



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

## **ÁREA BIOLÓGICA Y BIOMÉDICA**

### **TÍTULO DE INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**Influencia del clima en la producción de hojarasca en una plantación de pino en el sur del Ecuador.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**AUTOR:**

Malla Godoy Julio Enrique

**DIRECTOR:**

Jiménez Álvarez Leticia Salomé Ph.D.

**CODIRECTOR:**

Quichimbo Miguitama Pablo Geovanny MSc.

**LOJA-ECUADOR**

**2016**



*Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NY-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>*

2016

## **APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Doctora

Jiménez Álvarez Leticia Salomé

**DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

Magister

Quichimbo Miguitama Pablo Geovanny

**CODIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

De mi consideración:

El presente trabajo denominado: **“Influencia del clima en la producción de hojarasca en una plantación de pino en el sur del Ecuador”**, realizado por **Malla Godoy Julio Enrique**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, septiembre del 2016

Dra. Leticia Jiménez Álvarez  
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

MSc. Pablo Quichimbo Miguitama  
**CODIRECTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

## DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo **Julio Enrique Malla Godoy** declaro ser autor del presente trabajo de titulación: **Influencia del clima en la producción de hojarasca en una plantación de pino en el sur del Ecuador**, de la Titulación **Gestión Ambiental**, siendo la **Dra. Leticia Jiménez Álvarez** directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Malla Godoy Julio Enrique

1103692644

## DEDICATORIA

Mi trabajo de Titulación la dedico con todo mi amor y cariño:

A mi Dios por haberme dado la oportunidad de vivir, por estar conmigo en cada instante de mi vida y por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi familia, en especial a mis padres, quienes siempre me han demostrado su amor y su apoyo incondicional durante todo mi trayecto de vida y estudiantil. Gracias papá, gracias mamá por haber depositado su confianza en mí y por haberme dado una carrera para mi futuro.

f.....

Julio Enrique Malla Godoy

*Es la hora de partir, la dura y fría hora que la noche sujeta a todo horario.*

*(Pablo Neruda)*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer en primer lugar a Dios por haberme hecho culminar una etapa más de mi vida.

A mis padres quienes siempre han sido mi apoyo, motor y fuerza en toda decisión y paso que doy.

A mis Directores de Titulación, Dra. Leticia Jiménez y M. Sc. Pablo Quichimbo por la gran oportunidad que me han brindado, el de trabajar junto a ellos en mi Trabajo de Titulación, aportando sus conocimientos y experiencias en mi formación académica como personal.

Y a mis compañeros de laboratorio que me han ayudado en la fase de campo y de laboratorio que ha requerido este trabajo.

.....  
Julio Enrique Malla Godoy

## ÍNDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	II
DECLARACIÓN DE AUDITORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS .....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	5
1.1    PINO .....	6
1.1.1    Generalidades .....	6
1.1.2    Taxonomía .....	6
1.1.3    Morfología .....	7
1.1.4    Pino en el Ecuador .....	7
1.1.5    Impactos negativos de la forestación con pinos.....	8
1.2    HOJARASCA.....	8
1.2.1    Generalidades.....	8
1.2.2    Hojarasca en masas forestales.....	9
1.3    CLIMA Y PRODUCCIÓN DE HOJARASCA .....	9
1.3.1    Precipitación.....	10
1.3.2    Temperatura.....	10
1.3.3    Viento.....	10
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
2.1    DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	12

2.1.1	<i>Ubicación del área de estudio</i> .....	12
2.1.2	<i>Extensión</i> .....	13
2.1.3	<i>Clima y ecología</i> .....	13
2.1.4	<i>Hidrografía</i> .....	13
2.1.5	<i>Geología</i> .....	13
2.2	DISEÑO EXPERIMENTAL .....	14
2.2.1	<i>Definición de variables</i> .....	14
2.2.2	<i>Muestreo</i> .....	14
2.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	15
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		17
3.1	ESTIMACIÓN DE HOJARASCA .....	18
3.2	RELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS Y LA HOJARASCA .....	21
CONCLUSIONES .....		26
RECOMENDACIONES.....		27
BIBLIOGRAFÍA.....		28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de la localización del área de estudio .....	12
<b>Figura 2.</b> Diseño para la instalación de trampas dentro de la parcela de monitoreo (diseño de muestreo sistemático) .....	15
<b>Figura 3.</b> Recolectores de hojarasca. <b>A)</b> Recolector de la metodología citada. <b>B)</b> Recolector de la metodología experimental en nuestro estudio. ....	19
<b>Figura 4.</b> Diferencias en la producción ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) de hojarasca según componentes (promedio mensual y desviación estándar) para el área de estudio.....	21
<b>Figura 5.</b> Series temporales (período Agosto, 2013 – Julio, 2014) de la hojarasca total y de las acículas con las variables meteorológicas: precipitación, temperatura y velocidad del viento (en azul las variables de la hojarasca y acículas y gris las variables meteorológicas) .....	23

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Producción de hojarasca y de sus componentes para el período Agosto, 2013 – Julio, 2014, en una plantación de pino en el sur del Ecuador.....	18
<b>Tabla 2.</b> Componentes Principales seleccionados explican aproximadamente el 76 % de la varianza entre las variables meteorológicas (precipitación, temperatura, viento).....	24
<b>Tabla 3.</b> Correlación entre las variables meteorológicas y de hojarasca (coeficiente de Spearman). Variables meteorológicas: precipitación (suma acumulada), temperatura (promedio mensual) y la velocidad del viento (promedio mensual; Variables de las fracciones de hojarasca ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$ )....	25

## RESUMEN

Esta investigación se la desarrolló con el objetivo de cuantificar la caída de hojarasca durante un año en una plantación de *Pinus patula* ubicada en el sector de Zamora Huayco, Loja, Ecuador y correlacionarla con factores climáticos. La hojarasca fue colectada quincenalmente durante un año (agosto, 2013 – julio, 2014) con un margen de error de  $\pm 24$  horas, en 16 trampas distribuidas aleatoriamente en la plantación. La prueba no paramétrica de *Kruskal-Wallis* (95%) se usó para detectar las diferencias estadísticas entre los componentes de la hojarasca (acículas, ramas, frutos, conos y otros). Para evaluar la relación de la producción de hojarasca y factores climáticos se hicieron análisis de correlación de *Spearman* y para determinar la variable meteorológica que más aportó en la producción se utilizó el análisis de componentes principales. Dando como resultado que las acículas fue el componente que más aportaron a la producción total y el viento como variable climática influyó de manera significativa en dicha producción. Los resultados indican que existe un bajo grado de asociación de los factores climáticos en la producción.

**Palabras claves:** Producción de hojarasca; pino; variables climáticas, correlación.

## ABSTRACT

This research is the development in order to quantify litterfall for a year in *Pinus patula* plantation located in the area of Zamora Huayco, Loja, Ecuador and correlate with climatic factors. Litter was collected every two weeks for one year (August 2013 - July 2014) with a margin of error of  $\pm 24$  hours, in 16 traps distributed randomly on the plantation. The nonparametric Kruskal-Wallis test (95%) was used to detect statistical differences between the components of the litter (needles, branches, fruits, cones and other). To evaluate the relationship of the litter production and climatic factors Spearman correlation analysis were made and to determine the weather variable that most contributed in producing the principal components analysis was used. Giving as a result that the needles was the component that most contributed to the total production and wind as varying climate influenced this production. The results indicate that there is a low degree of association of climatic factors in production.

**Key words:** Production litterfall; pine; weather variables, correlation.

## INTRODUCCIÓN

Según Nívar y Jurado (2009) definen al término hojarasca como “productividad foliar”, la que se deriva de la materia orgánica proveniente de los estratos aéreos de la vegetación, mismos que se depositan sobre el suelo, estos incluyen follaje, ramas frutos, inflorescencia, etc. A este término algunos autores lo han tomado con diferente enfoque, como por ejemplo en Inglaterra Proctor et al. (1983), lo denomina como “Litter-fall” al conjunto de material orgánico que es depositado por las plantas al piso vegetal, en Argentina Pérez et al. (2006) utilizan este término, “caída de mantillo” que se refiere a la caída de acículas, ramas < 1cm y misceláneas.

La producción de hojarasca es de suma importancia para los ecosistemas forestales, en especial en aquellos que dependen del reciclado de nutrientes que provienen de la descomposición de ésta (Bernhard et al., 2001). Entre los nutrientes más comunes que aporta la descomposición de la hojarasca son N, P, K y Ca siendo N el más abundante (González et al., 2008). También es importante la hojarasca en el funcionamiento de los ecosistemas ya que no solo ayudan al ciclaje de nutrientes (Isaac y Nair, 2006); sino que también sirve de hábitat y alimento para microorganismos que conforman una red trófica compleja (Smith y Smith, 2001).

