

Revista Cubana de
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 9, número 3; 2021

Artículo original

Acumulación de hojarasca y liberación de nutrientes al suelo en rodales de *Pinus tropicalis* Morelet

Leaf litter accumulation and release of nutrients to the soil in *Pinus tropicalis* Morelet stands

Acumulação de lixo e libertação de nutrientes para o solo em povoamentos de *Pinus tropicalis* Morelet

Darien Miranda Pérez^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-3601-2228>

Katiuska Ravelo Pimentel¹  <https://orcid.org/0000-0001-7622-6602>

Pedro Alejandro Vigil García¹  <https://orcid.org/0000-0002-0923-5450>

Maryory Solana Díaz López¹  <https://orcid.org/0000-0002-9811-0499>

¹Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca". Pinar del Río, Cuba.

*Autor para la correspondencia: darien961103@gmail.com

Recibido: 10/07/2021.

Aprobado: 17/11/2021

RESUMEN

La investigación se realizó en la Unidad Silvícola Sumidero, perteneciente a la Empresa Agroforestal Minas, como el objetivo de evaluar el aporte de la hojarasca al suelo en rodales de *Pinus tropicalis* Morelet. La colecta de hojarasca se ejecutó en dos sitios: rodal 1 con calidad de sitio I, rodal 4 con calidad II; para se colocaron trampas-colectoras rectangulares (1X0.5 m) por rodal, en plantaciones de *P. tropicalis*, con edades entre 15 y 24 años. Se obtuvieron muestras de suelo con y sin hojarasca, en las cuales se terminaron los contenidos de nutrientes (fósforo, potasio, magnesio, calcio) y materia orgánica. Los resultados arrojaron diferencias significativas entre suelos con y sin hojarasca, más acentuadas en el fósforo y la materia orgánica, con incrementos



superiores a 4,9 % y 3,9 % como consecuencia de la acumulación de hojarasca; mientras que, el mayor aporte de nutrientes y materia orgánica se produce en la superficie del suelo y disminuye, apreciablemente en los suelos extraídos de las calicatas hechas en los rodales, manteniendo las diferencias entre estas en los contenidos de fósforo y materia orgánica.

Palabras clave: Biomasa; Materia orgánica; Nutrientes.

ABSTRACT

The research was carried out in the Sumidero Silvicultural Unit, belonging to Empresa Agroforestal Minas, with the objective of evaluating the contribution of leaf litter to the soil in stands of *Pinus tropicalis* Morelet. The collection of leaf litter was carried out in two sites: stand 1 with site quality I, stand 4 with site quality II; rectangular trapscollectors (1X0.5 m) were placed in each stand, in plantations of *P. tropicalis*, with ages between 15 and 24 years. Soil samples were obtained with and without leaf litter, in which the contents of nutrients (phosphorus, potassium, magnesium, calcium) and organic matter were determined. The results showed significant differences between soils with and without leaf litter, more accentuated in phosphorus and organic matter, with increases higher than 4.9 % and 3.9 % as a consequence of the accumulation of leaf litter; whereas, the highest contribution of nutrients and organic matter is produced in the surface of the soil and decreases, appreciably in the soils extracted from the soil pits made in the stands, maintaining the differences between these in the contents of phosphorus and organic matter.

Keywords: Biomass; Organic material; Nutrients.

RESUMO

A investigação foi realizada na Unidade Silvicultural Sumidero, pertencente à Empresa Agroflorestal Minas, com o objectivo de avaliar a contribuição do lixo foliar para o solo em povoamentos de *Pinus tropicalis* Morelet. A recolha de lixo foliar foi realizada em dois locais: o stand 1 com qualidade de local I, o stand 4 com qualidade de local II; foram colocados coletores de armadilhas retangulares (1X0,5 m) em cada stand, em plantações de *P. tropicalis*, com idades compreendidas entre os 15 e 24 anos. Foram obtidas amostras de solo com e sem folhagens, nas quais foram determinados os teores de nutrientes (fósforo, potássio, magnésio, cálcio) e matéria orgânica. Os resultados mostraram diferenças significativas entre os solos com e sem ninhada, mais acentuadas no fósforo e na matéria orgânica, com aumentos superiores a 4,9 % e 3,9 % como consequência da acumulação de ninhada; enquanto que, a maior contribuição de nutrientes e matéria orgânica ocorre à superfície do solo e diminui, sensivelmente, nos solos extraídos das calicatas feitas nos povoamentos, mantendo as diferenças entre estes nos teores de fósforo e de matéria orgânica.

Palavras-chave: Biomassa; Matéria orgânica; Nutrientes.



