

ARTÍCULO CIENTÍFICO

Ruth Bonilla¹, Belisario Roncallo²,
José Jimeno³, Tatiana García⁴Leaf litter production and
decomposition of native forest and
Leucaena sp. systems in Codazzi, Cesar

ABSTRACT

Indiscriminate forest logging is associated with soil erosion processes, due, among other factors, to the interruption of the recycling process. By this mechanism, plant species, individually or in community, can contribute with the nutrient return to agroecosystems. The purpose of this research was to evaluate the leaf litter production and decomposition and to determine the factors involved. Leaf litter production and decomposition, identification and quantification of soil organisms were done. The relationship between environmental factors and leaf fall was analyzed by the Pearson correlation coefficient. For leaf decomposition, regression analysis was performed. Estimated leaf litter production was 16.7 and 13.2 t/ha/yr in a tropical dry secondary and a *Leucaena* sp. system, respectively. At the forest system no significant correlation was found for temperature, humidity and precipitation with leaf litter, but a significant correlation was found for wind. The greater component of the necromass was due to leaf, corresponding to 62.2% and 73.5% in the forest and the *Leucaena* sp. system respectively. The highest density of organism was found at the dry forest, increased during the wet season in both systems and decreased with soil depth. High decomposition rates were registered in both systems and followed an exponential model. The highest rate was recorded at the *Leucaena* sp. system with 7.8×10^{-5} t/ha/yr.

Keywords: Forest litter, biota, mass, soil organisms, soil nutrient.

Radicado: 1 de octubre de 2008
Aceptado: 9 de diciembre de 2008

¹ Bióloga Ph.D. Investigadora principal. Laboratorio de Microbiología de Suelos, Centro de Biotecnología y Bioindustria (CBB), Corpoica, C.I. Tibaitatá, Mosquera, Cundinamarca. rbonilla@corpoica.org.co

² Médico veterinario, M.Sc Investigador principal. Corpoica, Estación Experimental Motilonia, Codazzi, Cesar. broncallo@corpoica.org.co

³ Biólogo, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja, Tunja, Boyacá.

⁴ Bióloga, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Tunja, Tunja, Boyacá.

Producción y descomposición de la
hojarasca en bosques nativos y de *Leucaena* sp.,
en Codazzi, Cesar

RESUMEN

La tala indiscriminada de los bosques se asocia con procesos erosivos de los suelos debido, entre otros factores, a la interrupción del proceso de ciclaje de nutrientes. Por este mecanismo, las especies vegetales individualmente o en comunidad pueden contribuir con el retorno de nutrientes a los agroecosistemas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de la producción y descomposición de la hojarasca, y determinar los factores involucrados en estos procesos. Se determinó la producción, descomposición de hojarasca, identificación y cuantificación de organismos del suelo. La relación entre factores ambientales y caída de hojarasca se analizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson; para la descomposición foliar se realizaron análisis de regresión. La producción estimada de hojarasca fue de 16,7 y 13,2 t/ha/año en el relicto de bosque seco y sistema basado en *Leucaena* sp., respectivamente. En el bosque no fue significativa la correlación entre los factores temperatura, humedad relativa y precipitación con la producción de hojarasca; sí se presentó correlación significativa con el factor viento. El mayor componente de necromasa estuvo representado por las hojas, con valores de 62,2% en el bosque nativo y 73,5% en el sistema basado en *Leucaena* sp. En el bosque nativo se encontró la mayor densidad de organismos; ésta aumentó en la época de lluvias en ambos sistemas y disminuyó a mayor profundidad del suelo. Se registraron altas tasas de descomposición en los sistemas evaluados y las curvas de descomposición presentaron un modelo de tipo exponencial; la tasa más alta se registró en el sistema basado en *Leucaena* sp. ($7,8 \times 10^{-5}$ t/ha/año).

Palabras clave: hojarasca forestal, biota, masa, organismos del suelo, nutrientes del suelo.

INTRODUCCIÓN

LA TALA INDISCRIMINADA de los bosques, y el manejo inadecuado de los suelos y de los agroquímicos han conducido al deterioro edáfico en sus características físicas, químicas y biológicas, causando pérdida de la productividad y competitividad de los sistemas agropecuarios.

La caída de la hojarasca representa el mayor proceso de transferencia de nutrientes de las partes aéreas de la planta hacia el suelo (Vitousek *et al.*, 1994, citado por Schlatter *et al.*, 2006). La hojarasca que cae al suelo forma un estrato orgánico conocido como mantillo, el cual cubre el suelo y lo protege de los cambios de temperatura y de humedad, y también permite que retornen elementos nutritivos en una cantidad importante (Schlatter *et al.*, 2003; Schlatter *et al.*, 2006). Los residuos vegetales depositados (hojas, ramas, flores y frutos) son una fuente valiosa de materia orgánica que después de sufrir procesos de descomposición liberan elementos nutritivos que se incorporan al suelo para ser nuevamente utilizados por las plantas (Bradford, 2002, citado por Laossi *et al.*, 2008).

La producción de nueva biomasa unida a las velocidades de descomposición y transferencia de los elementos nutritivos depende en gran parte de las condiciones edafológicas, climatológicas, de la biota y calidad de los nutrientes presentes en la hojarasca; disponer de esta información es necesario para generar un manejo racional de los recursos naturales que garantice mayor eficiencia y sostenibilidad de los agroecosistemas.