Por otra parte, ciertos trabajos, demuestran que variables climáticas como la temperatura, precipitación y la velocidad del viento, influyen en la producción de hojarasca (Prause et al., 2003; Pavón et al., 2005), así mismo Zaldivar et al. (2004) y Roig et al. (2005) concluyen que ciertas características del suelo como la salinidad o la abundancia de ciertos minerales determinan dicha producción. Ciertas actividades antropogénicas, también influyen en la producción de hojarasca, ya sea de forma positiva (Mayor producción de hojarasca en sistemas silvopastoril) (Martínez, 2013), como negativa (baja producción de hojarasca en restauración forestal) (Rocha y Ramírez, 2009).

Al sur de Ecuador (Loja), no existe información alguna sobre la producción de hojarasca, ni que factores influyen en dicha producción, a pesar de la importancia que tiene esta especie forestal, por ser utilizada para la reforestación de zonas degradadas y para producción maderable (Medina et al., 2000).

El presente estudio tiene como objetivos, evaluar la influencia de variables climáticas sobre la producción de hojarasca y cuantificar la acumulación de la misma en fracciones (acículas, frutos, ramas, cortezas y otros), en una plantación de pino ubicada en el cantón Loja, sector Zamora Huayco.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Evaluar la influencia del clima en la producción de hojarasca en una plantación de pino en el cantón Loja, sur del Ecuador.

### **Objetivos Específicos**

- Estimar la producción de hojarasca en función de la materia seca relativa, en una plantación de pino.
- Evaluar la influencia de los factores climáticos (precipitación, temperatura y viento) en la producción de hojarasca bajo una plantación de pino en el área de estudio.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

## 1.1 Pino

### 1.1.1 Generalidades

Las coníferas son representadas como el grupo más dominante y conspicuo de gimnospermas (Foster y Gifford, 1974). *Pinus* es un género de plantas perteneciente a la familia de las Pinaceas, familia que está formada por más 100 especies (Farjon, 1984; Price et al., 1998; Farjon, 2001)

El género *Pinus* es la conífera más utilizada en los trópicos y subtrópicos. En la actualidad se encuentra en Centro y Sur América (Argentina, Brasil, Venezuela, Colombia y Ecuador), como también se ha extendido a Sudáfrica, al este de África, al oeste de África, Nueva Zelanda y Australia (Escobar, 1967; Wormald, 1975).

Su distribución comprende desde las regiones árticas, sub-árticas y templadas de Norteamérica, hasta el norte de África y regiones tropicales y subtropicales de América Central y Asia (Price et al., 1998). *Pinus* es el género de coníferas que posee mayor diversidad (Ledig, 1998; Price et al., 1998; Farjon, 2001).

### 1.1.2 Taxonomía

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Pinophyta
<b>Clase</b>	Pinopsida
<b>Orden</b>	Pinales
<b>Familia</b>	Pinaceae
<b>Género</b>	<i>Pinus</i>
<b>Subgénero</b>	<i>Pinus</i>
<b>Especie</b>	<i>P. patula</i>

Fuente: Copyright © 2015 Educación Helvética S. A.

### 1.1.3 Morfología

Los pinos son árboles perennifolios, con abundante ramificación. El tronco es recto y las ramas presentan cortezas escamosas. La distribución de las ramas no es uniforme, aunque en general son verticiladas. Las hojas de los pinos son aciculares (largas y estrechas) y presentan resina. Las flores son unisexuales y muy simples, formando los llamados conos o estróbilos. Los conos femeninos crecen en los extremos de las ramas superiores. Estas plantas desarrollan un buen sistema radical, pivotante y profundo (Ospina et al., 2011; MAGAP, 2012).

### 1.1.4 Pino en el Ecuador

Las especies de pino más cultivadas en el Ecuador son *Pinus patula* y *Pinus radiata*, el *P. patula* originario de México y el *P. radiata* de California (Ansaloni y Chacón, 2003). En el país el *P. patula* es la segunda especie mayor plantada en relación a la superficie de plantaciones existentes (Añazco, 1996).

En 1925, el pino fue introducido al país por el señor Luciano Andrade Marín y desde entonces el cultivo del mismo ha ido aumentando, de tal manera que después del eucalipto, el pino es la especie forestal más utilizada en la sierra ecuatoriana (MAGAP, 2012).

En 1952 se crea en el Ecuador el Servicio Forestal, que busca a través de la forestación, reducir los índices de pérdida del bosque. Entre 1970 y 1980 a través de la realización de proyectos forestales, el estado siembra miles de hectáreas de plantaciones forestales, con especies exóticas en el país. (Hofstede, 2000; Holmgren, 2003, citado por Granda, 2006).

Estas plantaciones forestales se realizan en serie, en su mayoría con especies de pino y eucalipto, ya que poseen algunas ventajas en su introducción en climas tropicales:

- Fácil adaptación a climas extremos, con alturas superiores a los 3000 msnm.
- Las tasas de rendimiento son superiores al ser introducidas en los Andes Ecuatoriales: los pinos y los eucaliptos tienen un crecimiento de hasta  $15 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ , en relación a otras especies que están aproximadamente por los  $10\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  (Granda, 2006).

### **1.1.5 Impactos negativos de la forestación con pinos**

Según estudios realizados por Hofstede (2000), afirma que las plantaciones de pinos en los páramos provocan graves impactos ambientales, como:

- La transformación del páramo, alterando su estructura y sus funciones, en especial su función hidrológica, disminuyendo su caudal hídrico.
- La degradación de los suelos, provocándolos más secos, menos orgánicos, más ácidos y más gruesos.
- Como también la disminución en la capacidad de retención de agua y la producción de agua en los suelos de estas plantaciones.
- Y la disminución de la diversidad vegetal, en especial las plantas epífitas.

## **1.2 Hojarasca**

### **1.2.1 Generalidades**

La hojarasca o "Litter-fall" es el conjunto de los residuos orgánicos de las plantas que caen al suelo, como hojas, ramas, frutos e inflorescencias y misceláneas (Proctor et al., 1983; González et al., 2008), éstas, al caer al suelo forma un estrato orgánico conocido como mantillo, el cual cubre el suelo y lo protege de los cambios bruscos de temperatura y de humedad (Schlatter et al., 2003; Schlatter et al., 2006).

La hojarasca es la principal fuente de nutrientes del suelo (Vitousek y Sanford, 1986; Landsberg y Gower, 1997) el cual representa el 80 % del total de nutrientes retornados al suelo (Santa Regina et al., 2001). La producción de la hojarasca tiene una importante relación con la formación del suelo y su fertilidad (Rai y Proctor, 1986).

La producción y descomposición de la hojarasca son procesos primordiales en el ciclaje de nutrientes, ya que representa la principal transferencia de materia orgánica y nutrientes en relación planta – suelo (Isaac y Nair, 2006).

La gran mayoría de los nutrientes que absorben los bosques anualmente, provienen de la reincorporación de la hojarasca al suelo, este ciclaje de nutrientes representa una fuente principal de elementos disponibles (Del Valle-Arango, 2003).

La producción de hojarasca es un componente fundamental de la productividad primaria neta del suelo (Prause et al., 2003).

### 1.2.2 Hojarasca en masas forestales

A la hojarasca se la considera como una medida de la producción primaria neta del ecosistema, que está estrechamente relacionada con el incremento de la biomasa, la densidad de árboles y la apertura del dosel; sin embargo, es afectada por variables ambientales como la precipitación, temperatura, elevación, fertilidad de los suelos y la evapotranspiración potencial (Oelbermann y Gordon, 2000).

La producción de hojarasca varía en términos de calidad y cantidad entre ecosistemas forestales. Para la mayoría de los procesos funcionales del suelo que están dentro de los ecosistemas forestales, es de gran importancia la calidad de la materia orgánica del suelo (Santa Regina et al., 2005).

La producción de hojarasca es importante para entender el ciclaje de nutrientes, los flujos de carbono y la perturbación ecológica. La acumulación o la reducción de hojarasca en algunos ecosistemas forestales pueden causar cambios en las frecuencias de perturbaciones de incendios forestales (Edmonds et al., 2000).

A la hojarasca se la determina como un bio-indicador de los bosques (Pedersen y Hansen, 1999).

### 1.3 Clima y producción de hojarasca

La producción de hojarasca está regulada principalmente por procesos biológicos y climáticos (temperatura, precipitación y viento) e intervenciones antropogénicas, aunque también por la topografía, las condiciones edáficas, la especie vegetal, la edad y la densidad del bosque (Hernández et al., 1992; Prause et al., 2003; Zaldivar et al., 2004; Pavon et al., 2005; Roig et al., 2005).

La hojarasca que produzca un bosque dependerá de la diversidad de la especie de la planta en lo que se refiere a cantidad y a la composición basada en su estructura (Indriyanto, 2009).

