

Caracterización de materia orgánica aportada por hojarasca fina en los bosques de ribera del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta – Colombia)

Characterization of the organic matter provided by leaf litter in the forest in the Gaira riverbank (Sierra Nevada de Santa Marta – Colombia)

Caracterização da matéria orgânica fornecida por liteira fina em matas ciliares do rio Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta - Colômbia)

Angie Collantes Quintero¹, Jeiner Castellanos-Barliza²,
Juan Diego León Peláez³ & Cesar E. Tamaris-Turizo⁴

¹ Bióloga. ² Biólogo, Magister en Bosques y Conservación Ambiental. ³ Ingeniero Forestal, Doctor en Manejo y Conservación de Recursos Naturales. ⁴ Biólogo, Magister en Acuicultura y Ecología Acuática Tropical

^{1,2,4} Grupo de Investigación en Limnología Neotropical - Universidad del Magdalena, INTROPIIC. Carrera 32 No. 22-08. Santa Marta (Colombia). Tel (+57) (5) 4301292 Ext 293.

^{2,3} Grupo de Investigación en Restauración Ecológica de Tierras Degradadas en el Trópico, Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Colombia

¹anco_blue@hotmail.com, ²jeinercast@gmail.com, ³jdipif@gmail.com, ⁴ctamaris@unimagdalena.edu.co

edu.co

Resumen

El objetivo de esta investigación fue caracterizar la producción de hojarasca fina aportada por cinco especies abundantes en un tramo de la cuenca media del río Gaira. El estudio se realizó durante seis meses, con recolecciones bimensuales en 87 trampas de caída distribuidas sistemáticamente cada 10 m en un total de 10 transectos. El material colectado se separó por fracciones y se determinó su aporte en términos de masa seca, dando como resultado una producción semestral de 3764 kg ha⁻¹, que extrapolada a un año representó 7529 kg ha⁻¹, valor intermedio a los registrados en otros estudios realizados en bosques húmedos tropicales. La producción de

hojarasca fina estuvo dominada por la fracción foliar (65%), seguida del material leñoso (17,7%), material reproductivo (9,4%) y otros restos (7,6%). La mayor producción de hojarasca foliar se registró para *Nectandra* cf. *turbacensis* (152,27 kg ha⁻¹) y la menor producción la obtuvo *Pouteria arguacoensium* (9,66 kg ha⁻¹). Las especies *Nectandra* cf. *turbacensis* y *Zygia longifolia* presentaron los mayores aportes de hojarasca foliar, tipificándolas como especies potenciales para su inclusión en actividades de restauración de zonas ribereñas de corrientes de agua.

Palabras clave: hojarasca foliar, corrientes de agua, *Nectandra* cf. *turbacensis*, *Zygia longifolia*, *Pouteria arguacoensium*.

Abstract:

The objective of this research was to characterize the production of fine litter provided by five abundant species on a stretch of the middle basin of the Gaira river. The study was carried out for six months, with bimonthly collections in 87 fall traps distributed systematically every 10 m for a total of 10 transects. The collected material was separated by fractions and it was determined and their contribution in terms of dry mass, resulting in a yearly production of 3764 kg ha^{-1} , that the extrapolated a year represented 7529 kg ha^{-1} , intermediate value than those in other studies in tropical rainforests. The production of fine litter was dominated by the leaf fraction (65%), followed by the woody material (17.7%), reproductive material (9.4%) and other debris (7.6%). The highest production of leaf litter was recorded for *Nectandra cf. turbacensis* ($152.27 \text{ kg ha}^{-1}$) and the lower production was for the *Pouteria arguacoensium* (9.66 kg ha^{-1}). The *Nectandra cf. turbacensis* and the *Zygia longifolia* species presented the major leaf litter contributions, which were categorized as potential species for inclusion in activities for the restoration of coastal areas by water currents.

Key-words: leaf litter, water currents, *Nectandra cf. turbacensis*, *y Zygia longifolia*, *Pouteria arguacoensium*

Resumo:

O objetivo deste estudo foi caracterizar a produção de serapilheira fina de cinco espécies abundantes fornecidas num tramo da bacia média do rio Gaira. O estudo foi realizado ao longo de seis meses, com coletas bimestrais em 87 armadilhas de queda a cada 10 m distribuídas sistematicamente em um total de 10 transeptos. O material coletado foi separado por frações e sua contribuição foi determinada em termos de massa seca, resultando em uma produção semestral de 3764 kg ha^{-1} , extrapolados para um ano foi responsável por 7529 kg ha^{-1} , valor dentro da media dos registrados em outros estudos em florestas tropicais. Produção da serapilheira fina foi dominada pela fração foliar (65%), seguido por material lenhoso (17,7%), material reprodutivo (9,4%) e outros resíduos (7,6%). A maior produção de serapilheira foliar foi para *Nectandra cf. turbacensis* ($152,27 \text{ kg ha}^{-1}$) e a menor obtida em *Pouteria arguacoensium* ($9,66 \text{ kg ha}^{-1}$). As espécies *Nectandra cf. turbacensis* e *Zygialongifolia* tiveram a maior contribuição da serapilheira, tipificando-as como espécies potenciais para inclusão em atividades de restauração em locais ribeirinhos de córregos de água

Palavras-chave: serapilheira, córregos, *Nectandra cf. turbacensis*, *Zygialongifolia*, *Pouteria arguacoensium*

Introducción

En los bosques tropicales la caída de hojarasca representa la mayor entrada de nutrientes y materia orgánica que retorna al suelo, estimándose entre 25% y 60% de la productividad primaria neta (Del Valle-Arango, 2003; Celentano *et al.*, 2011; Hernández *et al.*, 2013). Durante este proceso, su acumulación y posterior descomposición permiten la renovación de los nutrientes del suelo y el posterior restablecimiento de los ciclos biogeoquímicos en el sistema (Lavado, Nuñez & Escuder, 1989; Murcia, 2010; Castellanos & León, 2010). Las fluctuaciones en la dinámica de la caída de hojarasca están determinadas por factores biológicos y físicos, los cuales comprenden la composición de especies, clima (temperatura, precipitación), altura y latitud,

densidad del bosque, condiciones edáficas, topografía, fenofase, y la presión antrópica (Prause, Caram & Angeloni, 2003; Gutiérrez *et al.*, 2012).

