



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

CAÍDA Y DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA EN LOS
BOSQUES RIBEREÑOS DEL MANANTIAL DE CAÑAVERALES,
GUAJIRA, COLOMBIALeaf and Decomposition of Litter in the Riparian Forests
Manantial de Cañaverales, Guajira, ColombiaNatalia FUENTES MOLINA¹, Javier RODRIGUEZ BARRIOS², Samir ISENIA LEON³.¹ Grupo Ciencia + Ambiente, Universidad de la Guajira, Km 5, vía a Maicao Riohacha. La Guajira, Colombia.² Grupo de Biodiversidad y Ecología Aplicada, Instituto de Investigaciones Tropicales, Universidad del Magdalena. Carrera 32 n.º 22-08, Santa Marta, Colombia.³ Ingeniero Ambiental. Grupo Ciencia + Ambiente, Universidad de la Guajira, Km 5, vía a Maicao Riohacha. La Guajira, Colombia.**For correspondence.** nfuentes@uniguajira.edu.co**Received:** 20th February 2017, **Returned for revision:** 17th May 2017, **Accepted:** 16th November 2017.**Associate Editor:** Sergi Sabater.**Citation/Citar este artículo como:** Fuentes Molina N, Rodriguez Barrios J, Isenia Leon S. Caída y descomposición de hojarasca en los bosques ribereños del manantial de Cañaverales, Guajira, Colombia. *Acta biol. Colomb.* 2018;23(1):115-123. DOI:<http://dx.doi.org/10.15446/abc.v23n1.62342>

RESUMEN

Se midieron los flujos de materia orgánica aportados por la hojarasca al manantial de Cañaverales (La Guajira, Colombia), durante un período de seis meses (seco y lluvioso). La caída mensual fue de 0,17 t·ha⁻¹·mes⁻¹, que extrapolada a un año representó 2,08 t·ha⁻¹·año⁻¹, valor intermedio a los registrados en otros bosques secos tropicales. Se evidenció una correlación significativa entre la caída de hojarasca y la precipitación. Los aportes orgánicos fueron dominados por la fracción foliar (66,61 %), seguidos del material reproductivo (15,92 %), el material leñoso (11,12 %) y misceláneo (6,36 %). La mayor caída de hojarasca foliar se registró para *Prosopis juliflora* (1,31 t·ha⁻¹·año⁻¹) y la menor caída la presentó *Brosimum alicastrum* (0,46 t·ha⁻¹·año⁻¹). Las especies *P. juliflora* y *Anacardium excelsum* presentaron los mayores aportes de hojarasca foliar, lo que sugiere que podrían ser especies potenciales para su inclusión en actividades de restauración de zonas con corrientes de agua. *P. juliflora* fue la especie que presentó mayores tasas de descomposición de hojarasca (0,242 año⁻¹), mientras que la *Sterculia apetala* fue la más persistente (0,079 año⁻¹). Los resultados indican que la caída de hojarasca está condicionada por la composición del bosque y las variaciones climáticas.

Palabras claves: *Brosimum alicastrum*, materia orgánica, *Prosopis juliflora*, *Sterculia apetala*.

ABSTRACT

We analyzed the contribution of particulate organic matter to the spring Cañaverales (La Guajira, Colombia) over a period of six months (dry and rainy). The monthly litterfall was 0.17 t·ha⁻¹·month⁻¹, which represented 2.08 t·ha⁻¹·year⁻¹ when extrapolated to one year. This is an intermediate value with respect to others reported from tropical dry forests. The correlation between litter production and precipitation was statistically significant. Litterfall was dominated by the leaf fraction (66.61 %), followed by the reproductive material (15.92 %), the woody (11.12 %) and miscellaneous materials (6.36 %). The highest production of leaf litter was registered for *Prosopis juliflora* (1.31 t·ha⁻¹·year⁻¹) and the lowest for *Brosimum alicastrum* (0.46 t·ha⁻¹·year⁻¹). *P. juliflora* and *Anacardium excelsum*, presented the major contributions of foliar leaf litter, what suggests they could be potential species for inclusion in restoration activities in riparian areas. *P. juliflora* was the species that presented the highest rates of litter decomposition (0.242 year⁻¹), while the *Sterculia apetala* was the most persistent (0.079 year⁻¹). The results indicate that litterfall and litter decomposition rates depend on forest composition and climatic variations.

Keywords: *Brosimum alicastrum*, organic matter, *Prosopis juliflora*, *Sterculia*.

INTRODUCCIÓN

Los bosques ribereños presentan múltiples funciones dentro de las planicies inundables y no inundables (Wilcke *et al.*, 2002; Roig *et al.*, 2005). Estos albergan gran variedad de especies vegetales protectoras, proporcionan refugio para diversos organismos, retardan el escurrimiento (Depettris *et al.*, 1992; Ceccon, 2003), modulan el balance entre erosión y sedimentación, participan en la acumulación y transferencia de nutrientes, constituyen la solución más eficiente para reducir la contaminación difusa (Naiman *et al.*, 2005; Veneklaas *et al.*, 2005), entre otras funciones (Klinge *et al.*, 1983; Herrera, 1985).

En Colombia se han deforestado vastas extensiones de bosques (Etter *et al.*, 2006) de alta diversidad y alto grado de endemismo (Gentry y Dodson, 1987; Henderson *et al.*, 1991), afectando por ello el reciclaje de nutrientes y la regulación de caudales. No se cuenta con referentes publicados sobre estudios de caída de hojarasca para el Caribe Colombiano en el que se valoren los aportes individuales de hojarasca de especies, en bosques asociados a recursos hídricos, por lo que este estudio puede servir de base para futuras investigaciones aplicadas a la producción forestal, permitiendo así dimensionar el tipo de servicios que ofrecen y generar a su vez, estrategias integrales para el manejo y conservación de sus ecosistemas.