INTRODUCCIÓN

La modificación provocada por el hombre en los ecosistemas alcanza tasas desconocidas en los últimos años, con un impacto directo en la biodiversidad, los flujos de energía, la producción y distribución de bienes y servicios, en algunos de manera positiva y en otros negativamente (Augustine *et al.*, 2018).

En los suelos forestales se depositan diferentes materiales, provenientes de distintos estratos de la vegetación, como las hojas, ramas, inflorescencias, cuyo conjunto se denomina hojarasca; de ello, la hoja es la fracción más importante en estos ecosistemas (Barreto *et al.*, 2018). La producción y velocidad de descomposición de los residuos orgánicos aportados por el dosel del bosque condicionan el espesor de la hojarasca acumulada sobre el suelo. En los ecosistemas forestales, la descomposición de la hojarasca es la principal vía de entrada de los nutrientes al suelo y uno de los puntos clave del reciclado de materia orgánica y nutrientes (Molina *et al.*, 2018).

La tasa de descomposición de los restos vegetales depende de factores ambientales como: temperatura, precipitaciones y de las diferentes especies forestal o vegetal (Moreno Valdez *et al.*, 2018). Por lo tanto, el efecto de la descomposición sobre la calidad de un suelo implica determinar los valores de indicadores físicos, químicos y biológicos que permitan su diferenciación según el tipo de suelo, cobertura vegetal, clima, época de muestreo y uso.

Según Kuruvilla *et al.*, (2016), la investigación sobre la descomposición de la hojarasca es útil para determinar la cantidad de nutrientes que pasan de sul-reservorio al suelo mineral y cómo influyen en la fertilidad de este.

La gran variedad de ecosistemas tropicales que se desarrollan sobre condiciones edafoclimáticas diferentes, plantea la necesidad de aplicar tecnologías de aprovechamiento acorde con las características propias de cada formación vegetal, donde el comportamiento de la hojarasca es un indicador a tener en cuenta, por su importancia en la estabilidad y funcionamiento de los ecosistemas, en el reciclaje de nutrientes y la mejora de las condiciones del suelo. Por todo lo antes expuesto esta investigación pretende evaluar el aporte de la hojarasca al suelo en rodales de *Pinus tropicalis* Morelet.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidad de estudio

La Unidad silvícola Sumidero, perteneciente a la Empresa Agroforestal Minas, cuenta con un patrimonio forestal de 29 696 ha, esta se encuentra en el municipio Minas de Matahambre en la provincia de Pinar del Río, limita al Norte con la Finca Ezequiel Candelaria, Sur con la Empresa Agroforestal Minas, al Este con Arroyo Sumidero y Oeste con el Caserío Canta Rana.

Se encuentra enclavada en un valle intramontañoso de suelos fértiles, lo que hace que la agricultura sea su base económica fundamental, conjuntamente con la actividad forestal. Debido a la extensión del territorio, su patrimonio presenta gran variabilidad de relieve. En el último año la temperatura promedio anual de la zona fue de 24,38°C,



julio fue el mes más cálido, con 28,60°C y enero el más frío, con 20,6°C. Las temperaturas máximas alcanzaron 33,48°C en agosto y las mínimas bajan hasta 14,24°C en enero. La suma promedio de la precipitación anual es de 1 331,18 mm, con el mayor valor en junio (235,88 mm) y el menor en febrero, (solo 27,48 mm). La lluvia caída durante la estación lluviosa (mayo-octubre) representa como promedio el 79,80 % del volumen total anual. Datos obtenidos de la estación meteorológica e hidrológica de Santa Lucía, Minas de Matahambre, Pinar del Río.

Sitio de estudio

El estudio se realizó entre enero de 2020 y enero de 2021. Se seleccionaron dos rodales de de *Pinus tropicalis* Morelet con edades con edades comprendidas entre 15 y 24 años y teniendo en cuenta la calidad del sitio, estos fueron: Rodal 1, con calidad de sitio I; Rodal 4, con calidad de sitio II. El rodal uno estuvo sometido a una mayor intervención silvícola; mientras que el Rodal 4 no estuvo sujeto a manejo forestal. En cada Rodal, se establecieron tres parcelas de 30 x 30 m para la colección de la hojarasca.

Trabajo de campo

Colecta de la hojarasca

Para estimar la cantidad de hojarasca que ingresa al sistema, fueron colocadas al azar trampas rectangulares de 1 X 0,5 m. Se situaron cuatro réplicas (trampas) por rodal, las trampas se colocaron desde el 1 de enero de 2020 hasta el 30 de enero de 2021, el material interceptado se colectó cada 30 días (González *et al.*, 2011).