En los bosques húmedos tropicales, los estimativos de caída de hojarasca oscilan entre 7.0 y $15.0 \text{ tha}^{-1}\text{año}^{-1}$ en peso seco (León, González & Gallardo, 2011). Los valores más altos se han encontrado en bosques de tierras bajas, y los menores en bosques de tierras altas. En Colombia han sido realizados varios estudios de producción de hojarasca fina tanto en bosques naturales como plantados, de tierras altas y de tierras bajas. Los estudios realizados en bosques de tierras bajas del Pacífico Colombiano (Quinto, Ramos & Abadia,

2007; Del Valle-Arango, 2003) han reportado valores de producción de hojarasca fina entre 7,2 y 15,6 $\text{tha}^{-1}\text{año}^{-1}$. En plantaciones forestales de *Acacia mangium* establecidas en tierras bajas del Bajo Cauca Colombiano (Castellanos & León, 2010; León *et al.*, 2013,) para recuperación de tierras degradadas por minería, la caída de hojarasca fina contabilizó 10,3 $\text{tha}^{-1}\text{año}^{-1}$. Por otra parte, los reportes de producción de hojarasca fina en bosques naturales de tierras altas oscilan entre 7,3-7,5 $\text{tha}^{-1}\text{año}^{-1}$ (Vargas & Varela, 2007, León, González & Gallardo, 2011). Los estudios de caída de hojarasca fina en plantaciones de coníferas en tierras altas de los Andes Colombianos (León *et al.*, 2011) señalan valores de 7,8 $\text{tha}^{-1}\text{año}^{-1}$ para *Pinus patula* y 3,5 $\text{tha}^{-1}\text{año}^{-1}$ para *Cupressus lusitanica*. En todos los casos de estudio fue la fracción foliar la que mayor participación tuvo en la producción total de hojarasca.

La Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) como Reserva de la Biosfera, posee una amplia diversidad biológica que soporta a su vez diversas funciones ecosistémicas asociadas a bienes y servicios ambientales para la sociedad, dentro de las que se destacan las funciones de hábitat y de regulación (De Groot, Wilson & Boumans, 2002). La SNSM se posiciona regionalmente como un ecosistema clave para la provisión de agua en la región Caribe Colombiana, conforme se erige como el sistema montañoso litoral más alto del mundo, en medio de una zona hidrológicamente deficitaria, actuando como una estrella hidrográfica.

Los bosques de la SNSM se encuentran actualmente afectados por la creciente presión humana, registrándose grandes pérdidas de vegetación y degradación de hábitat, y su reemplazo posterior por cultivos (Cuadrado, 2005; Gutiérrez, 2009). Por ello, es necesario ahondar en el conocimiento de sus bosques, con especial atención a los bosques de ribera, ya que al estar asociados a fuentes de agua son considerados ecosistemas estratégicos para el mantenimiento y suministro de bienes y servicios ambientales, para las comunidades humanas asentadas en su zona de influencia.

Una de las principales cuencas hidrográficas de la SNSM es la del río Gaira, conforme abastece de agua potable a la ciudad de Santa Marta, con una población superior a 500.000 habitantes. En ésta se han realizado varios estudios ecológicos (Cuadrado, 2005, Deluque, 2005; Guerrero & Zúñiga, 2005; Rodríguez, 2011), que han identificado la importancia de emprender investigaciones de mayor duración que revelen, sobre la base del monitoreo en el tiempo, aspectos del funcionamiento ecohidrológico de este ecosistema en las áreas ribereñas aledañas a la corriente de agua. Un proceso de interés especial para su estudio es la caída de hojarasca fina, cuyo conocimiento permite proyectar estrategias para el manejo y conservación de estos ecosistemas estratégicos, además de tipificar especies potenciales para la restauración, con énfasis particular en las áreas ribereñas de corrientes de agua en la SNSM.

El objeto de este estudio fue caracterizar la producción de hojarasca fina que retorna al suelo desde el dosel del bosque en un tramo ribereño de la cuenca media del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, con especial atención a los aportes de materia orgánica de algunas especies representativas por su riqueza y abundancia. Este es el primer estudio de caída de hojarasca fina en donde se valoran los aportes individuales de hojarasca de especies de interés, que se realiza en Colombia en bosques de ribera asociados a ríos que abastecen de agua potable a ciudades principales.

Materiales y métodos

Descripción del sitio de estudio

La investigación se desarrolló en un tramo de la parte media del río Gaira, hacienda cafetera “La Victoria” (Tabla 1), localizada en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 1). Esta cuenca presenta un flujo de dirección de este a oeste de 32,53 km y un gradiente altitudinal que va desde los 0 a los 2750 msnm. La precipitación promedio

mensual es de 179,1 mm y se ajusta a un patrón unimodal, con un periodo de menor intensidad de lluvias de diciembre-abril y un periodo lluvioso desde mayo hasta noviembre (Tamaris-Turizo

& López, 2006; Gutiérrez, 2009). La topografía presenta colinas bajas e intermedias entre 800 y 1000 msnm, con pendientes promedio de 45 a 65%.

Tabla 1. Ubicación y parámetros ambientales del área de estudio.

Lugar	Coordenadas	Altitud (msnm)	P (mm)	T (°C)	Bioma
La Victoria	11 ^a 07'47" N, 74 ^a 05'42" W	700-900	2491,9	21,5	Zonobioma Tropical

Precipitación promedio multianual (P mm), temperatura promedio multianual (T °C).

Fuente: Tamaris-Turizo & López (2006).