Los manantiales son ecosistemas de gran importancia (Zedler y Kercher, 2005). El manantial de Cañaverales se encuentra actualmente afectado por la creciente presión humana, se registra degradación de hábitat y grandes pérdidas de vegetación que lo acercan a un bosque primario intervenido por su estructura y composición florística (Corpoguajira, 2011). Por ello, es necesario ahondar en el conocimiento de sus ecosistemas, con especial atención a la dinámica de procesos funcionales de los bosques inundables, los bosques no inundables y al matorral espinoso que son estratégicos para el mantenimiento y suministro de bienes y servicios ambientales.

La hojarasca representa la mayor ruta de retorno de materia orgánica para la biota acuática y terrestre de estos bosques (Kumar y Agrawal, 2001; Zapata *et al.*, 2007) como fuente de suministro y mantenimiento de la fertilidad del suelo (Vitousek *et al.*, 1995; Parzych y Trojanowski, 2006; Wang *et al.*, 2008), que satisface las necesidades nutricionales de las especies vegetales (García Oliva *et al.*, 2003; Barreto y León, 2005). Por ello, la caída, descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca son procesos funcionales claves que pueden suministrar información esencial acerca del desarrollo fenológico, vitalidad y variación anual como reacción al clima y a otros cambios ambientales (Schessl *et al.*, 2008). Las investigaciones en el trópico han comparado ecosistemas manejados y no intervenidos (Del Valle, 2003; Dale y Polasky, 2007) y han determinado la importancia de esta hojarasca en la creación de refugios para la conservación de la biodiversidad (Perfecto *et al.*, 1996).

El presente trabajo pretendió probar la hipótesis orientada a valorar las diferencias entre la caída y descomposición de hojarasca de tres tipos de bosque y durante eventos de lluvia y de sequía. Este estudio de caída de hojarasca es pionero en Colombia en el que se valoran los aportes individuales de hojarasca de especies, en bosques asociados a recursos hídricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó durante seis meses en el manantial de Cañaverales, localizado en el municipio de San Juan del Cesar, La Guajira, Colombia (10°44'21" N, y 72°50'00" W) sobre las estribaciones de la Serranía de Perijá a una altura de 267 m s.n.m. dentro de la sub-cuenca del río Cañaverales (Fig. 1). La temperatura media anual es de 27,3 °C y el régimen de precipitaciones discontinuo (776,7 mm/año) sigue un patrón bimodal a través máximos durante mayo-septiembre y mínimos durante diciembre-marzo, meses en los que solamente se registra el 4,6 % del total anual (Hernández *et al.*, 1992; IDEAM, 2005).

La vegetación del área de estudio corresponde al bosque seco tropical, uno de los ecosistemas más degradados y fragmentados del país (Etter, 1993; IAVH, 1998). El área cuenta en promedio con 104 especies, agrupadas en 88 géneros y 45 familias; las familias que presentan mayor número de especies son Fabaceae, Capparaceae,

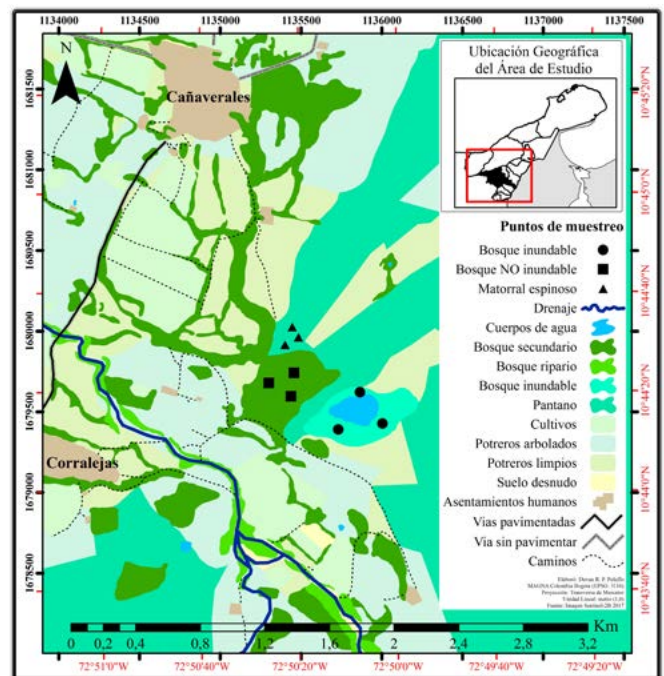


Figura 1. Manantial de Cañaverales, mapa general de usos y coberturas con la ubicación de los sitios de estudio. Sitio 1: bosque inundable, Sitio 2: bosque no inundable y Sitio 3: matorral espinoso. (Tomado de Corpoguajira, 2011).

Bignoniaceae, Caesalpinaceae y Mimosaceae, (IAvH, 1998). Los géneros que son endémicos y restringidos a bosques secos tropicales en Colombia son *Amyris*, *Bourreria*, *Bulnesia*, *Bursera*, *Caesalpinia*, *Crecentia*, *Cyrocarpus*, *Malpighia* y *Ximena* y entre las especies amenazadas se encuentran el Carreto (*Aspidosperma polyneuron*), Guayacan (*Bulnesia arborea*), Ébano (*Libidibia ebano*) y Palma Grata (*Bactris guineensis*) (IAvH, 1998). En función de la oferta hídrica se definen tres unidades de vegetación: bosque inundable, bosque no inundable y matorral espinoso, que se distinguen entre sí en cuanto a su fisonomía, estructura y composición florística (Corpoguajira, 2011).

Los bosques inundables (sitio 1) están localizados sobre la porción oriental del área y cubren 12,45 ha (28,1 % de la superficie evaluada), que permanece inundada durante varios meses del año. En la superficie del cuerpo de agua abundan *S. apetala*, *A. excelsum* *Nymphaea* cf. *corardii*, *Sagittaria* sp. y *Eleocharis* sp, mientras que en las orillas hay árboles con alturas entre 10–15 m, entre los que se destacan *Triplaris* sp. (Barriga de culebra), *Eugenia* sp. (Arrayán), *Bactris guineensis* (Palma grata), *Hura crepitans* (Ceiba de leche) y *Crateva tapia* (Toco); seguidos por ceibas *Hura crepitans* y *Ceiba pentandra* que presentan alturas entre 18 y 25 m, en algunas zonas se observan *Bauhinia glabra* y *Bromelia chrysantha* (Corpoguajira, 2011).