En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo identificar y evaluar el comportamiento de la producción y descomposición de la hojarasca en un relicto de bosque seco tropical y en un sistema basado en acacia forrajera (*Leucaena* sp.), y determinar los factores que inciden directamente en cada proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la estación experimental Motilonia ubicada en el municipio Agustín Codazzi (Cesar). Tuvo una duración de ocho meses, entre diciembre de 2000 y julio de 2001, y comprendió una época seca y una de lluvia.

Para realizar el estudio de producción y descomposición de hojarasca se establecieron los siguientes tratamientos: 1) relicto de bosque seco tropical poco intervenido (figura 1); y 2) sistema basado en *Leucaena* sp. (figura 2). En cada tratamiento se dispuso de una extensión de 2700 m² con parcelas experimentales de 900 m² de área.

Factores climáticos

La información climática (precipitación, temperatura, velocidad del viento y

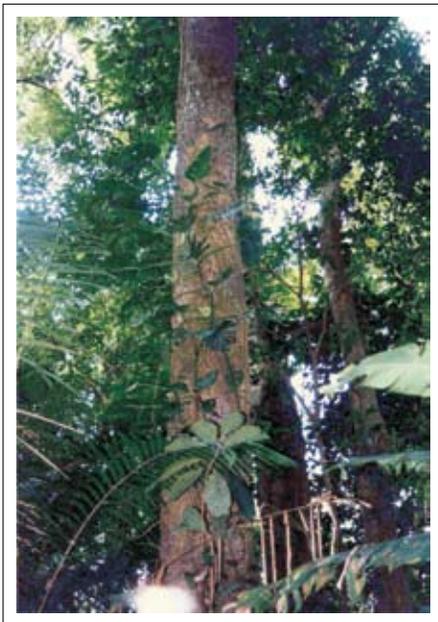


Figura 1. Relicto de bosque seco tropical



Figura 2. Sistema basado en *Leucaena* sp.

humedad relativa) se tomó diariamente en la estación meteorológica de la Estación Experimental Motilonia, desde diciembre de 2000 hasta julio de 2001.

Suelos

Las muestras de suelo se tomaron a 20 cm de profundidad. Se analizó una muestra compuesta, conformada por cinco submuestras por cada tratamiento, esto debido a que la topografía es uniforme. La textura y las características químicas de los suelos se procesaron según metodología descrita en el Manual de análisis de suelos, plantas y aguas para riego (ICA, 1989).

Producción de hojarasca

Para coleccionar el material caído de los árboles se ubicaron al azar 10 colectores construidos con fibra sintética y alambre dulce, en un área de colección de 0,2 m², colocados a una altura de 70 cm del suelo, en parcelas de 30 x 30 m en los diferentes sitios de muestreo. Se colocaron en total 30 colectores en cada sistema, y cada 15 días se retiró el material para su posterior procesamiento (Anderson e Ingram, 1989).

Descomposición de la hojarasca

La descomposición de la hojarasca se estudió en el relicto de bosque seco tropical y en el sistema basado en *Leucaena*

sp., aplicando la siguiente metodología: Inicialmente se identificaron y clasificaron las especies vegetales presentes en el relicto de bosque con el propósito de determinar su contribución individual en la producción de hojarasca. El proceso de descomposición de hojarasca se evaluó utilizando el método propuesto por Anderson e Ingram (1989), consistente en estimar la pérdida de peso seco de la hojarasca en relación con el peso seco inicial. En cada tratamiento se utilizaron tres repeticiones (parcelas) y dentro de cada parcela se colocaron al azar 16 bolsas para un total de 48 bolsas por tratamiento; cada bolsa contenía 15 gramos de peso seco de material foliar y mensualmente se retiró para procesamiento una muestra por cada parcela, es decir, tres bolsas de cada tratamiento.

Para observar la participación de los organismos en la descomposición y transformación del material vegetal se aplicaron dos tratamientos: bolsas con poros de malla de 1 mm sin orificios, y bolsas con poro de malla de 1 mm con agujeros de 10 mm ubicados en la cara superior, según método propuesto por Hernández y Murcia (1992).

Organismos del suelo

Para la determinación de la macrofauna se utilizó el método propuesto por Anderson e Ingram (1989), consistente en la realización de tres calicatas (25 x 25 x 30 cm) en cada sitio de muestreo, haciendo extracción de la edafofauna manualmente en cada perfil del suelo evaluado (Mantillo, 0-10, 10-20 y 20-30 cm); los artrópodos colectados en campo se preservaron en alcohol al 70% y las lombrices en formol al 10%. La determinación taxonómica se realizó en la categoría Orden según claves taxonómicas.

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar con dos tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson (r) para encontrar el grado de relación entre los fenómenos ambientales y la caída de hojarasca.

Para la descomposición foliar se realizaron análisis de regresión entre la variable dependiente tiempo y la independiente peso, mediante la ecuación:

$Y_{(x)} = X_0 e^{-k \cdot t}$, donde:

$Y_{(x)}$ = peso remanente en el proceso de descomposición

X_0 = peso inicial del material sometido a descomposición

e = base del logaritmo natural

K = constante de descomposición

t = tiempo transcurrido

Este análisis permitió determinar el cambio esperado en Y como resultado de una unidad de cambio en X. La información de la producción de hojarasca y otras variables se analizaron mediante varianza y estadística descriptiva.