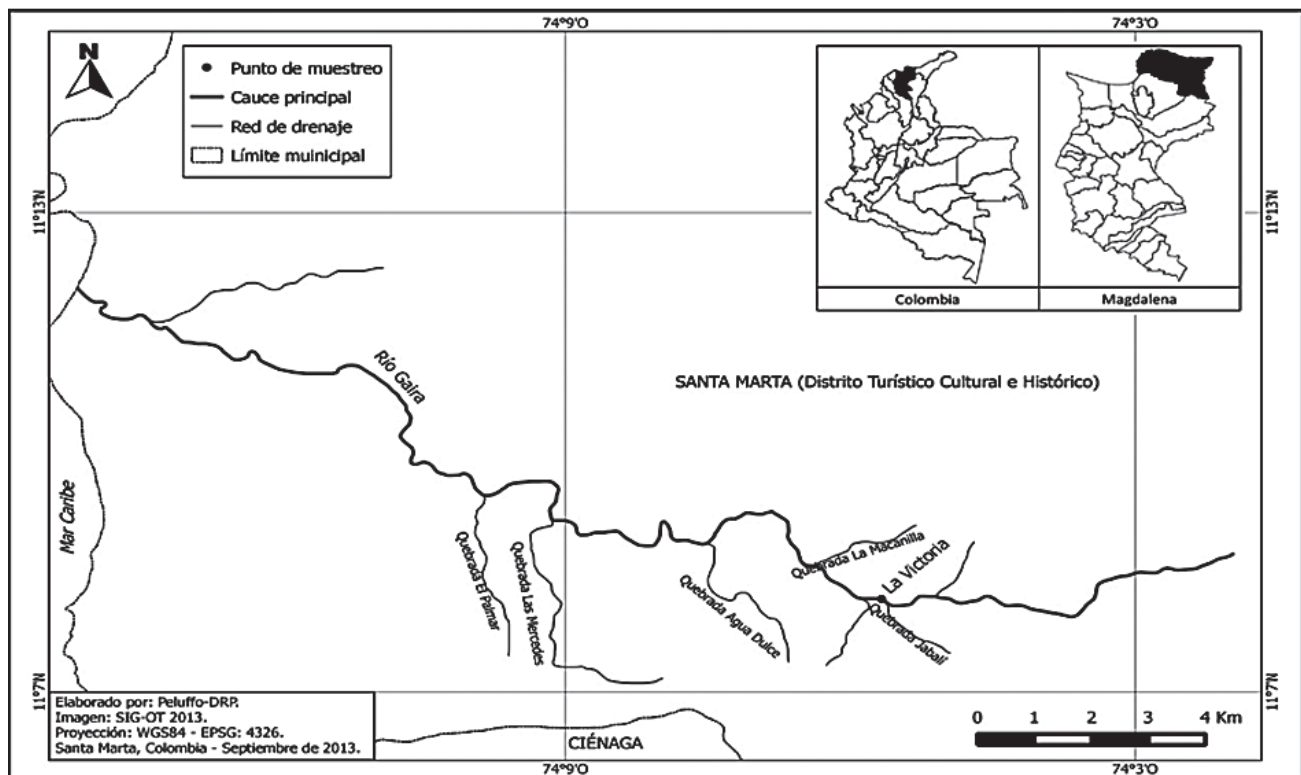


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Los suelos se caracterizan por ser suelos alcalinos, con valores bajos de materia orgánica y nitrógeno (Tabla 2). La parte media de la cuenca ha sido señalada como la zona más poblada y de importante desarrollo rural, comprende la franja cafetera entre 600 y 1400 msnm (Cuadrado, 2005).

Tabla 2. Características estructurales del bosque y características químicas del suelo

Características estructurales del bosque*															
Individuos	AB	DOR	FER	DER	IVI										
118	39,7	100	100	100	300										
Características químicas de los suelos															
SITIO	pH	MO	N	C	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Cu	Zn	B	Mn	Na
		-----%-----			-----cmol(+) kg ⁻¹ -----				-----ppm-----						
La Victoria	7,09	1,27	0,28	0,74	0,23	0,454	0,34	29	10,36	102,3	1,89	0,38	0,71	46,8	0,15

* AB= Área Basal (m²/ha); DOR= Dominancia Relativa (%); FER= Frecuencia Relativa (%) DER= Densidad Relativa (%) IVI= Índice de valor de importancia (para 32 especies). Propiedades químicas del suelo en la finca La Victoria ubicada en el tramo medio de la cuenca del río Gaira, 0-20 cm de profundidad. MO: Materia Orgánica.

Fuente: Cuadrado 2005.

Fase de campo

Teniendo en cuenta los trabajos realizados por Cuadrado (2005) y Gutiérrez (2009) y en previa visita al área de estudio se seleccionaron cinco especies dominantes (*Poulsenia armata*, *Zygia longifolia*, *Nectandra cf. turbacensis*, *Pouteria arguacoensium* y *Ficus cf. insipida*) sobre las cuales se estimó la producción de hojarasca, la cual fue monitoreada con trampas de hojarasca circulares (0,5 m² de diámetro), forradas en tela de malla fina (500 µm de poro), colocadas a 1 m sobre el nivel del suelo (Ramírez, Zapata, León & González, 2007; Castellanos & León, 2010). Las trampas se distribuyeron de manera sistemática (Rocha-Loredo & Ramírez-Marcial, 2009) en 10 transectos lineales distanciados cada 50 metros. Cada transecto se dispuso de manera perpendicular al río, de forma que abarcara las dos márgenes ribereñas y la superficie ocupada por el propio río. Las trampas dentro de cada transecto se ubicaron cada 10 m, para un total de 87 trampas distribuidas en un área aproximada de 40.000 m². La recolección del

material se realizó durante seis meses con una frecuencia bimensual. El material de las trampas fue etiquetado y transportado en bolsas, luego trasladado al laboratorio. Por otra parte, la precipitación fue monitoreada mediante un pluviómetro instalado en un sitio cercano, cuyos los registros se revisaron semanalmente.

Fase de laboratorio

El material colectado en la fase de campo fue separado en varias fracciones de acuerdo a la siguiente categorización: hojas de *P. armata* (Hpam), *Z. longifolia* (Hz), *N. cf. turbacensis* (Hn), *P. arguacoensium* (Hpa) y *F. insipida* (Hf), hojas de otras especies (HO), material leñoso (ML), reproductivo (MR) que incluía flores-frutos y otros restos (OR); posteriormente el material se llevó al horno a una temperatura de 65 °C, hasta obtener peso seco constante y luego se pesaron en una balanza analítica de 0,001 g de precisión.

Análisis de datos

Para determinar las diferencias estadísticas en la producción de la hojarasca y sus fracciones entre especies y entre los periodos climáticos se realizó la prueba de comparación no paramétrica de Kruskal-Wallis (K-W) debido a que los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas no se cumplieron. Para relacionar la producción de hojarasca foliar de las especies con la precipitación se aplicaron coeficientes de correlaciones de Pearson (r) y Spermán (p) dependiendo de la distribución de

los datos. Todos los análisis se efectuaron con el programa Statgraphics Centurion Versión 15.2.11.0.

Resultados

La producción de hojarasca fina durante los seis meses que comprendió el estudio fue de 3764.50 kg ha⁻¹. El coeficiente de variación presentó valores del 30% para la hojarasca total y valores altos (> 30%) para las especies y las diferentes fracciones (Tabla 3).

Tabla 3. Valores bimensuales de la caída de hojarasca fina en un tramo medio de la cuenca del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta – Colombia

Meses	Hpa	Hpam	HZ	Hn	Hf	HO	MR	ML	OR	H total
Oct - Nov	3.07 (254.2)	1.71 (212.7)	10.47 (67.4)	26.97 (52.5)	6.27 (240.4)	300.11 (33.5)	40.07 (45.6)	253.73 (54.0)	111.39 (64.3)	753.78 (32.1)
Dic - Enero	3.68 (213.3)	34.62 (185.6)	82.44 (82.1)	95.03 (55.5)	23.19 (168.6)	1021.26 (23.0)	129.04 (49.7)	247.32 (65.4)	89.29 (50.4)	1725.87 (24.5)
Feb-Mar	2.92 (281.0)	10.25 (160.1)	51.54 (49.4)	30.28 (72.7)	6.85 (105.3)	744.22 (29.7)	187.33 (25.5)	165.27 (56.7)	86.20 (35.6)	1284.86 (29.0)
Total	9.67 (246.7)	46.57 (181.0)	144.45 (69.4)	152.27 (58.4)	36.30 (169.1)	2065.59 (26.9)	356.45 (36.5)	666.32 (58.9)	286.89 (51.3)	3764.51 (27.6)

Valores promedios bimensuales (coeficiente de variación %). Hpa: Hojarasca foliar *P. arguacoensium*, Hpam: Hojarasca foliar *P. armata*, HZ: Hojarasca foliar *Z. longifolia*, HN: Hojarasca foliar *N. cf. turbacensis*, HF: Hojarasca foliar, *F. insipida*, HO: Hojas de otras especies, MR: material reproductivo, ML: material leñoso < 2 cm de diámetro, OR: otros restos, H Total: hojarasca fina total.