Los bosques no inundables (sitio 2) cubren cerca de 6,55 ha en la porción plana alrededor del espejo de agua del manantial de Cañaverales y en las colinas circundantes. Se trata de un bosque multiestratificado con elementos emergentes de *B. alicastrum* (Guaimaro), *A. graveolen* (Quebracho colorado) y *Hura crepitans* (Ceiba) que alcanzan los 35 m de altura (Corpoguajira, 2011).

El matorral espinoso (sitio 3) cubre 16,05 ha y está conformado por elementos arbustivos y sub-arbóreos de porte bajo y copas amplias y aparasoladas, que presentan alturas entre los 5-10 m. Está compuesto por especies como *P. juliflora* (trupillo), *B. simaruba* (resbala mono) *Mimosa* cf. *arenosa* (espinito rojo) y varias del género *Machaerium*. No se observan plantas epífitas, pero sí algunos bejucos (*Bauhinia glabra*) así como algunas hierbas en el estrato herbáceo (Corpoguajira, 2011).

Métodos de campo y laboratorio

Caída de hojarasca

Para estimar la cantidad de hojarasca producida se ubicaron tres trampas de colecta por cada una de las dos especies más abundantes de cada sitio: (Sitio 1) bosque inundable. Especies utilizadas: *Sterculia apetala* (camajon) (SA), *Anacardium excelsum* (caracolí) (AE), (Sitio 2) bosque no inundable. Especies utilizadas: *Brosimum alicastrum* (guaimaro) (BA), *Astronium graveolen* (gusanero) (AG) y (Sitio 3) matorral espinoso. Especies utilizadas: *Bursera simaruba* (Resbala mono) (BS) y *Prosopis juliflora* (trupillo) (PJ). Las trampas tenían un área individual de 1 m² (Proctor, 1983),

y una altura de 1 m desde la superficie del suelo (Ramírez *et al.*, 2007) y malla fina (Fuentes y Rodríguez, 2012), estando separados 50 m entre ellas (Quintero *et al.*, 2014).

El material fue colectado mensualmente durante 6 meses (108 colectas en total) etiquetado y trasladado al laboratorio para ser secado en un horno a 60 °C (Ausseinac *et al.*, 1972) hasta peso constante en una balanza analítica modelo PW124 marca ADAM. Luego, el material fue separado en las siguientes fracciones hojas (*fracción H*), material reproductivo (flores, frutos y semillas) (*fracción F*), material leñoso (Solo fueron consideradas ramas menores a 5 cm, correspondientes a trozos de corteza, debido a que esta es la fracción que pudo ser colectada en las trampas utilizadas) (*fracción L*) y material misceláneo (órganos vegetales no identificables) (*fracción M*) (Cuevas y Lugo, 1998; Caldentey *et al.*, 2001).

El material seco fue fragmentado en un molino Willey y tamizado en malla 20 (0,84 mm) y posteriormente calcinado a 550 °C (Luh Huang y Schulte, 1985), para determinar el peso seco libre de cenizas.

Descomposición de hojarasca foliar

Se colectaron hojas de las especies vegetales mencionadas anteriormente el primer mes de muestreo previo a la senescencia de cada especie. Se utilizaron alícuotas de masa inicial constante de 10 g de peso seco al aire, que fueron introducidas en grupos de 6 bolsas de 20 x 20 cm por especie (malla de 0,5 mm de tamaño de poro). Las bolsas se cerraron con hilo de nylon y se colocaron en el suelo, sujetos por grapas, para prevenir que se perdieran por escorrentías superficiales (Wieder y Lang, 1982).

En cada sitio evaluado se realizó un experimento por especie, con tres replicas que contenían seis mallas para las recolectas mensuales que abarcaron los periodos seco y lluvioso, de tal manera que el ensayo consto de 108 mallas en total, para las seis especies estudiadas. Tras cada retirada de bolsas en campo, se trasladaron al laboratorio, en donde el material fue extraído y limpiado con un pincel con ayuda de agua destilada hasta eliminar completamente partículas de suelo adherida, raíces, pequeños invertebrados que penetraban a menudo en las bolsas. Posteriormente se secaron y calcinaron bajo las condiciones antes descritas para determinar así el contenido de materia orgánica libre de cenizas.

Mensualmente se recolectaron seis bolsas por sitio de estudio para un total 18 bolsas por evento de muestreo, mediante seis colectas abarcando los periodos seco y lluvioso. El ensayo por tanto constó de 108 bolsas en total, para las seis especies estudiadas. Tras cada retirada de bolsas en campo, se trasladaron al laboratorio, en donde el material fue extraído y limpiado con un pincel con ayuda de agua destilada hasta eliminar completamente partículas de suelo adherida, raíces, pequeños invertebrados que penetraban a menudo en las bolsas. Posteriormente se

secaron y calcinaron bajo las condiciones antes descritas para determinar así el contenido de materia orgánica.

Para determinar el coeficiente de descomposición de la hojarasca se utilizó el modelo exponencial negativo propuesto por Petersen y Cummins, (1974) $M_t = M_i e^{-kt}$, en donde M_t es la masa remanente en el tiempo t , M_i es la masa inicial de hojarasca, $-k$ es el coeficiente exponencial de descomposición y t el lapso de tiempo durante el cual se lleva el proceso (Escalante *et al.*, 2012). En este modelo el tiempo requerido para que se descomponga el 50 y 99 % de la hojarasca se calcula como $t_{0,5} = \ln 0,5/k$ y $t_{0,99} = \ln(1-0,99)/k$. Así mismo, se calculó también el tiempo medio de permanencia, estimado como la inversa de k (Olson, 1963).