RESULTADOS

Clima

En el periodo de estudio se registró un total de 206 mm de precipitación con el valor más alto en el mes de mayo (92 mm) y el menor en los meses de enero y febrero (0,0 mm). La temperatura media durante el tiempo de estudio fue 29,1°C, siendo el valor más alto el registrado en febrero con 30,2°C, y los más bajos en los meses de diciembre y mayo con 27,6°C y 27,8°C, respectivamente. La velocidad del viento presentó un promedio de 3,38 km/h; se registró el máximo valor en febrero (6,46 km/h) y el más bajo en diciembre (1,80 km/h). La humedad relativa osciló de 82,8 a 59,8%, siendo mayo el mes con mayor porcentaje de humedad relativa y febrero, el de menor humedad.

Suelos

Los suelos de los dos sistemas estudiados son de textura franco arcillosa (Far). El bosque nativo presentó la mayor concentración de materia orgánica (M.O.) (3%), mientras en el sistema basado en *Leucaena* sp. el contenido fue de 2,7%. Los contenidos de fósforo, potasio y calcio presentaron valores altos en los suelos de ambos sistemas, con baja presencia de sodio (tabla 1).

Producción de hojarasca

Producción de hojarasca en el bosque nativo

La cantidad total de material vegetal caída en el bosque fue de 16,7 t/ha/año, considerada alta para ecosistemas fores-

Tabla 1. Características físico-químicas del suelo. Estación Experimental Motilonia (Codazzi, Cesar)

Sistemas	Textura	pH	M.O. %	P ppm	Ca	Mg	K	Na
					Meq/100 g suelo			
Bosque nativo	Far	6,9	3,0	124	19,7	2,57	0,50	0,30
Sistema <i>Leucaena</i> sp.	Far	6,2	2,7	117	10,0	2,19	0,70	0,33

tales tropicales; estos valores son superiores a los obtenidos en bosques húmedos tropicales por varios autores (Huntel y Bernard, 1975; Golley, 1975; Rodríguez, 1987; Burbano, 1989, citado por Sánchez y Gómez, 1999; Palacios-Bianchi, 2002; Mosquera *et al.*, 2007). Este efecto puede atribuirse a que en la formación vegetal del bosque seco tropical, la mayor parte de las especies son caducifolias, las cuales pierden gran parte de su follaje en los prolongados periodos de déficit hídrico.

No fue significativa la correlación entre los factores temperatura, humedad y precipitación con la producción de hojarasca. Posiblemente no hubo correlación entre los factores estudiados debido a que el periodo de tiempo fue muy corto. Sin embargo, se presentó una correlación significativa con el factor viento; la época de mayor producción correspondió a la más alta velocidad del viento (febrero).

En los dos sistemas evaluados se presentó caída continua de material durante todo el periodo de muestreo (figura 3), la cual puede atribuirse a la posición ecuatorial. Sin embargo, se observan periodos de mayor aporte. En el bosque la máxima producción se presentó en febrero (2,41 t/ha) y los valores mínimos de caída de hojarasca se presentaron en los meses de mayo (0,88 t/ha) y julio (0,86 t/ha).

Producción de hojarasca en el sistema basado en *Leucaena* sp.

En el sistema basado en *Leucaena* sp., se obtuvo una producción de hojarasca de 13,2 t/ha/año; con valores máximos en los meses de diciembre (1,46 t/ha) y junio (1,49 t/ha) y los más bajos en marzo (0,57 t/ha) (figura 3). Estos valores son superiores a los obtenidos por Mahecha *et al.* (2000) y Crespo *et al.* (1999) en evaluaciones con *Leucaena* sp., pero son superiores a los obtenidos por Crespo *et al.* (2000) con *Albizia lebeck*.

No fue significativa la correlación de los factores ambientales con la producción de hojarasca. No obstante, se observó que la máxima producción se alcanzó en diciembre y junio, épocas precedidas de los meses con mayor precipitación (noviembre y mayo), es decir, se presentó una renovación del follaje en el inicio de las épocas de sequía. Sánchez *et al.* (2003) afirman que las fluctuaciones en la producción de hojarasca en bosques tropicales muestran un patrón de producción, que revela un aumento en las épocas de menor precipitación, lo cual está asociado al déficit hídrico, ante el cual las plantas reaccionan perdiendo el follaje.

