en el pasado principalmente para la producción de madera y energía (leña y carbón). El aprovechamiento se realizó en algunos casos en forma excesiva, lo que ocasionó consecuentemente fuertes presiones hacia su protección (Aguirre, 2015).

En el Ecuador se pueden encontrar bosques montanos únicos en las tres regiones del país que incluyen costa, sierra y oriente. El bosque montano es conocido por la presencia de una gran diversidad de flora y fauna nativa, en su mayoría endémica. Los bosques montanos en Ecuador se caracterizan por la presencia de epífitas y musgos que crecen en los árboles. La mayoría de especies de epífitas son orquídeas. Además, provee a la población de un importante flujo de materias primas para el consumo, entre las cuales destaca la leña (Lozano, 2015).

2.5 Cobertura forestal exótica (Pino)

Los bosques secundarios son el disturbio o perturbación al ecosistema, pudiendo ser causado u originado naturalmente (por fenómenos atmosféricos, geológicos, por la fauna silvestre, etc.), o bien por el hombre como actor principal (en cuyo caso se habla de disturbios de origen antrópico) (Fearnside & Guimarães, 1996). Las plantaciones de pino y eucalipto son comunes en la sierra ecuatoriana debido a su aprovechamiento forestal tradicional. Sin embargo, estas plantaciones han desplazado a la flora nativa, debido a la deforestación de áreas de bosque nativo para su reemplazo con especies más comerciales (Solórzano, 2020).

Los bosques secundarios son también de considerable importancia ecológica, en términos de crecimiento forestal, acumulación de biomasa, debido a que los bosques secundarios acumulan biomasa rápidamente durante los primeros 20 a 30 años, estos son un reservorio importante de carbón atmosférico; de esta manera, incrementando la productividad de los bosques secundarios a través de su manejo se puede aumentar su rol potencial para contrarrestar el efecto invernadero (Smith et al., 1997).

La cantidad y la calidad de la hojarasca que cae al suelo en un bosque de pino pueden influir en el crecimiento y la supervivencia de las plantas del sotobosque al igual que puede tener un efecto positivo en la retención de nutrientes en el suelo (Hernández et al., 2018).

2.6 Cobertura de pajonal

Es la vegetación más abundante del ecosistema del páramo en Ecuador; tres cuartos de todos los páramos naturales son dominados por pajonales, este se caracteriza por su alta biodiversidad y endemismo. Está formado principalmente por gramíneas con el característico hábito en forma de “macollas” (Minga et al., 2016). En el páramo, existe una lenta descomposición de la materia orgánica, un fenómeno que se desencadena porque están asentados sobre suelos formados en cenizas volcánicas (en su mayoría), y los minerales, dentro de la ceniza, forman complejos muy fuertes con la materia orgánica que inhiben su descomposición (Valencia, 2021).

Según el estudio de Juan M. Posadas et al. (2011), "la caída de hojarasca en pajonales puede variar según la época del año, siendo más abundante en las estaciones húmedas". En los ecosistemas de pajonales, la hojarasca es el principal sustrato para los microorganismos del suelo, y actúa como una fuente de nutrientes para las plantas. La cantidad de hojarasca que cae en un pajonal puede depender del tipo de vegetación presente, así como de las condiciones climáticas (Silva et al., 2019).

2.7 Cobertura de pasto

Los pastizales se desarrollan en áreas en las cuales los cultivos están limitados por humedad, fertilidad, pH o por ser muy distantes a los centros urbanos. Las cifras actuales estiman que el 26% de la superficie terrestre mundial y el 70% de la superficie agrícola mundial están cubiertos por praderas, que contribuyen a la subsistencia de aproximadamente 800 millones de personas, son una fuente importante de alimentación para el ganado, un hábitat para la flora y fauna silvestres, proporcionando protección al medio ambiente (León et al., 2018). Las praderas de pastos bajos y tupidos ayudan a proteger el suelo, las gotas de lluvia y los vientos llegan al suelo a través de las hojas que atenúan su impacto y la tierra se mantiene entre sus raíces entrelazadas, y en la época de sequía, evita que el suelo se reseque, al disminuir la pérdida de agua por evaporación (FAO, 1996).

El pasto, como todas las plantas verdes, captan la energía del sol y convierte la energía en azúcares y carbohidratos, que eventualmente utiliza, junto con nutrientes vegetales y

minerales para la división o crecimiento, desarrollo y reproducción. La planta de pasto usa azúcar, almidón, proteínas, aceites y grasas para crecer y producir por sí mismo, entonces otros organismos "comen" estos alimentos cuando consumen las raíces vivas, el follaje, las semillas o el material vegetal muerto que contienen energía en forma de materia orgánica (Lemon, 2003).

Las investigaciones muestran que la producción de pasto se reduce sustancialmente cuando más de la mitad de la superficie de la hoja se elimina con frecuencia por cerrar pastoreo sin el tiempo adecuado para volver a crecer antes de que sea cosechado de nuevo. Cuando a una planta no se le permite volver a crecer hojas y raíces antes de ser deshojado nuevamente, eventualmente morirá (Lemon, 2003).

2.8 Factores que influyen en la caída de hojarasca

Las variaciones mensuales y estacionales en la acumulación de hojarasca en el suelo, están reguladas por procesos y factores biológicos, climáticos, edáficos, especies vegetales, edad y densidad (González & Gallardo, 1981; Belmonte et al., 1998).

Especies vegetales: La cantidad y composición de hojas que caen al suelo varían según la especie de árbol. Por ejemplo, un estudio de V. Heilman & W. K. Ferrell (2001) encontró que la caída de hojarasca fue significativamente mayor en un bosque de tilos que en un bosque de robles.

Edad del bosque: la caída de hojarasca también se ve influenciada según la edad del bosque. La degradación de los bosques conlleva una reducción o pérdida de la productividad biológica (FAO & PNUMA, 2020). Un estudio de J. M. Posadas et al. (2011) encontró que la producción de hojarasca disminuyó a medida que el bosque mesófilo en Veracruz, México, envejecía.

Densidad de la vegetación: la densidad de la vegetación puede influir en la caída de hojarasca. Según un estudio de E. Marcos et al. (2009) en un bosque de *Pinus pinaster* en Galicia, España, la caída de hojarasca fue menor en áreas con mayor densidad de árboles.

Condiciones climáticas: las condiciones climáticas, como la temperatura, la humedad y la precipitación, pueden influir en la caída de hojarasca. Un estudio de L. K. Singh et al. (2018) en un bosque de *Pinus roxburghii* en la India encontró que la caída de hojarasca fue mayor durante la época de lluvias.

Calidad del suelo: Se aprecia un aumento de productividad en hojas y otros restos vegetales con el aumento de la fertilidad de los suelos (González & Gallardo, 1981). Bonnevie & Gjem (1957) encontraron que bajo bosques de *Picea abies* se recogen 2000 y 3200 kg ha⁻¹año⁻¹ de residuos forestales, según se desarrollen sobre podsoles o suelos pardos respectivamente

Enfermedades y plagas: La presencia de enfermedades foliares o infestaciones de plagas puede acelerar la caída de las hojas. Las infecciones fúngicas pueden debilitar las hojas y hacerlas caer mucho más antes de lo normal (Smith, 2018).

2.9 Estudios relacionados

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, en Colombia de tres ecosistemas estudiados, la plantación de *Pinus patula* fue la que mostró una mayor producción de hojarasca fina ($8400 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), seguida por el ecosistema natural de roble ($7900 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y finalmente por la plantación de ciprés ($3.700 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). En bosques húmedos tropicales la producción de hojarasca oscila entre 7000 y 15000 $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de materia seca correspondiendo los más bajos valores a bosques de tierras altas. Con respecto a las plantaciones de coníferas la producción media para la parcela de *Pinus patula* se asemeja a la encontrada en otras plantaciones de origen tropical (Lundgren, 1978).

Un estudio realizado por Peri et al. (2008), nos dice que la producción total de hojarasca varió ($p < 0,001$) entre las clases de sitio extremas de bosque primario desde 2117 a 1493 Kg MS ha^{-1} en CS II y CS V, respectivamente. Mientras que al comparar la hojarasca entre usos para una misma clase de sitio sólo se apreciaron diferencias en CS IV, siendo la producción de hojarasca en el bosque primario dos veces mayor que bajo uso silvopastoril. En todas las situaciones el mayor aporte de biomasa a la hojarasca total fue dado por las hojas (67 al 80%).

Finalmente, un estudio con diferentes coberturas vegetales realizado en Costa Rica demostró que la mayor cobertura de hojarasca en el suelo se presentó en las plantaciones (97.5%) y fue estadísticamente superior ($F=6.34$, $p < 0.0006$) a los otros tratamientos. De igual manera, las plantaciones presentaron una capa de hojarasca con mayor espesor (3,7 cm), mientras que el bosque secundario (1,8 cm) y el testigo (2,1 cm) presentaron capas más delgadas; las islas tuvieron valores intermedios (2,9 cm). En todos los tratamientos, las hojas fueron el principal componente de la hojarasca producida y de la hojarasca acumulada. En los bosques secundarios, la madera representó el 20% de la biomasa seca de la hojarasca acumulada. La especie que más contribuyó en la producción de hojas en las plantaciones (70%) e Islas (47%) fue *I. edulis* (Celentano et al., 2011).

3 Materiales y métodos

3.1 Ubicación del área 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), formada por páramos, bosques andinos y pequeños humedales (Pinos, 2022). El Bosque protector Sunsun Yanasacha fue inscrito dentro del patrimonio forestal del estado mediante acuerdo ministerial No. 206 y publicado en el registro oficial No. 552 el 8 de agosto de 1983 (Prefectura del Azuay, 2013).

La zona de estudio engloba una superficie de 3850 ha⁻¹, con un rango altitudinal que bordea entre los 3210 y 3800 m s.n.m. La precipitación presentada en el área de estudio tiene una media anual que va desde los 1100 - 1200 mm/añual con una temperatura medio que oscila los 6°a 8°C (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Tarqui, 2015; PDOT GAD Baños, 2015; Pinos, 2022). Los aspectos Bioclimáticos que se presenta en esta área son: Matorral Húmedo Montano, Bosque Neblina Montano y Páramo Herbáceo (Aguirre & Cáceres, 2010).

Dentro del área de estudio se definieron cuatro coberturas forestales, las coberturas arbóreas denominadas como Cobertura de Bosque de Pino (BP) y Cobertura de Bosque Natural (BN) y las coberturas de Pajonal (PA) y Cobertura de Potrero (PO). Dentro de cada una de estas coberturas se establecieron 4 parcelas de estudio con 5 trampas de recolección dentro de cada parcela ubicadas en diferentes lugares establecidos (Anexo 2).

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 el grupo de producción y suelos, pertenecientes a la facultad de ciencias agropecuarias de la Universidad de Cuenca.