Análisis estadístico

Se determinaron las diferencias entre la variable caída de hojarasca y los factores sitios, especie, fracción y periodos climáticos, por medio de análisis de varianza-Anova, probando inicialmente los supuestos de aleatoriedad de residuos (prueba Durbin Watson), homogeneidad de varianza (prueba de Bartlett) y normalidad de los residuos de cada Anova (prueba de Shapiro Wilk: S-W). Las variables mostraron un comportamiento aleatorio, pero no cumplieron los supuestos de normalidad, por lo que se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis (K-W).

El análisis de potencia y tamaño de muestra requerido para cada análisis de varianza realizado se determinó a través de la función de notaciones de Cohen (1988). Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico R versión 2.3.2 (R Development Core Team, 2016).

RESULTADOS

Variables ambientales

La precipitación en la estación aeropuerto-Alfonso López cercana al área de muestreo fue inferior a los 6mm.día⁻¹ entre los meses de diciembre a marzo (correspondiendo a los primeros cuatro muestreos) mientras que los dos meses finales del estudio alcanzaban los 27,7 mm.día⁻¹ (Fig. 2A). El periodo inicial M1 al M4 mostraron un valor de precipitación significativamente menor en comparación con el periodo lluvioso, correspondiente a los muestreos M5 y M6 ($F=2,536$; $p=0,001$; $n=182$), aunque en términos generales la precipitación fue baja.

La temperatura media durante el periodo de estudio fue 30,7 °C, siendo el valor más alto el registrado en el mes de marzo con 41,6 °C, y los más bajos en el mes de enero con 22,3 °C. Las temperaturas promedio presentaron diferencias significativas para los meses de estudio ($F=1,782$; $p=0,003$; $n=182$) como se evidencia en la Fig. 2B.

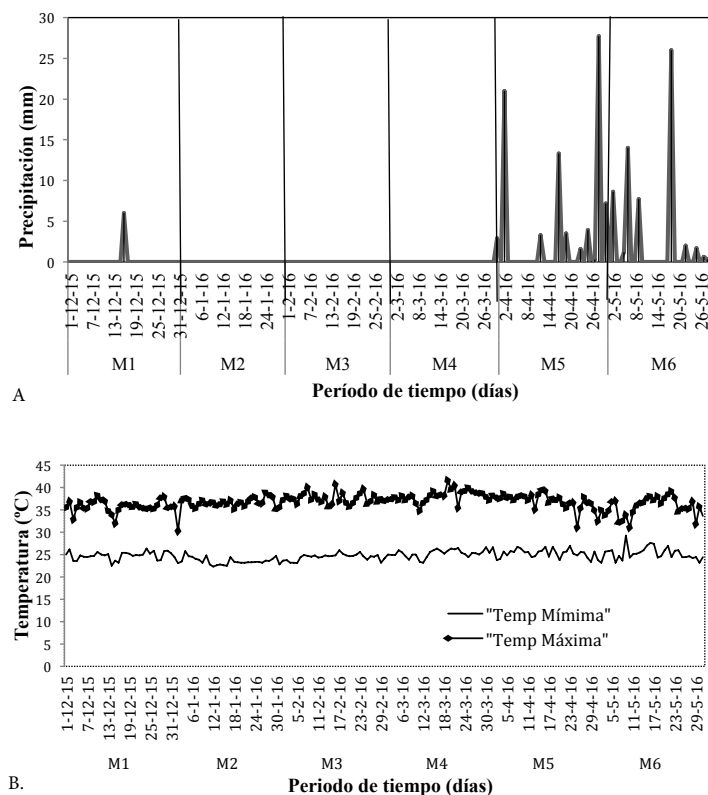


Figura 2. A. Precipitación diaria en los periodos de muestreo del bosque seco tropical del manantial de Cañaverales. En los muestreos (M1: muestreo 1, M2: muestreo 2, M3: muestreo 3, M4: muestreo 4, M5: muestreo 5 y M6: Muestreo 6). **B.** Temperatura diaria.

Relación entre la hojarasca y las variables climáticas

Los umbrales de precipitación presentaron generaron efectos en los aportes de la biomasa, provenientes de la hojarasca estacional, por las diferencias significativas ($F=1,748$; $p=0,029$; $n=182$) que se presentaron en los meses de diciembre a mayo.

Variación de la caída de hojarasca entre los sitios y periodos climáticos

Los aportes promedio de MO para los periodos lluvioso y seco fueron de $0,440$ y $0,647$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ respectivamente. A nivel general se puede observar (Fig. 3) que los mayores aportes de hojarasca se presentaron durante eventos de sequía ($KW=22,9$, $gl=5$, $p=0,0003$) y en el matorral espinoso ($0,98\pm 0,30$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$), seguido de los bosques inundables ($0,95\pm 0,26$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$), y bosques no inundables ($0,85\pm 0,19$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$), aunque la dispersión de los valores fue mayor en el matorral espinoso, lo cual le resta importancia en la contribución de materiales orgánicos.

Variación de la caída de hojarasca entre especies y periodos

En el bosque inundable SA ($0,68$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) y AE ($1,18$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) presentaron el mayor registro en M3; similar al patrón presentado por BA ($0,65$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) y AG ($1,00$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) en el bosque no inundable, mientras que los aportes realizados por BS ($0,72$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) y PJ ($1,18$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) establecidas en el matorral espinoso, aumentaron en M2. A nivel general, los aportes máximos de hojarasca por las seis especies vegetales se presentaron en el periodo seco ($KW=64,4$, $gl=11$, $p<0,01$). En cuanto

a aportes de hojarasca, las especies de mayor ingreso de este material fueron PJ y AE, pertenecientes a los bosques inundables y matorral espinoso respectivamente (Fig. 4).

Variación de la caída de hojarasca por fracciones y periodos climáticos

Los aportes fueron del 66,61 % para el material foliar (H), 15,92 % para el material reproductivo (F) y 11,12 % para el material leñoso (L) del total de la hojarasca colectada. Los mayores aportes del material foliar ($0,602$; $0,498$ y $0,797$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) y reproductivo ($0,209$; $0,167$ y $0,163$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$), se registraron durante las primeras colectas en el bosque inundable, bosque no inundable y matorral espinoso respectivamente, que corresponden al periodo seco. Las menores producciones de material foliar ($0,310$; $0,167$ y $0,248$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) y reproductivo ($0,016$; $0,020$ y $0,031$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$) corresponden al periodo lluvioso.