En general, los valores más altos en producción de hojarasca se registraron para la fracción foliar con 2454,85 Kgha⁻¹, seguida de ML con 666,31 Kgha⁻¹, MR con 356,44 Kgha⁻¹ y en menor proporción OR con 286,88 Kgha⁻¹ (Figura 2, Tabla 3). La producción de las diferentes fracciones de la hojarasca varió entre periodos; los meses de octubre - noviembre presentaron los menores valores del

material reproductivo con aportes de 40,06 Kgha⁻¹, el material leñoso presentó una producción similar en los periodos octubre - noviembre y diciembre - enero (253,72 y 247,31 Kgha⁻¹ respectivamente). La fracción de otros restos fue similar durante todo el experimento registrando valores más altos en los meses de octubre - noviembre con 111,38 kgha⁻¹ (Figura 3).

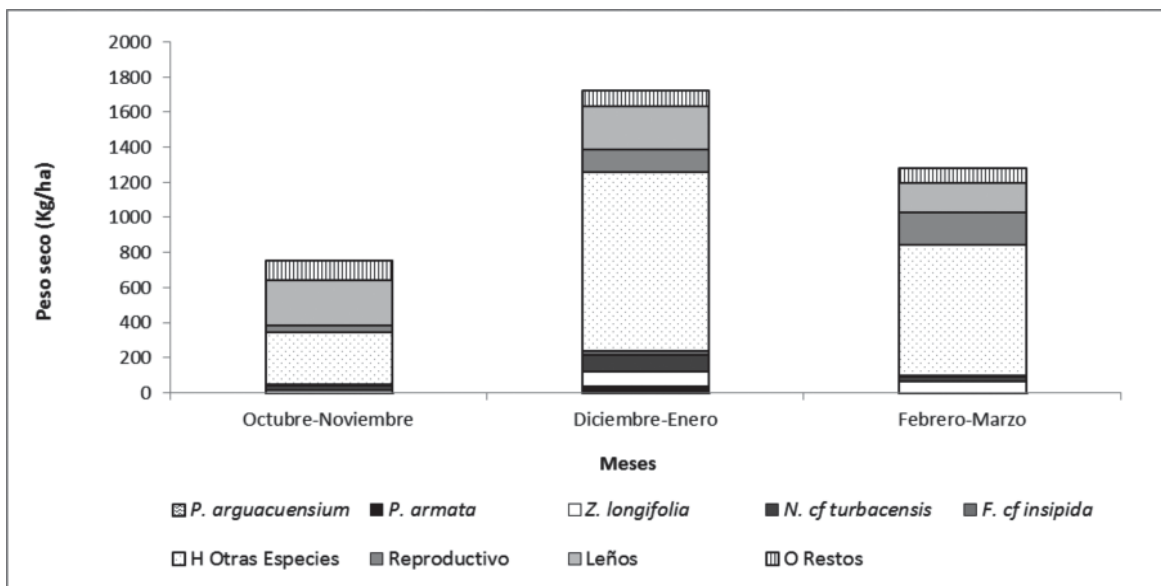


Figura 2. Producción total de hojarasca fina y por fracciones en cada uno de los meses de muestreo en el tramo medio de la cuenca del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta - Colombia.

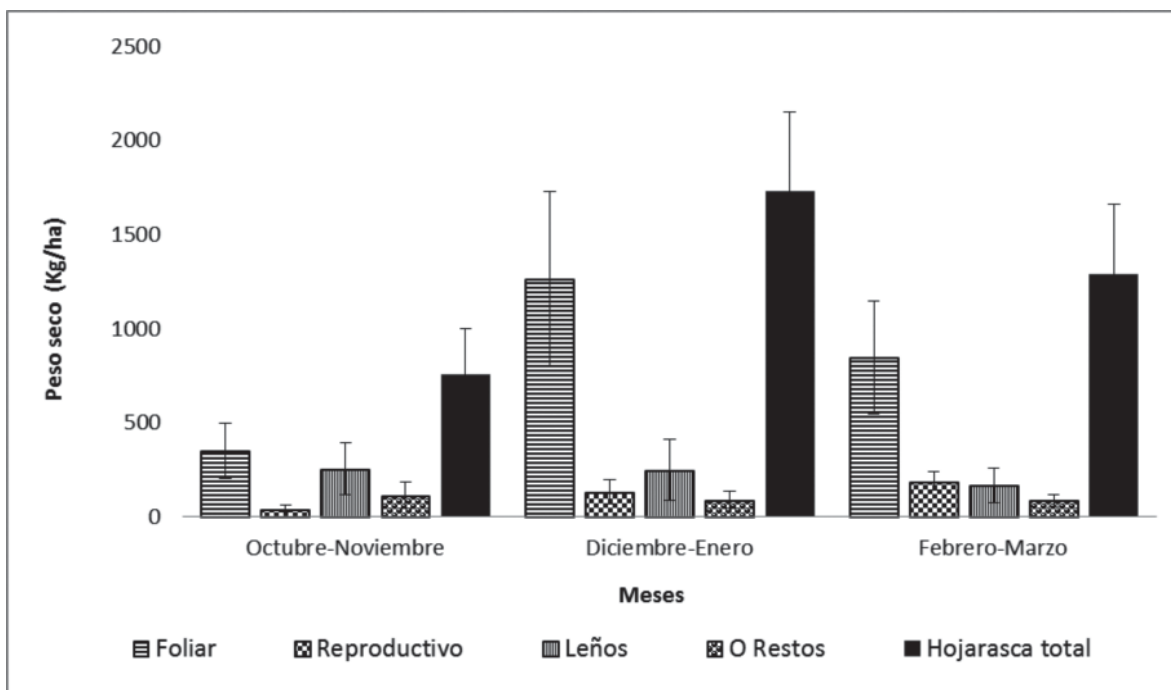


Figura 3. Aporte mensual de cada una de las fracciones de la hojarasca y el total de hojarasca fina caída en cada fecha de colecta en el tramo medio de la cuenca del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta – Colombia

El aporte de la fracción foliar de las cinco especies fue de 389,26 kgha⁻¹, la cual estuvo dominada por *N. cf. turbacensis* con 152,27 kgha⁻¹ (39%), seguida de *Z. longifolia* con 144,45 kgha⁻¹(37%), *P. ar-*

mata con 46,56 kgha⁻¹(12%), *F. insipida* con 36,30 kgha⁻¹(9%) y *P. arguacoensium* con 9,66 kgha⁻¹ (2%) (Tabla 3, Figura 4).