La producción de hojarasca también dependerá del periodo del año. Aceñolaza et al. (2009) en sus estudios reportan que el 40 % del aporte anual en bosques caducifolios y semicaducifolios ocurre durante primavera y verano. Pérez et al. (2009), Nívar-Cháidez y Jurado (2009) y Gutiérrez et al. (2012) reportan producción bimodal, mayor en verano, de la caída de acículas de *Pinus cembroides*. Según García et al. (1995), Belmonte et al. (1998) y Navarro et al. (2013), en *Pinus halepensis* la producción mayor

de hojas ocurre en verano, y la caída interanual de hojarasca en ecosistemas tropicales es similar (Tanner, 1980, citado por López et al., 2013).

### **1.3.1 Precipitación**

Se ha evidenciado en estudios recientes que la precipitación ejerce una influencia directa en la deposición de hojarasca (Caldato et al., 2010), debido al efecto físico-mecánico de las gotas de lluvia sobre los árboles (Huber y Oyarzun, 1983, citado por Gutiérrez et al., 2012).

### **1.3.2 Temperatura**

En México se llevó a cabo un estudio en un rodal de *Pinus cembroides* Zucc, para determinar la relación que existe entre las variables climáticas y la producción de hojarasca. Se concluyó, que en los meses de mayo a julio se presentaron altas temperaturas mayores a los 23 °C y vientos mayores a 11 km h<sup>-1</sup>, meses en los cuales se evidenció una mayor deposición de hojarasca (Reyes et al., 2013).

En bosques lluviosos, los patrones de caída de hojarasca son de hasta dos veces más en periodos secos que en húmedos (Tanner, 1980, citado por Reyes et al., 2013).

### **1.3.3 Viento**

Huber y Oyarzún (1983), en un estudio realizado en un bosque de pino, para determinar la producción de hojarasca y su relación con factores meteorológicos, determinó, que los valores máximos de producción de la hojarasca se dio principalmente durante el mes de mayo, época en el cual se produjeron mayores temporales de viento.

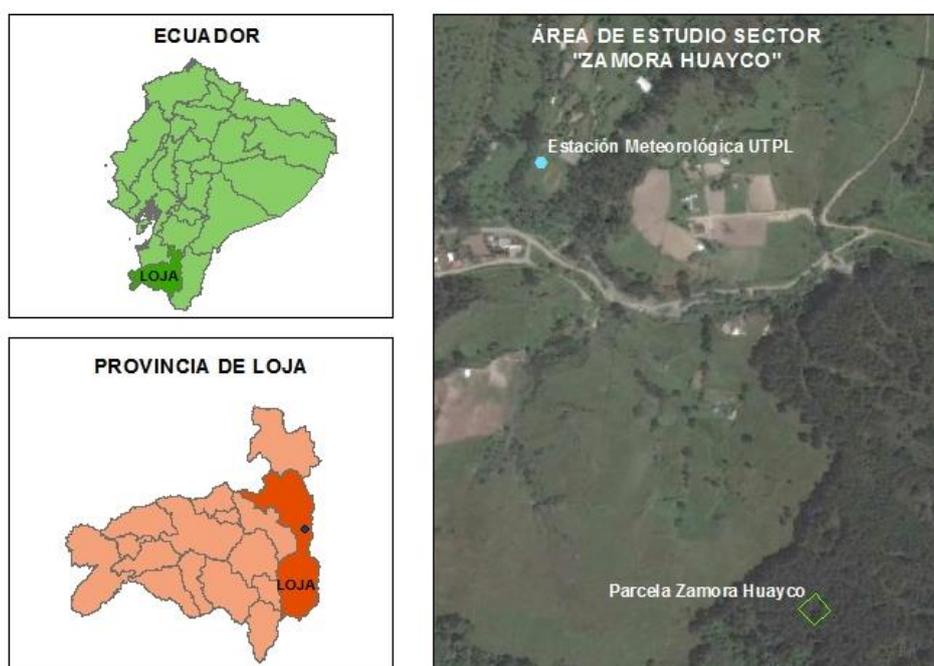
## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

## 2.1 Descripción del área de estudio

### 2.1.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio está ubicado en la sub-cuenca Zamora Huayco (Figura 1), que está dentro de la división política de la hoya de Loja o valle de Cuxibamba, perteneciente a la parroquia de “San Sebastián”, cantón Loja y provincia de Loja (Ochoa et al., 2015)

**Figura 1.** Mapa de la localización del área de estudio



Fuente: El autor

Ochoa et al. (2015), determinan que la sub-cuenca de Zamora Huayco está localizada dentro de las siguientes coordenadas:

- Latitud Sur: 3° 59' 24.1" - 4° 3' 48.1"
- Longitud Oeste: 79° 11' 1.8" - 79° 9' 3.8"

Y geográficamente colinda con las siguientes microcuencas hidrográficas:

- Norte / microcuenca San Cayetano
- Sur / microcuenca Namanda
- Este / ramal de la Cordillera Oriental de los Andes
- Oeste / río Malacatos en la hoya de Loja.

### **2.1.2 Extensión**

La sub-cuenca Zamora Huayco posee una superficie de 37.3 km<sup>2</sup> y un perímetro de 24.87 km; con una pendiente del 16 % y con altitudes que van desde los 2120 msnm hasta los 3420 msnm (Ochoa et al., 2015).

### **2.1.3 Clima y ecología**

Según Cañadas (1983), el clima de la sub-cuenca Zamora Huayco, está dentro de la región lluviosa templada, y según los datos de GEOLOJA, 2007, esta zona se caracteriza por presentar una temperatura media de 16 °C, y un promedio de lluvia anual de 900 mm (900 litros por metro cuadrado), además indica que llueve más en el período de enero - abril con un 49 %, con 15 % de lluvia en marzo; en cambio los periodos con menos intensidad de lluvia va desde los meses de junio - septiembre con un 22 %, siendo septiembre el mes más seco con 4.6 % de lluvia. El periodo con menor temperatura media es de junio a septiembre y julio como mes más frío (Ochoa et al., 2015).

Baquero et al. (2004), determina que las zonas de vida que están dentro del área de estudio son: Bosque Siempreverde Montano Bajo (Bsvmb); Bosque de Neblina Montano (Bnm), Bosque Siempreverde Montano Alto (Bsvma), Páramo Arbustivo (Pa).

### **2.1.4 Hidrografía**

La sub-cuenca Zamora Huayco está conformada por las quebradas, El Carmen y San Simón, que forman un solo río a los 2200 m de altura y aguas abajo se unen a la quebrada Mendieta, estas tres quebradas representan más del 55 % del recurso hídrico de consumo de la población de Loja, y aguas más abajo se incorpora la quebrada Minas (UMAPAL, 2007). La quebrada el Carmen es el caudal que mayor aporta como recurso hídrico para el consumo (Benavides y Solano, 2005). El río de Zamora Huayco está conformado de estas cuatro quebradas, mismas que dependen de las variaciones climáticas (UMAPAL, 1998).

### **2.1.5 Geología**

La sub-cuenca de Zamora Huayco pertenece a la formación geológica San Cayetano, Quillollaco y Chinguinda (Mioceno). Estructurada como una cuenca

sedimentaria, con basamento de roca metamórfica, de orden Entisol, Dirección General de Geología y Minas (1985), (Citado por Ochoa-Cueva et al., 2008).

## **2.2 Diseño experimental**

### **2.2.1 Definición de variables**

Las variables consideradas corresponden a atributos del clima (variables meteorológicas; independientes) y a un atributo forestal (variable forestal; dependiente), (Huber y Oyarzún, 1983; Gutiérrez et al., 2012; López et al., 2013; Reyes et al., 2013).

Las variables meteorológicas son:

Precipitación ( $\text{mm mes}^{-1}$ )

Temperatura, promedio mensual ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Viento: Velocidad promedio mensual ( $\text{m s}^{-1}$ ).

Las variables forestales corresponden a la producción de hojarasca medida valorada en base a la materia seca ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$ ).

### **2.2.2 Muestreo**

Los datos corresponden a series temporales tanto para las variables meteorológicas como para la variable forestal. La duración de la serie temporal es de 12 meses, monitoreados a partir de agosto, 2013 – julio, 2014.

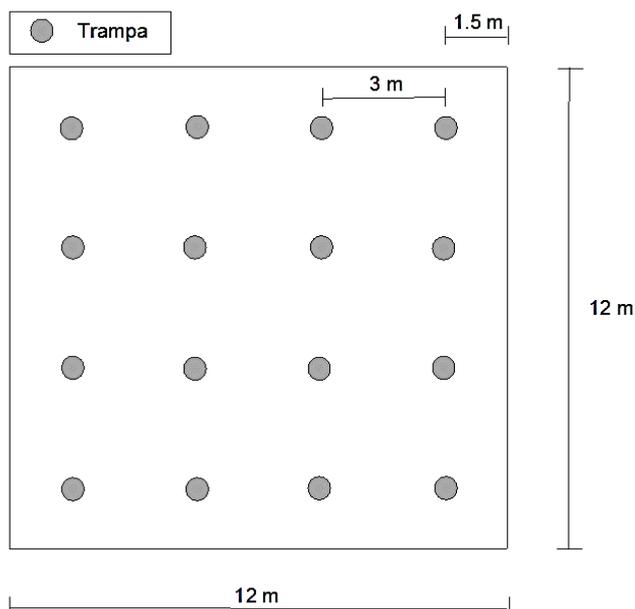
Las variables meteorológicas provienen de los registros de la estación meteorológica (Davis Instruments Corp.) de propiedad de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), instalada en esa fecha en la Estación Agroecológica de la Universidad, sector Zamora Huayco ubicada aproximadamente a 200 m del área de estudio. Los registros corresponden a datos tomados cada cinco minutos.

