
CAÍDA Y DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA DE *JUGLANS NEOTROPICA* DIELS (1906) (JUGLANDACEAE) EN UN BOSQUE MONTANO ANDINO, PIJAO (QUINDÍO), COLOMBIA

LEAF FALL AND LEAF LITTER DECOMPOSITION OF *JUGLANS NEOTROPICA* DIELS (1906) (JUGLANDACEAE) IN AN ANDEAN MOUNTAIN FOREST, PIJAO (QUINDÍO), COLOMBIA

Sindria Y. Rave-Oviedo^{1,3}, Mónica Montenegro-Ríos^{1,4}, Ligia J. Molina-Rico^{2,5}

Resumen

Se evaluó la caída y descomposición de hojarasca de *Juglans neotropica* Diels (1906) (Juglandaceae) en dos unidades boscosas: bosque maduro intervenido (**BMI**) y bosque sucesional joven (**BSJ**) en la reserva natural “El Árbol de La Cheta”, Pijao (Quindío), Colombia. La caída de hojarasca se evaluó en 32 parcelas permanentes de 0,0625 m², durante 12 meses, la descomposición se determinó con el método de bolsas de hojarasca enterradas, durante seis meses. La caída total de hojarasca en el BMI fue de 48,5 kg/ha¹/año¹, y para BSJ 50,9 kg/ha¹/año¹. La biomasa en el BMI estuvo dominada por frutos (50,3%), y la fracción foliar en el BSJ (44,5%). Finalmente no existe diferencia significativa en la caída de hojarasca entre los sitios de muestreo ($U = 1.108$, $p > 0,05$). En el proceso de descomposición, la hojarasca perdió más del 50% del peso inicial en los primeros 90 días en el BMI, y en el BSJ perdió el 46,39%. La descomposición de hojarasca se ajustó a un modelo lineal con valores promedios de k (año⁻¹) de 1,76 en el BMI, y 1,74 en el BSJ, con una explicación del 96,34% para el BMI, y del 98,33% para el BSJ. El tiempo requerido para que se descomponga el 99% de la hojarasca es de 2,6 años para los dos sitios. La rápida pérdida de peso es consistente con la concentración de N (5,29%) y la relación C/N (8,37%) de la hojarasca.

Palabras clave: bosque maduro intervenido, bosque sucesional joven, Colombia, descomposición, hojarasca, *Juglans neotropica*, relación C/N

Abstract

Leaf fall and leaf litter decomposition of *Juglans neotropica* Diels (1906) were analyzed in two forests: mature intervened forest (**BMI**) and young successional forest (**BSJ**) in the natural reserve “El Árbol de la Cheta”, Pijao (Quindío), Colombia. Litterfall was assessed in 32 permanent plots of 0.0625 m² for 12 months; leaf litter decomposition was determined through the use of buried litter bags during six months. The total litter fall in the BMI was 48.5 kg/ha¹/year¹, and 50.9 kg/ha¹/year¹ in the BSJ. Biomass in the BMI was dominated by fruits (50.3%), and by leaf fraction in the BSJ (44.5%). Finally, there was no significant difference in litterfall between sampling sites ($U = 1,108$ $p > 0.05$). In the process of decomposition, the litter lost more than 50% of its initial weight in 90 days in the BMI, while in the BSJ it lost 46.39%. Litter decomposition was fit to a linear model with average values of k (año⁻¹) of 1.76 in the BMI, and 1.74 in the BSJ, with an adjustment of 96.34% in the BMI, and 98.33% in the BSJ. The time required to decompose 99% of the litter was 2.6 years for the two sites. Rapid weight loss is consistent with the concentration of N (5.29%) and the C/N relation (8.37%) of the litter.

Key words: Colombia, *Juglans neotropica*, litter decomposition, mature intervened forest, relation C/N, young successional forest

Recibido: febrero de 2012; aceptado: febrero de 2013.

¹ Programa de Biología, Universidad del Quindío. A. A. 460. Armenia (Quindío), Colombia.