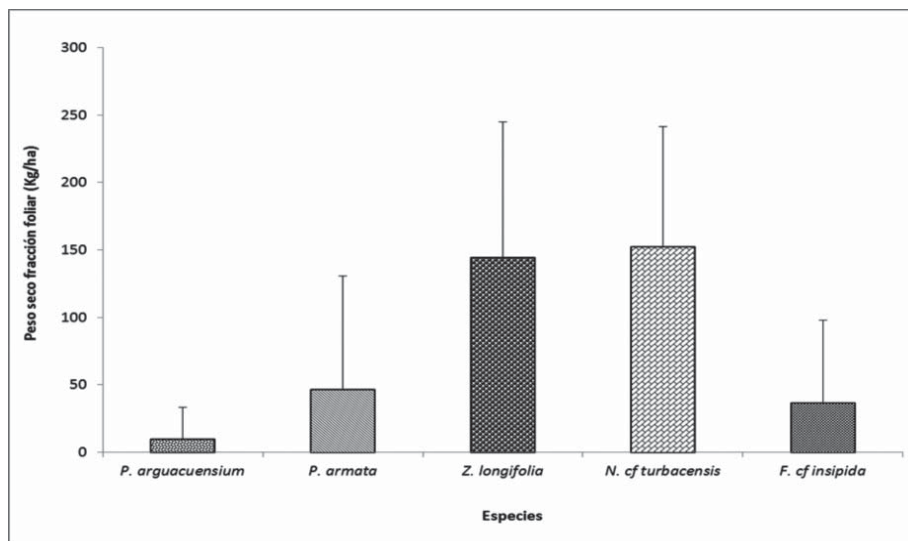


Figura 4. Aporte de hojarasca foliar de cinco especies representativas de un tramo de la cuenca medio del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta -Colombia.

Las barras representan la producción ($kg\ ha^{-1}$) semestral y las líneas la desviación ($DS\pm$).

Se presentaron diferencias significativas en el aporte de hojas caídas por especie durante el periodo de estudio ($P < 0,05$; K-W = 65,5; $n = 30$). La distribución mensual de la hojarasca foliar de las cinco especies mostró valores altos de producción en los meses de diciembre - enero ($238,95\ kg\ ha^{-1}$) (Figura 5). *P. armata*, *Z. longifolia* y *N. cf. turbacensis* registraron el menor

aporte durante los meses de octubre - noviembre los cuales oscilaron entre $1,70$ y $26,96\ kg\ ha^{-1}$, *P. arguacoensium* con valores de $2,91\ kg\ ha^{-1}$ registró la menor producción durante los meses de febrero - marzo y *F. cf. insipida* presentó valores similares en los meses de octubre - noviembre y en diciembre - enero con $6,26\ kg\ ha^{-1}$ y $6,84\ kg\ ha^{-1}$ respectivamente.

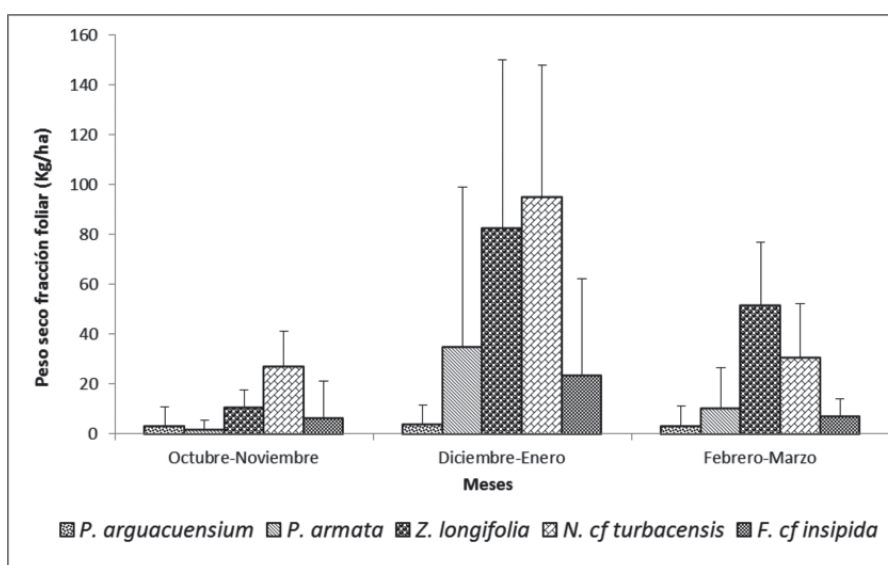


Figura 5. Producción mensual de hojarasca foliar de las cinco especies representativas de un tramo de la cuenca media del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta –Colombia,

Se registraron altos valores de producción de hojarasca foliar en diciembre – enero y febrero - marzo (101,83 - 238,95 kg ha^{-1}), lo cual coincidió con el periodo de disminución en la precipitación (71,26 mm), y durante los meses de octubre – noviembre evidenció la menor producción de hojarasca

foliar (1,70 kg ha^{-1} - 26,96 kg ha^{-1}) pero correspondió al periodo de mayores precipitaciones (754 mm) (Figura 6). No se presentaron relaciones significativas ($P > 0,05$) entre la producción de hojarasca foliar de las especies y la precipitación durante el periodo de observación.

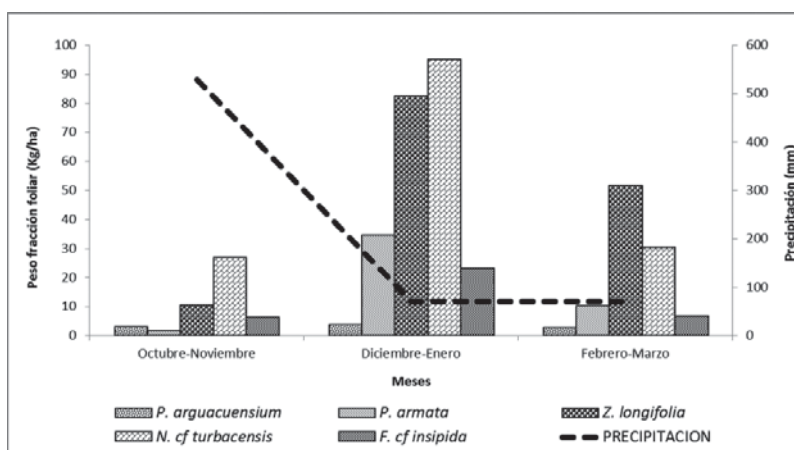


Figura 6. Valores medios de la precipitación en los periodos de muestreo y producción de hojarasca foliar en el área de estudio. Las barras representan los aportes de las fracciones de la hojarasca y la línea punteada la precipitación.

Al intentar establecer relaciones entre la producción de hojarasca fina y la precipitación (Figura 7), se determinó una reducción de la primera (40,06 kg ha^{-1}) con un alto valor en la segunda y un pequeño aumento en la fracción

otros restos (111,38 kg ha^{-1}). No obstante, no se presentaron relaciones significativas entre la producción de hojarasca foliar de las especies y la precipitación durante el periodo de observación ($P > 0.05$).