Cabe mencionar que en los datos climáticos proporcionados por la estación meteorológica de la Estación Agroecológica - UTPL, existieron campos vacíos por lo que se llevó a cabo el remplazo de estos por el promedio de los 15 datos diarios que estaban antes y después de los datos vacíos.

La variable forestal de la producción de hojarasca proviene de registros tomados de una parcela de experimentación y monitoreo, instalada a inicios del año 2013. La parcela está a una altitud de 2280 msnm, y posee una pendiente de 45°; tienen un área de 144 m<sup>2</sup> (12 m x 12 m) y dentro de la misma se instalaron trampas para la captura de la hojarasca, las mismas que tienen una superficie de captación de 0.09 m<sup>2</sup> (30 x 30 cm). En la parcela se instalaron 16 trampas dispuestas en un arreglo sistemático (Figura 2)

La frecuencia para el muestreo fue de 15 días, con un margen de error en la recolección +/- 24 horas. Las muestras colectadas fueron ingresadas al laboratorio de Suelos del Departamento de Ciencias Agropecuarias y de Alimentos para su respectivo tratamiento (determinación de la materia seca). El tratamiento en laboratorio consistió en el pesado de las muestras a humedad de campo. El secado de las muestras fue a 40 °C (Estufa Memmert UFE600), por 48 horas o hasta alcanzar peso constante. Luego del secado, las muestras fueron pesadas y separadas en sus diferentes componentes: hojas, frutos, ramas, corteza y otros.

**Figura 2.** Diseño para la instalación de trampas dentro de la parcela de monitoreo (diseño de muestreo sistemático)



Fuente: El autor

### 2.3 Análisis estadístico

Los datos de las variables meteorológicas y forestales (hojarasca y componentes) fueron analizados por mes. Los datos de la biomasa de la hojarasca fueron contabilizados en

base a peso seco  $\text{kg ha}^{-1}$  y por mes (Berg y Laskowski, 2005). Los datos meteorológicos y forestales fueron descritos por valores de tendencia central (medias y/o medianas) y medidas de dispersión (desviación estándar o desviación absoluta de la mediana). Comparaciones estadísticas entre los diferentes componentes de la hojarasca fueron analizadas con la prueba de *Kruskal-Wallis* ( $P < 0.05$ ) para comparaciones múltiples y para determinar diferencias significativas entre cada uno de ellos se aplicó un análisis Post-hoc de *Benjamini & Hochberg* ( $P < 0.05$ ). Las relaciones entre las variables meteorológicas y la forestal (hojarasca y componentes) fueron analizadas por medio de análisis de correlación de *Spearman*. Para saber cuál es la variable meteorológica que más aporta a la producción de la hojarasca se desarrolló un análisis de componentes principales. Todos los análisis fueron desarrollados mediante el software R-CRAN (R Development Core Team, 2015).

### **CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### 3.1 Estimación de hojarasca

En la Tabla 1, se muestra la producción mensual de hojarasca y sus componentes. La producción de hojarasca anual (período agosto, 2013 – julio, 2014) para el área de estudio fue de 11909.3 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, siendo ésta superior a otras investigaciones; como por ejemplo: en plantaciones de *P. pinceana* y *P. pseudostrobus* se obtuvieron producciones anuales de 2850 y 4120 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> respectivamente (Navar y Jurado, 2009), así mismo Roig et al. (2005) determinan una producción para *P. pinaster* de 1520 a 5700 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Huber y Oyarzún. (1983), reportan una producción de 3914.5 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para un bosque de *P. radiata*, como también Reyes et al. (2013), reportan 858.35 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en *P. cembroides*. López et al. (2013), estimaron que en poblaciones de *P. halepensis* Mill y *P. cembroides*, la producción anual fue 2697.41 y 922.75 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> respectivamente. Ramírez et al. (2007) y Zapata et al. (2007) reportan una producción promedio anual de 8362.47 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para una plantación de *P. patula*. En bosques de *P. silvestris*, Albrektson (1988) registra 1605 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, para la misma especie. Pausas (1997) registró 3491 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, Nájera y Hernández (2009) obtuvieron 4000 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en *P. cooperi* y González et al. (2008) encontraron 4407 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para *P. pseudostrobus*.

**Tabla 1.** Producción de hojarasca y de sus componentes para el período Agosto, 2013 – Julio, 2014, en una plantación de pino en el sur del Ecuador.

Mes	Producción de hojarasca (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )					
	Total	Acículas	Frutos	Ramas	Corteza	Otros
Agosto	639.8	472.4	72.5	67.8	20.3	6.8
Septiembre	1138.0	700.3	125.0	271.3	32.9	8.5
Octubre	848.4	591.2	96.5	112.4	21.9	26.3
Noviembre	1024.1	491.1	160.4	162.5	26.7	183.5
Diciembre	886.2	719.0	86.2	36.3	43.3	1.4
Enero	616.4	538.3	43.8	21.6	8.8	3.9
Febrero	590.1	470.5	102.3	10.3	3.5	3.4
Marzo	533.8	410.2	114.1	4.1	3.8	1.6
Abril	1369.5	1204.7	82.2	58.7	21.3	2.6
Mayo	1561.0	913.3	378.8	67.3	26.4	11.8
Junio	1135.6	769.9	143.9	177.0	26.9	17.9
Julio	1566.4	1268.0	165.1	81.6	24.1	27.6
<b>Sumatoria</b>	<b>11909.3</b>	<b>8549.1</b>	<b>1570.6</b>	<b>1071.0</b>	<b>260.0</b>	<b>295.2</b>
<b>Promedio</b>	<b>992.4</b>	<b>712.4</b>	<b>130.9</b>	<b>89.3</b>	<b>21.7</b>	<b>24.6</b>
<b>Des. Est.</b>	<b>370.2</b>	<b>285.5</b>	<b>86.0</b>	<b>79.5</b>	<b>11.6</b>	<b>50.9</b>

Fuente: El autor

La producción de hojarasca podría estar influenciada por la capacidad de la productividad del sitio, o de las especies como lo indican Domínguez et al. (2001); Navar y Jurado (2009), o a la densidad del arbolado Gutiérrez et al. (2012). Pérez et al. (2006) reportaron la producción de hojarasca para *P. taeda* L. de hasta 15930 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, siendo esta producción superior a la de nuestro estudio.

La tasa de producción mensual y anual de hojarasca en nuestro estudio, probablemente se deba al material que se utilizó para la recolección de la hojarasca, ya que algunas metodologías descritas por Leigh y Windsor (1990), Hernández y Murcia (1995), Arenas (1995) y Prause et al. (2003), describen que los recolectores de la hojarasca fueron elaborados a partir de tubos de PVC y angeo, con un área de cobertura de 1 x 0.5 m e instalados a 1 m sobre el suelo (Figura 3A). En nuestro caso, de acuerdo al material disponible, se lo realizó en fuentes de plástico de un diámetro de 30 cm, agujereado en la parte inferior de la fuente para evitar el encharcamiento del agua, e instaladas sobre la superficie del suelo (Figura 3B). Esto provocó en algunos casos, que en las fechas establecidas de recolección, el material a recolectar ya se encontraba en proceso de descomposición o descompuesto.

**Figura 3.** Recolectores de hojarasca. **A)** Recolector de la metodología citada. **B)** Recolector de la metodología experimental en nuestro estudio.