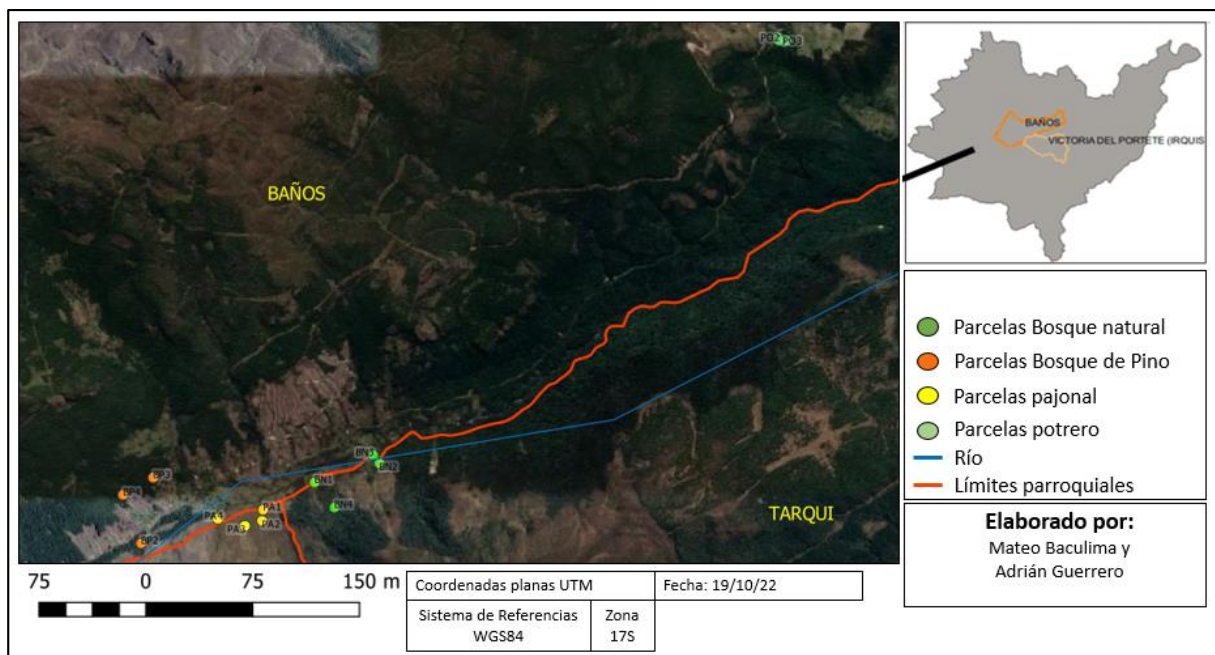


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (Bosque Protector Sunsun Yanasacha) del Trabajo de Titulación denominado “Determinación del efecto de cuatro tipos de cobertura forestal en producción de hojarasca en una zona del bosque Sunsun Yanasacha. Provincia del Azuay.

3.2 Producción de biomasa

3.2.1 Metodología en el laboratorio

Las muestras (hojarasca) acumuladas en las trampas de recolección fueron recogidas a mano, teniendo en cuenta únicamente el material seco que se encontraba dentro de las trampas, las muestras fueron guardadas en fundas de plástico etiquetadas según cada trampa, parcela y Cobertura. Estas luego fueron ingresadas al laboratorio para su respectivo procesamiento en donde se realizó el pesado en húmedo para continuar con su secado en la estufa por 48 horas con una temperatura de 40 ° C. Donde finalmente transcurrido este tiempo se realizó su pesado en seco.

3.2.2 Estimación de la biomasa

La estimación de la materia seca (MS) expresada en kg ha^{-1} , se calculó mediante la siguiente ecuación (Berg & Laskowski, 2005; Quichimbo et al., 2016; Cherrez, 2019).

$$MS = (m_1 - m_0) \times a^{-1} \times b$$

Donde:

- **MS:** materia seca por unidad de área (kg ha^{-1}).
- **m_1 :** peso del contenedor vacío más muestra seca.
- **m_0 :** peso del contenedor vacío (g).
- **a:** área de captación de la trampa (m^2).
- **b:** factor de transformación para la obtención de kg ha^{-1}

3.2.3 Identificación de la especie dominante

En la clasificación de hojarasca del bosque natural se determinó la especie que tenía dominancia en cada una de las coberturas. Para poderlo realizar se obtuvo valores del área basal ya que esta nos ayuda a mostrar la densidad del rodal, la dominancia de las especies y la calidad del lugar de estudio. Se obtuvieron valores del área basal (m^2) por hectárea (G/ha^{-1}) y porcentaje (GR) a partir del diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada árbol que sea mayor o igual a 5 cm (DAP) para la valoración de cada una de las parcelas obteniendo como dominante a la especie con mayor área de cobertura. Se entiende como área basal a la suma por unidad de superficie de todos los fustes a nivel del DAP.

4 Diseño experimental

4.1 Diseño de la investigación

Los factores analizados según el tipo de cobertura fueron: bosque Natural, Bosque de Pino, Pajonal y Potrero, y como variable dependiente tuvimos la cantidad de hojarasca expresada en kg ha^{-1} . Se aplicó un Diseño completamente al azar (DCA) ya que todas las parcelas se encuentran establecidas con el mismo rango de pendientes 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 potrero se ubicó a una distancia mínima de 3 m debido a la escasa cantidad de terreno con esta cobertura. En el bosque Protector se encuentran instaladas un total de 16 parcelas con un área de 144 m^2 ($12 \text{ m} \times 12 \text{ m}$) (Figura 2), divididas

de la siguiente manera cuatro parcelas para cada cobertura vegetal, con cinco trampas de recolección en cada parcela (total de 80 trampas). Además, se tomaron en cuenta los factores como la pendiente y altitud pretendiendo que estos sean lo más uniforme posible.

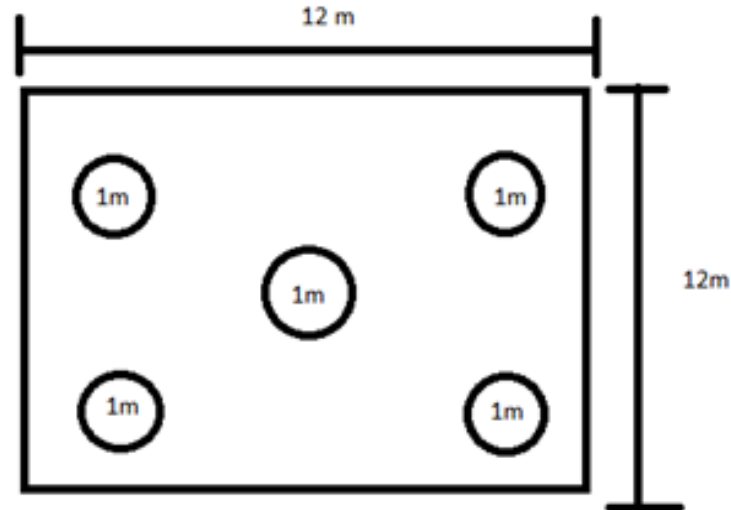


Figura 2. Diseño para la ubicación de trampas de recolección dentro de las parcelas de estudio

4.1.1 Número de observaciones

Para el objetivo específico uno se tomó en cuenta los 4 tipos de cobertura, y para el objetivo específico 2 se evaluó únicamente las coberturas arbóreas (Bosque de Pino y Bosque natural), debido a que en las coberturas de Pajonal y Potrero la hojarasca está conformada únicamente por las hojas por lo que no se puede realizar un fraccionamiento del material que la compone. El total de muestras para el objetivo específico 1 fue de 4 coberturas x 4 repeticiones x 5 Unidades experimentales = 80 observaciones. Para el objetivo específico 2 el total fue de 2 coberturas x 4 repeticiones x 5 unidades experimentales = 40 observaciones.

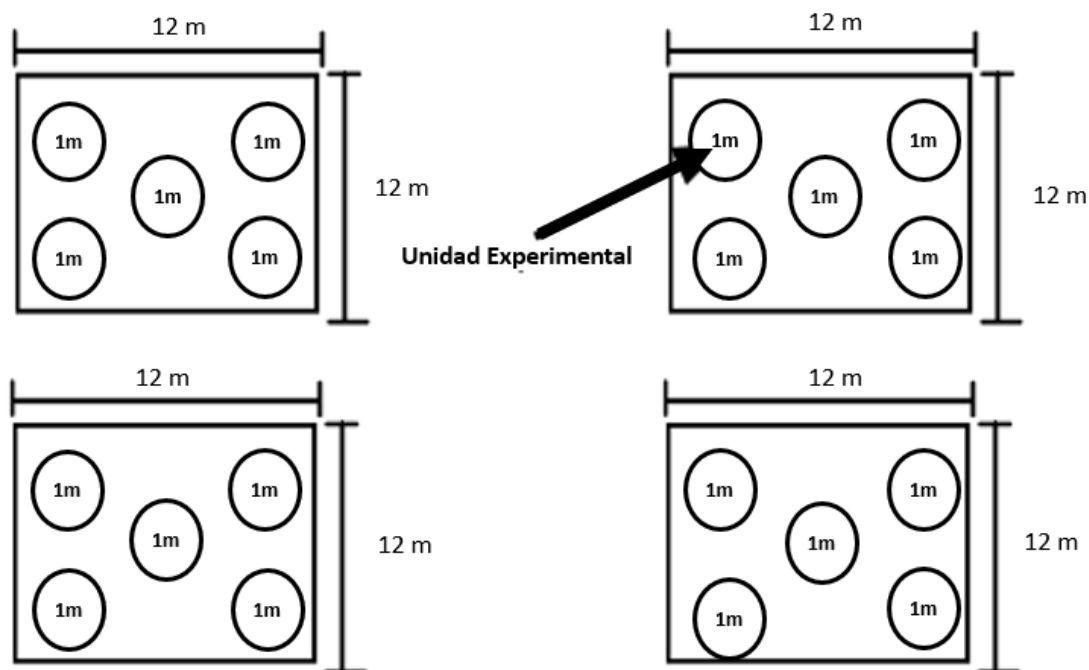


Figura 3. Ejemplificación de la distribución de las parcelas y unidades experimentales para la recolección de hojarasca

4.1.2 Metodología para el objetivo específico 1

En la cobertura de Bosque Natural y de Pino las trampas para la recolección de hojarasca fueron niveladas al suelo y fijadas con la ayuda de varillas cada trampa posee un diámetro de 100cm (Figura 4). También se realizaron agujeros en la base de cada trampa para garantizar el drenaje del agua en caso de lluvia (Anexo 3: Figura 14). Mientras que en las parcelas de pasto y pajonal se realizó el corte del material seco dentro de la superficie de cada unidad experimental. Las muestras fueron colectadas durante el periodo agosto 2022-febrero 2023 con un intervalo de 15 días para las coberturas arbóreas y un intervalo de 45 días para las coberturas de pajonal y pasto.



Figura 4. Trampa utilizada para la recolección de Hojarasca en las coberturas Arbóreas

4.1.3 Metodología para el objetivo específico 2

Luego de obtener los datos de peso en húmedo y peso seco de las muestras del Bosque Natural y Pino, para caracterizar la producción de las fracciones principales de la hojarasca se clasificó según: hojas de especie dominante, hojas de otras especies o especies secundarias, órganos reproductivos (Flores y Frutos), ramas, cortezas y misceláneos (Material conformado por elementos diferentes entre sí que no se puede identificar). Una vez realizado esto se determinó cuál de las fracciones aporta la mayor cantidad de material seco en la acumulación de hojarasca tanto para la cobertura de Pino como para la de Bosque natural.