El comportamiento de los aportes del material leñoso es similar al presentado por el material foliar y reproductivo, con aportes de $0,117$, $0,145$ y $0,078$ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{día}^{-1}$ para el bosque inundable, bosque no inundable y matorral espinoso respectivamente. Destaca el aporte hojas (H) para los dos periodos climáticos comparado con el resto de fracciones que presentaron poca variación ($KW=211,4$, $gl=7$, $p<0,01$) (Fig. 5). Este patrón se presentó de forma similar al comparar las fracciones por los diferentes sitios evaluados, en donde la variación sigue siendo dominada por hojas, en todos los sitios ($KW=218,23$, $gl=1$, $p<0,01$), así como al discriminar estas fracciones por cada una de las especies, dominando en todos los casos sus aportes de hojas ($KW=247,42$, $gl=23$, $p<0,01$).

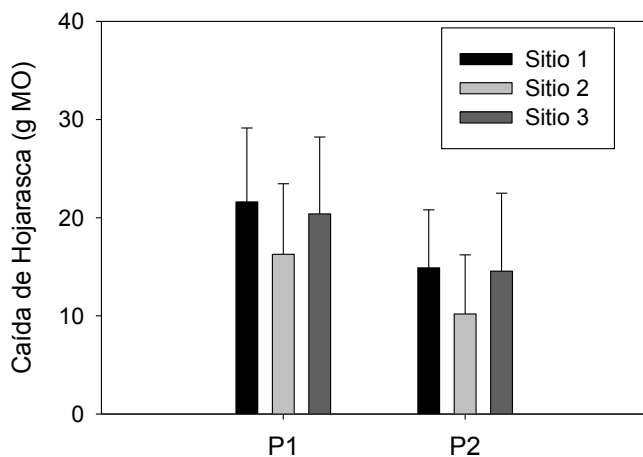


Figura 3. Variación de los niveles de MO aportada por la hojarasca en los tres sitios evaluados (Sitio 1. bosques inundables; Sitio 2. bosques no inundables y Sitio 3. matorral espinoso) y entre eventos de lluvia (P1) y sequía (P2). Las barras representan los valores promedio y las líneas acotadas ± 1 desviación estándar.

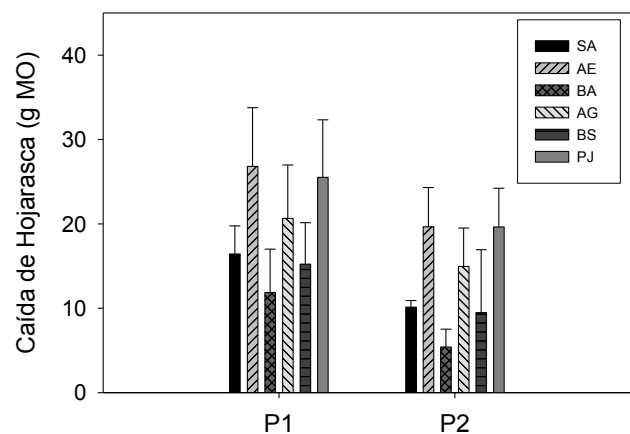


Figura 4. Variación de los niveles de MO aportada por la hojarasca de las seis especies vegetales evaluadas y entre eventos de lluvia (P1) y sequía (P2). Las barras representan los valores promedio y las líneas acotadas ± 1 desviación estándar.

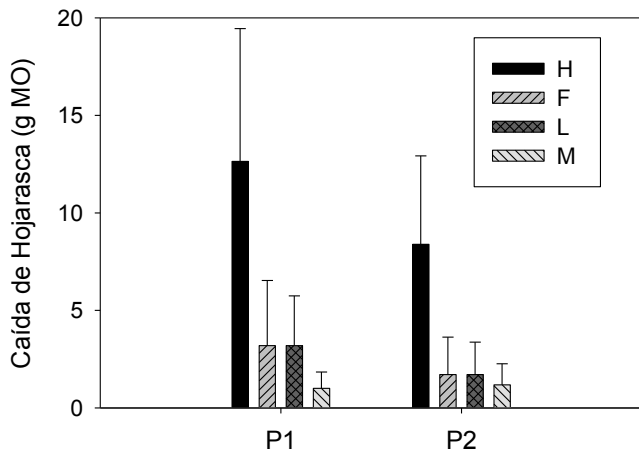


Figura 5. Variación de los niveles de MO aportada por cada fracción de la hojarasca, entre eventos de lluvia (P1) y sequía (P2). Las barras representan los valores promedio y las líneas acotadas ± 1 desviación estándar.

Descomposición de hojarasca

En el análisis exploratorio, se destaca que la relación entre el porcentaje de descomposición de la hojarasca foliar de las especies evaluadas y los muestreos, presentó un ajuste (R^2) con el modelo exponencial oscilando entre 0.95 y 0.99 (Fig. 6). Las constantes de descomposición de *S. apetala* (SA), *A. excelsum* (AE), *B. alicastrum* (BA), *A. graveolen* (AG), *B. simaruba* (BS) y *P. juliflora* (PJ) fueron de 0,258, 0,270, 0,299, 1,055, 0,757 y 1,095 respectivamente, con diferencias significativas ($KW=33.527$, $gl=5$, $p<0.01$). SA fue la especie más persistente, con un tiempo medio de permanencia cuatro veces más alta que el de la especie PJ, que presentó

los mayores aportes de hojarasca y las mayores tasas de descomposición al igual que la AG.

Las pendientes de los modelos exponenciales, presentaron un comportamiento diferencial, asociado al tipo de especie en los procesos de descomposición, observando que la especie AE (Fig. 6) perteneciente al sitio 1 fue la que generó el mejor ajuste (R^2 0,99), indicando menor heterogeneidad entre los periodos de estudio.