Fuente: El autor

Se evidenciaron diferencias estadísticas entre los diferentes componentes de la hojarasca (*Kruskal-Wallis*,  $P < 0.05$ ), siendo el mayor aporte el de las acículas, que representa aproximadamente el 72 % del aporte total y frutos, ramas, cortezas y otros con el 13.2; 8.9; 2.2 y 2.5 % respectivamente, de aporte al total de la producción (Figura 4). El porcentaje de las acículas como el componente que más aportó a la hojarasca total es superado por otros estudios reportados por Nájera y Hernández (2009) en bosques de *P. cooperi* y *P. leiophylla* con 74 %, Vázquez et al. (2012) con 80.1 % en *P. greggii*, en plantaciones de *P. rigitaeda* y

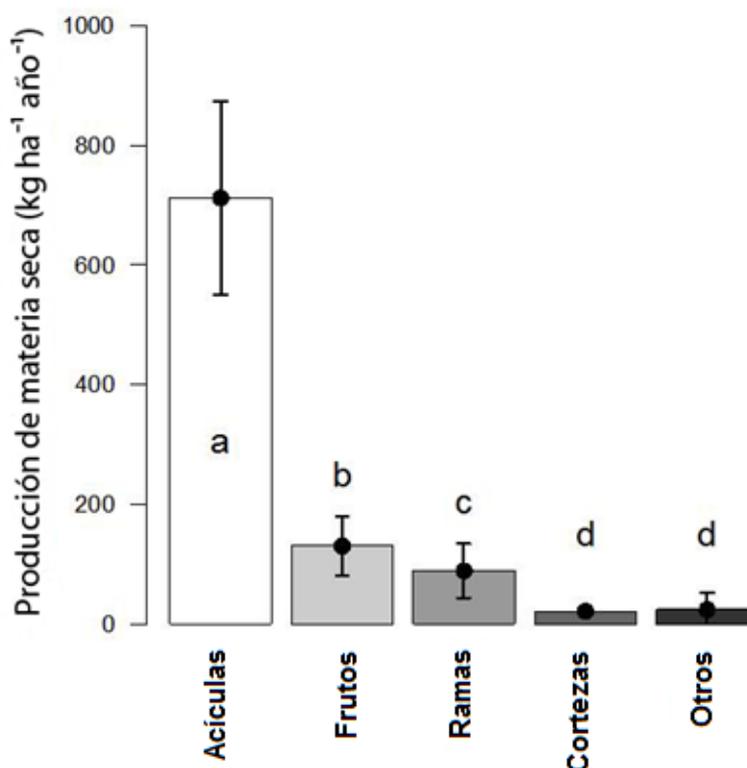
*P. densiflora* con el 73.1 y 70.8 % (Jeong et al., 2009), aproximadamente el 83 % en *P. radiata* Huber y Oyarzún, (1983), y un 75 % en *P. oocarpa* reportado por Rocha y Ramírez (2009). Nuestros resultados al igual que los de Meentemeyer et al. (1982) concuerdan que el 70% de la producción total de hojarasca es de acículas.

Esto nos indica que independientemente del tipo de bosque que sea, la mayor aportación a la hojarasca total va a ser el de las hojas (Vargas y Varela, 2007). Cabe mencionar que las diferencias porcentuales entre los componentes de los estudios ya mencionados dependerán del número de elementos que los autores han considerado en la agrupación.

El porcentaje de la producción de frutos, con respecto al aporte total de la producción es mayor al del componente ramas, resultados que contrasta con el de otras investigaciones en donde siempre la producción de ramas es mayor al de frutos (Veneklaas, 1991; Arenas, 1995; Sundarapandian y Swamy, 1999; Cruz, 2001; Rodríguez, 2002; Nájera y Hernández, 2009). Esto se debe probablemente a que en nuestra área de estudio, el tamaño y el peso de los frutos, es mayor al de otros bosques o plantaciones, pero para verificar esto se sugiere un estudio del tamaño y peso de los frutos de una plantación o bosque en comparación (misma especie o diferente), con nuestra área de estudio.

Las acículas se las consideró como el componente principal, que más aportó a la producción total, por el cual todo el análisis del estudio se lo realizó en base a éste. Sin embargo, cabe mencionar que la producción de los demás componentes (frutos, ramas, cortezas y otros) no presentó un curso anual, debido a que la correlación con las variables meteorológicas no fueron significativas.

**Figura 4.** Diferencias en la producción ( $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ ) de hojarasca según componentes (promedio mensual y desviación estándar) para el área de estudio.



Fuente: El autor

En relación a la producción de hojarasca con el tiempo (período de estudio), se evidenciaron diferencias estadísticas entre los meses bajo estudio (*Kruskal-Wallis*,  $P < 0.05$ ). El mes de mayor producción total de hojarasca y de acículas fue el mes de Julio con 1566.4 y 1268.0  $\text{kg ha}^{-1}$ , esta producción corresponde aproximadamente el 13.2 % y 14.8 % de la producción anual de la hojarasca y acículas respectivamente. Similarmente Reyes et al. (2013) reportaron que en los meses de mayo a julio hubo una mayor deposición de hojas en altas temperaturas ( $>23 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y fuertes vientos ( $>11 \text{ km h}^{-1}$ ) en rodales de *Pinus* en Coahuila, México que posee una similitud dentro de las características ambientales para nuestra área de estudio.

### 3.2 Relación entre las variables meteorológicas y la hojarasca

En el área de estudio para el período de agosto, 2013 - julio, 2014, la precipitación anual fue de 939.3 mm, el mes de mayor precipitación fue marzo con 154.2 mm, mes en donde hubo menor producción con 533,8 y 410,2  $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  de producción de hojarasca y acículas respectivamente, lo que corresponde aproximadamente el 4.5 % y 4.8 % de la producción anual, esta menor producción en periodos lluviosos concuerda con Tanner (1980) que

determina que en bosques lluviosos la deposición de hojarasca es dos veces mayor en periodos secos que húmedos, y el mes que obtuvo una menor precipitación fue noviembre con 28.2 mm. Al contrario Jeong et al. (2009) y Caldato et al. (2010) concuerdan que la precipitación ejerce una influencia en la producción de hojarasca debido al efecto físico-mecánico que las gotas de la lluvia ejercen sobre las plantas (Huber y Oyarzún, 1983).

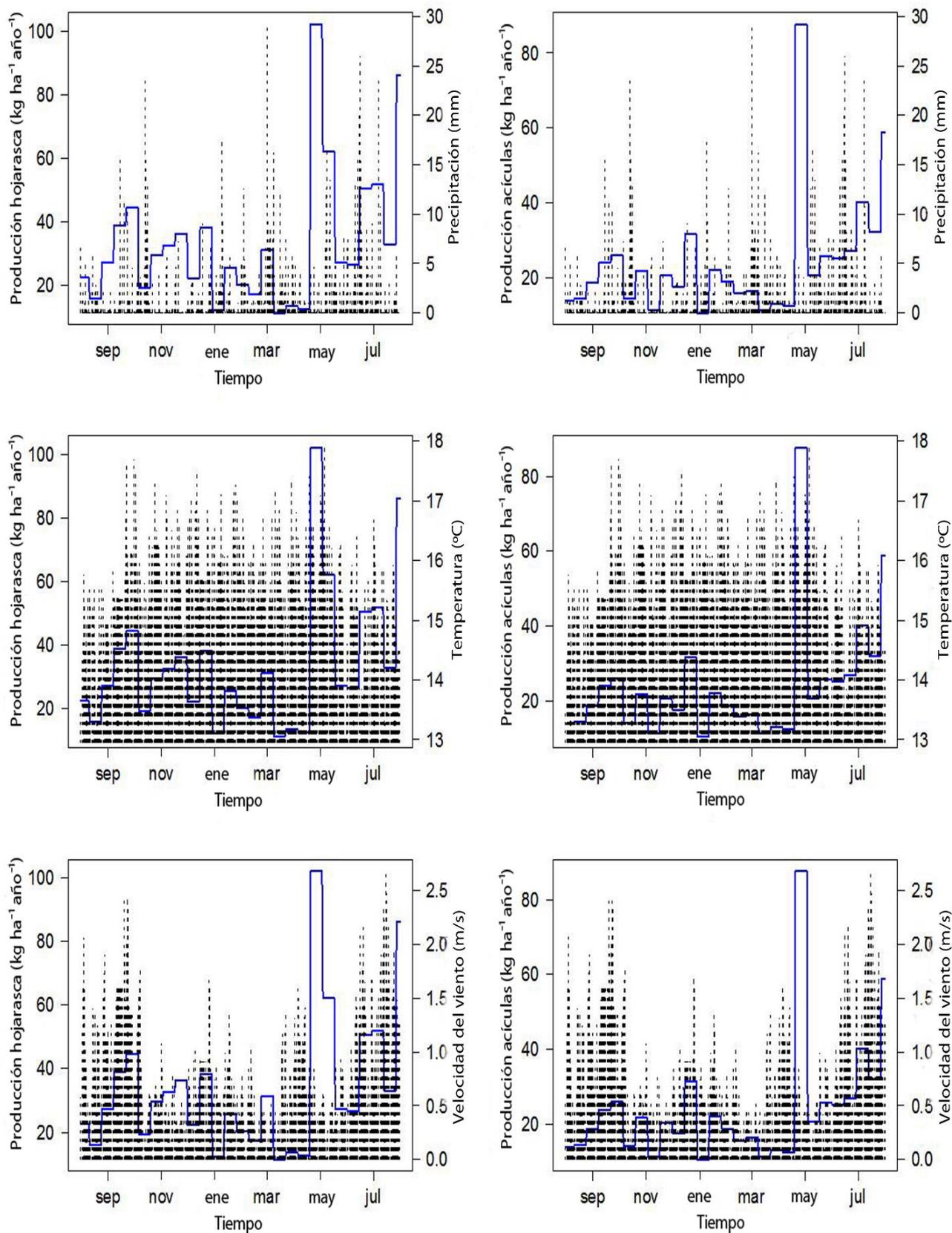
La temperatura promedio anual fue de 15.5 °C, siendo diciembre y enero los meses más calurosos con una temperatura promedio de 16 °C y el mes más frío el de Agosto con 14.8 °C aproximadamente. Meses en los cuales no se evidenció una producción significativa para la hojarasca y sus componentes. Sin embargo Huber y Oyarzún (1983) concuerdan que en el periodo en donde hubo una mayor temperatura y menor humedad, registran valores máximos en la deposición de semillas. Roig et al. (2005), Pérez et al. (2009) y Reyes et al. (2013) reportan una mayor producción de hojarasca en verano (mayor temperatura) que en invierno.