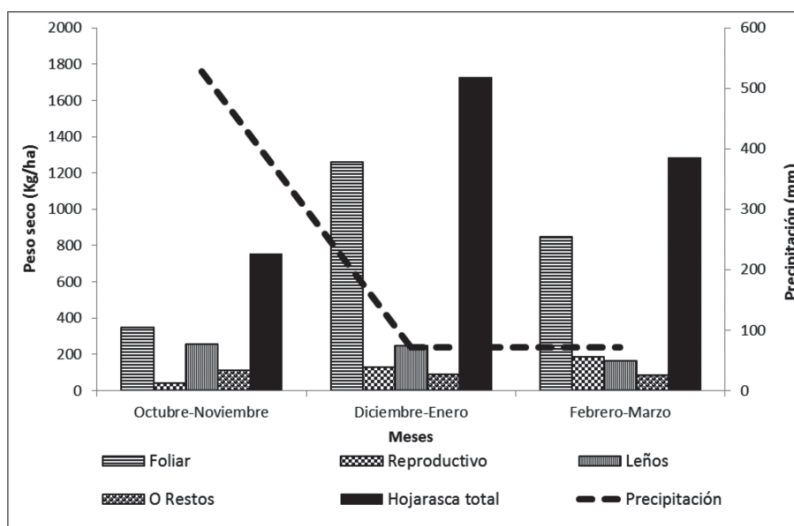


Figura 7. Valores medios de la precipitación en los periodos de muestreo y producción de hojarasca en el área de estudio. Las barras representan los aportes de las fracciones de la hojarasca y la línea punteada la precipitación.

Discusión y Conclusiones

La hojarasca fina total estimada, extrapolada a un año se estima en $7529 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, valor que cae en el intervalo de valores dentro de los rangos medios registrados para bosques húmedos tropicales (Tabla 4), asumiendo un comportamiento similar de los factores climáticos durante el experimento; sin embargo, estos tipos de bosques presentan variaciones en el patrón de hojarasca que se pueden atribuir a la composición de las especies y rango climático (Spain, 1984; Sundarapandian & Swamy, 1999; Prause *et al.*, 2003; Celentano, *et al.* 2011).

Los valores registrados por Fuentes & Rodríguez (2012), para la misma zona de estudio ($2745,71 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) son muy inferiores a los reportados en este estudio. Según Veneklaas (1991) las diferencias en las técnicas y el número de colectores empleados generan diversos valores en este tipo de estimaciones. En la presente investigación se emplearon un número adecuado de colectores (87) para medir la dinámica de la hojarasca fina, ya que la distribución del coeficiente de variación para el total de la hojarasca está en un rango del 30%, considerado como apropiado para estos tipos de estudios (Del Valle-Arango, 2003). Por otra parte, el coeficiente de variación para las fracciones fue alto, al igual que en las especies estudiadas (Tabla 3), lo que se atribuye a la estructura y composición del bosque. Del Valle-Arango (2003) en bosques pantanosos tropicales, indicó que coeficientes de variación altos están relacionados con la diversidad florística, el clima y el medio edáfico permanentemente saturado de humedad.

Las hojas aportaron cerca del 63% del total de la hojarasca fina, siendo la fracción dominante, Valores similares fueron registrados por Zamboni & Aceñolaza (2004) en un bosque de sauce en Argentina con (63%) y Quinto *et al.* (2007) en un bosque pluvial tropical en Salero - Chocó (60.7%), coincidiendo con el 70% de la producción de hojarasca en los bosques del mundo (Vargas & Varela, 2007). Sin embargo se considera que para zonas húmedas del trópico este valor es inferior al 70%

(Meentemeyer, 1982, Ramírez *et al.*, 2007).

La fracción leñosa fina (< 2 mm de diámetro) registrada en el presente estudio es comparable con la encontrada por Veneklaas (1991) en bosques altoandinos de Colombia (17,6%), así como con los valores reportados por Monedero & González (1995) en la Selva Nublada del Ramal Venezuela (18%) y Arunachalam, Pandey & Tripathi, (1998) en un bosque tropical húmedo del noreste de la India (16%). Sin embargo, estos porcentajes son muy variables debidos a eventos esporádicos de caída de ramas, troncos o muerte prolongada de un árbol, y que sus ramas o corteza caigan en las trampas de hojarasca (Rocha-Loredo & Ramírez-Marcial, 2009).

La producción de material reproductivo comprendió el 10,8% de la hojarasca fina total, estas proporciones variaron durante todos los muestreos (Figuras 3 y 7). Los mayores aportes se presentaron entre febrero – marzo, con una disminución considerable entre octubre - noviembre, lo que coincidió con el periodo de mayor precipitación. Este resultado difiere del encontrado por Quinto *et al.* (2007) en un bosque pluvial tropical de Colombia, quien señala que en las regiones tropicales es casi constante que las plantas tengan una máxima producción de flores cuando aumenta la pluviosidad. Cabe resaltar que la poca producción de flores pudo estar influenciada por las características particulares del bosque como la fenología de cada especie; aunque se observó abundante material reproductivo, no se reflejó en el peso del material. La producción de partes reproductivas en términos de porcentaje fue inferior que la de la fracción leñosa para otros bosques (Veneklaas, 1991; Sundarapandian & Swamy, 1999.). Sin embargo, en otros estudios el peso y el tamaño de las flores y frutos fueron mayores (Vargas & Varela, 2007) (Tabla 4).

La fracción otros restos o material no identificado fue del 7,6%, lo que coincide con lo encontrado por Fuentes & Rodríguez (2012) para la misma zona (bosque de ribera), quienes la identificaron como

misceláneos y la cual registró los menores valores del total de hojarasca fina. Castellanos & León (2010) en plantaciones de *Acacia mangium* (Mimosaceae), registraron el 6% de la hojarasca fina en este tipo de materiales, lo que coincide con los valores aquí determinados para esta fracción. No obstante, es una fracción difícil de comparar si se tiene presente que está compuesta de una mezcla de fragmentos pequeños, heces de animales y todo aquello que a simple vista es difícil de clasificar y que está dentro del rango propuesto para hojarasca fina.

Un aspecto destacado de nuestro estudio, es la determinación de diferencias significativas en la producción de hojarasca foliar de las especies de interés (*P. arguacensium*, *P. armata*, *Z. longifolia*, *N. cf. turbacensis* y *F. cf. insipida*). En particular, fue notoria la superioridad del par de especies *Z. longifolia* y *N. cf. turbacensis* (aportes relativos de 5,8% y 6,1%, respectivamente) sobre las especies restantes, siendo los valores de ambas muy similares entre sí. Son varios los factores que pueden influir en las diferencias encontradas entre las especies en términos de producción de hojarasca por ejemplo pueden indicarse aquellos de origen fenológico propios de cada especie (Palaniappan, Natarajan & Pitchairamu, 2012) y aquellos de carácter estructural del ecosistema (Yang, Wang, Kellomaki & Gong, 2005), como el índice de área basal y la densidad. Por otra parte, las cinco especies aportaron hojas durante todo el estudio, resultado de su carácter perennifolio, a diferencia de las especies caducifolias que pierden todo su follaje en alguna época del año (Sundarapandian & Swamy, 1999).