² Docente. Programa de Licenciatura: Educación Ambiental. Universidad del Quindío. A. A. 460. Armenia (Quindío), Colombia.
Correos electrónicos: ³ <sindriayurleyr@hotmail.com>; ⁴ <moni.montenegrorios@gmail.com>; ⁵ <janneth@uniquindio.edu.co>.

INTRODUCCIÓN

La producción de hojarasca representa un componente fundamental de la productividad primaria neta en ecosistemas arbóreos y está regulada fundamentalmente por procesos biológicos y climáticos, por características como la topografía del suelo, la especie vegetal, la edad y la densidad del bosque (Prause et al. 2003). La acumulación y descomposición de la hojarasca regula la cantidad y composición de la materia orgánica del suelo (Aber y Melillo 1991) siendo también responsables de la formación de sustancias húmicas (Berg y McLaugherty 2008).

La hojarasca incluye las partes vegetales (frutos, hojas y ramas) que caen al suelo proveniente de las especies del lugar. Estos residuos constituyen 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 (Laossi et al. 2008) y la descomposición de este material es el principal proceso de reciclaje de nutrientes en un ecosistema. Esta es la fuente de carbono para la síntesis del humus del suelo, así como fuente de energía y nutrientes para microorganismos e invertebrados que participan en su fraccionamiento y descomposición (Del Valle 2003). Este proceso de descomposición se inicia cuando cae la hojarasca al suelo, está controlado por factores internos que hacen referencia a la calidad intrínseca de la propia hojarasca y factores externos como el clima, la cantidad y la naturaleza de los microorganismos y animales descomponedores que están presentes en el suelo (Coûteaux et al. 1995).

La composición de las especies forestales determina las características químicas de la hojarasca y afecta el proceso de descomposición (Xuluc-Tolosa et al. 2003). Los bosques tropicales albergan una gran diversidad de especies forestales que contribuyen a la transferencia de nutrientes al suelo, pero estas

han sido pobremente estudiadas con respecto al aporte que brindan a la movilización de nutrientes en el bosque. Las especies que tiene un comportamiento caducifolio aportan mayor biomasa y la velocidad de descomposición suele ser alta (Dziadowiec 1987).

La especie *Juglans neotropica* Diels (1906) (Juglandaceae) ha sido ampliamente explotada, por lo que ha sido categorizada en peligro (EN) según el libro rojo de plantas maderables de Colombia (Cárdenas y Salinas 2006). Esta especie crece naturalmente en el norte de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Bolivia, entre los 1.600 y 3.000 m de altitud (Ospina et al. 2003). Los estudios sobre esta especie se han enfocado en las características estructurales, por lo que se desconoce el aporte ecosistémico que *J. neotropica* genera a los bosques donde habita, al ser caducifolia su aporte de biomasa al suelo es grande y probablemente sustenta la movilización de nutrientes en el bosque. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue cuantificar la caída de hojarasca y la tasa de descomposición de *J. neotropica* en la Reserva Natural “El Árbol de La Cheta”, en Pijao (Quindío), Colombia, entre los meses de octubre de 2010 y agosto de 2011.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La Reserva Natural “El Árbol de La Cheta” se encuentra ubicada en la vereda La Mina, a los 04° 21' 12,3" N y 75° 42' 41,1" O, en el municipio de Pijao (figura 1), se encuentran ubicada entre las cotas altitudinales de 1.800 a 2.100 m. Según el balance hídrico, la zona no experimenta ningún periodo de déficit hídrico al año, los picos de máxima precipitación se manifiestan en los meses abril y noviembre, y los picos de menor precipitación en el año se observan en los meses de julio y agosto (Álzate et al. 2008). La temperatura en esta zona tiene una distribución poco variable entre los 21 y 22 °C. En cuanto a la textura del suelo y el

pH de los bosques estudiados presentan una textura franco-arenosa (**FA**) y un pH de 5,2 en el bosque maduro intervenido y de 5,5 para el bosque sucesional joven.



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio en la reserva natural “El Árbol de la Cheta”, Pijao (Quindío), Colombia

La reserva es de carácter privado y cuenta con 19 hectáreas. La distribución inicial del predio según el uso del suelo era 60% de café y plátano con sombrío de *Inga densiflora* (Fabaceae, guamo), 30% en pastos para ganadería y 10% en bosque natural clasificado como bosque maduro altamente intervenido. La clasificación de la zona de vida según Holdridge (1987) corresponde a bosque húmedo premontano (**bh-PM**).