La velocidad promedio anual del viento fue de 0.8 m s<sup>-1</sup>, con una velocidad máxima promedio anual de 5 m s<sup>-1</sup>; el mes de Julio mostró las mayores velocidades promedio del viento y además las mayores velocidades máximas promedio del viento para el período bajo estudio (1.5 m s<sup>-1</sup> y 5.8 m s<sup>-1</sup> respectivamente), mes en el cual se evidenció una mayor producción ya antes mencionada. Reyes et al. (2013) determinaron que en los periodos en donde se evidenció un mayor aumento de temperatura y mayor velocidad del viento, registraron una mayor producción. Así mismo lo confirman Huber y Oyarzún (1983) y Gutiérrez et al. (2012) en donde registran una mayor producción de hojarasca en periodos en donde hubo mayores velocidades máximas del viento. Cabe mencionar que en algunos estudios la variable climática de precipitación presentó una mayor relación con la producción de hojarasca, pero esto se debía a que en aquellos lugares en donde se realizaron estos estudios la precipitación estaba acompañado de fuertes vientos (Sanches et al. 2003; Mosquera et al., 2007; Zapata et al., 2007; López et al., 2013).

El análisis que se realizó con las variables climáticas no tiene un tiempo de desfase de acuerdo a los procesos fisiológicos de la planta, sino que, se lo analizó de acuerdo a la acción directa o física que ejerce el clima sobre la producción.

En la (Figura 5) se muestran las series temporales (agosto, 2013 – julio, 2014) del total de la producción de la hojarasca y la de su mayor contribuyente, el componente acículas (datos quincenales) junto con las variables meteorológicas (datos diarios). Estas series resultaron ser no estacionarias (KSPP test,  $P < 0.05$ ).

**Figura 5.** Series temporales (período Agosto, 2013 – Julio, 2014) de la hojarasca total y de las acículas con las variables meteorológicas: precipitación, temperatura y velocidad del viento (en azul las variables de la hojarasca y acículas y gris las variables meteorológicas)



Fuente: El autor

La variabilidad de los factores meteorológicos, está dada por los dos primeros componentes seleccionados por un valor de los “eigenvalues” superiores a 1, según el criterio de Kaiser (Jolliffe, 2002). Los componentes seleccionados explican aproximadamente el 76 % de la variabilidad presente. El componente 1 está altamente correlacionado con la temperatura y se puede ver reflejado por la alta contribución a la varianza de este componente, mientras que el componente 2 está altamente relacionado con el viento y la precipitación; sin embargo, considerando la varianza total aportada por los dos componentes, se puede notar que el viento y la precipitación son sus mayores contribuyentes (Tabla 2). Resultado que concuerda con Gutiérrez et al. (2012) en donde evidenciaron una correlación positiva en los análisis de componentes principales entre la hojarasca y la presencia de vientos moderados.

**Tabla 2.** Componentes Principales seleccionados explican aproximadamente el 76 % de la varianza entre las variables meteorológicas (precipitación, temperatura, viento)

	Componente		Total
	1	2	
<b>Varianza explicada (%)</b>	<b>42.17</b>	<b>33.68</b>	<b>75.85</b>
<i>Precipitación</i>	11.23	15.50	26.72
<i>Temperatura</i>	21.49	0.00	21.49
<i>Viento</i>	9.45	18.18	27.63

**Fuente:** El autor

Para explicar la relación entre ellas, el coeficiente de correlación de Spearman fue utilizado para datos mensuales y en donde se pudo observar, que la más alta correlación entre las variables meteorológicas con las de la hojarasca correspondió a la del viento, seguido por la temperatura (Tabla 3). La relación entre las fracciones de la hojarasca, con las meteorológicas resultó ser variable, así para su mayor fracción que corresponde a las hojas, ésta muestra una alta correlación con el viento.

El análisis de correlación de Spearman, no demuestra un alto grado de correlación entre las variables meteorológicas y las de la hojarasca, tal como lo menciona López et al. (2013), en donde la correlación de la caída de hojarasca de *P. cembroides*, con las variables climáticas fue baja, sin embargo se puede observar, que la velocidad del viento muestra la correlación más alta para la hojarasca total y su principal componente (acículas).

**Tabla 3.** Correlación entre las variables meteorológicas y de hojarasca (coeficiente de Spearman). Variables meteorológicas: precipitación (suma acumulada), temperatura (promedio mensual) y la velocidad del viento (promedio mensual); Variables de las fracciones de hojarasca ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mes}^{-1}$ ).

	<b>Viento (Valor p)</b>	<b>Precipitación (Valor p)</b>	<b>Temperatura (Valor p)</b>
<b>Acículas</b>	*0.576 (0.050)	0.168 (0.604)	-0.053 (0.871)
<b>Frutos</b>	-0.007 (0.983)	0.385 (0.218)	-0.525 (0.080)
<b>Ramas</b>	0.513 (0.088)	0.007 (0.991)	*-0.613 (0.034)
<b>Cortezas</b>	0.439 (0.153)	-0.021 (0.956)	-0.197 (0.539)
<b>Otros</b>	0.141 (0.663)	0.105(0.750)	*-0.592 (0.043)
<b>Hojarasca Total</b>	0.510 (0.091)	-0035 (0.921)	-0.310 (0.327)

\*Valores que son aceptables estadísticamente

**Fuente:** El autor

La correlación que existe entre el componente acículas y la variable viento es estadísticamente aceptable ( $p < 0.05$ ), a diferencia del total de hojarasca con la variable viento ( $p < 0.09$ ), esta diferencia de aceptabilidad estadística, se debe a que los demás componentes, no son estadísticamente aceptable, los cuales influyen negativamente en la aceptabilidad estadística del total de hojarasca.

En nuestro estudio, los factores climáticos supieron explicar un bajo grado de relación con la productividad, tal como lo menciona Lambers et al. (1998). Sin embargo la productividad de los bosques pueden ser explicado por interacciones más complejas como la fenología vegetativa y reproductiva de cada especie, en donde la producción puede ser alta o baja en ciertos periodos de tiempo (Álvarez y Guevara, 1985), también puede influir la edad de los árboles y la altitud del sitio de estudio (Dames et al., 1998). Por otra parte, factores edáficos pueden inhibir en la productividad, como en suelos pobres o saturados en donde impiden que las raíces respiren, en procesos bioquímicos en donde el sistema radicular adquiera una mayor concentración de carbono para su crecimiento, en vez de la parte aérea de la planta (Bruijnzeel y Veneklaas, 1998) y factores biológicos, como el índice del área foliar bajo, debido a la baja disponibilidad de luz solar, y a la estructura y longevidad de las hojas (Hamilton, 1995; Bruijnzeel y Veneklaas, 1998; Purves et al. 1998 y Vitousek, 1998).

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos en la deposición de la hojarasca en la plantación de pino de nuestro estudio, se puede concluir que, el componente acículas fue el que mayor aportó a la hojarasca total, seguido por el componente frutos, y el componente que menor aporte tuvo fue el de corteza. Así mismo, el mes en donde se obtuvo una mayor producción de hojarasca total y del componente acículas, fue julio y el mes de menor aporte fue marzo.
- La mayor producción de hojarasca (acículas) se registró en la época en donde se evidenció mayores velocidades promedio y velocidades máximas del viento, que corresponde al mes de julio. Esto indicó que la variable de velocidad del viento, tiene una mayor influencia en la producción de hojarasca.
- Una producción significativa de la hojarasca y de sus componentes, se evidenció con la variable de temperatura, y la variable de precipitación presentó una menor influencia en la producción de la hojarasca y sus componentes.

## **RECOMENDACIONES**

El tiempo que se desarrolló la investigación se determinaron datos relevantes, sin embargo podría ser mínimo un análisis bianual para poder comparar y determinar los resultados obtenidos, de esta forma se podría determinar con más precisión qué variables influirían en la producción total de hojarasca.