Las muestras recolectadas en campo fueron puestas en bolsas de plástico debidamente etiquetas y, posteriormente, trasladadas al laboratorio de química de la Universidad de Pinar del Río para su procesamiento. Una vez en el laboratorio se separadas en sus componentes (ramas, acículas, hojas de otras plantas, flores y frutos). Estas fracciones se secaron en una estufa de aire forzado *Yamato Scientific America Inc.* DNE910 a 70 °C hasta llegar a un peso constante (Krishna y Mohan, 2017). La masa seca se determinó en una balanza analítica KERN ABJ-NM de 0,1 mg de precisión. Los resultados obtenidos se expresaron en gramos por metro cuadrado.

Extracción de muestras de suelo

Se planteó un muestreo estratificado aleatorio con extracción muestras de suelo en diferentes puntos distribuidos en zigzags (Martín y Cabrera, 1987) sobre la superficie del rodal, obteniéndose cinco muestras representativas en cada uno para las dos condiciones de suelo (con hojarasca y sin hojarasca) y profundidades de muestreo (0-10, 11-20 cm y 21-30 cm) en las cuales se determinaron características agroquímicas: P, K, Ca, Mg y MO.

Técnicas analíticas empleadas en el análisis de suelo

Humedad

El cálculo de la humedad se realizó por la metodología descrita por Paneque (2010). Donde los resultados del análisis se expresan en base a la muestra seca en estufa y el contenido del porcentaje de humedad de la muestra seca al aire se determina antes de realizar el análisis del mismo (Ecuación 1).



$$\text{Humedad (\%)} = \frac{C-A}{B-A} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

A = Peso constante del crisol o pesafiltro a 105°C.

B = Peso del crisol + muestra seca al aire.

C = Peso del crisol + muestra seca a 100°C.

Factor para corregir los resultados analíticos en (fch) se calcula por:

Factor de corrección de la humedad (Ecuación 2).

$$Fch = \frac{100 + \% \text{ humedad}}{100} \quad (2)$$

Materia orgánica y cenizas

Equipos y utensilios

- Balanza analítica de 0,1 mg de precisión.
- Mufla.
- Crisoles de porcelana de 25 cm³.
- Desecadora.
- Matraz aforado de 100 mL
- Probetas de 10 y 100 mL.
- Pipeta de 10 mL.
- Frasco lavador con agua destilada

Procedimiento

- Pesar 2g del material seco al aire en crisoles de 25 cm³, previamente tarados a 550°C.
- Llevar a la mufla, elevando la temperatura paulatinamente (de 50 en 50°C) para evitar pérdida en la combustión. Alcanzada la temperatura de 550°C, mantener el crisol en la mufla durante tres horas.
- Apagar la mufla y cuando la temperatura en la misma sea inferior a 100 °C, extraer el crisol y si se han formado sustancias carbonizadas de difícil combustión, déjese enfriar el crisol y humedezca el contenido con 6 u 8 gotas de ácido nítrico concentrado y/o la misma cantidad de peróxido de hidrógeno (H₂O₂).



- Evaporar en mechero y bajo campana la solución añadida hasta desecación e incinerar de nuevo hasta 550°C, colocarlo en la desecadora durante 30 minutos.
- Pesar en balanza analítica con precisión de 0,1 mg.
- Humedecer las cenizas con agua destilada y disolverlas con 5 mL de ácido clorhídrico 1+1 (repartidas en dos adiciones de 2.5 mL) y pesar cuantitativamente a matraz aforado de 100 mL. Enrasar con agua destilada, agitar y dejar en reposo durante 18 horas (solución A).
- Tomar 10 mL de la solución A y llevar a matraz aforado de 100 mL. Enrasar con agua destilada y agitar (solución B).

Calcular el % de cenizas, y por vía indirecta el de materia orgánica por (Ecuación 3).

$$\text{Cenizas (\% (abs. seca))} = \frac{(B - A)}{M} * 100 * fch \quad (3)$$

Donde:

A = Peso constante del crisol a 550°C.

B = Peso constante del crisol + ceniza.

M = Peso de muestra seca al aire.

Fch = Factor de corrección de la humedad.

Calcular % M.O por (Ecuación 4).

$$\text{Materia Orgánica (\% (abs. seca))} = 100 - \% \text{ cenizas} \quad (4)$$

Fósforo total

Equipos y utensilios

- Balanza analítica 0,1 mg precisión.
- Balanza técnica 0.01 g de precisión.
- Espectrofotocolorímetro con longitud de onda de 410 nm.
- Fotocolorímetro con filtro azul.
- Matraces aforados de 50 mL.
- Matraces aforados de 1000 mL.
- Erlenmeyer de 100 mL.
- Pipetas aforadas con bulbo central de 10 mL.
- Buretas de 25 ó 50 mL.