Actualmente se encuentra en un proceso de regeneración natural a partir del año 1997, con el 90% del predio con dos tipos de coberturas vegetales bien diferenciadas: bosque sucesional joven (**BSJ**) y bosque maduro intervenido (**BMI**). Las anteriores coberturas boscosas fueron seleccionadas como sitios de trabajo del presente estudio.

Diseño y muestreo. El muestreo para evaluar la caída de hojarasca de *J. neotropica* se realizó entre los meses de octubre de 2010 y agosto de 2011. Se establecieron 16 parcelas al azar de 0,0625 m² en cada una de las unidades boscosas, mediante el empleo del método de desfronde (Girón 2004), se colocaron cuatro tubos de PVC con la finalidad de delimitar el área de recolección del material vegetal. La hojarasca se dispuso en bolsas de papel debidamente rotuladas y separadas en frutos, hojas, ramas y raíces. Las muestras se secaron en una estufa a una temperatura de 70 °C hasta peso constante (aproximadamente 48 horas). Finalmente, se registró su peso seco en una balanza analítica marca Electronic Balance LT modelo BSJ200-04 con una precisión de 3 decimales, se determinó \pm desviación estándar del total encontrado.

La capacidad de descomposición de los suelos fue estimada empleando hojas de papel filtro en forma redondeada con 8 mm de diámetro. El papel sirvió como material estándar para evaluar el proceso, las hojas de papel se introdujeron en una red tubular de Nailon de 20 cm de largo y una malla de 8 mm de luz. En cada bosque se utilizaron 3 parcelas y dentro de cada parcela se enterraron 6 bolsas (a profundidad de 5 cm) para un total de 18 bolsas por bosque.

Para evaluar la tasa de descomposición de la hojarasca de *J. neotropica* se empleó el método de bolsas de descomposición (Kurz et al. 2005), con el empleo de redes tubulares de nailon de 50 cm de largo con una abertura de malla de 8 mm que contenían 60 g de hojarasca foliar senescente. En cada bosque se enterraron 6 bolsas (a profundidad de 5 cm) en 3 parcelas para un total de 18 bolsas por bosque.

Tanto la capacidad de descomposición del suelo como la tasa de descomposición de hojarasca se evaluó en 6 periodos mensuales de recogida (30, 60, 90, 120, 150 y 180 días). Luego las muestras fueron llevadas al laboratorio de Biología de la

Universidad del Quindío, donde se extrajo el papel filtro y la biomasa remanente, el papel se secó a temperatura ambiente, luego, tanto el papel filtro como la hojarasca fueron secados a 60 °C durante 48 horas y pesados en una balanza analítica. La pérdida de peso (porcentaje de masa remanente) del papel y la hojarasca se determinó para todas las muestras en cada período, según la relación:

$$\% \text{ peso remanente (PR)} = (X_t / X_o) \times 100,$$

donde **PR** es la proporción de peso remanente; **X_t** es el peso en el tiempo t (días); y **X_o** es el peso inicial (Álvarez y Becerra 1996, Cobo et al. 2002, Kurz et al. 2005).

Los valores de masa remanente del papel se ajustaron al modelo de regresión exponencial simple (Olson 1963) de la forma:

$$W_t = W_o e^{-kt},$$

donde **W_t** es la fracción de hojarasca remanente en el tiempo (t, días); **W_o** es la cantidad inicial de hojarasca; y **k** es la constante de descomposición.

La tasa de descomposición se obtuvo considerando el mismo modelo como:

$$k = - (1 / t) \ln (W_t / W_o),$$

donde **W_o** es la masa inicial y **W_t** es la masa remanente en el periodo o tiempo (t, días).