En los procesos de descomposición se observó una mayor pérdida de peso en las dos primeras colectas (diciembre y enero) y los meses de mayor precipitación (abril y mayo) con un periodo intermedio de descomposición lenta como se evidencia en la Fig. 5, encontrando que al final del monitoreo (183 días) las especies SA (3,88 %), BA (6,98 %) y AE (17,26 %) habían perdido poco materia orgánica, contrario a las especies AG (71,57 %), PJ (64,34 %) y BS (37,99 %) que presentaron altos porcentajes de degradación de la materia orgánica, presentando diferencias significativas ($KW=65,18$, $gl=5$, $p<0,01$) en los meses de muestreo del periodo de estudio.

DISCUSIÓN

A pesar de que se evaluaron solo seis especies, los aportes de hojarasca son considerablemente bajos, si se comparan con los registros para la vegetación completa de bosques ribereños (Fuentes y Rodríguez, 2012; Collantes *et al.*, 2014; López *et al.*, 2015;). La correlación negativa entre la producción de hojarasca en las tres formaciones vegetales de bosque inundable, bosque no inundable y matorral espinoso con la precipitación, se corresponde con las afirmaciones de Sanches *et al.* (2003), quien indica que la producción de hojarasca en bosques tropicales aumenta en las épocas de menor precipitación por el déficit hídrico, ante

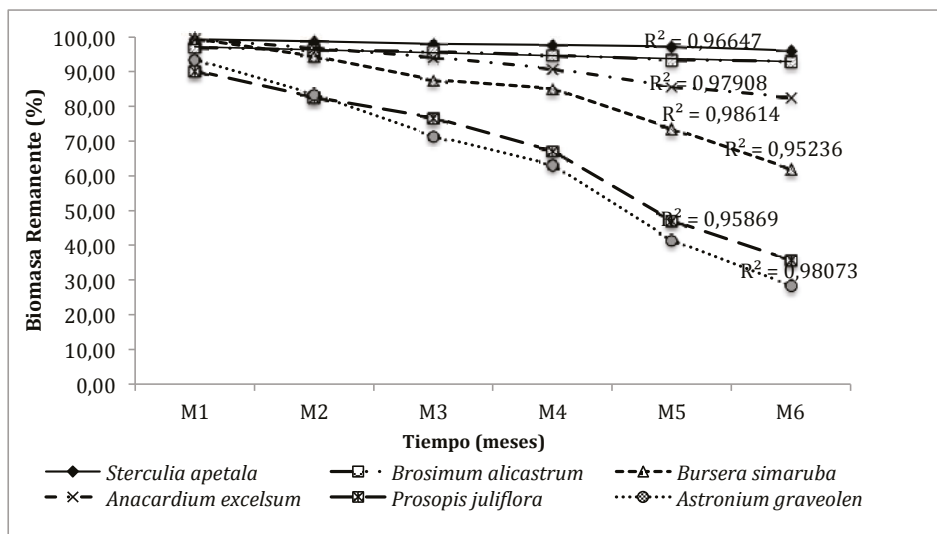


Figura 6. Evolución de la hojarasca en el tiempo ajustado al modelo exponencial Olson (1993).

lo cual las especies vegetales reaccionan perdiendo el follaje. Por su parte, Murovhi *et al.* (2012) encontraron correlación positiva entre la producción de hojarasca, la humedad atmosférica, la temperatura ambiente, el diámetro de tallo, la altura y copa de las especies vegetales.

La producción de hojarasca del presente estudio fue 0,47 t·ha⁻¹·año⁻¹ para el periodo seco y 0,10 t·ha⁻¹·año⁻¹ para el periodo lluvioso. Estas fluctuaciones están asociadas al periodo del ciclo vegetativo con la sucesión de las etapas fenológicas propias de cada especie vegetal, y condiciones climáticas (Celentano *et al.*, 2011; Quintero *et al.*, 2014). El aporte de la fracción foliar total fue de 1,35 t·ha⁻¹·año⁻¹ siendo la de mayor peso en la hojarasca (64,73 %), reportes similares a los de González *et al.* (2013), Collantes *et al.* (2014) y López *et al.* (2015), registraron una participación de esta fracción en los sistemas tropicales que oscila entre 60 y 70 %. Lo anterior debido a que el material foliar según Piatek y Allen (2000) presenta una alta demanda de nutrientes con respecto al resto de los órganos vegetativos; ya que entre el 30 % y 70 % del total de los nutrientes almacenados anualmente se encuentran en las hojas.

La fracción superior a 5 cm no se pudo colectar en las trampas utilizadas, a pesar de que el ingreso de ramas y palizada de esta dimensión, se observó en el suelo, especialmente durante eventos de lluvia. Campbell *et al.* (1992) y Larned (2000) hacen especial énfasis en la dificultad para cuantificar este tipo de fracciones cuando son de gran tamaño, debido a las limitaciones que presentan los métodos tradicionales de muestreo. Al igual que en la investigación de Webster *et al.* (1999) quienes mencionan que la dificultad para evaluar la fracción leñosa se presenta por la distribución parchada en espacio y en tiempo. Siendo este un aporte importante que da cuenta de la estructura física de los bosques ribereños.

Las especies *S. apetala* y *A. excelsum* se descomponen más lento y BS y PJ más rápido, posiblemente por la composición química y estructural de las hojas. El nivel de descomposición de la hojarasca para cada especie puede estar asociado a su dependencia de las condiciones climáticas (precipitación, humedad y temperatura), las características edafológicas, la diversidad biótica entre otros, pero lo más importante se relaciona a la composición química de su material vegetal y la resistencia de este a los procesos de descomposición (Zhang *et al.*, 2008).

La producción y descomposición de la hojarasca son procesos claves para la conservación y/o recuperación de las formaciones vegetales, debido a que promueven procesos de circulación de los nutrientes y mantenimiento de las comunidades, por lo que resulta necesario conocer los aportes de materia orgánica que realizan las especies vegetales para garantizar el retorno de los nutrientes (Gaspar *et al.*, 2015). Los resultados obtenidos sugieren conveniente estudiar la posibilidad de realizar estudios de restauración ecológica de los nutrientes aportados por las especies *A.*

excelsum y *P. juliflora*, por su aportación de materia orgánica y la rápida capacidad de aportar nutrientes de esta última por la alta tasa de descomposición de materia orgánica.