- Beaker de 400 mL.

Procedimiento

- Tomar una alícuota de 5 10 mL de la muestra mineralizada (solución B) colocar en matraz aforado de 50 mL o erlenmeyer de 100 mL.
- Añadir 25 mL de solución colorante y enrasar con agua destilada (si se trabaja en matraz aforado) ó 20 ó 15 mL de agua destilada (en dependencia de la alícuota tomada) para completar a 50 mL, el volumen final del erlenmeyer. Agitar y dejar en reposo durante 15 minutos para lograr el máximo desarrollo del color.
- Leer el espectrofotocolorímetro a 410 nm de longitud de onda o en fotocolorímetro con filtro azul.

Calcular el % de P total por (Ecuación 5).

$$\text{Fosforo (\%)} (\text{abs.seca}) = \frac{\text{mgP}}{1(\text{gráfico})} * \frac{100}{M} * \frac{100}{10} * \frac{50}{a} * fch * 10^{-4} \quad (5)$$

Donde:

M = Peso de muestra seca al aire llevada a incineración en g.

100/10 = Factor de dilución de la solución

B. a = mL de la alícuota para la

colorimetría. 50 = Volumen final de la

colorimetría Fch = Factor de corrección de

la humedad 10^{-4} = Factor para llevar a %.

Potasio total

Equipos y utensilios

- Balanza analítica 0,1 mg precisión.
- Fotómetro de llama.
- Matraz aforado de 1000 mL
- Matraces aforados de 250 mL
- Bureta de 50 mL.
- Frasco lavador con agua destilada
- Estufa.

Procedimiento

- Tomar una porción de la muestra mineralizada (solución B) y leer en el fotómetro de llama.



- Determinar la concentración de K en el gráfico de calibración.

Calcular el % de K total por (Ecuación 6).

$$\text{Potasio (\%)} (\text{abs.seca}) = \text{mgK/1(gráfico)} * \frac{100}{M} * \frac{100}{10} * fch * 10^{-4} \quad (6)$$

Donde:

M = Peso de muestra seca al aire llevada a incineración en g.

100/10 = Factor de dilución de la solución B. F.

ch = Factor de corrección de la humedad. 10-

4 = Factor para llevar a %.

Calcio y magnesio total

Equipos y utensilios

- Balanza analítica 0,1 mg precisión.
- Estufa termo-regulable.
- Pipetas aforadas de 3, 5, 10,20 y 25 mL.
- Matraz aforado de 1000 mL
- Beaker de 100 mL.
- Erlenmeyer de 200 mL
- Bureta graduada de 25 mL.
- Mortero y mano de porcelana de 100 cm3.
- Espátula.

Procedimiento

Calcio

- Pipetear una alícuota de 20 mL de la muestra incinerada (solución B) y colocar en erlenmeyer de 200 mL.
- Diluir con agua destilada hasta aproximadamente 100 mL.
- Añadir 3 mL de solución de citrato de sodio 1 N y 10 mL de una solución de KOH al 10 % (para llevar a pH 12, 3-12, 5).
- Agregar una pizca de indicador Murexida con la punta de una espátula y valorar con solución 0,02 N de EDTA en presencia de un testigo hasta cambio de color de rosa a lila.



Calcular el % de Ca total por (Ecuación 7).

$$\text{Calcio (\%)} (\text{abs.seca}) = a * N * 0.02 * \frac{100}{M} * \frac{100}{10} * \frac{100}{b} * fch \quad (7)$$

Donde: a = Volumen de EDTA consumidos en la valoración en mL N = Concentración molar en equivalente del EDTA.

0,02 = Peso del me de Ca expresado en g.

M = Peso de muestra seca al aire llevada a incineración en g.

100/10 = Factor de dilución de la solución B.

100 = Para expresar en %.

B = mL de la solución B tomados para valorar. Fch

= Factor de corrección de la humedad.

Magnesio

- A la solución ya valorada de calcio se le añaden 10 mL de ácido clorhídrico 3 N con lo que se produce un cambio de la solución a incolora.
- Añadir 5 mL de hidróxido de amonio concentrado para elevar el pH del extracto aproximadamente a nueve.
- Añadir una pizca de Eriocromo negro T o bien 7 a 9 gotas de solución del indicador.
- Valorar con EDTA 0,02 N hasta cambio de color malva a azul.

Calcular el % de Mg total por (Ecuación 8).

$$\text{Magnesio (\%)} (\text{abs.seca}) = a * N * 0.032 * \frac{100}{M} * \frac{100}{10} * \frac{100}{b} * fch \quad (8)$$

Donde: a = Volumen de EDTA consumidos en la valoración en mL.