4.2 Análisis estadístico

4.2.1 Análisis estadístico para el objetivo específico 1

Se utilizó la prueba de Kolmogorov Smirnov ($P < 0,05$) para determinar la existencia de normalidad. Para caracterizar el total de biomasa de hojarasca producida en cada cobertura

se aplicó estadística descriptiva (Promedio y desviación estándar, medianas, máximos, mínimos, CV, etc.). Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p < 0,05$), para las diferencias de la producción de Hojarasca entre tipos de cobertura, aquí se realizó una comparación entre los valores de las medianas obtenidas por cada una de las coberturas.

4.2.2 Análisis estadístico para el objetivo específico 2

De Igual Manera se realizaron las pruebas de normalidad de kolmogorov Smirnov ($P < 0,05$) para determinar la normalidad en los datos. Para evaluar las diferencias en las medias de producción para las 6 clases de fracciones, se aplicaron las pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis ($p < 0,05$),

Para la realización de análisis se utilizó el software R (versión 4.2.3).

5 Resultados

5.1 Producción de biomasa

5.1.1 Acumulación de hojarasca

Para el análisis de los datos obtenidos en los 6 meses de recolección se utilizó estadística descriptiva en donde se evaluaron los promedios, desviación estándar, medianas, máximos, mínimos y CV de cada una de las coberturas (Tabla 1)

Tabla 1. Datos obtenidos de Promedio, Desviación estándar (D.E), mediana, máximos (MAX), mínimos (MIN) y Coeficiente de Variación (CV), en cada una de las coberturas de estudio en la zona del bosque Protector Sunsun Yanasacha

Cobertura	Variable	Promedio	D.E	CV	MÍN	MAX	Mediana
BN	Kg ha ⁻¹	2386,84	656,37	27,50	1712,05	3114,30	2360,51
BP	Kg ha ⁻¹	3570,57	1059,15	29,66	2404,71	4833,74	3521,93
PA	Kg ha ⁻¹	1353,74	630,01	46,54	882,54	2272,49	1129,98
PO	Kg ha ⁻¹	161,02	17,44	10,83	140,78	180,27	161,52

El promedio total de producción de hojarasca para las coberturas arbóreas de Bosque Natural (BN) y Bosque de Pino (BP) fue de $2386,840 \pm 656,37$ kg ha⁻¹ y $3570,575 \pm 1059,15$ kg ha⁻¹ respectivamente. Mientras que en las coberturas de Pajonal (PA) se obtuvo un promedio total

de $1353,747 \pm 630,01 \text{ kg ha}^{-1}$ y en la de Potrero (PO) $161,024 \pm 17,44 \text{ kg ha}^{-1}$, durante el periodo de recolección dado entre los meses de agosto 2022 y febrero 2023.

Como se puede observar la producción total de hojarasca fue mayor en la cobertura de bosque de pino (BP), seguido por la cobertura de bosque Natural (BN), y cobertura de Pajonal (PA), y finalmente con un valor claramente inferior de producción total la cobertura de potrero (PO) (Figura 5).

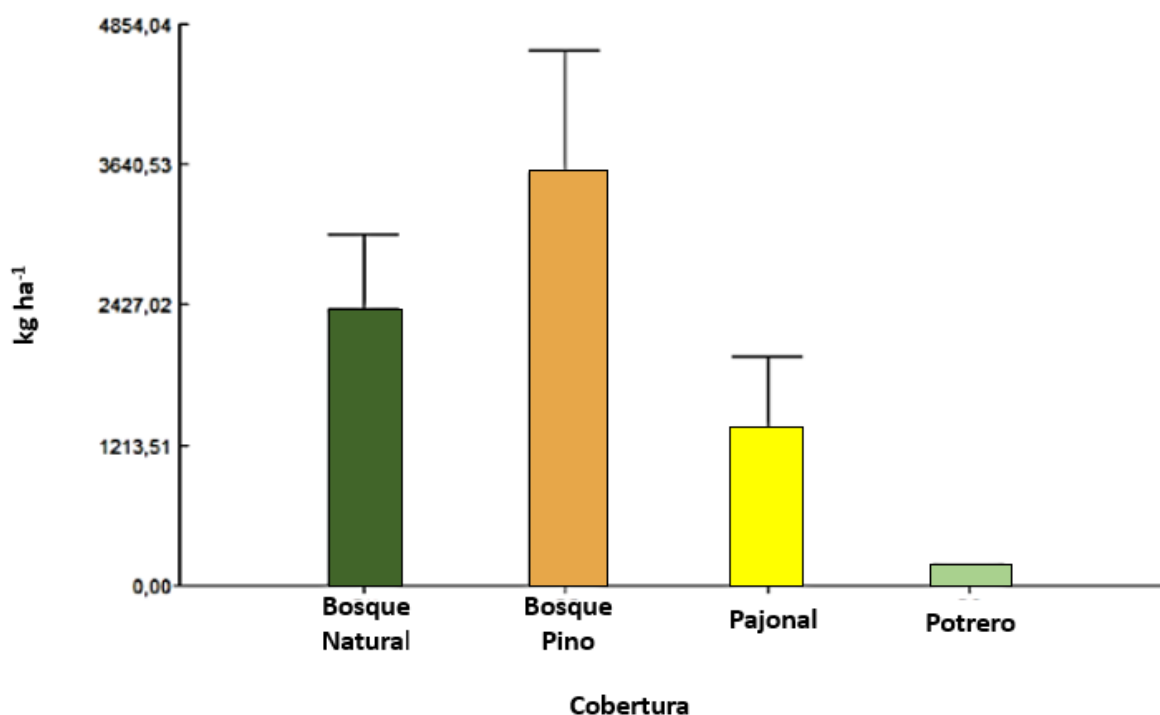


Figura 5. Gráfico de barras para el total de producción en kg ha^{-1} para las coberturas de bosque natural (BN), Bosque de Pino (BP), Potrero (PO) y cobertura de Pajonal

Los datos obtenidos en cuanto a la producción de hojarasca para cada cobertura fueron sometidos a la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov, para poder probar los supuestos de normalidad, la prueba estadística fue realizada para cada una de las coberturas de estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de Normalidad de Kolmogorov para la producción de hojarasca

Coberturas	Valor P
Bosque Natural (BN)	0,0008464
Bosque de Pino (BP)	6,791e ⁻⁰⁷
Pajonal (PA)	5,904e ⁻⁰⁵
Potrero (PO)	0,001578

Una vez realizado esto los resultados demostraron que la mayoría de los datos no se distribuyeron normalmente (Anexo 4: Figura 12, 13, 14 y 15), por lo que se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para poder determinar diferencias entre las diferentes coberturas vegetales.

Al realizar la prueba no paramétrica de Kruskal- Wallis, se logró determinar que efectivamente existen diferencias en cuanto a las coberturas ($p = 2.2 \times 10^{-16}$). Cada una de las coberturas se ubicaron en diferentes grupos con relación a sus medianas (Figura 6), es decir que cada una de las coberturas son significativamente diferentes (Anexo 1: Tabla 6).

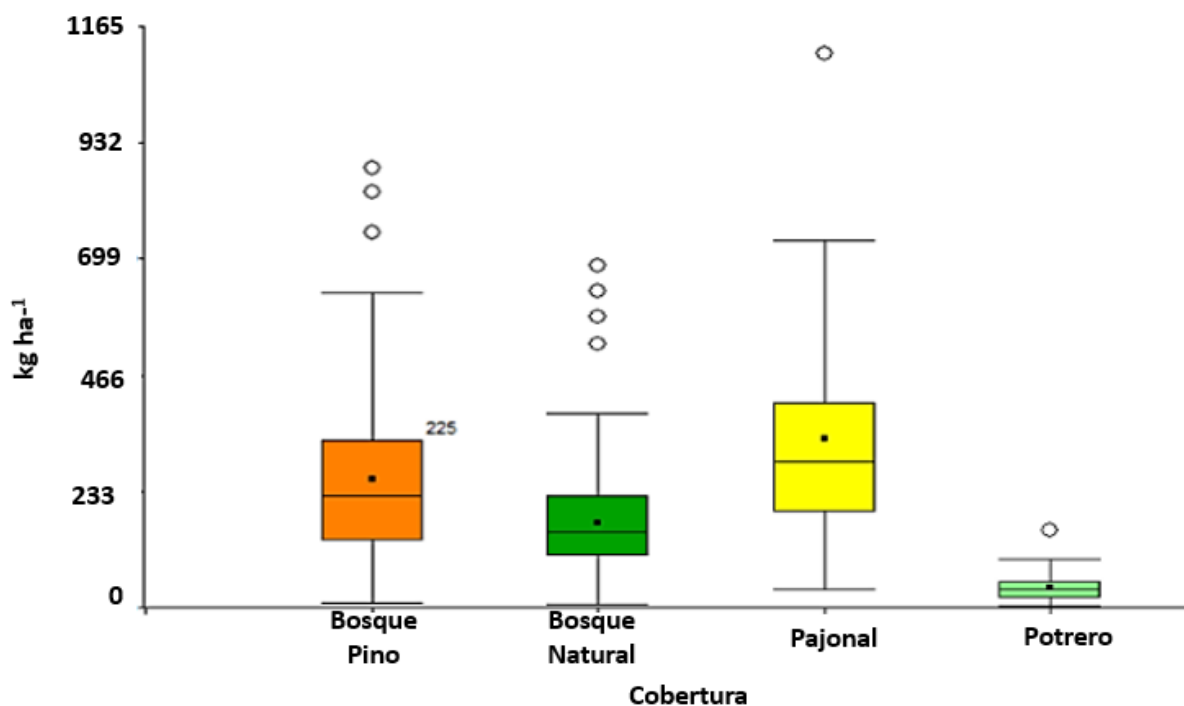


Figura 6. Gráfico de cajas de la producción de hojarasca (kg ha^{-1}) obtenida por cada parcela durante los 6 meses de muestreo para los 4 tipos de cobertura: Bosque de Pino (BP), cobertura de Bosque Natural (BN), Cobertura de Pajonal (PA) y cobertura de Potrero (PO).

Las producciones mensuales de hojarasca obtenidas durante los 6 meses de estudio mostraron variaciones significativas entre las diferentes coberturas en los distintos meses tal como se puede evidenciar en los análisis estadísticos realizados.

6 Producción de fracciones principales de la hojarasca en Bosque natural y Bosque de pino

6.1 Identificación de la especie dominante

En la Tabla 3 se puede observar las distintas especies identificadas en cada una de las 4 parcelas estudiadas en bosque natural. Podemos observar el nombre de la especie, familia, el DAP "Diámetro a la altura del pecho", el área basal por hectárea (G/ha) y el porcentaje del área basal (GR). En la cobertura BN 'Bosque natural' se pudo observar un total de 8 familias

y 11 especies. La especie que dominó en cada una de las parcelas fue *Gynoxys hallii hieron* representando un 100% del área basal de la parcela 1. En la parcela 2, se obtuvo un 62,5% del área basal, parcela 3 obteniendo un 45.59% en área basal. Finalmente, en la parcela 4 con un total de 44,1% de área basal de la especie *Gynoxys hallii hieron*.

Tabla 3. 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).

Especie	Familia	DAP	G/ha	GR
Bosque Natural Parcela 1				
<i>Gynoxys hallii hieron</i>	Asteraceae	358,7	1,22	100
total general		358,7	1,22	100
Bosque Natural Parcela 2				
<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
Total general		333,7	1,11	100
Bosque natural parcela 3				
<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
Total general		375,9	2,58	100
Bosque natural parcela 4				
<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
Total general		517,3	2,01	100

6.2 Pruebas de Normalidad

Para el análisis de estos datos se utilizó la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov para cada una de las fracciones tanto para las de la cobertura de bosque natural (BN), como para las del bosque de pino (BP) en donde se determinó que los datos no eran normales (Tabla 4).