CONCLUSIONES

El análisis de la caída y descomposición de la materia orgánica vía hojarasca de las seis especies evaluadas en el bosque fluvial del manantial de Cañaverales se caracterizó por: (1) los aportes de la materia orgánica aumentaron en el periodo de sequía, en especial para las fracciones H y F y las especies evaluadas, salvo aquellas pertenecientes al matorral espinoso; (2) Los mayores aportes de materia orgánica los realizaron las especies *P. juliflora* y *A. Excelsum*; (3) la relación entre la descomposición de hojarasca foliar de las especies evaluadas y el periodo de monitoreo es descrito por un modelo exponencial negativo, y (4) las mayores tasas de descomposición las presentó la especie *S. apetala*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad de La Guajira. A los miembros de la comunidad del manantial de Cañaverales y los laboratorios de la Universidad de La Guajira, por su apoyo y colaboración en el desarrollo del presente trabajo, igualmente se reconoce el aporte realizado por los evaluadores del manuscrito, quienes permitieron mejorar la calidad del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

REFERENCIAS

- Aussenac G, Bonneau M, Tacon L. Restitution des éléments minéraux au sol par l'intermédiaire de la litière et des précipitations dans quatre peuplements forestiers de l'Est de la France. *Oeco Z Plant.* 1972;7:1-21.
- Barreto L, Leon J. Masa total y contenido de nutrientes en raíces finas de ecosistemas forestales (*Pinus patula* Schlttdl y Cham, *Cupressus lusitánica* Mil y *Quercus humboldtii*, Bonpl.) en piedras blancas, Antioquia, Colombia. *Rev Fac Nac Agron Medellín.* 2005;58(2):2907-2929.
- Caldentey J, Ibarra M, Hernandez J. Litter fluxes and decomposition in *Nothofagus pumilio* stands in the region of Magallanes, Chile. *Forest Ecology and Management.* 2001;148:145.
- Campbell I, James K, Hart B, Devereaux A. Allocthonous coarse particulate organic material in forest and pasture reaches of two southeastern Australian streams. II. Litter processing. *Freshwater Biology.* 1992;27:353-365.
- Ceccon E. Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. *Revista Ciencia.* 2003;72:46-53.
- Celentano D, Zahawi R, Finegan B, Casanoves F, Ostertag R, Cole R. *et al.* Restauración Ecológica de Bosques Tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en

- la producción, acumulación y descomposición de la hojarasca. *Rev Biol Trop*. 2001;59(3):1323-1336.
- Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates; 1988. p. 366-411.
- Collantes A, Castellanos J, León J, Tamaris, C. Caracterización de materia orgánica aportada por hojarasca fina en los bosques de ribera del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia). *RIAA*. 2014;5(1):171-183.
- Corpogujira. Estudio de factibilidad para la declaración de un área natural protegida en el corregimiento de cañaverales municipio de San Juan Del Cesar. Riohacha, La Guajira; 2011. p. 30-101.
- Cuevas E, Lugo A. Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of ten tropical tree plantation species. *Forest Ecol Manag*. 1998;112:263-279. Doi:10.1016/S0378-1127(98)00410-1.
- Dale V, Polasky S. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecol Econ*. 2007;64:286-296. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.05.009
- Del Valle J. Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico colombiano. *Interciencia*. 2003;28(3):148-153.
- Depettris C, Orfeo O, Neiff J. Atenuación del escurrimiento fluvial por bosques de "aliso". *Ambiente Subtropical*. 1992;2:33-43.
- Etter A. Diversidad ecosistémica de Colombia hoy. In: CEREC y fundación Alejandro Angel Escobar. *Nuestra diversidad biológica*. CEREC - FAAE. Bogotá; 1993. p. 41-61.
- Etter A, Mcalpine C, Wilson K, Phinn S, Possingham H. Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agr Ecosyst Environ*. 2006;114:369-386. Doi:10.1016/j.agee.2005.11.013.
- Eyes M, Rodríguez J, Gutiérrez L. Descomposición de la hojarasca y su relación con los macroinvertebrados acuáticos del río Gaira (Santa Marta - Colombia). *Acta biol Colomb*. 2012;17(1):77-92.
- Fuentes N, Rodríguez B. Eficiencia en el retorno potencial de nutrientes vía hojarasca de un bosque tropical de ribera. Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia. *Acta biol Colomb*. 2012;17(1):51-66.
- García F, Sveshtarova B, Oliva M. Seasonal effects on soil organic carbon dynamics in a tropical deciduous forest ecosystem in western Mexico. *J Trop Ecol*. 2003;19:179-188.
- Gaspar E, González M, Ramírez N, Álvarez J. Litter accumulation and decomposition in secondary forests of the southern Sierra Madre of Chiapas, Mexico. *Bosque*. 2015;36(3):467-480. Doi:10.4067/S0717-92002015000300013.
- Gentry A, Dodson D. Contribution of non trees to species richness of a tropical rain forest. *Biotropica*. 1987;19:149-156.
- González R, Ramírez G, Cantú I, Gómez M, Cotera M, Carrillo A, *et al*. Producción de hojarasca y retorno de nutrientes vía foliar en un matorral desértico micrófilo en el noreste de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 2013;19(2):249-262.
- Henderson A, Churchill S, Lutey J. Neotropical plant diversity. *Nature*. 1991;351:21-22. Doi:10.1038/351021e0
- Hernández J, Hurtado A, Ortiz R, Walschburger T. Unidades biogeográficas de Colombia. *Acta Zool Mex*. 1992;105-151.
- Herrera R. Nutrient cycling in Amazonian forests. In: G. Prance and T. Lovejoy, editors. *Amazonia, Key Environments*. UK: Pergamon Press; 1985. p. 95-105.
- IDEAM. Atlas climatológico de Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM; 2005. p. 155-158.
- Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. IAVH. Programa de inventarios de la biodiversidad grupo de exploración y monitoreo GEMA. El bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia; 1998. p. 1-24.
- Klinge H, Furch K, Harms E, Revilla J. Foliar nutrients levels of native tree species from Central Amazonia. 1 - Inundation forests. *Amazoniana*. 1983;8:19-45.
- Konietzschke F, Bathke A, Harrar S, Pauly M. Nonparametric relative contrast effects-Asymptotic Theory and Small Sample Approximations. Research Report at Institute of Biostatistics, Leibniz University Hannover, Germany. 2015;140:291-301.
- Kumar R, Agrawal M. Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. *Pedobiologia*. 2001;45:298-312.
- Larned S. Dynamics of coarse riparian detritus in a Hawaiian stream ecosystem: a comparison of drought and post-drought conditions. *J North Am Benthol Soc*. 2000;19(2):215-234.
- León J, Díez M, Castellanos J, Osorio L, Marín N. Grupos funcionales de microorganismos en suelos degradados por minería de aluvión plantados con *Acacia mangium*. *Suelos Ecuatoriales*. 2008;38(1):75-80.
- López J, González H, Ramírez R, Del Valle J, Gómez V. Producción de hojarasca y depósito potencial de nutrientes de las hojas en el Matorral Espinoso Tamaulipeco. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 2015;6 (30):74-89.
- Luh Huang C, Schulte E. Digestion of plant tissue for analysis by ICP emission spectroscopy. *Comm Soil Sci Plant*. 1985;16:943-958.
- Marín D, Guedez Y, Márquez L. Las plantaciones de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) y bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad.) de San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. II. Aporte de nutrimentos y descomposición de la hojarasca. *Rev Fac Agron*. 2011;28:185-204.
- Murovhi NR, Materechera S, Mulugeta S. Seasonal changes in litter fall and its quality from three sub-tropical fruit