N = Normalidad del EDTA.

0,032 = Peso del me de Ca expresado en g.

M = Peso de muestra seca al aire llevada a incineración en g.

100/10 = Factor de dilución de la solución B.

100 = Para expresar en %.

B = mL de la solución B tomados para valorar.

Fch = Factor de corrección de la humedad

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA), de clasificación simple. Se empleó la prueba de Tuckey, a fin de conocer si existían diferencias significativas entre las medias.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación física de la hojarasca

El volumen promedio de ramas, hojas y frutos en el en hojarasca recolectado evidenció que la mayor proporción de necromasa estuvo representado por hojas 2762,3 g/m² con el 90,9 %, seguido de ramas 217,5 g/m² con el 7,1 % y frutos 59,8 g/m² con 2 %, los cuales mostraron los valores más bajos (Tabla 1), evidenciándose que la masa de hojas ocupa un volumen superior en la producción de materia vegetal en los ecosistemas estudiados. Cuando se promedian en conjunto los diferentes componentes que conforman la hojarasca por rodal se obtienen niveles de acumulación para el rodal 1 aproximadamente de 1094,6 g/m² mensuales y para el rodal 4 (1945 g/m²), al extrapolar estos valores al año la cantidad total para el rodal 1 fue de 2,2 t/ha y el para el rodal 4 (3,6 t/ha), por lo que se evidencia que este último es el de mayor producción de hojarasca. Cabe destacar que los valores obtenidos exceden la acumulación anual informada por otros autores para bosques naturales Fuentes *et al.*, (2018).

Tabla 1. - Porcentaje de la biomasa de hojarasca por componentes y total obtenida en rodales de *Pinus tropicalis* Morelet en la Unidad Silvícola Sumidero

Flujo de biomasa (g/m ²)	Rodal 1	Rodal 2	Total (g/m ²)	%
Hojas	994,7 ^b	1767,6 ^a	2762,3	90,9
Frutos	14,4 ^b	45,4 ^a	59,8	2
Material Leñoso	85,5 ^b	132 ^a	217,5	7,1
Concentración mensual	1094,6 ^b	1945 ^a	3039,6	
Aporte total anual (t/ha)	2,2 ^b	3,6 ^a		

Las letras diferentes entre filas indican diferencias estadísticamente para ($p < 0,05$) según Prueba de Tuckey.

Las diferencias encontradas entre rodales para los niveles de acumulación total y los componentes de la hojarasca estimada se corresponden con una mayor cobertura vegetal en el rodal 4, mientras que, el rodal 1 estuvo sometido al aprovechamiento y tratamientos silviculturales, que dieron lugar a la eliminación de árboles grandes y pequeños para diferentes usos forestales, lo que pudo incidir en la disminución de los contenidos de hojarasca estimados. La menor producción de hojarasca en el rodal 1 también pudiera explicarse por el poco desarrollo estructural del arbolado, mismo que influye directamente en un menor aporte de hojas, ramillas, flores y frutos Montoya *et al.*, (2019).

Este estudio puede ser comparable a los realizados en otros bosques tropicales, tales como los de (Aryal *et al.*, 2015), donde se reporta que la hojarasca estuvo compuesta principalmente por hojas con un 69 % y 91 %, lo que permite afirmar que las hojas constituyen la mayor fuente de recambio de energía y reciclaje de nutrientes en estos ecosistemas, cumpliendo un papel importante en la dinámica y estabilidad del mismo.



La producción y acumulación de hojarasca pueden estar determinada por las condiciones estructurales de los ecosistemas evaluados y las características agroclimáticas de la zona, los aportes de hojarasca pueden mostrar variaciones, por ejemplo, en suelos con problemas de erosión, según la época del año y las variaciones climáticas que se puedan producir. Se plantea que, en cualquier tipo de bosque la mayor caída de hojarasca se produce en un momento determinado en el año, por lo que el comportamiento de una especie, o grupo de ellas, está determinado por la ocurrencia de las fases fenológicas como consecuencia de los estímulos de los elementos del clima, principalmente temperatura y precipitación (Krishna y Mohan, 2017).

Los valores obtenidos son una estimación de lo que realmente se produce en rodales, debido a que la hojarasca se colecta directamente del suelo y las muestras están expuestas a la acción de los agentes descomponedores y el clima por ello siempre se obtienen porcentajes considerables de material en desintegración.