Hojarasca caída por estructuras

Bosque nativo. En el bosque nativo el mayor componente de la necromasa estuvo

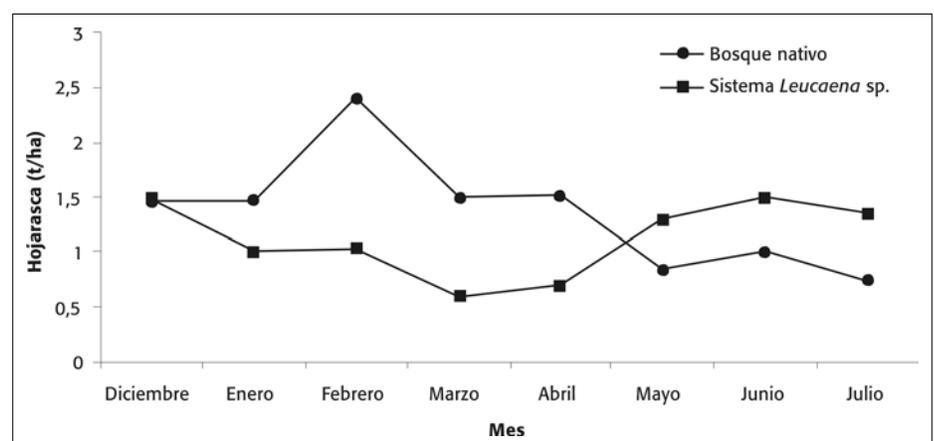


Figura 3. Producción de hojarasca en el bosque nativo y en el sistema basado en *Leucaena* sp.

representado por las hojas, que aportó 10,4 t/ha/año (tabla 2), correspondiente a 62,2%; las ramas ocuparon el segundo lugar con 2,5 t/ha/año. Las flores y los frutos presentaron valores bajos, 1,4 y 1,1 t/ha/año respectivamente (tabla 2). Se afirma que en condiciones tropicales, las hojas contribuyen entre 60 y 70% con la producción total del material vegetal (Bray y Gorhan, 1964).

Rodríguez (1987) obtuvo en una zona de bosque húmedo tropical una producción de hojas equivalente al 82,7%; por su parte Rodríguez y Rosas (1993) registraron un aporte de las hojas de 74,4% en un bosque a 3100 msnm. Según Burbano (1989), en áreas tropicales la producción de nueva fitomasa es equiparable a la deposición y descomposición de restos vegetales, de modo que en estas condiciones se tienen en estos ecosistemas un ciclo cerrado de elementos nutritivos. En este sentido las hojas desempeñan 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.

Sistema basado en *Leucaena* sp. En este sistema la producción de hojas fue

de 9,7 t/ha/año, equivalente a 73,5% del total (tabla 2). El segundo componente mayor representado fueron los frutos (2 t/ha/año). Las ramas registraron valores más bajos (1,2 t/ha/año), seguido por las flores (0,12 t/ha/año); estos resultados son inferiores a los obtenidos por Crespo y colaboradores (2000) con la especie *Cajanus cajan* en la cual las hojas representaron 86,6%.

El alto porcentaje de hojas en la producción de hojarasca le permite a *Leucaena* sp., acumular altas cantidades de materia orgánica y de esta manera retornar importantes cantidades de nutrientes al suelo.

Aporte por especie a la hojarasca del bosque nativo

Los valores máximos de producción de hojarasca fueron obtenidos en las especies *Anacardium excelsum* (Caracolí) y *Guazuma ulmifolia* (Guácimo), con producciones de 1,35 y 1,18 t/ha/año, respectivamente. La especie *Spondias mombin* presentó una producción intermedia (0,9 t/ha/año); *Astronium* sp. (Garcero) y *Basiloxilon* sp. (Guacamayo) presentaron los menores aportes (figura 4).

Algunas especies como *Anacardium excelsum*, *Guazuma ulmifolia*, *Spondias mombin*, *Astronium* sp. y *Basiloxilon* sp. presentaron una producción continua de hojarasca. Cada especie presentó un pico de producción en tiempos diferentes coincidiendo con periodos de sequías: *Spondias mombin* presentó su valor máximo de producción en diciembre; *Anacardium excelsum*, durante el mes de enero; *Basiloxilon* sp., en febrero; *Guazuma ulmifolia*, en marzo; *Astronium* sp., en julio. El comportamiento observado indica que existe un aporte permanente de hojarasca y un flujo continuo de nutrientes en este sistema.

Organismos del suelo

Macrofauna

En la época de sequía (0,0 mm de precipitación), la densidad poblacional de la macrofauna del suelo presente en el sistema basado en *Leucaena* sp., fue menor que la encontrada en el bosque nativo. En todos los tratamientos se presentaron incrementos de las densidades en la época de lluvia, siendo de 78,1% y 82,7% en el sistema basado en *Leucaena* sp., y en el bosque nativo, respectivamente. Durante esta época la distribución de los organismos no fue similar en los diferentes perfiles del suelo; en la sequía se observó una reducción de la densidad poblacional a mayor profundidad del suelo en el relicto del bosque nativo, mientras que en el sistema basado en *Leucaena* sp. se comportó, así: 0-10 > 20-30 > 10-20. Entretanto, en épocas de lluvia, los sistemas basados en *Leucaena* sp., y bosque nativo presentaron una distribución en su densidad de población en el siguiente orden: 0 - 10 > 20-30 > 10-20, siendo relevante la presencia de fauna edáfica en el mantillo del bosque nativo.