Tabla 4. Valores obtenidos luego de realizar las pruebas de Normalidad de Kolmogorov-Smirnov, para cada una de las fracciones en las coberturas Arbóreas

Cobertura		Bosque natural (BN)	Bosque de Pino (BP)
H. dominante	<i>Valor-p</i>	8,55e ⁻⁰⁵	2,28e ⁻⁰⁴
H. Secundarias	<i>Valor-p</i>	< 2.2e ⁻¹⁶	< 2.2e ⁻¹⁶
Flores-frutos	<i>Valor-p</i>	< 2.2e ⁻¹⁶	< 2.2e ⁻¹⁶
Ramas	<i>Valor-p</i>	< 2.2e ⁻¹⁶	< 2.2e ⁻¹⁶
Corteza	<i>Valor-p</i>	< 2.2e ⁻¹⁶	< 2.2e ⁻¹⁶
Misceláneos	<i>Valor-p</i>	< 2.2e ⁻¹⁶	< 2.2e ⁻¹⁶

Se procedió a utilizar la prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis y se determinó que efectivamente existen diferencias a nivel de las fracciones, en el bosque natural se obtuvo un valor de $p = 0,0011$, de esta forma las fracciones definidas como Cortezas, Órganos Reproductivos, Ramas y Misceláneos pertenecen a un mismo grupo A, mientras que las hojas secundarias al grupo AB y las dominantes al grupo B (Figura 7).

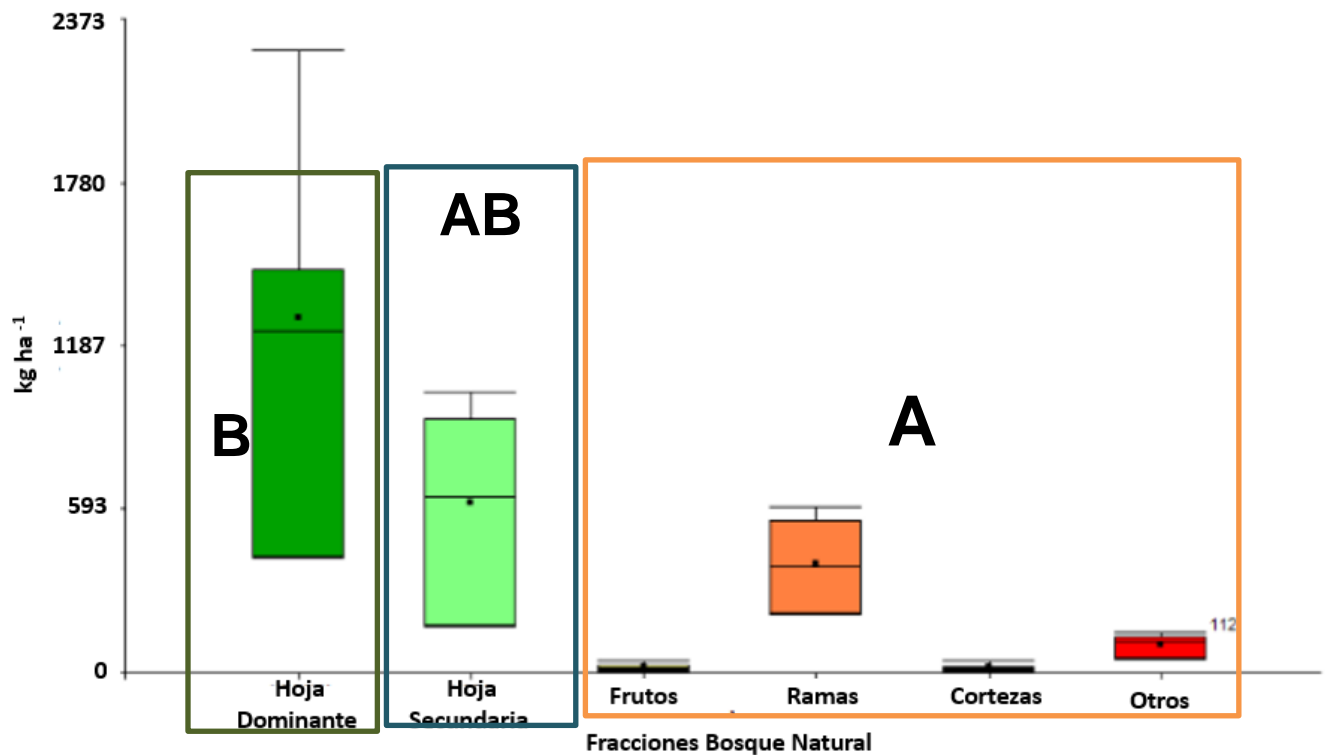


Figura 7. Gráfico de cajas de la producción media por fracciones (kg ha⁻¹) obtenida en la Cobertura de Bosque Natural (BN)

En cuanto a las fracciones del Bosque de pino de igual manera se determinó que existen diferencias entre sus fracciones ($p = 0,0001$) aquí existieron dos grupos en relación a sus medias el primer grupo conformado por las hojas secundarias, órganos reproductivos, corteza y misceláneos que pertenecen al grupo A y el segundo en donde se encuentran ubicados las ramas y las hojas dominantes (Grupo B) (Figura 8).

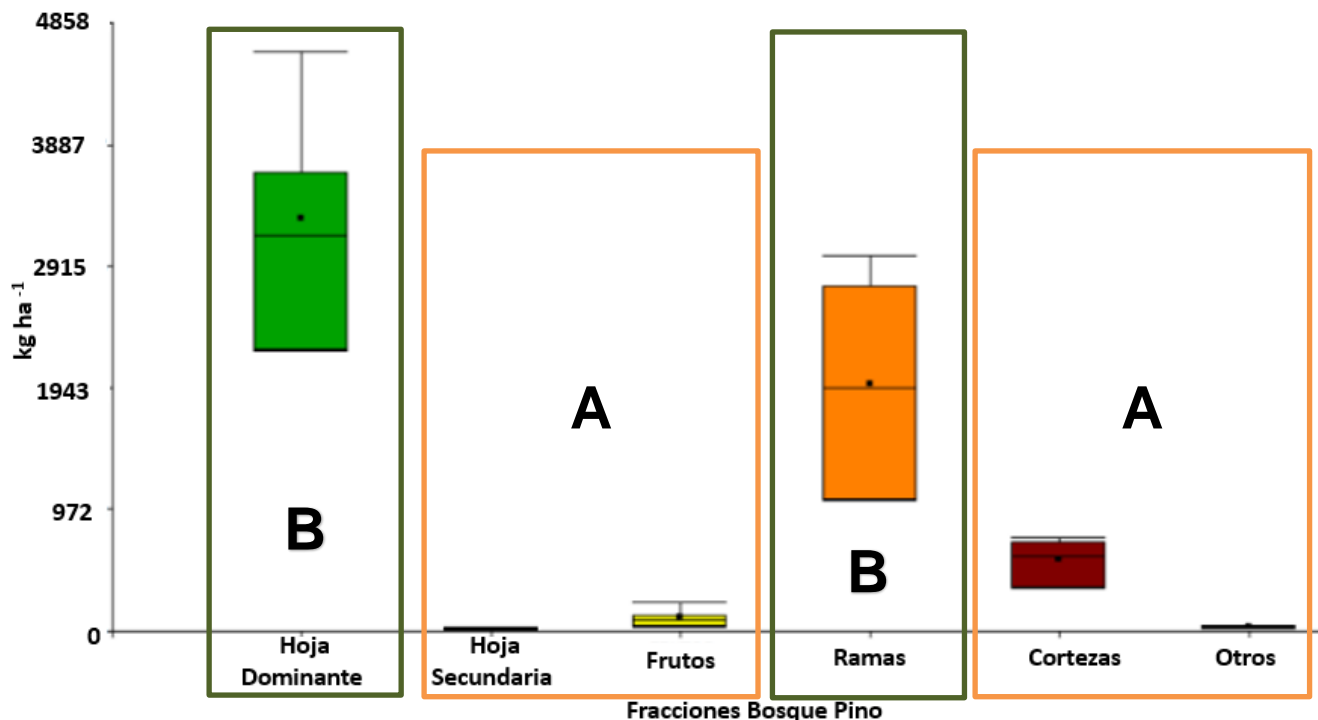


Figura 8. Gráfico de cajas de la producción media por fracciones (kg ha⁻¹) obtenida en la Cobertura de Bosque de Pino (BP)

6.3 Producción por cada clase de fracción que conforman la hojarasca

6.3.1 Producción de fracciones en el Bosque Natural

La producción total para cada una de las fracciones se distribuyó de la siguiente forma, en la cobertura de Bosque natural (BN) se determinó que el material que predomina o conforma la mayoría de la producción de hojarasca fueron las hojas las cuales fueron determinadas como hoja de especie dominante con un promedio total de $1290,20 \pm 775,54 \text{ kg ha}^{-1}$, y las hojas de especies secundarias que aportaron con una producción de $615,51 \pm 419,98 \text{ kg ha}^{-1}$. En cuanto a las flores y frutos la producción fue de $22,69 \pm 17,37 \text{ kg ha}^{-1}$. En las ramas se obtuvo una mayor producción con un valor de $396,04 \pm 208,13 \text{ kg ha}^{-1}$ y finalmente en las fracciones determinadas como corteza y Misceláneos los valores obtenidos fueron de $19,49 \pm 16,33 \text{ kg ha}^{-1}$ y $104,67 \pm 41,53$ respectivamente (Figura 9).