Contenido de humedad de la hojarasca

El contenido de humedad en hojarasca (Tabla 2), oscilo entre 40,5 y 70,4 %, con valores superiores en el rodal 4. La diferencia de humedad entre rodales se debe a las características propias de los ecosistemas, mayor población y copa de los pinos, en el rodal 4 limita la radiación solar sobre la superficie del suelo donde se encuentra la hojarasca y favorece el contenido de humedad. García (2017) y Montoya *et al.*, (2019), plantean que una menor densidad de follaje, equivale a una mayor apertura del dosel, lo que permite una mayor entrada de luz solar, aumentando en consecuencia la temperatura del suelo y, por ende, los menores contenidos de humedad.

Tabla 2. - Porcentaje de humedad de la hojarasca obtenida en rodales de *Pinus tropicalis* Morelet de la Unidad Silvícola Sumidero

Rodal	A	B	% Humedad	Fch
1	20.7	35.5	40.5 ^b	1.4
4	28.6	40.4	70.4 ^a	1.7

Medidas con letras distintas son estadísticamente diferentes para ($p < 0,05$) según Prueba de Tuckey.

Es fundamental que las plantaciones presenten un follaje adecuado y las actividades silvícolas sean lo menos agresivas posibles, para lograr una menor perturbación de estas, lo que se puede traducir en mayores acumulaciones de hojarasca y por ende en contenido de humedad en el suelo. La hojarasca caída y su descomposición en el suelo es una de las vías para el mantenimiento de la humedad del suelo y reciclaje de nutrientes minerales. La hojarasca, por su acción de esponja, mantiene las condiciones de humedad que permiten la acción de los microorganismos de manera regulada. Así se produce un equilibrio entre el dosel, la hojarasca, los descomponedores y los nutrientes, y quizás este es el equilibrio básico para que los ecosistemas de bosques tropicales permanezcan en el tiempo (Hernández y Hernández, 2005).



Contenido de nutrientes en suelos con y sin hojarasca según su profundidad

El análisis agroquímico de los suelos con y sin hojarasca según su profundidad (Tabla 3), evidencia diferencia significativa entre ellos para los contenidos de fósforo, potasio y materia orgánica, así como con los microelementos evaluados, los cuales se incrementaron en los suelos con hojarasca en la superficie y disminuyeron en los suelos con hojarasca en la profundidad, siendo mucho más significativa la disminución de los componentes en los suelos que no contenían hojarasca tanto en la superficie como en la profundidad, lo que demuestra que el mayor aporte de la hojarasca es más acentuado en la parte superficial de los suelos con hojarasca, destacándose en ambos casos que hay diferencias significativas en cuanto a los componentes fósforo y materia orgánica, es claro que esto suceda, pues la materia orgánica no es una mezcla estable de sustancias químicas, es más bien una mezcla dinámica en constante cambio, que representa cada etapa de la descomposición de la materia orgánica muerta, desde la más simple a la más compleja (Gaspar *et al.*, 2015).

Estos resultados son comparables con los reportados por Moreno *et al.*, (2018) los que informan diferencias significativas para los componentes entre superficie y profundidad. Fernández *et al.* (2016), también exponen que a medida que se incrementa la profundidad, disminuye el contenido de materia orgánica.

Tabla 3. - Contenido (%) de nutrientes de los suelos con y sin hojarasca, así como en la superficie y la profundidad en rodales de *Pinus tropicalis* Morelet de la Unidad Silvícola Sumidero

	Nutrientes (%)				
	P ₂ O ₅	K ₂ O	M.O	Ca	Mg
Suelo con hojarasca-superficie	4,9 ^a	4,1 ^a	3,9 ^a	1,6 ^a	2,5 ^a
Suelo con hojarasca-profundidad	3,3 ^b	3,4 ^{ab}	2,4 ^b	1,4 ^a	1,9 ^{ab}
Suelo sin hojarasca-superficie	2,5 ^c	3,5 ^{ab}	1,3 ^c	1,3 ^a	1,5 ^b
Suelo sin hojarasca-profundidad	0,2 ^d	1,6 ^c	0,9 ^{cd}	0,7 ^{ab}	0,9 ^{bc}

Las letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente para ($p < 0,05$) según Prueba de Tuckey.

Resultados similares informan Molina *et al.*, (2018); mientras que describen mayores valores de acumulaciones en Ca y menores de K (Fernández *et al.*, 2016). También se conoce que en plantas de *Munrochloa ritchei* la mayor acumulación se logra en magnesio (Kuruvilla *et al.*, 2016).

Los mayores aportes de materia orgánica producida por la hojarasca al suelo, es una cuestión de vital importancia para el enriquecimiento de los suelos, evidenciándose un mejor contenido nutricional en la especie forestal evaluada. El dosel por medio de la hojarasca no solo suministra materia orgánica, sino también regula la temperatura del suelo, por lo que la descomposición de la materia orgánica y el suministro de nutrientes ocurre de forma continua y paulatina, que contrarresta, a su vez, factores como la erosión del suelo, degradación de la tierra y desertificación, que hacen que la salud del suelo aumente (FAO (2017)).