También se obtuvo el tiempo teórico requerido para que se descomponga el 50 y el 99 % de la hojarasca calculado como:

$$t_{0,5} = \ln 0,5/k,$$

$$t_{0,99} = \ln (1-0,99)/k$$

Determinación de la composición química inicial de la hojarasca. Para determinar la tasa de composición química inicial foliar de

J. neotropica, se utilizó una submuestra de 5 g que fue analizada según el protocolo establecido por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (**CIAT**), donde se estableció la composición química inicial de nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, carbono y lignina.

Determinación de ceniza. Para estimar la entrada de material exógeno a las bolsas de hojarasca. Se llevó la hojarasca a un molino CULATTI modelo MFCS1 donde se pesó 1 g de cada muestra, el cual se pasó a una mufla FURNACE-1.300 modelo FB1.310M a 500 °C por 5 horas, y así se obtuvo el peso seco de las cenizas. El contenido de cenizas de la muestra se expresó como: peso seco de la ceniza/peso seco de la muestra x 1.000 (Idol et al. 2002). Las muestras se analizaron en el Laboratorio de Agroindustria de la Universidad del Quindío.

Análisis estadístico. Antes de proceder con el análisis estadístico se comprobó la normalidad para cada variable analizada: caída de hojarasca, velocidad de descomposición del suelo y la hojarasca. Se comprobó que los datos de caída de hojarasca no se ajustaban a una distribución normal, por lo que se procedió a realizar una prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Para la descomposición foliar y la capacidad de descomposición del suelo, variables normales, se realizó un análisis de covarianza (ANCOVA) tomando como variable dependiente la tasa de descomposición (k), como variable categórica el tipo de bosque y como covariable el tiempo, los análisis estadísticos se realizaron con el programa STATISTICA 7,0.

RESULTADOS

Caída de hojarasca. La caída total de hojarasca en el BMI fue de 48,50 ± 1,96 kg/ha¹/año¹, y en el BSJ fue de 50,9 ± 2,79 kg/ha¹/año¹. La hojarasca en el BMI estuvo dominada por frutos en un 50,3%, seguida de hojas con 29,7%; para

BSJ se presentó como mayor tipo de material vegetal la fracción foliar con un 44,5%, seguida de frutos con 43,9% (figura 2). El pico de mayor caída de hojarasca se presentó en agosto para el BMI, y en septiembre para el BSJ; el pico de menor caída fue en marzo para los dos bosques (figura 3). Finalmente, no existe diferencia significativa en la caída de hojarasca entre los sitios de muestreo ($U = 1.108, p > 0,05$), mientras que entre el tipo de material vegetal recolectado si se presentó diferencia significativa ($U = 178, p < 0,05$).

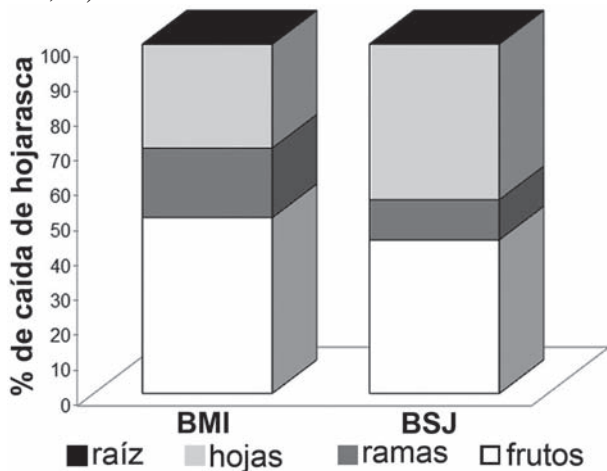


Figura 2. Caída de hojarasca de *Juglans neotropica* representada por cada tipo de material vegetal presente en el “bosque maduro intervenido” (BMI) y el “bosque sucesional joven” (BSJ) en la reserva natural “El Árbol de la Cheta”, Pijao (Quindío), Colombia