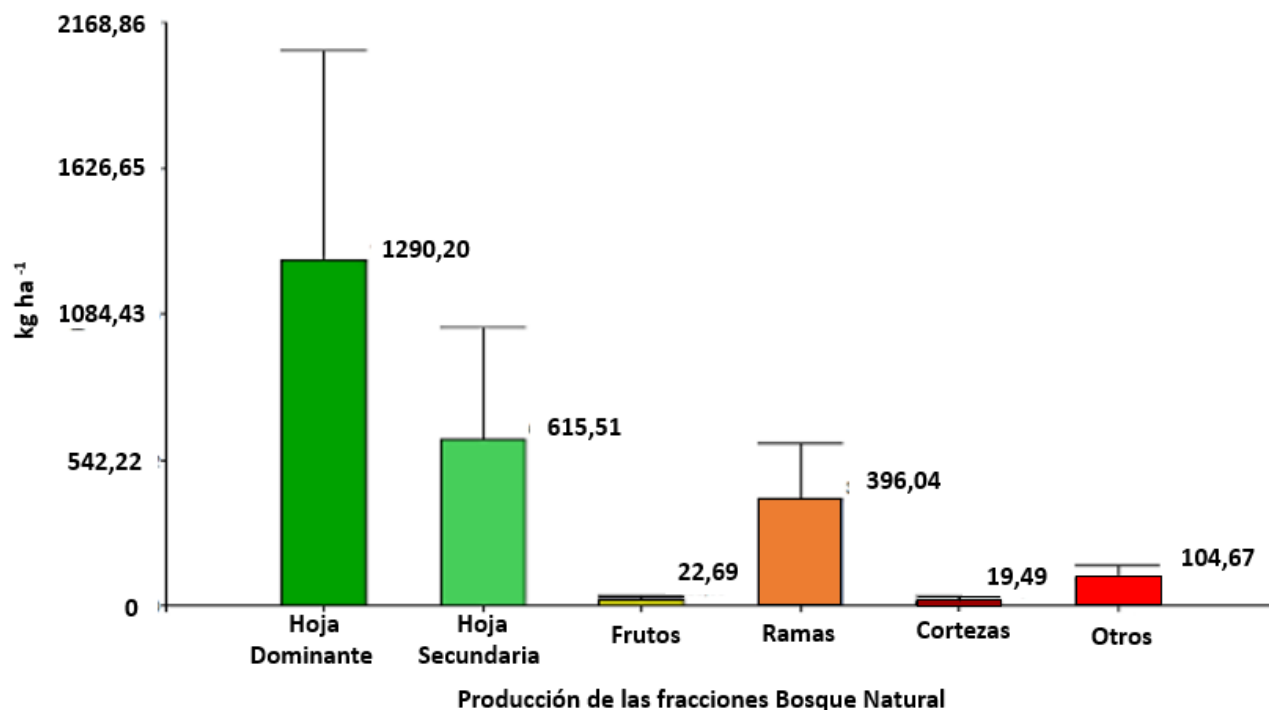


Figura 9. Diferencias entre la producción de cada una de las fracciones para la cobertura de Bosque Natural (BN)

6.3.2 Producción de fracciones en el Bosque de Pino

Para el total de producción de las fracciones en el bosque de pino (BP), al igual que en el bosque natural se pudo observar una mayor producción en la fracción definida como hoja dominante con un total de $3292,29 \pm 1073,75 \text{ kg ha}^{-1}$, por otro lado, en contraste con el Bosque Natural (BN) aquí la producción de las hojas secundarias fue notablemente inferior con un total de $14,85 \pm 17,52 \text{ kg ha}^{-1}$. Los órganos reproductivos (flores-frutos) para esta cobertura obtuvieron un valor de $113,44 \pm 86,83 \text{ kg ha}^{-1}$, mientras que la corteza representó un total de $573,77 \pm 190,20 \text{ kg ha}^{-1}$. El aporte de las ramas y misceláneos para esta cobertura fue de $1980,89 \pm 1039,91 \text{ kg ha}^{-1}$ para las Ramas y de $33,51 \pm 9,86 \text{ kg ha}^{-1}$ para las fracciones definidas como misceláneos (Figura 10).

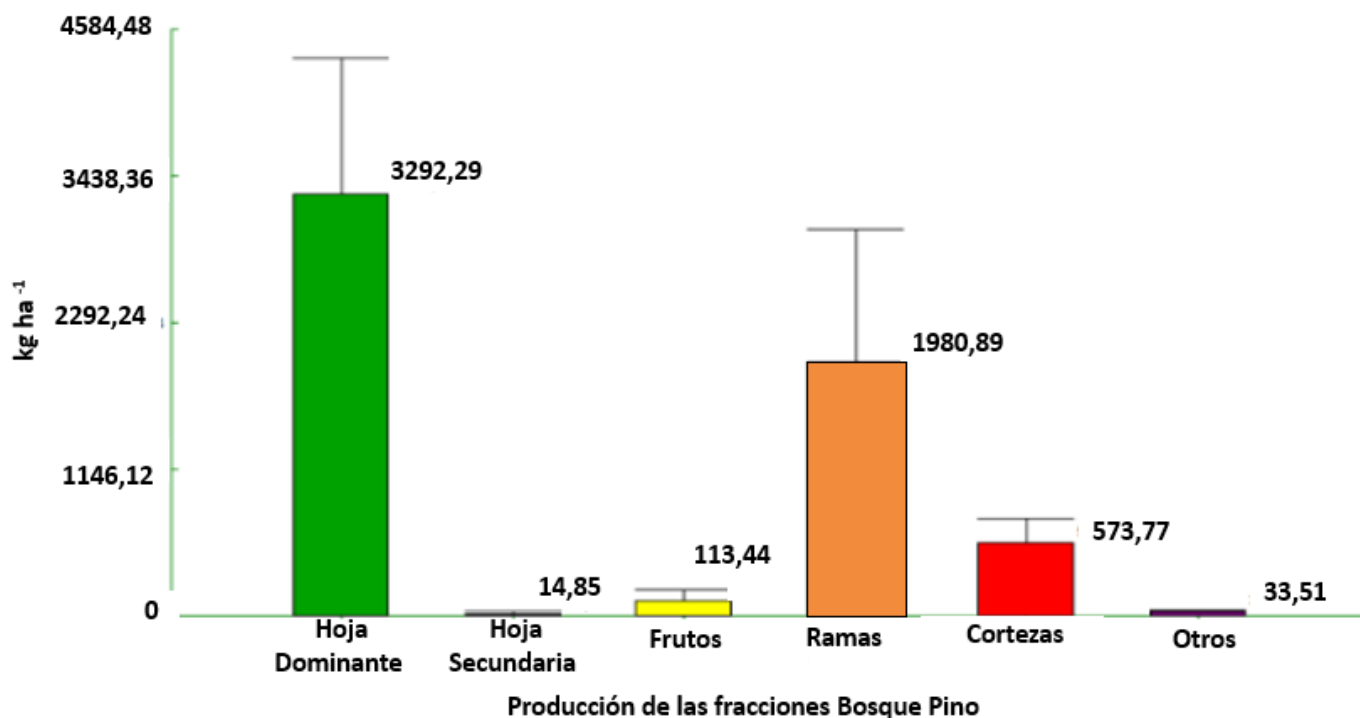


Figura 10. Diferencias entre la producción de cada una de las fracciones para la cobertura de Bosque de Pino (BP)

Como se puede observar en los resultados presentados las fracciones definidas como hojas son las que más representan un aporte en la acumulación de hojarasca tanto para la cobertura de bosque natural (BN) en donde la hoja dominante representa el 52,69% de la producción total y las hojas secundarias el 25,14 % es decir son los primeros lugares en aporte para esta cobertura, como en la cobertura vegetal de Pino (BP) donde de igual manera las hojas dominantes predominan frente a las demás fracciones con un 54,49 %. En cambio, la fracción que representa menor aporte fue diferente para cada cobertura vegetal. En el caso del bosque Natural las cortezas fueron las de menor producción con un total de $19,49 \pm 16,33$ kg ha⁻¹ es decir tan solo el 0,8% de la producción final. Mientras que en el bosque de Pino la producción de hojas secundarias estuvo por debajo incluso de la producción total de los misceláneos obteniendo así un porcentaje de aporte a la hojarasca de 0,25 %. Los valores de desviación estándar altos para las fracciones se deben a la alta dispersión que existe entre los datos (Tabla 5).

Tabla 5. Producción total (kg ha⁻¹) y porcentajes para cada una de las fracciones de las coberturas arbóreas

Cobertura	Bosque natural (BN) kg ha⁻¹	Bosque de Pino (BP) kg ha⁻¹
H. Dominante	1290,20	3292,29
%	52,69	54,79
H. Secundarias	615,51	14,85
%	25,14	0,25
Flores-frutos	22,69	113,44
%	0,93	1,89
Ramas	396,04	1980,89
%	16,17	32,97
Corteza	19,49	573,77
%	0,8	9,55
Miscelaneos	104,67	33,51
%	4,27	0,56

7 Discusión

7.1 Acumulación de hojarasca

Los resultados obtenidos en el estudio definieron que la cobertura de bosque de Pino (BP), alcanzó una mayor producción en comparación con las demás coberturas, teniendo un total 3570,57 kg ha⁻¹ durante el periodo de recolección. Un estudio realizado por Rocha Loredo & Ramírez Marcial (2009), cuantificó la producción de hojarasca en Chiapas "México", en 7 especies. Donde el estudio fue realizado por un año obteniendo la máxima acumulación de hojarasca en el bosque de pino-encino (7590 ± 290 kg ha⁻¹año⁻¹). Los resultados son

iguales a los de este estudio en cuanto a la cobertura con la mayor producción la cual fue Bosque de pino. Otros resultados obtenidos en cuanto a la producción en esta cobertura también fueron similares a los encontrados, Ramírez et al., (2007), obtuvieron producciones entre 7808,73 y 8916,22 kg ha⁻¹ año⁻¹, los cuales son similares a los nuestros si realizamos una proyección de recolección para un año. Estos autores también mencionan que sus resultados se encuentran dentro de los rangos de producción obtenidos para otros estudios bajo la misma cobertura de Pino tal es el caso de los estudios realizados por (Lundgren, 1978; Egunjobi & Onweluzo, 1979; Cuevas & Lugo, 1998). Existen diferentes estudios realizados en este tipo de cobertura por lo cual se pueden encontrar resultados que difieran con los nuestros tal es el caso del realizado por González-Rodríguez et al., (2019), en este estudio al realizar la recolección de hojarasca en 3 coberturas diferentes la de Pino obtuvo el menor valor de producción total 4830 kg ha⁻¹ año⁻¹

La producción promedio obtenida para la cobertura de bosque Natural (BN) fue de 2386,840 kg ha⁻¹, un estudio realizado por Bonilla et al., (2008) expresa que la cantidad total de material vegetal caída en el bosque fue de 16700 kg ha⁻¹ año⁻¹, y nos dice que esta producción es considerada alta para estos ecosistemas. Sin embargo, el estudio realizado por Flores (2012), donde se obtuvo un acumulado total de la hojarasca de 9760 kg ha⁻¹ año, este total de producción al igual que el nuestro se encuentra dentro del rango de producción obtenido por Vargas & Varela (2007), en un bosque de niebla andino. Aquí se registraron productividades entre 5240 y 7320 kg ha⁻¹ año.

En nuestro estudio la cobertura de pajonal (PA) obtuvo un promedio total de 1353,74 ± 630,01 kg ha⁻¹. Los estudios específicos para este tipo de cobertura son muy escasos, sin embargo, estos resultados pueden ser comparados con un estudio realizado por Mera et al., 2018 que trata sobre la producción de forraje y calidad nutricional de pastos naturales en la Sierra Ecuatoriana. De acuerdo con este estudio, la producción de pajonal en la Sierra Ecuatoriana puede oscilar entre 4000 y 11000 kg ha⁻¹ año⁻¹. Pudiendo tener en cuenta que la producción de pajonal puede variar significativamente según las condiciones locales, la gestión del pastizal y otros factores. Mármol (2022), nos dice que la especie *Calamagrostis intermedia* la cual conforma en su mayoría esta cobertura por su ecología tiende a regenerarse y repoblar rápidamente el suelo razón por la cual es la especie herbácea más común.

El de potrero (PO) fue la cobertura con menor cantidad de producción en comparación con las demás coberturas con una cantidad de 161,02 ± 17,44 kg ha⁻¹. No existen muchos artículos que hablen sobre la producción de materia seca en potrero, sin embargo, un estudio trata sobre, evaluar la relación entre la proporción de sombra en el potrero, producción y

calidad de forraje realizado por Obispo (2013), donde el efecto de la sombra se reflejó en una reducción de alrededor del 30% de la producción de biomasa ($p < 0,05$), pero de mejor calidad en comparación con los potreros sin sombra. Estos resultados pueden coincidir con los nuestros debido a que una parte de la cobertura de potrero se encontraba con cierta cantidad de sombra. Según López et al., (2018) en un estudio llamado, producción de forraje en potreros en el Norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina, nos dice que la producción de forraje osciló entre los 3000 a 6000 kg ha⁻¹ al año por lo cual es importante tener en cuenta que la producción de potrero puede variar significativamente según las condiciones locales, la gestión del pastizal y otros factores. Por esto los resultados obtenidos en este estudio no necesariamente se pueden generalizar para la producción en otras regiones o países.