En este sentido, puede decir que la hojarasca desempeña un papel importante en relación con la dinámica y estabilidad de estos ecosistemas, pues constituyen una fuente importante de energía y nutrientes para la edafofauna y las plantas. La producción de hojarasca y su descomposición son esenciales para la transferencia de energía y nutrientes hacia el suelo, lo que constituye un flujo que suple una importante fracción de nutrientes rápidamente mineralizables en bosques deciduos *Doll et al., (2018)*.

Los bajos contenidos de nutrientes encontrados en los suelos sin hojarasca tanto en la superficie como en la profundidad, pueden traer consigo menor producción, observado en el poco desarrollo estructural del arbolado, en cambio en los suelos con hojarasca se observaron mejores condiciones de las plantas, así como en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, al observarse mayores contenidos de acumulación de nutrientes, aumento la tasa de acumulación de materia orgánica. En estos sistemas la materia orgánica del suelo se mantiene en niveles satisfactorios para su fertilidad; el reciclaje de las bases en los residuos de los árboles puede reducir o frenar el proceso de acidificación, además de controlar la erosión (*Montoya et al., 2019*).

CONCLUSIONES

La necromasa, formada por la hojarasca y la madera muerta, cumple varias funciones ecológicas en los bosques, como proveer hábitats para la fauna, actuar como un reservorio de agua y nutrientes. Por lo tanto, los cambios en las cantidades y en la composición de la necromasa generan importantes efectos sobre el funcionamiento del ecosistema. Los hallazgos de este estudio permiten ampliar el conocimiento sobre la composición física de la hojarasca, así como el aporte de nutrientes y materia orgánica al suelo. Donde queda demostrado que la fracción mayoritaria de la hojarasca está conformada por las hojas (90,9 %) frente al material leñoso (7,1 %) y las flores que solo supusieron el 2 %; y como la necromasa genera un aporte considerable de nutrientes y materia orgánica en la superficie del suelo, la que disminuye apreciablemente en la profundidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aryal, D.B., B.H.J. de Jong, y S. Ochoa-Gaona 2015. Carbon stocks and changes in tropical secondary forests of southem Mexico. *Agriculture. Ecosystems and Environment*. 195, 220-230. DOI:10.1016/j.agee.2014.06.005 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880914003259>
- AUGUSTINE, D.J., BLUMENTHAL, D.M., SPRINGER, T.L., LECAIN, D.R., GUNTER, S.A. y DERNER, J.D., 2018. Elevated CO₂ induces substantial and persistent declines in forage quality irrespective of warming in mixedgrass prairie. *Ecological Applications* [en línea], vol. 28, no. 3, pp. 721-735. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 1939-5582. DOI 10.1002/eap.1680. Disponible en: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/eap.1680>.



- DOLL, U., ARAYA, P., SOTO-CERDA, L., AEDO, D. y VIZCARRA, G., 2018. Producción y composición de la hojarasca en un renoval pre andino de *Nothofagus glauca* de la región del Maule. *Bosque (Valdivia)* [en línea], vol. 39, no. 1, pp. 151-156. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 0717-9200. DOI 10.4067/S0717-92002018000100151. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S071792002018000100151&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- FAO, 2017. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. 2017. S.l.: FAO.
- FERNÁNDEZ-OJEDA, P.R., ACEVEDO, D.C., VILLANUEVA-MORALES, A., URIBE-GÓMEZ, M., FERNÁNDEZ-OJEDA, P.R., ACEVEDO, D.C., VILLANUEVA-MORALES, A. y URIBE-GÓMEZ, M., 2016. Estado de los elementos químicos esenciales en suelos de los sistemas natural, agroforestal y monocultivo. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea], vol. 7, no. 35, pp. 65-77. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2007-1132. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S20071132201600300065&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- GARCÍA-OSORIO, M., 2017. Producción y descomposición de hojarasca, y estructura de las comunidades de ácaros oribátidos, en áreas bajo rehabilitación en El Porvenir, Hidalgo. Tesis de Maestría. Postgrado en Ciencias Forestales. Texcoco, México: Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.
- GASPAR-SANTOS, E.S., GONZÁLEZ-ESPINOSA, M., RAMÍREZ-MARCIAL, N. y ÁLVAREZSOLÍS, J.D., 2015. Acumulación y descomposición de hojarasca en bosques secundarios del sur de la Sierra Madre de Chiapas, México. *Bosque (Valdivia)* [en línea], vol. 36, no. 3, pp. 467-480. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 0717-9200. DOI 10.4067/S0717-92002015000300013. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S071792002015000300013&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, H., DOMÍNGUEZ-GÓMEZ, T.G., CANTÚ-SILVA, I., GÓMEZMEZA, M.V., RAMÍREZ-LOZANO, R.G., PANDO-MORENO, M. y FERNÁNDEZ, C.J., 2011. Litterfall deposition and leaf litter nutrient return in different locations at Northeastern Mexico. *Plant Ecology* [en línea], vol. 212, no. 10, pp. 1747. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 1573-5052. DOI 10.1007/s11258-011-9952-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11258-011-9952-9>.
- HERNÁNDEZ, M. y HERNÁNDEZ, I., 2005. Utilización de arbóreas como abono verde y manejo de la defoliación en sistemas de corte y acarreo. El silvopastoreo un nuevo concepto de pastizal. Editorial Universitaria. Guatemala, pp. 109-130.
- KRISHNA, M.P. y MOHAN, M., 2017. Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energy, Ecology and Environment* [en línea], vol. 2, no. 4, pp. 236-249. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2363-8338. DOI 10.1007/s40974-017-0064-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9>.