Las concentraciones de humedad del suelo y la actividad biológica de los diferentes organismos están asociadas a la presencia de la edafofauna en los distintos niveles de profundidad del suelo. En los dos sistemas evaluados, la distribución de los organismos no se comportó de igual forma entre los estratos y predominaron los individuos en el primer estrato; esto puede atribuirse a que en el primer horizonte se encuentra depositado el mayor contenido de residuos orgánicos, lo cual crea condiciones favorables para el desarrollo de los organismos des-

Tabla 2. Aporte de la hojarasca (t/ha/año) discriminada por estructuras. Estación Experimental Motilonia

Sistema	Hojas	Ramas	Flores	Frutos	Otros	Total
Bosque nativo (t/ha/año)	10,4	2,5	1,4	1,1	1,3	16,7
Porcentaje	62,2	15,0	8,4	6,6	7,8	100,0
Sistema basado en <i>Leucaena</i> sp. (t/ha/año)	9,7	1,2	0,1	2,0	0,2	13,2
Porcentaje	73,5	9,1	0,7	15,1	1,6	100,0

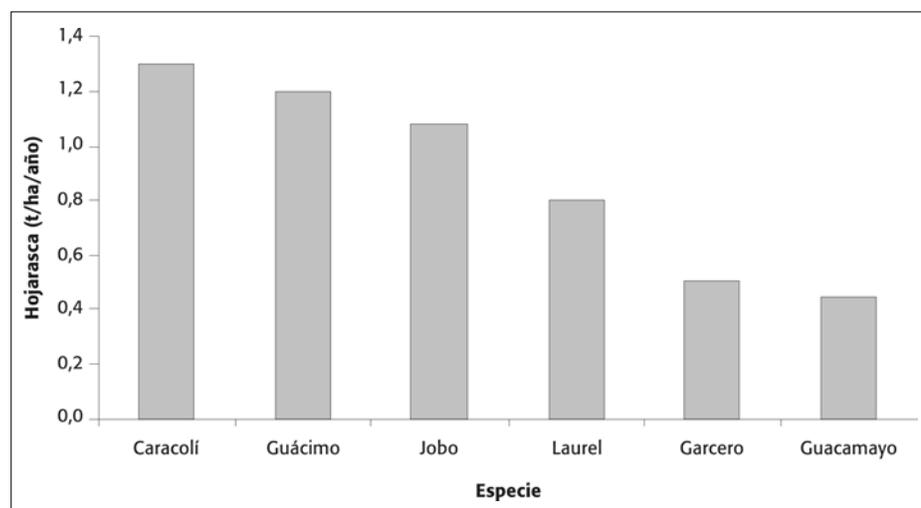


Figura 4. Aportes por especie a la hojarasca del bosque nativo

componedores (fauna detritívora). Dentro de la macrofauna del suelo se resalta la presencia de los artrópodos, los cuales revisten gran importancia por la cantidad de individuos, su biomasa, su función trófica y por la variedad de especies que representan los diversos grupos. La tasa de descomposición de la hojarasca puede ser afectada por la abundancia absoluta así como por la diversidad de la fauna (González y Seastedt, 2001, citados por Hou *et al.*, 2005)

La presencia y diversidad de especies en la macrofauna estuvo influenciada por la época del año y los sistemas evaluados (figura 5).

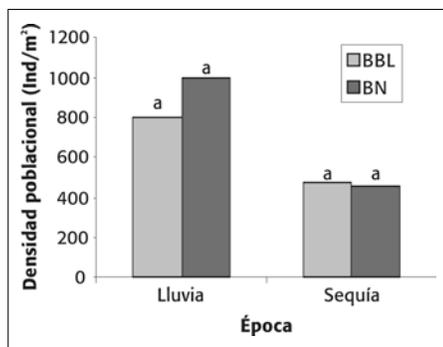


Figura 5. Densidad de macrofauna por estación climática en los tratamientos evaluados: BBL: bosque basado en *Leucaena* sp. BN: bosque nativo

En el sistema basado en *Leucaena* sp., las densidades más altas en la época de sequía correspondieron a los órdenes Coleoptera (39,0 %), Himenoptera (16,7%), Isoptera (12,2%) y Oligoqueta (12,2%); mientras que en épocas de lluvia, los órdenes predominantes fueron Isoptera (29,4%), Coleoptera (23,7%) e Himenoptera (16,3%). Mahecha *et al.* (2000) evaluaron el comportamiento de la macrofauna en un sistema silvopastoril establecido con *Leucaena* sp. y encontraron que ésta aumentaba significativamente durante la época de lluvia, siendo los Coleópteros y Oligoquetos los órdenes con mayor población.

En el bosque nativo, los órdenes presentes en época de sequía fueron: Himenoptera (53,0%), Coleoptera (24,1%) y Diplopoda (9,63%). En época de lluvia predominaron los órdenes Himenoptera (31,6%), Isoptera (12,6%), Aranea (12,1%), Oligochaeta (12,1%) y Chilopoda (11,0%). En este sistema se encontró la mayor den-

sidad de organismos. Las lluvias ejercieron un efecto positivo en la aparición de nuevos grupos: Homópteros, Seudoescorpiones e Isópodos; así mismo, la densidad aumentó en 82,7% (1011,5 individuos/m²) y se observó un aumento significativo de grupos como Isópodos, Chilopodos y Haplotaxida (lombrices).