Al realizar los análisis estadísticos para este estudio se encontraron diferencias entre los valores promedio de producción de la hojarasca, pero como se puede observar en los estudios antes mencionados los rangos de producción entre las coberturas de BP, BN y PA pueden estar dentro de un mismo grupo poblacional. Sin embargo, estas diferencias entre producción de hojarasca entre coberturas pueden estar relacionado con la descomposición de su biomasa tal como lo menciona Cherrez (2019) donde nos dice que los bosques con especies latifoliadas son los que contienen mayores concentraciones de nutrientes minerales y también la descomposición de esta hojarasca es más rápida que en los bosques con coníferas.

7.2 Acumulación por fracciones de la hojarasca

En la producción de sus fracciones se puede decir que el BN tuvo una mayor producción en las hojas dominantes con un total de 1290,20kg ha⁻¹. Un estudio realizado en el bosque de niebla de Colombia por Vargas & Varela (2007), estimaron la producción de hojarasca total de fracciones por un periodo de 6 meses. El material fue recolectado mensualmente separando en hojas, ramas, partes reproductivas, epífitas y fragmentos no identificados. Donde las hojas aportaron 74,4%, las ramas 10,8%, partes reproductivas 10,6%, epífitas 3,6% y fragmentos no identificados 0,6%. El género dominante de las hojas aportó el (40,5%). Estos resultados concuerdan con los nuestros por la fracción hoja dominante que obtuvo mayor producción. Un estudio relacionado al nuestro realizado por Zapata (2007) en Colombia, cuantificó la producción de hojarasca en un bosque natural. Se realizó un periodo de recolección de cada 15 días, en el laboratorio se separó por componentes como (hojas, ramas, flores, frutos, semillas, vegetación asociada y material indeterminado), su peso fue

tomado en fresco y seco. La producción de hojarasca fue del 60,7% hojas, 29,8% tallos, 3,37% frutos, 0,84% flores, 0,56% semillas, 0,56% vegetación asociada y 4,18% material indeterminado, estos resultados concuerdan en gran parte con los nuestros en cuanto a las fracciones. Finalmente, Collantes (2014) caracterizó la producción de hojarasca fina aportada por cinco especies abundantes en un tramo de la cuenca media del río Gaira el estudio se realizó durante seis meses, con recolecciones bimensuales en 87 trampas, el material colectado se separó por fracciones y se determinó su aporte en términos de masa seca, donde la producción de hojarasca fina estuvo dominada por la fracción foliar (65%), seguida del material leñoso (17,7%), material reproductivo (9,4%) y otros restos (7,6%). Estos estudios nos muestran una mayor producción en fracciones en cuanto a las hojas al igual que nuestros resultados.

En la cobertura de Bosque de Pino (BP) en la producción de las fracciones la que tuvo mayor relevancia fue la hoja dominante con un $3292,29 \text{ kg ha}^{-1}$. Los resultados concuerdan con Rodas (2017), donde se estimó la producción de hojarasca, se separó en fracciones y se realizó análisis químicos durante el periodo de un año. La fracción que más contribuyó a la producción total de hojarasca durante el periodo de estudio corresponde a la hoja dominante con un promedio de 7083,30 %, mientras que la fracción de misceláneos mostró los menores porcentajes de aporte total a la hojarasca. Otro estudio realizado por Duque (2007). Analizó la producción de hojarasca en un periodo de 2 años en bosque de (*Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*) de la región de Piedras Blancas, Antioquia (Colombia). Al igual que nuestro estudio utilizaron trampas de recolección con el fin de recoger el material desprendido del dosel para su posterior separación en fracciones y pesado respectivo. Con el fin de recoger el material desprendido del dosel para su posterior separación en fracciones y pesado respectivo. El promedio de caída de hojarasca anual para *Pinus patula* fue de 7877,20; 8362,47 kg ha^{-1} siendo el doble de la producción en comparación con *Cupressus lusitanica*.

Conclusiones

Los resultados obtenidos durante este trabajo de investigación demostraron que efectivamente la producción 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 potrero en cuanto a su producción total. Dentro del estudio en las cuatro coberturas estudiadas quedo establecido que las coberturas de Bosque o arbóreas fueron las que más acumulan hojarasca durante el tiempo de estudio, el Bosque de Pino fue el que más apporto con hojarasca, seguido por el Bosque Natural, en tercer lugar, el pajonal y finalmente la cobertura de potrero siendo esta la que menor producción total obtuvo.

En cuanto a las fracciones que fueron analizadas únicamente en las coberturas arbóreas, las hojas dominantes obtuvieron los mayores valores de producción, en el bosque natural las hojas dominantes obtuvieron un 52,69% del total de la producción, mientras que, en el bosque de pino sus hojas dominantes alcanzaron un porcentaje de 54,79%. Las hojas secundarias en el bosque Natural obtuvieron el segundo lugar en cuanto a producción alcanzado un porcentaje de 25,14% siendo seguidas por la fracción definida como Ramas con un 16,17%.

En el caso del Bosque de pino la fracción que ocupó el segundo lugar fueron las Ramas las cuales obtuvieron valores de producción más altos (32,97%), que las Ramas del bosque Natural.

La Fracción de la hojarasca definida como frutos fue la que presento menor producción para la cobertura de Bosque Natural alcanzando el 0,93% de la producción total. Mientras que para la cobertura de Bosque de pino el total de producción de las hojas secundarias fue el más bajo en comparación con el resto de fracciones con un total de 0,25%

La producción de hojarasca es un proceso natural en el que las hojas, ramas y otros materiales vegetales se caen al suelo y se descomponen. Este proceso es esencial para mantener la fertilidad del suelo, además de su papel en la fertilidad del suelo, la hojarasca también tiene una función importante en la regulación del clima y la conservación de la biodiversidad.

La eliminación o disminución de la hojarasca puede tener consecuencias negativas para la salud del ecosistema forestal. Por ejemplo, la reducción de la capa de hojarasca puede alterar la estructura del suelo y disminuir la capacidad de retener agua y nutrientes. Además, puede afectar negativamente a la fauna y la flora del bosque, que depende de la hojarasca para obtener alimento y refugio.

En conclusión, la producción de hojarasca es un proceso clave en el mantenimiento de la salud y la biodiversidad de los bosques. Las estructuras que conforman la hojarasca depende del tipo de cobertura, y esto a su vez será de gran importancia durante el proceso de descomposición, en algunos casos el material acumulado puede verse compuesto en su mayoría por hojas las cuales tienen un tiempo de descomposición menor en comparación con otras estructuras como ramas o frutos y tal como se pudo evidenciar en este estudio dependiendo de la cobertura las estructuras que conforman la hojarasca pueden verse dominadas por otras estructuras como ramas o las cortezas las cuales toman un mayor tiempo de descomponerse. Por lo tanto, es importante comprender cómo funciona este proceso y cómo puede afectar a otros aspectos del ecosistema forestal, para poder gestionar adecuadamente los recursos naturales y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

Referencias

- Aceñolaza, P.G., L.P. Zamboni & G.L. Fernando (2009). Aporte de hojarasca en bosques del predelta del río Paraná (Argentina). *Bosque (Valdivia)*, 3, 135-145. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002009000300003>.
- Aguirre León., & M. M. Cáceres L. P. (2). La Universidad Católica de Loja (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA).
- Aguirre, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y bosques*, 21(SPE), 17-28.
- Amaya Rodas, C. P., & Villegas Lituma, B. E. (2017) Evaluación de la producción de hojarasca y del contenido de nutrientes en su fracción dominante en pino (*Pinus patula*) y aliso (*Alnus acuminata*) en el sur del Ecuador.
- Belmonte SF, A Romero D & F López B. (1998). Producción de hojarasca en especies de matorral mediterráneo y su relación con algunos factores ambientales. *NIMBUS*, (1-2):5-16.
- Bonilla, R., Roncallo, B., Jimeno, J., & García, T. (2008). Producción y descomposición de la hojarasca en bosques nativos y de *Leucaena* sp., en Codazzi, Cesar. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 9(2), 5-11.
- Bonnevie-Vendsen. C., & Gjem, O, (1957). Amount and chemical composition of the litter from larch, beech. Norway spruce and Scots pine stands and its effect of the soils. *Medd.Norske. Skogs-forsoksv.*, 48, 111-174
- Cantú, S.I., & González, R.H., 2001. "Interception loss, throughfall and stem flow chemistry in pine and oak forests in northeastern Mexico". *Tree Physiology*, 21: 1009-1013.
- Carnevale, N.J & J.P. Lewis (2001). Litterfall and organic matter decomposition in a seasonal forest of the eastern Chaco (Argentina). *Revista de Biología Tropical*, 49(1), 203–212.
- Celentano, Danielle, Zahawi, Rakan A, Finegan, Bryan, Casanoves, Fernando, Ostertag, Rebecca, Cole, Rebecca J & Holl, Karen D. (2011). Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y destrucción de hojarasca. *Revista de Biología Tropical*, 59 (3), 1323-1336. Recuperado el 16 de junio de 2022, de http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000300032&lng=en&tlng=es.
- Cherrez, M. (2019). Universidad de Cuenca facultad de Ciencias Agropecuarias carrera de Ingeniería Agronómica. el Bosque de Llaviuco del Parque Nacional Cajas <https://docplayer.es/153600045-Universidad-de-cuenca-facultad-de-ciencias-agropecuarias-carrera-de-ingenieria-agronomica-el-bosque-de-llaviuco-del-parque-nacional-cajas.html>
- Collantes Quintero, A., Castellanos-Barliza, J., León Peláez, J. D., & Tamaris-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). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1).

Cuevas E., & Lugo A (1998). Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of ten tropical tree plantation species. *Forest Ecol. Manag.* 112: 263-279.

Del Valle-Arango, J.I., (2003). Cantidad, calidad y nutrientes reciclados por la hojarasca fina de bosques pantanosos del Pacífico Sur Colombiano. *Interciencia*, 28: 443-449.

Doornbos, B. (2015). El valor de los bosques andinos en asegurar agua y suelo en un contexto de creciente riesgo climático: reconocemos lo imperdible.

Duque, C. M. Z., Ramírez, J. A., & Peláez, J. D. L. (2007). Producción de hojarasca fina en bosques alto andinos de Antioquia, Colombia

Egunjobi J.K., & Onweluzo BS (1979) Litter fall, mineral turnover and litter accumulation in *Pinus caribaea* L. stands at Ibadan, Nigeria. *Biotropica* 11: 251-255.

FAO. (1996). *Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>

FAO y PNUMA 2020. El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>

Fearnside, P. M., & Guimarães, W. M. (1996). Carbon uptake by secondary forests in Brazilian Amazonia. *Forest ecology and management*, 80(1-3), 35-46.

Flores, B. E. (2012). Cuantificación de la producción de hojarasca en dos tipos de bosque del Parque Nacional Yanachaga-Chemillén. *Xilema*, 25, 50-55.