La precipitación no presentó una relación significativa con la producción de las diferentes fracciones de la hojarasca fina ni tampoco con la producción de hojarasca foliar de *P. arguacensium*, *P. armata*, *Z. longifolia*, *N. cf. turbacensis* y *F. cf. insipida*. Sin embargo, algunos autores afirman que las hojas no se desprenden solo en respuesta a la variación de la precipitación, sino que ello se deriva de un conjunto de factores climáticos, de efectos mecánicos de los vientos que llegan con las lluvias, factores edáficos y ecofisiológicos

complejos como crecimiento de las hojas, longevidad, senescencia y abscisión de nutrientes (retranslocación) (Lips & Duivenvoorden, 1996; Kirman *et al.*, 2007; Vargas & Varela, 2007; Chave *et al.*, 2010; Castellanos & León, 2010).

En términos generales los valores de producción de hojarasca fina aquí obtenidos fueron altos, lo cual supone que grandes cantidades de materia orgánica son retornadas al sistema para su recirculación en el caso de alcanzar tierra firme, incorporándose como fuente de materia prima para la descomposición y liberación de nutrientes que son usados por la microbiota y, que luego son utilizados por las especies vegetales. Por otra parte una menor proporción de los detritos orgánicos aportados como hojarasca alcanzan las aguas corrientes y son arrastradas fuera de su lugar de origen. Este proceso de producción de hojarasca cobra mayor importancia en el mantenimiento del bosque ribereño para la cuenca del río Gaira, la cual abastece a más de 40.000 habitantes de la ciudad de Santa Marta, proporcionando importantes bienes y servicios ambientales como la regulación hídrica y el control de la erosión en la cuenca. En particular, los elevados retornos de materia orgánica a través de la caída de hojarasca aquí determinados, dan cuenta de una alta productividad primaria del ecosistema que favorece una intrincada red de relaciones ecológicas entre los diferentes componentes físicos y biológicos que conforman este ecosistema estratégico, y que resaltan la importancia de las actividades que propendan por la conservación de estos bosques ribereños. La complejidad ecosistémica señalada supone la verificación allí de una mayor resiliencia y con ella una mayor capacidad para recuperarse del disturbio (Restrepo, Florez, Osorio & León, 2013), aspectos que ofrecen garantías en cuanto al mantenimiento de funciones ecosistémicas clave para el soporte de servicios ambientales asociados a los recursos agua y suelo de los que depende la urbe. Por otra parte, desde la perspectiva de orientar la restauración ecológica de áreas ribereñas a corrientes de agua como las aquí estudiadas, se puede señalar que las especies *N. cf. turbacensis* y *Z. longifolia* muestran potencial para fungir como nucleadoras. Ambas especies además

de estar presentes en estas áreas y ser allí dominantes, exhiben altas tasas de producción de hojarasca fina y foliar, fuente de carbono y nutrientes necesarios

para la activación del ciclo biogeoquímico y con éste el soporte necesario para el crecimiento y desarrollo de la vegetación (León *et al.*, 2013).

Tabla 4. Producción de hojarasca fina (kg ha⁻¹año⁻¹) en diferentes tipos de bosques tropicales.

Tipo de bosque	Altitud	Precipitación	Ubicación o localidad	HF	ML	MR	OR	Total	Fuente
Bosque Húmedo	700 - 900	2249,8	La Victoria, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia	5562	3062	1100	1259	2746	Fuentes y Rodríguez 2011
	1500	2500	Monteverde, Costa Rica	----	----	----	----	6300 - 7700	Kirman <i>et al.</i> 2007
	1300-2100	4900	Reserva natural La Planada, Nariño, Colombia	-----	-----	-----	-----	5240-7320	Varga y Varela 2007
	5	3500	Llanura de inundación del río Patía, Pacífico Colombiano	5910-12420	1410-1880	840-1820	-----	9140-15640	Del Valle-Arango 2003
	2350	2291	Parque Nacional Sierra Nevada, Estado de Mérida Venezuela	5260	1600	280	----	7710	Ramírez y Ataroff 2001
	1900	2500	Shillong, India	----	----	----	----	4623 - 7666	Arunachalam <i>et al.</i> 1998
	----	----	Xalapa México	----	----	----	----	8450	Williams-Linera y Tolome 1996
	----	1588	Venezuela	7700	1900	1100	----	10700	Monedero y González 1995
Bosque Húmedo	2550	2115.00	Cordillera central, Colombia	4600	1000	660	470	7030	Veneklaas 1991
	2300	1500	Venezuela	3400	1100		230	7000	Veneklaas 1991
	450	1771	Brasil	6000	990	530	----	7600	Spain 1984
	425	2500	Panamá	----	----	----	----	10.480	Spain 1984
	137	2725	Panamá	5830	2300	1230	----	11100	Spain 1984
	700-900	2249	La Victoria Sierra Nevada de Santa. Colombia	2455	666	356	287	3765	En este estudio
Bosque Muy húmedo	750	3000	Colombia	6.640	1.970	120	-----	8.730	Spain 1984
	750	3000	Colombia	8730	3090	360	-----	12020	Spain 1984

Se informa la altitud (msnm) la precipitación media anual (mm) la producción de la hojarasca foliar (HF), la producción del material leñoso (ML), la producción del material reproductivo (MR).

Agradecimientos

Al Fondo de Investigación de la Universidad del Magdalena - FONCIENCIAS, por la financiación del proyecto. A la familia Weber Strubbs por facilitar las instalaciones de la hacienda La Victoria para la realización de los muestreos. A los estudiantes Gabriel Henríquez, Catalina Pérez, Melissa Tobías, Lilia Mejía, Natalia Molina, Juan David Ospino, Karen Rojano, Duvan Pérez y a todos los miembros del grupo de investigación que participaron en la recolección del material biológico y procesamiento de muestras.