La fauna edáfica desempeña un papel importante en la regulación de los procesos del suelo, puesto que ingieren una mezcla de partículas orgánicas y minerales, que al excretar son de gran tamaño y contienen mayor cantidad de materia orgánica (Lavelle, 1994). La presencia de estos grupos facilita la incorporación de nutrientes e incrementa la aireación y la capacidad de retención de agua en el suelo dadas las diversas actividades que realizan (Lobo y Veiga, 1990, citado por Sánchez, 1997). Adl (2003, citado por Hou *et al.*, 2005) indica que macrofauna como Oligochaeta, Gastropoda, Diplopoda, Isoptera, Isoptera, Coleoptera e Himenoptera, y mesofauna como Oribatida y Allembola son importantes fragmentadores de hojarasca o detritívoros.

Descomposición de la hojarasca

El presente estudio reveló el registro de altas tasas de descomposición en los dos sistemas evaluados. Las curvas de descomposición presentaron un modelo de tipo exponencial (figura 6) similar a los registrados por otros autores como Jenny *et al.* (1949), Jordan (1985), y Sánchez y Gómez (1999).

Cada uno de los sistemas presentó una curva exponencial diferente (figura 6),

dependiente posiblemente de las condiciones de humedad, temperatura, características edafológicas (bióticas y abióticas) y calidad de los nutrientes específicos para cada sistema. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Anderson e Ingram (1993), Jordan (1985), y Sánchez y Gómez (1999). Al comienzo del proceso la descomposición fue más rápida, y a medida que las sustancias fácilmente degradables desaparecían la actividad disminuyó y la descomposición fue más lenta. Berg (2000, citado por Schadler y Brandl, 2005), sugiere que las interacciones basadas en diferentes contenidos de nitrógeno y lignina de la hojarasca pueden ser más pronunciadas en la última fase del proceso de descomposición. Según Fioretto y colaboradores (2005), la descomposición de la hojarasca está determinada por la calidad en términos de abundancia de sus diferentes componentes, así como de la disponibilidad de nutrientes del suelo.

La tasa más alta de descomposición se presentó en el sistema basado en *Leucaena* sp., con $7,8 \times 10^{-5}$ t/ha/año; la cual es semejante a la obtenida por Parra (2000) en diferentes leguminosas arbustivas, donde encontró una liberación de 70% en la especie *Cratylia argentea*. Valores más bajos se encontraron para las especies *Flemingia macrophylla* (40%) y *Codariocalyx gyroides* (25%). Esta situación puede estar asociada a las altas concentraciones de nitrógeno presente en los tejidos y al rápido retorno de este elemento, que a su vez facilita el reciclaje de los demás nutrientes. Los valores de descomposición están asociados a la cantidad de nutrientes que poseen las hojas en un momento dado ya que estos son responsables de la

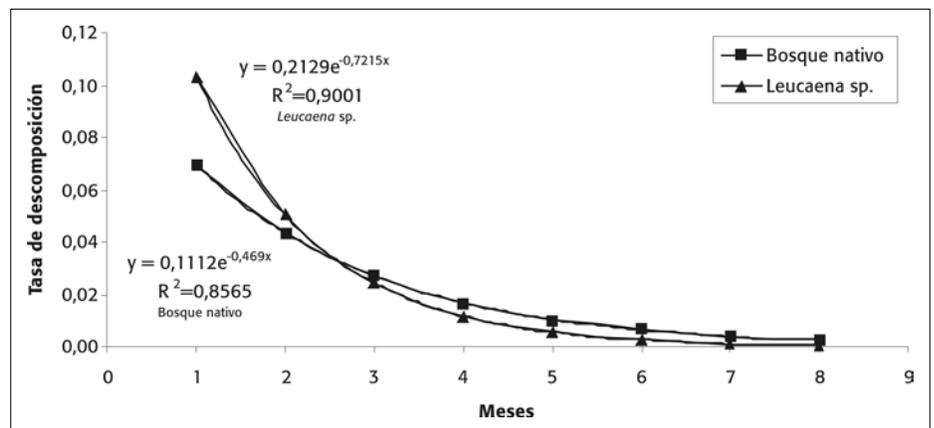


Figura 6. Tasa de descomposición de la hojarasca en un bosque nativo, sistema basado en *Leucaena* sp., en Codazzi, Cesar

cantidad de organismos descomponedores que se pueden encontrar (Hernández y Murcia, 1992). Estudios realizados con leguminosas asociadas a gramíneas demostraron que el elemento de mayor reciclaje presente en este sistema fue el nitrógeno, el cual mejora la composición química del suelo (Mahecha *et al.*, 2000). Durante la época de lluvia se presentó un aumento en la macrofauna, hecho que pudo acelerar el proceso de degradación como se observa en la figura 5. Durante mayo y junio la descomposición tiende a ser más rápida coincidiendo con los meses de lluvia. El bosque nativo presentó un comportamiento en sus tasas de descomposición de $1,9 \times 10^{-3}$ t/ha/año.

En el presente trabajo durante la época seca se presentó una disminución en los artrópodos; dentro de este grupo los isópteros presentaron una baja participación con un porcentaje de 1,91; estos organismos son de vital importancia en la transformación de los compuestos lignocelulósicos. Los artrópodos maceran las hojas transformando los compuestos orgánicos complejos en compuestos más simples a través de su sistema digestivo; estas excretas son transformadas por otros organismos que favorecen la actividad por parte de bacterias y hongos, eslabones fundamentales en la descomposición (Jordan, 1985).