- tree species at Nelspruit, South Africa. *Agroforestry Systems*. 2012;86:61-71.
- Naiman RJ, Décamps H., McClain M.E. *Riparia: Ecology, Conservation and Management of Streamside Communities*. Elsevier Academic Press: San Diego; 2005. p. 255- 430.
- Parzych A, Trojanowski J. Precipitation and duff fall as natural sources of nitrogen and phosphorus 1894. *Rev Biol Trop*. 2006;59 (4):1883-1894.
- Perfecto I, Rice R, Greenberg R, Van der Voort M. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience*. 1996;46:598-608.
- Petersen RC, Cummins KW. Leaf processing in a woodland stream. *Freshw Biol*. 1974;4:343-368. Doi: 10.1111/j.1365-2427.1974.tb00103.x.
- Piatek B, Alen L. Site preparation effects on foliar N and P use, retranslocation, and transfer to litter in 15-years old *Pinus taeda*. *For Ecol Manag*. 2000;129:143-152. Doi:10.1016/S0378-1127 (99) 00.150-4
- Proctor J. Tropical forest litterfall. I. Problems of data comparison. In: *Tropical Rain Forest: Ecology and Management*. Sutton SL, TC Whitmore, AC Chadwick, editors. Oxford: UK.Blackwell; 1983. p. 267-273.
- Quintero J, Brochero H, Manrique P, Barrera M, Basso C, Romero S, *et al*. Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: a multi-country study. *BMC Infectious Diseases*. 2014;14(1):38. Doi:10.1186/1471-2334-14-38
- Roig S, DeL Río M, Cañellas I, Montero G. Litter fall in Mediterranean *Pinus pinaster* Ait. Stands under different thinning regimes. *For Ecol Manag*. 2005;206:179-190. Doi:10.1016/j.foreco.2004.10.068.
- Sanches M, Prieto D, Peral C, Tamburi C, Caseri R, Berazain R. Producción de hojarasca en un bosque semideciduo estacional en Sao Pedro, Potirendaba, Sao Paulo, Brasil. *Revista Jard Bot Nac*. 2003;24(1-2):173-176.
- Schessl J, Zou Y, Mcgrath M, Cowling B, Maiti B, Chin S., *et al*. Proteomic identification of FHL1 as the protein mutated in human reducing body myopathy. *J Clin Invest*. 2008;118:904-912. Doi: 10.1172/JCI34450.
- Veneklaas E., Fajardo A., Obregón S., Lozano J.. Gallery forest types and their environmental correlates in a Colombian savanna landscape. *Ecography*. 2005;28:236-252. Doi: 10.1111/j.0906-7590.2005.03934.x.
- Vitousek P, Gerrish G, Turner D, Walker L, Müller D. Litterfall and nutrient cycling in four Hawaiian montane rainforests. *J Trop Ecol*. 1995;11:189-203.
- Wang Q, Wang S, Huang Y. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. *For Ecol Manag*. 2008;255:1210-1218. Doi: 10.1016/j.foreco.2007.10.026.
- Webster J, Benfield E, Ehrman T, Schaefer M, Tank J, Hutchens J, D'Angelo D. What happens to allochthonous material that falls into stream? A synthesis of new and published information from Coweeta. *Fresh Water Biology*. 1999;41:687-705. Doi: 10.1046/j.1365-2427.1999.00409.x.
- Wieder R, Lang G. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*. 1982;63:1636-1642. Doi:10.2307/1940104.
- Wilcke W, Yasin S, Abramowski U, Valarezo C, Zech W. Nutrient storage and turnover in organic layers under tropical montane rain forest in Ecuador. *Eur J Soil Sci*. 2002;53:15-27. Doi:10.1046/j.1365-2389.2002.00411.x
- Zapata C, Ramírez J, León J, González M. Producción de hojarasca fina en bosques altoandinos de Antioquia, Colombia. *Rev Fac Nac Agron*. 2007;60(1):3771-3784.
- Zhang D, Hui D, Luo Y, Zhou G. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors. *J Plant Ecol*. 2008;1(2):85-93. Doi: 10.1093/jpe/rtn002.
- Zedler J, Kercher S. Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annu Rev Environ Resour*. 2005;30:39-74. Doi: 10.1146/annurev.energy.30.050504.144248.