Literatura citada

1. Arunachalam, A., Pandey, H.N. & Tripathi, R.S. (1998). Fine litterfall and nutrient dynamics during forest regrowth in the humid subtropics of north-eastern India. *Forest Ecology and Management* 110: 209 - 219.
2. Castellanos, J. & León, J. (2010). Caída de Hojarasca y Dinámica de nutrientes en plantaciones de *Acacia mangium* (MIMOSACEAE) de Antioquia, Colombia. *Acta biológica Colombiana* 15 (2) 289-308.
3. Celentano, D., Zahawi, R., Finegan, B., Casanoves, F., Ostertag, R., Cole, R. & Holl, K. (2011). Restauración Ecológica de Bosques Tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de la hojarasca. *Revista de Biología Tropical* 59 (3): 1323 - 1336.
4. Chave, J., Navarrete, D., Almeida, S., Álvarez, E., Aragao, D., Bonal, L., et al. (2010). Regional and seasonal patterns of litterfall in tropical South America. *Biogeosciences* 7: 43 - 55.
5. Cuadrado, B. (2005). Estructura y composición florística del bosque ripario de la cuenca del río Gaira, Magdalena, Colombia. Trabajo de pregrado, Universidad del Magdalena, Facultad de Ciencias Básicas. Santa Marta, Colombia. 89 pp.
6. Del Valle-Arango, J. (2003). Cantidad, calidad y nutrientes reciclados por la hojarasca fina en bosques pantanosos del pacífico sur colombiano. *Interciencia* 28 (8): 443 - 449.
7. Deluque, Y. (2005). Deriva de macroinvertebrados bentónicos y la materia orgánica gruesa en la cuenca baja del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta), Colombia. Trabajo de pregrado, Universidad del Magdalena, Facultad de Ciencias Básicas. Santa Marta, Colombia. 36 pp.
8. De Groot, R.S., Wilson, M.A. & Boumans, R.M.J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
9. Fuentes, N. & Rodríguez, J. (2012). Eficiencia en el retorno potencial de nutrientes vía hojarasca de un bosque tropical de ribera. Sierra Nevada de Santa Marta – Colombia. *Acta Biológica Colombiana* 17 (1): 51 - 66.
10. Guerrero, F. & Zúñiga, B. (2005). Descomposición acuática de hojarasca de especies nativas y exóticas en la cuenca media y baja del río Gaira Magdalena. Trabajo de pregrado, Universidad del Magdalena, Facultad de Ciencias Básicas. Santa Marta, Colombia. 73 pp.
11. Gutiérrez, R. (2009). Uso del suelo, vegetación ribereña y calidad del agua de la microcuenca del río Gaira, Santa Marta, Colombia. Trabajo de posgrado presentado para optar al título de Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Turrialba, CR. CATIE. 130 pp.
12. Gutiérrez, M., Méndez, J., Flórez, C., Ramírez, J. & Gutiérrez, B. (2012). Caída de hojarasca en plantaciones de *Pinus greggii* Engelm y *Pinus cembroides* Zucc., En Coahuila, México. *Revista Fitotecnica Mexicana* 35 (2): 123 - 133.
13. Hernández, J., González, H., Ramírez, R., Cantú, I., Gómez, M., Pando, M. & Estrada, A. (2013). Producción de Hojarasca y Retorno Potencial de Nutrientes en tres sitios del Estado de Nuevo León, México. *Revista Polibotánica* 35: 41 - 64.
14. Kirman, S., Strasberg, D., Gronding, V., Colin, F., Guilles, J. & Meunier, J. (2007). Biomass and litterfall in a native lowland rainforest: Marelongue Reserve, La Reunion Island, Indian Ocean. *Forest Ecology and Management* 252: 257 - 266.
15. Lavado, M., Núñez, E. & Escuder, J. (1989). Variaciones mensuales en el aporte de biomasa al suelo de distintas especies de matorral mediterráneo. *Options Méditerranéennes – Série Séminaires* 3: 167 - 172.
16. León, J. D., González, M. I. & Gallardo, J. F. (2011). Ciclos biogeoquímicos en bosques naturales y plantaciones de coníferas en ecosistemas de alta montaña de Colombia. *Revista de Biología Tropical* 59 (4): 1883-1894.
17. León, J.D., Castellanos, J., Casamitjana, M., Osorio, N.W. & Loaiza, J.C. (2013). Alluvial gold-mining degraded soils reclamation using *Acacia mangium* plantations: an evaluation from biogeochemistry. En: R. Hai (Ed.), pp. 155-176. *Plantations Biodiversity, Carbon Sequestration and Restoration*. Nova Science Publishers: New York (ISBN: 978-1-60876-576-8). 239 p.
18. Lips, J. & Duivenvoorden, J. (1996). Fine litter input to terrestrial humus forms in Colombian Amazonia. *Oecologia* 108:138-150.
19. Meentemeyer, V. (1982). World Patterns and Amounts of Terrestrial Plant Litter Production. *BioScience* 32 (2): 125 - 128.
20. Murcia, M. (2010). Productividad primaria neta del bosque altoandino en la cuenca del río Pamplonita (norte de Santander - Colombia) sucesión regenerativa del bosque altoandino. Trabajo de grado presentado para optar al título de Doctor. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Instituto de Ciencias Naturales, Bogotá, Colombia. 100 pp.

21. Monedero, C. & González, V. (1995). Producción de hojarasca y descomposición en una selva nublada del ramal interior de la cordillera de la costa, Venezuela. *Ecotrópicos* 8 (1-2): 1 - 14.
22. Palaniappan, P., Natarajan, S. & Pitchairamu, C. (2012). Litter Fall Dynamics in Azhagar Hills of the Eastern Ghats, Tamilnadu, India. *International Journal of Biotechnology*, 3 (2): 26 - 32.
23. Prause, J., Caram, D. & Angeloni, P. (2003). Variación mensual en el aporte de hojas de cuatro especies forestales nativas del parque Chaqueño húmedo (Argentina). Quebracho, *Revista de Ciencias Forestales* 10: 39 - 45.
24. Quinto, M., Ramos, P. & Abadía, B. (2007). Cuantificación de la caída de la hojarasca como medida de la productividad primaria neta en un bosque pluvial tropical en Salero, Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó* 26: 28 - 41.
25. Ramírez, J., Zapata, C., León, J. & González, M. (2007). Caída de Hojarasca y Retorno de Nutrientes en Bosques Montanos Andinos de Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Interciencia* 32 (5): 303 - 311.
26. Restrepo, M. F., Flórez, C. P., Osorio, N.W. & León, J.D. (2013). Passive and Active Restoration Strategies to Activate Soil Biogeochemical Nutrient Cycles in a Degraded Tropical Dry Land. *ISRN Soil Science* 2013: 1-6.
27. Rocha-Loredo, A. & Ramírez-Marcial, 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* 84: 1 – 12.
28. Rodríguez, J. (2011). Descriptores funcionales en un sistema fluvial de montaña. Santa Marta, Colombia. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia Bogotá D.C. 130 pp.
29. Spain, A.V. (1984). Litterfall and the standing crop of litter in three Tropical Australian Rainforests *Journal of Ecology* 72: 947 - 961.
30. Sundarapandian, S.M. & Swamy, P.S. (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.
31. Tamarís-Turizo, C.E. & López, H.J. (2006). Aproximación a la Zonificación Climática de la Cuenca del Río Gaira. *Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales* 3: 69 – 76.
32. Vargas, L. & Varela, A. (2007). Producción de hojarasca de un bosque de niebla en la reserva natural la planada (Nariño, Colombia). *Universitas Scientiarum* 12: 35-49.
33. Veneklaas, E.J. (1991). Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. *Journal of Tropical Ecology* 7: 319 - 336.
34. Williams-Linera, L. & Tolome, J. (1996). Litterfall, Temperate and Tropical Dominant Trees and Climated in a Lower Montane Forest. *Biotropica* 28(4b): 649 - 656.
35. Yang, W., Wang, K., Kellomaki, S. & Gong, H. (2005). Litter Dynamics of Three Subalpine Forests in Western Sichuan. Science Press, Beijing *Pedosphere* 15(5): 653-659.
36. Zamboni, P. & Aceñolaza, P. (2004). Aporte al conocimiento de ciclos de materia orgánica (MO) en formaciones boscosas de la llanura de inundación del río Paraná. *Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino. Insugeo-Conicet*. 12:161-168.