Ensayos realizados por Gómez y Sánchez (1999) relacionados con la descomposición de residuos vegetales con altas concentraciones de moléculas lignocelulósicas registraron bajas tasas de descomposición ya que esta molécula no se descompone fácilmente debido a la complejidad de sus enlaces. Por el contrario, una baja relación carbono/nitrógeno (C/N) y un bajo contenido de lignina pueden hacer de la hojarasca un recurso alimenticio más atractivo para una gran variedad de descomponedores (Jordan, 1985). La celulosa y la lignina, los más abundantes componentes de la hojarasca, son descompuestos lentamente; los altos contenidos de lignina influyen, reduciendo la tasa de descomposición de la hojarasca al inicio y final del proceso (Fioretto *et al.*, 2005).

Los anteriores argumentos explican parcialmente las menores tasas de descomposición de los residuos en el bosque.

Se pudo apreciar que la mayoría de las especies presentaban hojas con gruesas cutículas, de parénquima leñoso, características que se asocian con presencia de altos contenidos de lignina y celulosa. Schädler y Brandl (2005) encontraron que una tasa de desaparición de la hojarasca fue negativamente correlacionada con el contenido inicial de carbono y positivamente correlacionada con el contenido inicial de nitrógeno.

Descomposición en bolsas con agujeros

La tasa de descomposición fue mayor en el sistema basado en *Leucaena* sp. seguida por el bosque nativo. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos con y sin agujeros en los dos sistemas, lo cual indica que el tamaño del poro puede influir en la velocidad de la descomposición de la hojarasca, debido a que todos los organismos (microfauna, mesofauna y macrofauna) pueden acceder libremente al sustrato (figura 7). La biota del suelo desempeña un papel integral en los procesos de descomposición. Se ha demostrado que la fauna del suelo desempeña un papel importante en la descomposición de bosques tropicales (Liu y Zou, 2002; González y Seastedt, 2001, citados por Ruan *et al.*, 2005). Los invertebrados del suelo pueden influir sobre la descomposición por transformación de la hojarasca o a través de interacciones con microorganismos (Adl, 2003, citado por Hou, 2005).

CONCLUSIONES

En todos los sistemas evaluados la velocidad de descomposición es rápida en las

etapas iniciales y gradualmente el proceso se reduce con el transcurrir del tiempo, situación explicada por la presencia de compuestos lignocelulósicos de difícil degradación.

El tamaño del poro en las bolsas para evaluar la descomposición de la hojarasca influye en la velocidad de degradación, gracias a que facilita el acceso de los organismos del suelo al sustrato.

La macrofauna edáfica presentó la mayor densidad poblacional en el bosque nativo: en todos los sistemas evaluados la densidad se incrementa en la época de lluvia y, por lo general, presenta una tendencia a disminuir a mayor profundidad del suelo.

REFERENCIAS

- Anderson JM, Ingram JS. 1989. Tropical Soil Biology and fertility. A Handbook of Methods. CAB. International. Wallingford, Oxon. p. 171.
- Bolívar DM, Ibrahim M, Kass D. 1999. Características químicas de un suelo ácido y composición mineral de *Brachiaria humidicola* bajo un sistema silvopastoril con *Acacia mangium*. En: Fundación CIPAV. Cali, Colombia http://www.cipav.org.co/redngrofor/memorias_99/Bolivar.htm [consulta: diciembre 2001].
- Bray JR, Gorham E. 1964. Litter production in forest of the world. En: Cragg JB, Ed. Advances in Ecological Research. Academic Press. Vol 2. London, New York p. 101-157.
- Burbano H. 1989. El suelo, una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Serie de investigaciones, Universidad de Nariño. Boletín de investigación No. 1. Pasto, Colombia. 190 p.

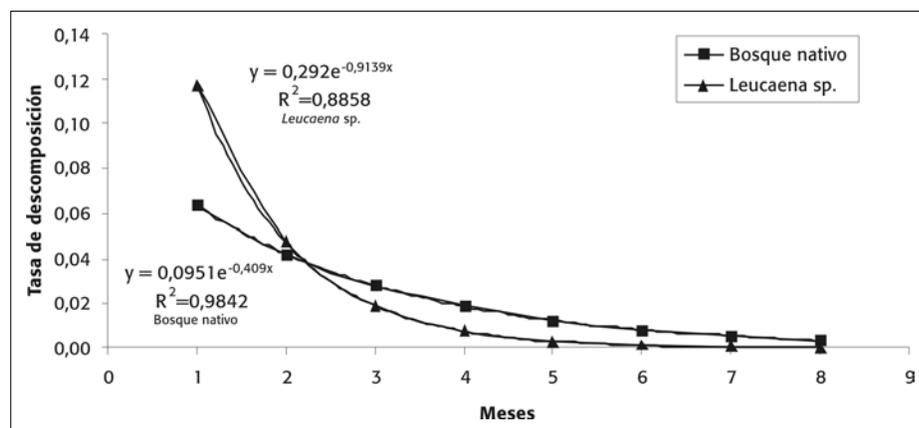


Figura 7. Tasa de descomposición de hojarasca utilizando bolsas con agujeros en un bosque nativo y en un sistema basado en *Leucaena* sp., Codazzi, Cesar