- KURUVILLA, T., CM, J. y LAKSHMI, S., 2016. Litter production and decomposition dynamics of a rare and endemic bamboo species *Munrochloa ritcheyi* of Western Ghats, India. *Tropical Ecology* [en línea], vol. 57, no. 3, pp. 601-606. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/295616404_Litter_production_and_decomposition_dynamics_of_a_rare_and_endemic_bamboo_species_Munrochloa_ritcheyi_of_Western_Ghats_India.
- MARTÍN, N. y CABRERA, R., 1987. Manual para actividades prácticas de suelo. 1987. S.l.: Ediciones ISCAH. Disponible en: https://issuu.com/rafaeltorrijos/docs/manual_prcticas_de_conservacion_de
- MOLINA, N.F., BARRIOS, J.R. y LEÓN, S.A.I., 2018. Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de Cañaverales, Guajira, Colombia. *Acta biológica colombiana* [en línea], vol. 23, no. 1, pp. 115-123. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 0120-548X. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6413725>.
- MONTOYA-REYES, F., PLASCENCIA-ESCALANTE, F.O., UGALDE-LEZAMA, S., TARANGOARÁMBULA, L.A., GARCÍA-OSORIO, M.T. y BELTRÁN-RODRÍGUEZ, L.A., 2019. Forest rehabilitation and its role in bird conservation in El Porvenir, Hidalgo, Mexico. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* [en línea], vol. 25, no. 3, pp. 441-459. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2007-4018. DOI 10.5154/r.rchscfa.2018.12.091. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S200740182019000300441&lng=es&nrm=iso&tlng=en.
- MORENO VALDEZ, M.E., DOMÍNGUEZ GÓMEZ, T.G., ALVARADO, M. del S., COLÍN, J.G., CORRAL RIVAS, S. y GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, H., 2018. Aporte y descomposición de hojarasca en bosques templados de la región de El Salto, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales* [en línea], vol. 9, no. 47, pp. 70-93. [Consulta: 7 agosto 2021]. ISSN 2007-1132. DOI 10.29298/rmcf.v9i47.180. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S200711322018000300070&lng=en&nrm=iso&tlng=es.
- PANEQUE-PÉREZ, V.M., 2010. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. 2010. S.l.: Ediciones INCA. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Manual-de-t%C3%A9cnicas-anal%C3%ADticas-para-an%C3%A1lisis-de-y-Paneque-P%C3%A9rez/a0255840ec7a05b9386483908176c71b884f573c>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Darien Miranda Pérez: Concepción de la idea, búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, confección de tablas, gráficos e imágenes, confección de base de datos,



asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, coordinador de la autoría, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

Katiuska Ravelo Pimentel: Búsqueda y revisión de literatura, confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, recopilación de la información resultado de los instrumentos aplicados, análisis estadístico, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, traducción de términos o información obtenida.

Pedro Alejandro Vigil García: Confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, confección de tablas, gráficos e imágenes, confección de base de datos, asesoramiento general por la temática abordada, redacción del original (primera versión), revisión y versión final del artículo, corrección del artículo, traducción de términos o información obtenida, revisión de la aplicación de la norma bibliográfica aplicada.

Maryory Solana Díaz López: Confección de instrumentos, aplicación de instrumentos, confección de tablas, gráficos e imágenes, revisión y versión final del artículo.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.
Copyright (c) 2021 Darien Miranda Pérez, Katiuska Ravelo Pimentel, Pedro Alejandro Vigil García, Maryory Solana Díaz López.