El presente trabajo se lo desarrolló en una plantación de pino de una sola especie, obteniendo resultados muy significantes, sin embargo se podría desarrollar una futura investigación, en plantaciones de la misma especie que posean diferentes condiciones ambientales, edad de la plantación, etc., o en plantaciones de distintas especies, ya que esto nos ayudaría a puntualizar sobre los diferentes factores que influyen en la producción de hojarasca.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza P., Zamboni P., y Gallardo L. (2009). Aporte de hojarasca en bosques del predelta del río Paraná (Argentina). *Bosque* 30(3): 135-145.
- Albrektson A. (1988). Needle litterfall in stands of *Pinus sylvestris* L. in Sweden in relation to site quality, stand age and latitude. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 3, 333–342.
- Álvarez J., y Guevara S. (1985). Caída de hojarasca en la selva. En: *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. II. Gómez- Pompa, A. y del Amo, S. (eds.). Primera edición. México, D.F., México. Editorial Alhambra Mexicana, SA. de CV. 171-189.
- Ansaloni R., y Chacón G., (2003). Interacción suelo, vegetación y agua: el efecto de las plantaciones de pino en ecosistemas alto andinos del Azuay y Cañar. *Revista Universidad Verdad de la Universidad del Azuay*. Cuenca, Ecuador.
- Añazco R., M.J. (1996). *El aliso*. Quito: Proyecto de desarrollo forestal campesino en los Andes del Ecuador. 166 pp.
- Arenas H. (1995). Dinámica de la hojarasca en un bosque nativo altoandino y un bosque de eucaliptos en la región de Monserrate, Colombia. En: *Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino de la cordillera Oriental de Colombia*. Mora-Osejo, L. y Sturm, H. (eds.), tomo II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 6, Bogotá, Colombia. 457-484.
- Baquero F., Sierra R., Ordóñez L., Tipán M., Espinosa L., Rivera M., y Soria P., (2004). La Vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras. EcoCiencia/CESLA/Corporación EcoPar/MAG SIGAGRO/CDC – Jatun Sacha/ División Geográfica – IGM. Quito
- Belmonte S., F., A. Romero D., y F. López B. (1998). Producción de hojarasca en especies de matorral mediterráneo y su relación con algunos factores ambientales. *Nimbus* 1-2: 5-16.
- Benavides J., y Solano, C. (2005). Evaluación del Impacto Ambiental de los Planes de Forestación y Reforestación Ejecutados en la Cuenca Zamora Huayco del Cantón Loja. Tesis de Ingeniería en Gestión Ambiental. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja – Ecuador.
- Berg B., y Laskowski R. (2005). Litter decomposition: a guide to Carbon and nutrient turnover. Elsevier Academic Press.

- Bernhard R., Loumeto J., y Laclau J. (2001) Litterfall, litter quality and decomposition changes with Eucalypt hybrids and plantation age: In: Effect of Exotic Tree Plantations on Plant Diversity and Biological Soil Fertility in the Congo Savanna: With Special Reference to Eucalypts. Bernhard-Reversat F (ed) Center for International Forestry Research. Bogor, Indonesia: 23-29.
- Bruijnzeel L., y Veneklaas E. (1998). Climatic conditions and tropical montane forest productivity: the fog has not lifted yet. *Ecology* 79 (1): 3-9.
- Caldato S., Floss P., y Serafini F. (2010) Producción y descomposición de hojarasca en la selva ombrófila mixta en el sur de Brasil. *Bosques* 31:3-8.
- Cañadas Cruz, L., (1983). El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional de Regionalización (PRONAREG). Quito-Ecuador.
- Cruz G. (2001). Comparación de la caída de hojarasca entre fragmentos y áreas de bosque continuo alto andino en la región suroccidental de la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia, 98 pp.
- Dames J., Scholes M., y Straker C. (1998) Litter production and accumulation in *Pinus patula* plantations of the Mpumalanga Province, South Africa. *Plant Soil* 203:183-190.
- 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.
- Domínguez C.P.A., Návar Ch.J.J., y Loera O.J.A. (2001). Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales en Nuevo León. *Madera y Bosques* 7:27-35.
- Edmonds R. L, Agee J. K. y Gara R. I., (2000). *Forest Health and protection*. McGraw-Hill Series in Forestry.
- ESCOBAR S., R.A. (1967). Aspectos biológicos del *Pinus patula*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 42 p.
- Farjon A. (1984). *Pines: Drawings and Descriptions of the Genus Pinus*. E. J. Brill and W. Backhuys, Leiden.
- Farjon A. (2001). *World Checklist and Bibliography of Conifers*, 2da. Ed. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Foster A., y Gifford E. (1974). *Comparative Morphology of Vascular Plants*. W.H. Freeman, San Francisco, 751 pp.
- García-Plé C., Vanrell P., y Morey M. (1995). Litter fall and decomposition in a *Pinus halepensis* forest on Mallorca. *J. Veg. Sci.* 6(1): 17-22.

- GEOLOJA. (2007). Perspectivas del medio ambiente urbano. Publicado por PNUMA, Municipalidad de Loja y Naturaleza y Cultura Internacional. Loja (Ecuador). 191 p.
- González R., Cantú I., Ramírez R., Gómez M., Domínguez T., Bravo J., y Maiti R., (2008). Spatial and seasonal litterfall deposition pattern in the Tamaulipan thornscrub, Northeastern Mexico. *Intern. J. Agric. Environ. Biotechnol.* 1:177-181.
- Gutiérrez Vázquez M., Méndez González J., Flores López C., Ramírez Díaz J., y Gutiérrez Vázquez B. (2012). Caída de hojarasca en plantaciones de *Pinus greggii* engelm. y *Pinus cembroides* zucc., en Coahuila, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(2) 123-133.
- Granda P. (2006). Monocultivos de árboles en el Ecuador. Quito: Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales.
- Hamilton L. (1995). *Mountain cloud forest conservation and research: a synopsis*. *Mountain Research and Development* 15 (3): 259-266.
- Hernández I.; Santa Regina I. y Gallardo J. (1992). Dinámica de la Descomposición de la Hojarasca Forestal en Bosques de la Cuenca del Duero (Provincia de Zamora): Modelización de la Pérdida de Peso. En: *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 6: 339 – 355.
- Hernández M. y Murcia M. (1995). Estimación de la producción primaria de *Espeletia grandiflora* H&B y *Pinus patula* Schul & Cham en el páramo “El Granizo” Cundinamarca, Colombia. En: Mora-O, L. y STURN, H (eds.). *Estudios Ecológicos del Páramo y del Bosque Altoandino Cordillera Oriental d Colombia*. Tomo II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras N° 6 Santa Fé de Bogotá. Colombia.
- Hofstede R. (2000). Aspectos técnicos ambientales de la forestación en los páramos. En: Medina G., C. Josse y P. Mena (Eds.). *La forestación en los páramos*. Serie Páramo 6. GTP/Abya Yala. Quito.
- Huber A., y Oyarzún C. (1983). Producción de hojarasca y sus relaciones con factores meteorológicos en un bosque de *Pinus radiata*. *Bosque*, 5(1), 1-11.
- Indriyanto. (2009). Produksi Seresah Pada Komunitas Hutan Yang Dikelola Petani Dalam Register 19 Provinsi Lampung. *Prosiding Penelitian-penelitian Agroforestri di Indonesia*. INAFE Punlisher, Tahun Lampung, pp: 75-83.
- Isaac S.R., y Nair M.A. (2006). “Litter dynamics of six multipurpose trees in a homegarden in Southern Kerala, India”. *Journal of Agroforestry System*, 67: 203-213.
- Jeong J., Kim C., Hyun-Chul A., Hyun-Seo C., y Gap-Chul C. (2009). A comparison of litterfall dynamics in three coniferous plantations of identical age under similar site conditions. *J. Ecol. Field Biol.* 32:97-102.

- Jolliffe I. (2002). *Principal Component Analysis*. Second edi. Springer (Springer Series in Statistics).
- Lambers H., Chapin III F., y Pons T. (1998). *Plant physiological ecology*. Springer-Verlag. New York, USA, 540 pp.
- Landsberg J., y Gower S., (1997) *Applications of Physiological Ecology to Forest Management*. Academic Press. Nueva York, NY, EEUU. 345 pp.
- Ledig F. (1998). Genetic variation in *Pinus*. pp. 251-280 en: Richardson, D. M. (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Leigh J. y Windsor D. (1990). Producción del bosque y regulación de consumidores primarios de la isla de barro colorado. Pg. 179-190. En: E. G. LEIGH, A. STANLEY & WINDSOR, (eds.). *Ecología de un Bosque Tropical; Ciclos Estacionales y Cambios a Largo Plazo*. Smithsonian Tropical Research Institute. Balboa. República de Panamá.
- López-López J., Damián Méndez González, Jorge, Nájera-Luna J., Abe, Cerano-Paredes, Julián Flores Flores, David J., y Nájera-Castro Armando. (2013). Producción de hojarasca en *Pinus halepensis* Mill. Y *Pinus cembroides* Zucc. y su relación con algunos factores climáticos. *Agrociencia*, 47(5), 497-510.
- 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 en ciencias agropecuarias). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín, Colombia.
- Medina G., Josse C., y Mena P. (Eds). 2000. La forestación en los páramos. Serie Páramo 6. GTP/Abya Ayala. Quito.
- Meentemeyer V., Box E., y Thompson R. (1982). *World Patterns and amounts of terrestrial plant litter production*. *BioScience* 32 (2): 125-128.
- Mosquera H., Ramos Y., y Bonilla D. (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 D.L.C. N° 26*, p. 28-41
- Nájera L., y Hernández H. (2009). Acumulación de biomasa aérea en un bosque coetáneo de la región de El Salto, Durango. *Ra Ximhai*, 5(2), 225–230.
- Návar-Cháidez J, y Jurado E. (2009). Productividad foliar y radicular en ecosistemas forestales del Noreste de México. *Rev. Ciencia For. Méx.* 34 (106): 89-106.
- Navarro F., Romero A., Del Castillo T., Foronda M., Jiménez N., Ripoll M., Sánchez A., Huntsinger L., y Fernández E. (2013). Effects of thinning on litterfall were found