- Crespo G, Rodríguez I, Fraga S. 1999. Influencia de *Albizia lebbbeck* y *Leucaena leucocephala* en indicadores del suelo, el pasto y los animales en sistemas silvopastoriles. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Crespo G, Rodríguez I, Fraga S. 2000. Estudio de la acumulación de hojarasca y nutrientes retornados por ellas en las especies *Albizia lebbbeck* (L.) Benth y *Cajanus cajan* (L.) Millsp. En: IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Memorias tomo I. Matanzas, Cuba.
- Fioletto A, Dinardo C, Papa S, Fuggi A. 2005. Lignin and cellulose degradation and nitrogen dynamics during decomposition of three leaf litter species in a Mediterranean ecosystem. *Soil Biology & Biochemistry* 37: 1083-1091.
- Golley FB. 1975. Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. Athens, University of Georgia Press, 245 p.
- Gómez J, Sánchez M. 1999. El proceso de descomposición de residuos vegetales. Universidad Nacional, Palmira. Material para docencia, p. 12-14.
- Guerrero R. 1991. Fertilización de cultivos en clima cálido. 2ª ed. Barranquilla. Monómeros Colombo-Venezolanos S. A., p 37-43.
- Hernández ML, Murcia MA. 1992. Estimación de la productividad primaria de *Espeletia grandiflora* H & B y *Pinus patula* Schl & Cham en el páramo El Granizo, Cundinamarca, Colombia (trabajo de grado), Bogotá, Universidad Nacional, Biología.
- Hou P, Zou X, Huang Ch, Chien H. 2005. Plant litter decomposition influenced by soil animals and disturbance in a subtropical rainforest of Taiwan. *Pedobiología* 49(6): 539-547.
- Huntel C, Bernhard-Reversat F. 1975 Recherches sur l'écosystème de la forêt subéquatoriale. *Terra et la Vie* 29(2): 203-228.
- Instituto Colombiano Agropecuario. 1989. Manual de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. ICA. Manual de asistencia técnica No. 47, Bogotá, 236 p.
- Jenny H, Gessel SP, Bingham FT. 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. *Soil Science* 68: 419-432.
- Jordan CF. 1985. Nutrient cycling in tropical forest ecosystems. Athens, Georgia Institute of Ecology, University of Georgia, p. 73-86.
- Laossi K, Barot S, Carvalho D, Desjardins T, Lavelle P, Martins M, Mitja D, Rendeiro A, Rousseau M, Velásquez E, Grimaldi M. 2008. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. *Pedobiología* 51: 397- 407.
- Lavelle P. 1994. Fauna activity and soil process: adaptive strategies that determine ecosystem function. 15th World Congress of Soil Science. Vol 1: Inaugural and state of the art conferences. Acapulco, México. p 189.
- Mahecha L, Molina CH, Molina EJ. 2000. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica".
- Mosquera H, Ramos Y, Abadía D. 2007. Cuantificación de la caída de hojarasca como medida de la productividad primaria neta en un bosque pluvial tropical en Salero, Chocó, Colombia. *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*, 25: 28-41.
- Palacios-Bianchi P. 2002. Producción y descomposición de hojarasca en un bosque maulino fragmentado. En revista *Biología Ambiental* (en línea).
- Parra FA. 2000. Las leguminosas arbustivas como alternativa forrajera, de cobertura y reciclaje de nitrógeno para zonas agroecológicas del trópico medio. Palmira, Corpoica-Pronatta, Boletín técnico 17: 1-10.
- 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. *Revista Interciencia*, vol. 32(5): 303-311.
- Rodríguez E, Rosas ML. 1993. Caída de hojarasca en el bosque alto andino del Carpanta. En: Fundación Natura Colombia. Carpanta selva nublada y páramo. Bogotá, Presencia, p 81-84.
- Rodríguez L. 1987. Consideraciones sobre la biomasa, composición química y dinámica del bosque pluvial tropical de colinas bajas. Bajo Calima. Buenaventura, Colombia. CONIF, serie documentación, 16, 36 p.
- Ruan H, Li Y, Zou X. 2005. Soil communities and plant litter decomposition as influenced by forest debris: Variation across tropical riparian and Upland sites. *Pedobiología* 49: 529-538.
- Sanches M, Prieto D, Peral C, Tamburi C, Caseri R, Berazain R. 2003. Producción de hojarasca en un bosque semideciduo estacional en Sao Pedro, Potirendaba, Sao Paulo, Brasil. *Revista del Jardín Botánico Nacional*, 24(1-2): 173-176.
- Sánchez M, Gómez J. 1999. Dinámica de descomposición de residuos orgánicos sólidos. Material para docencia. Palmira, Universidad Nacional, p 2-9.
- Sánchez S. 1997. Evolución de la biota del suelo en un sistema de manejo rotacional racional intensivo. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba, 20: 143-147.
- Schäladler M, Brand R. 2005. The invertebrate decomposers affect the disappearance rate of litter mixtures. *Soil Biology and Biochemistry* 37(2): 329-337.
- Schalatter J, Gerding V, Calderón S. 2006. Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de *Eucalyptus nitens*. Chile, *Revista Bosque* 27(2): 115-125.
- Schalatter J, Grez R, Gerding V. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 1148 p.