Gobierno Autónomo Descentralizado Rural de Tarquí. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Tarquí Actualización 2015. 4-442. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0160026230001_Diagnostico_29-10-2015_22-12-42.pdf

González Hernández, M. I., & Gallardo, J. F. (1982). El efecto hojarasca: Una revisión. <https://digital.csic.es/handle/10261/57227>

González-Rodríguez, H., López-Hernández, J. M., Ramírez-Lozano, R. G., Gómez-Meza, M. V., Cantú-Silva, I., Sarquís-Ramírez, J. I., & Mora-Olivo, A. (2019). Depósito de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques de pino-encino y matorrales en el noreste de México. *Madera y bosques*, 25(3). <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531514>

Heilman, V., & Ferrell, W. K. (2001). Leaf litterfall and decomposition in two contrasting hardwood forests. *Forest Ecology and Management*, 151(1-3), 103-114.

- Hernández, M., Pérez-Ramos, I., M., N.-F. C., Ruíz-Ruiz, J. C., Pérez-Moreno, J., & Moreno-Rueda, G. (2018). Litter quantity and quality effects on understorey plant performance in a Mediterranean pine forest. *Forest Ecology and Management*, 1-9.
- IPCC. (2014). Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 32
- Isaac, S.R. & Nair, M.A., 2006. "Litter dynamics of six multipurpose trees in a home garden in Southern Kerala, India". *Journal of Agroforestry System*, 67: 203-213.
- Jandl, R. (2004). Secuestro de carbono en bosques – El papel del suelo. 1, 57-61.
- Laossi, KR, Barot, S., Carvalho, D., Desjardins, T., Lavelle, P., Martins, M., & Grimaldi, M. (2008). Efectos de la diversidad vegetal sobre la producción de biomasa vegetal y la macrofauna del suelo en pastizales amazónicos. *Pedobiología*, 51 (5-6).
- Lemon, R., Stichler, C., & Norman Jr, J. (2003). Cotton stalk destruction with herbicides. College Station: Texas A&M University.
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>
- Liu, C., C.J. Westman, B. Berg, W. Kutsch, G.Z. Wang, R. Man & H. Ilvesniemi (2004). Variation in litterfall-climate relationships between coniferous and broadleaf forest in Eurasia. *Global Ecology and Biogeography*. 13, 105-114.
- López-Mazz, J. M., Toranzo, R. J., Fidelis, A. L., & Vignolio, O. R. (2018). Producción de forraje en potreros en el Norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(2), 447-458.
- Lozano, P. (2015). *Especies forestales arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador: MAE.
- Lundgren, B. (1978) Soil conditions and nutrient cycling under natural and plantation forests in Tanzanian highlands. *Reports in Forest Ecology and Forest Soils* 31. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Suecia. 428 pp.
- Lundgren, B. (1978). Soil conditions and nutrient cycling under natural and plantation forests in Tanzanian highlands. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Marcén, C. (2004). Un paseo didáctico por los Bosques Primarios. Greenpeace.
- Marcos, E., Taboada, Á., Aira, M. J., & Crecente-Campo, F. (2009). Production and nutrient return through litterfall in a maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) stand of Galicia (NW Spain). *Annals of Forest Science*, 66(2), 206.

- Mármol, M. (2022). Análisis de pérdida de cobertura vegetal en el área de incendio del Páramo Mojanda-Cajas, Cantón Otavalo. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12975/2/03%20RNR%20423%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Mera, J. E., Salgado, M. A., & Cevallos, R. F. (2018). Producción de forraje y calidad nutricional de pastos naturales en la Sierra Ecuatoriana. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47, e20170242.
- Mestre, H. M. (2021). Estimación de la producción de hojarasca y la descomposición foliar en un bosque tropical seco en la reserva biocultural kaxil kiuc, Yucatán, México (Doctoral dissertation, Centro de Investigación Científica de Yucatán).
- Minga Ochoa, D. A., Ansaloni, R., Verdugo, A., & Ulloa Ulloa, C. (2016). Flora del páramo del Cajas, Ecuador (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Molina, N. F., Barrios, J. R., & Leon, S. I. (2018). Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de Cañaverales, Guajira, Colombia. *Acta biológica colombiana*, 23(1), 115-123.
- Mosquera, H. Q., Ramos-Palacios, Y. A., & Bonilla, DA (2007). Cuantificación de la caída de hojarasca como medida de la productividad primaria neta en un bosque pluvial tropical en Salero, Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*, 26 (1), 28-41.
- Obispo, N. E., Espinoza, Y., Gil, J. L., Ovalles, F., Cabrera, E., & Pérez, M. J. (2013). Relación de la proporción de sombra en el potrero con el rendimiento, calidad del forraje y ganancia diaria de peso en novillos. *Revista Científica*, 23(6), 531-536.
- PDOT GAD Baños, P. (2015). Diagnóstico memoria técnica –SNI Diagnóstico-Baños. 635. <https://multimedia.planificacio.gob.ec/PDOT/descargas.html>
- Peri, P. L., Bahamonde, H. A., Monelos, L. H., & Martínez, G. (2008). Producción de Hojarasca en Bosques primarios y bajo manejo silvopastoril de *Nothofagus Antarctica* en la provincia de Santa Cruz, Argentina (Esquel ed.). *EcoNothofagus*.
- Pinos Solano, D. S. (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 protectora de Sunsun—Yanasacha [BachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21860>
- Posadas, J. M., Jiménez-Pérez, J., Martínez-Zurimendi, M., Figueroa-Rangel, D. M., & Huerta-De La Peña, A. R. (2011). Variación de la producción de hojarasca en un gradiente altitudinal de bosque mesófilo en el centro de Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 17(3), 243-256.
- Prefectura del Azuay (2013). Atlas de la provincia del Azuay 2012. Cuenca Ecuador. _____ (s/f). Mapa/Archivo "Sector Quimsacocha: Concesiones mineras (IAMGOLD) en áreas de bosque y vegetación protectora (A.B.V.P)". En Agua y minería en Quimsacocha, Omar Bonilla, 2013, p. 29.

- Quichimbo, P., Veintimilla, D., Carrión, Y., & Jiménez, L. (2016). Litterfall production under pine plantations in the southern Andes region of Ecuador. *Enfoque UTE*, 7(3), 14–25.
- Ramírez-Correa, J. A., Zapata-Duque, C. M., León-Peláez, J. D., & González-Hernández, M. I. (2007). Caída de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques montanos andinos de piedras blancas, Antioquia, Colombia. *Interciencia*, 32(5), 303-311.
- Rocha Loredo, A. G., & Ramírez Marcial, N. (2009). Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de pino-encino en Chiapas, México. *Botanical Sciences*, 84, 1-12. <https://doi.org/10.17129/botsoci.2287>
- Rodas, C. P. A. (2017). Evaluación de la producción de hojarasca y del contenido de nutrientes en su fracción dominante en pino (*pinus patula*) y aliso (*alnus acuminata*) en el sur del Ecuador (Doctoral Dissertation, Universidad de Cuenca).
- Salas, J., & Infante, A. (2006). Producción primaria neta aérea en algunos ecosistemas y estimaciones de biomasa en plantaciones forestales. *Rev. For. Lat*, 40, 47-70.
- Schlatter, J. E., Gerding, V., & Calderón, S. (2006). Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de *Eucalyptus nitens*, X Región, Chile. *Bosque (Valdivia)*, 27(2), 115-125.
- Silva, C., González, J., González-Muñoz, C., & Sandoval, M. (2019). Producción de hojarasca y acumulación de nutrientes en una pradera de alta montaña en el sur de Chile. *Bosque*, 40(1), 39-48.
- Singh, L. K., Chauhan, D. S., Yadav, V. P., & Kala, R. (2018). Litterfall, nutrient return and decomposition in *Pinus roxburghii* Sarg. forest in Garhwal Himalaya, India. *Journal of Forestry Research*, 29(5),
- Smith, J., & Jones, A. (2018). Influencia de plagas y enfermedades en la caída de hojarasca en bosques templados. *Revista de Ecología Forestal*, 42(3), 234-250. DOI: 10.1234/abcd5678.
- Smith, J., Sabogal, C., JONG, W. de, & Kaimowitz, D. (1997). Bosques secundarios como recurso. Solórzano Flores, A. S. (2020). Comparación de la diversidad vegetal y calidad orgánica del suelo entre un remanente de bosque nativo y vegetación introducida, Parroquia La Esperanza, Cantón Pedro Moncayo, Pichincha—Ecuador [BachelorThesis, Quito: UCE]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21349>
- Valencia, V., & Jeiser, W. (2021). Estudio de la biomasa aérea y cantidad de carbono en pajonales occidentales del Azuay.
- Valiela, I. (1995). Factors Affecting Primary Production. En I. Valiela (Ed.), *Marine Ecological Processes* (pp. 36-83). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-4125-4_2
- Vargas, L., & Varela, A. (2007, Enero). Producción de hojarasca de un bosque de niebla en la reserva natural la planada (Nariño, Colombia). *Universitas Scientiarum*, 12(1), 35-49. <https://www.redalyc.org/pdf/499/49912103.pdf>

Zapata Duque, C. M., Ramírez, J. A., León Peláez, J. D., & González Hernández, M. I. (2007). Producción de hojarasca fina en bosques alto andinos de Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 60(1), 3771-3784.

Anexos

Anexo A. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis

Tabla 6. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis diferenciando la producción de hojarasca (kg ha⁻¹) en los cuatro tipos de cobertura

Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis		
COBERTURA	MEDIANAS	GRUPOS
Bosque de Pino (BP)	255,04	C
Bosque Natural (BN)	170,49	B
Pajonal (PA)	338,44	D
Potrero (PO)	40,26	A

Anexo B. Coordenadas de las parcelas de estudio.

Tabla 7. Ubicación de las parcelas de estudio ubicadas en el Bosque Protector Sunsun Yanasacha.