- after years in a *Pinus halepensis* afforestation area at tree and stand levels. *For. Ecol. Man.* 289: 354-362.
- Ochoa P., Martínez F., y Maza C. (2008). Riesgo de degradación de suelos con diferente uso en la subcuenca del río Zamora Huayco, Loja – Ecuador. In: XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Loja, EC. p. 12 p.
  - Ochoa-Cueva P., Fries, A., Montesinos P., Rodríguez-Díaz J., y Bol J. (2015). Spatial Estimation of Soil Erosion Risk by Land-cover Change in the Andes OF Southern Ecuador. *Land Degradation and Development*, 26 (6), 565-573.
  - Oelbermann M. y Gordon A.M., (2000). “Quantity and quality of autumnal litterfall into a rehabilitated agricultural stream”. *Journal of Environmental Quality*, 29: 603-610.
  - Ospina C., Hernández R., Rincón E., Sanchez F., Urrego J., Rodas C., Ramírez C., Cardona, R., y Riaño, N., (2011). El Pino Patula. Guías silvoculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana. Editorial Blanccolor S.A.S. Manizales.
  - Pavón N., Briones O., y Flores J., (2005). Litterfall production and nitrogen content in an intertropical semi-arid Mexican scrub. *J. Arid Environ.* 60:1-13.
  - Pausas J. (1997). Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees. *Journal of Vegetation Science*, 8, 643–650.
  - Pedersen L., y Hansen J., (1999). A comparison of litterfall and element fluxes in even aged Norway spruce, sitka spruce and beech stands in Denmark. *Forest Ecol. Manag.* 114: 55–70.
  - Pérez C., Goya J., Bianchini F., Frangi J., y Fernández R. (2006) Productividad aérea y ciclo de nutrientes en plantaciones de *Pinus taeda* L. en el norte de la provincia de misiones, Argentina. *Interciencia* 31:794-801.
  - Pérez-Suárez M., Arredondo-Moreno J., Huber-Sannwald E., y Vargas-Hernández J. (2009). Production and quality of senesced and green litterfall in a pine–oak forest in central-northwest Mexico. *For. Ecol. Man.* 258(7): 1307-1315.
  - Prause J., Arce De Caram G., y Angeloni P. (2003). Variación mensual en el aporte de hojas de cuatro especies forestales nativas del parque Chaqueno húmedo (Argentina). *Quebracho, Rev. Ciencias For.* 10:39-45.
  - Price R., Liston A., y Strauss S. (1998). Phylogeny and systematics of *Pinus*. pp. 49-68 en: Richardson, D. M. (ed.), *Ecology and Biogeography of Pinus*. Cambridge Univ. Press Cambridge.
  - Proctor J., Anderson J., Fogden S., y Vallack H., (1983). Ecological studies in four contrasting lowland rainforests in Gunung Mulu National Park, Sarawak. 11. Litter fall, litter standing crop and preliminary observation on herbivory. *J. Ecol.* 71:261-283.

- Purves W., Orians G., Heller H., y Sadava D. (1998). *Life: the science of biology*. Fifth edition. Sinauer Associates, Inc. WH. Freeman and Company. Massachusetts, USA. 1243 pp.
- R Development Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing.
- Rai SN, Proctor J (1986) Ecological studies on four rainforests in Karnataka, India. II. Litterfall. *J. Ecol.* 74: 455-463.
- Ramírez-Correa, Zapata-Duque, León-Peláez y González-Hernández. (2007). Caída de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques montanos andinos de Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Interciencia*, 303-311.
- Reyes-Carrera S., Méndez-González J., Nájera-Luna J. y Cerano-Paredes J. (2013). Producción de hojarasca en un rodal de pinus cembroides zucc. En arteaga, coahuila, méxico y su relación con las variables climáticas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(1) 147-155. doi:10.5154/r.rchscfa.2012.01.006
- Rocha G. y Ramírez N. (2009). Producción y descomposición de hojarasca en diferentes condiciones sucesionales del bosque de Pino-Encino en Chiapas, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, núm. 84, junio, 2009, pp. 1-12.
- Rodríguez I. (2002). Comparación de la producción de hojarasca entre áreas continuas y fragmentos de bosque andino y su relación con la escorrentía foliar, el porcentaje de cobertura vegetal y el índice de área foliar. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 117 pp.
- Roig S., Del Río M., Cañellas I., y Montero G., (2005). Litterfall in Mediterranean *Pinus pinaster* Ait. stands under different thinning regimes. *For. Ecol. Manage.* 206:179-190.
- Sanches M., Prieto D., PeraL F., Tamburi C., Caseri R., y Berazain R. (2003). Producción De Hojarasca En Un Bosque Semideciduo Estacional En Sao Pedro. Potirendaba. Estado De Sao Paulo, Brasil. *Revista Del Jardín Botánico Nacional*. 24 (1-2): Pp. 173 – 176.
- Santa Regina I., Leonardi S., y Rapp M. (2001). Foliar nutrient dynamics and nutrient-use efficiency in *Castanea sativa* coppice stands of southern Europe. *Forestry* 74: 1-10.
- Santa-Regina J., Salazar S., Leonardi S. y Rapp, M., (2005). “Nutrient pools to the soil through organic matter in several *Castanea sativa* Mill. Coppices of Mountainous mediterranean climate areas”. *Acta Horticulturae*, 693: 341-348.

- Schalatter J., Grez R., y Gerding V. (2003). Manual para el reconocimiento de suelos. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 1148 p.
- Schalatter J., Gerding V., y Calderón S. (2006). Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de *Eucalyptus nitens*. Chile, Revista Bosque 27(2): 115-125.
- Smith R., y Smith T. (2001). Ecología. Cuarta edición. Madrid, España. Pearson Educación, S.A. 642 pp.
- Sundarapandian S., y Swamy P. (1999). *Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India*. Forest Ecology and Management 123: 231-244.
- Tanner E. (1980). Litterfall in montane rain forest of Jamaica and its relation to climate. J. Ecol. 68: 833-848.
- UMAPAL (Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja). 1998 Proyecto de manejo, Conservación y Protección de la Micro cuenca Zamora Huayco. Ilustre Municipio de Loja.
- UMAPAL (Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja). (2007). Resumen de Emisión de Agua Potable para la ciudad de Loja.
- Vargas-Parra L., y Varela A. (2007). Producción de hojarasca de un bosque de niebla en la reserva natural la planada (Nariño, Colombia). *Universitas Scientiarum*, 12() 35-49.
- Veneklaas E. (1991). Litterfall and nutrients fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. *Journal of Tropical Ecology* 7: 319-336.
- Vitousek P., y Sanford R. (1986). Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annu. Rev. Ecol. Systemat.* 17: 137-167.
- Vitousek P. (1998). The structure and functioning of montane tropical forests: control by climate, soils and disturbance. Special Feature. *Ecology* 79 (1): 1-2.
- Wormald T. (1975). *Pinus patula*. Oxford: Unit of tropical silviculture. (Tropical forestry papers No. 7).
- Zaldívar J., Herrera S., Coronado M., y Alonzo P. (2004). Estructura y productividad de los manglares en la reserva de la biosfera Ria Celestun, Yucatán, México. *Madera y Bosques* 2:25- 35.
- Zapata C., Ramírez J., León J., y González M. (2007). Producción de hojarasca fina en bosques alto andinos de Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía -Medellín*, 3771-3784.

## ONLINE

- *Honduras Silvestre* [en línea]. Honduras: Educación Helvética S.A., Base de Datos, Honduras Silvestre, Versión 3.0, div. Animalia & Plantae, 1/8/2012. [Consulta: 5/1/2015]
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. MAGAP. (2012). Subdirección de Producción Forestal. Ficha técnica No. 11 Pino. Ecuador Forestal. Ecuador. [www.ecuadorforestal.org/download/contenido/pino.pdf](http://www.ecuadorforestal.org/download/contenido/pino.pdf). [Consulta: 05-01-2015]