N° de Parcela	Codigo	Coordenadas		
		x	y	z
1	BN1	702962	9667237	3424
2	BN2	703203	9667309	3423
3	BN3	703182	9667338	3417
4	BN4	703036	9667144	3451
1	BP1	702546	9667063	3424
2	BP2	702316	9667011	3322
3	BP3	702361	9667255	3506
4	BP4	702249	9667191	3513
1	PA1	702771	9667136	3425
2	PA2	702766	9667095	3431
3	PA3	702703	9667076	3439
4	PA4	702602	9667102	3425
1	PO1	704689	9668888	3258

2	PO2	704693	9668876	3424
3	PO3	704706	9668875	3274
4	PO4	704720	9668875	3279

Anexo C. Diseño de las trampas de recolección para las coberturas arbóreas BP y BN

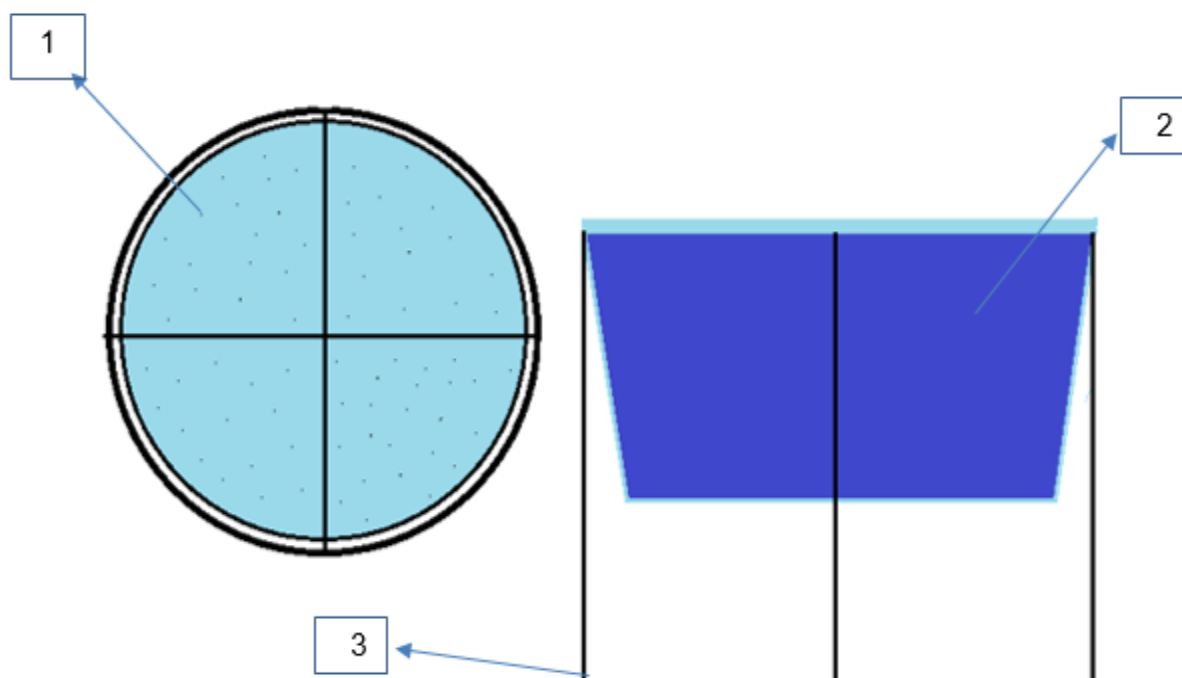


Figura 11. Trampa de recolección: 1 agujeros para filtración de Agua, 2 trampa de recolección, 3 varillas para sujeción de las trampas

Anexo D. Histogramas de Frecuencias para cada cobertura

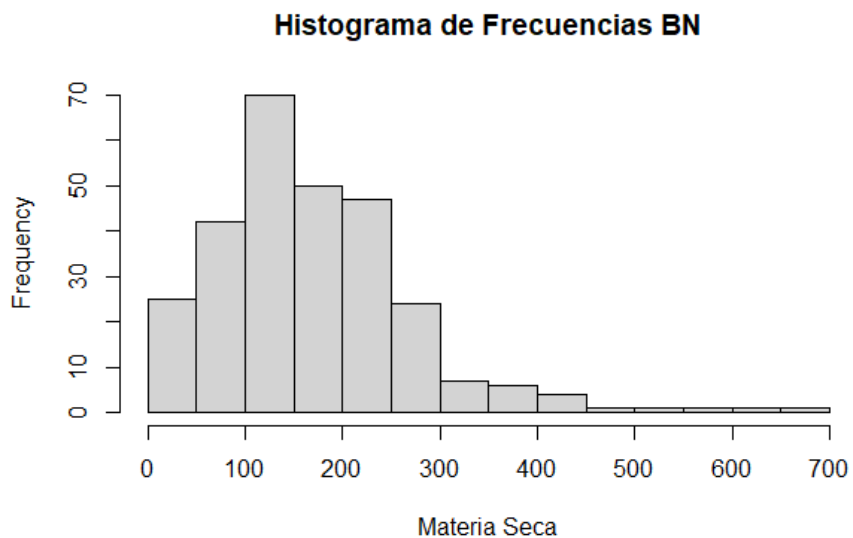


Figura 12. Histograma de frecuencias para la cobertura de Bosque Natural (BN)

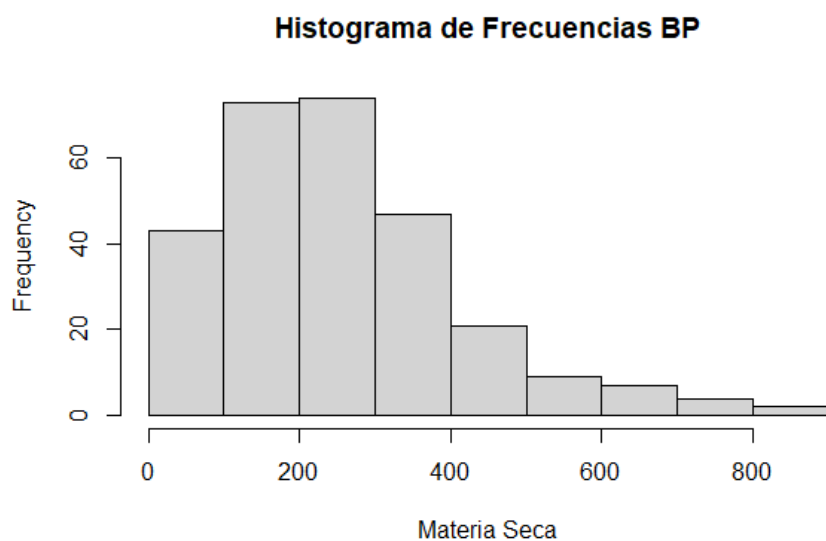


Figura 13. Histograma de frecuencias para la cobertura de Bosque de Pino (BP)

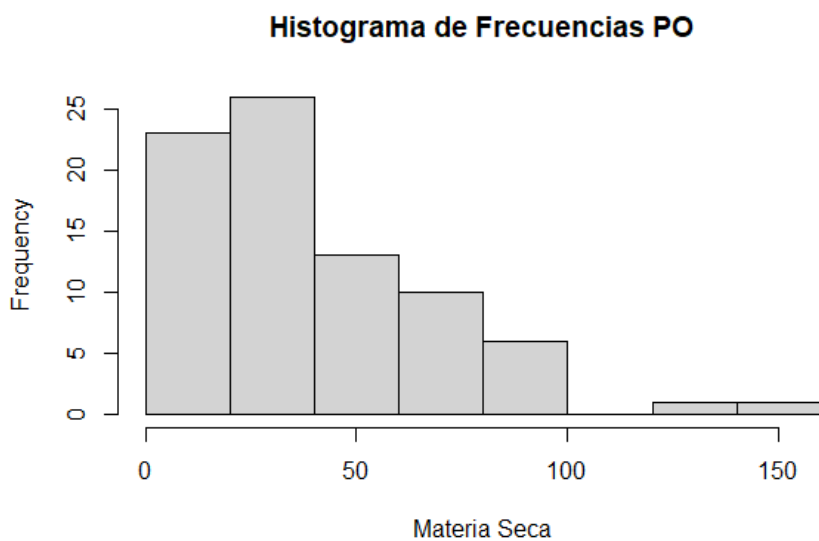


Figura 14. Histograma de frecuencias para la cobertura de Potrero (PO)

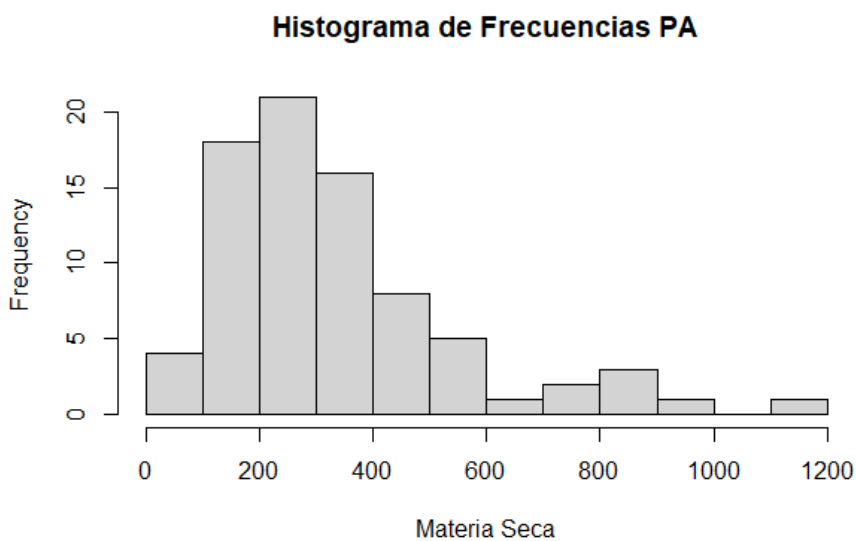


Figura 15. Histograma de frecuencias para la cobertura de Bosque de Pajonal (PA)

Anexo E. Recolección de muestras en cada parcela ubicada en las diferentes coberturas del estudio.



Figura 16. Recolección de muestras de Bosques y Potrero

Anexo F. Metodología de Laboratorio



Figura 17. Pesado en húmedo y secado de Muestras



Figura 18. Pesado de muestras luego de salir de la estufa



Figura 19. Fraccionamiento de muestras de las coberturas Arbóreas



Figura 20. Fracción de Hoja Dominante



Figura 21. Fracciones de flores y Frutos

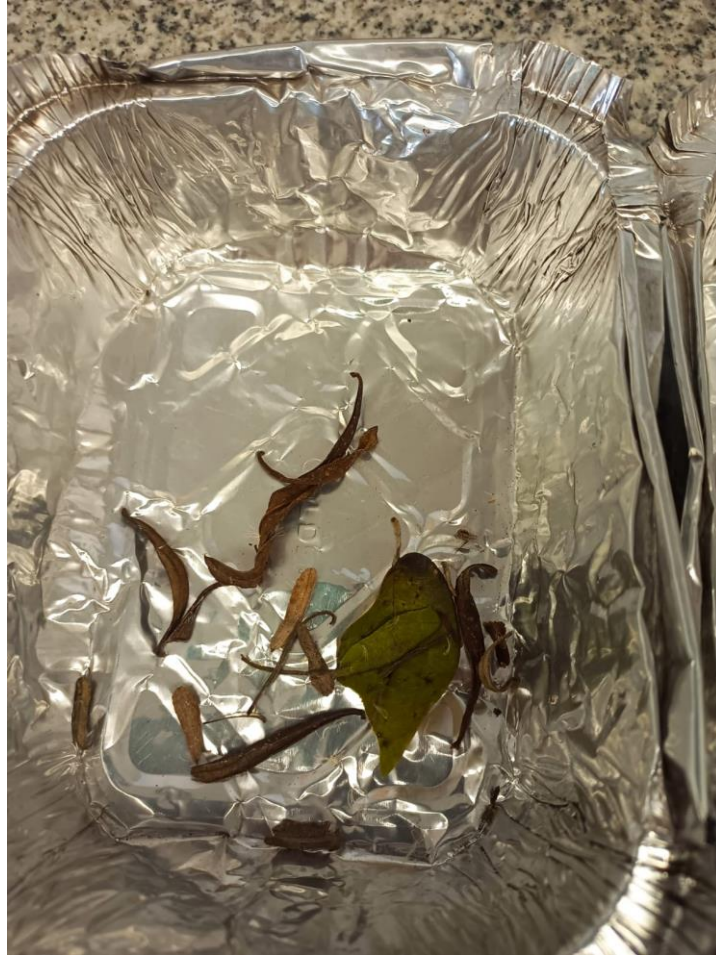


Figura 22. Fracción de Hoja Secundaria