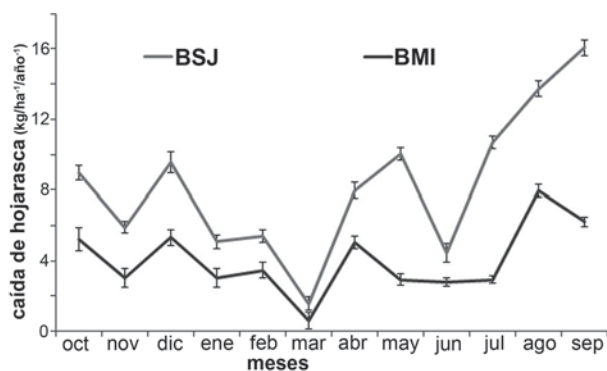


Figura 3. Montos máximos y mínimos de la caída de hojarasca de *Juglans neotropica* en el “bosque maduro intervenido” (BMI) y el “bosque sucesional joven” (BSJ) en la reserva natural “El Árbol de la Cheta”, Pijao (Quindío), Colombia

Capacidad de descomposición del suelo y descomposición de hojarasca de *J. neotropica*.

La descomposición del papel filtro muestra una pérdida de peso lenta para los dos bosques. A los 180 días del ensayo en el BMI se perdió el 50,1% del peso, mientras para el BSJ se perdió el 32,8% (figura 4A). Por el contrario la tasa de descomposición de la hojarasca de *J. neotropica* fue rápida en los bosques puesto que, más del 99% del material inicial se descompuso durante dicho periodo. En el BMI se perdió más del 50% del peso inicial en los primeros 90 días, y para el BSJ se perdió el 46,4%. Finalmente a los 180 días, las bolsas contenían el 0,3% del material inicial para el BMI, y 0,1% para el BSJ (figura 4B). El tiempo requerido para que se descomponga el 50% del papel es de 1,7 años para BMI y 1,6 años para BSJ (tabla 1).

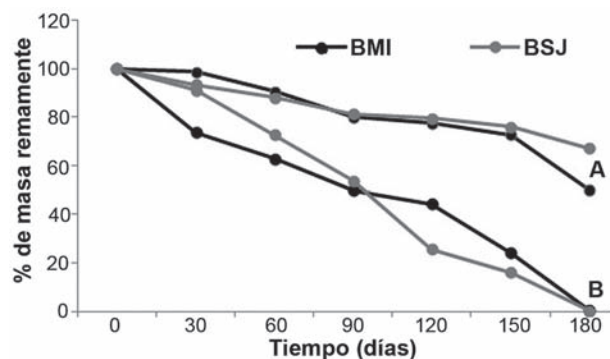


Figura 4. A. Porcentaje de la masa remanente del papel filtro en peso seco. **B.** Porcentaje de la masa remanente en peso seco libre de cenizas de la hojarasca de *Juglans neotropica* en los dos bosques evaluados en la reserva natural “El Árbol de la Cheta”, Pijao (Quindío), Colombia (media ± error estándar, n = 3; BMI = “bosque maduro intervenido”; BSJ = “bosque sucesional joven”)

La tasa de descomposición k (año^{-1}) del papel fue 0,4 para los dos bosques. El ANCOVA reveló que no existen diferencias significativas para la tasa de descomposición entre los bosques ($F = 0,037, p > 0,05$). La descomposición del papel filtro siguió el modelo exponencial con un grado de ajuste ($p = 0,0030, r^2 = 0,82; y p < 0,0001; r^2 = 0,97$) tanto para BMI

Tabla 1. Constantes de descomposición y tiempos requeridos de descomposición para el papel filtro y la hojarasca de *Juglans neotropica*, para el “bosque maduro intervenido” (BMI) y el “bosque sucesional joven” (BSJ) en la reserva natural el Árbol de la Cheta, Pijao (Quindío), Colombia (k = constante de descomposición; $t_{0,5}$ = tiempo requerido para que se descomponga el 50% de la biomasa; $t_{0,99}$ = tiempo requerido para que se descomponga el 99% de la biomasa).

Bosque	Tipo	k (años ⁻¹)	$t_{0,5}$ (años)	$t_{0,99}$ (años)
BMI	hojarasca	1,76	0,39	2,61
	papel filtro	0,41	1,71	11,34
BSJ	hojarasca	1,74	0,40	2,64
	papel filtro	0,44	1,59	10,60

como para BSJ (figura 5 A, B). Este modelo explica el 82,2% de la pérdida del peso con el tiempo para BMI, y el 97% para BSJ.

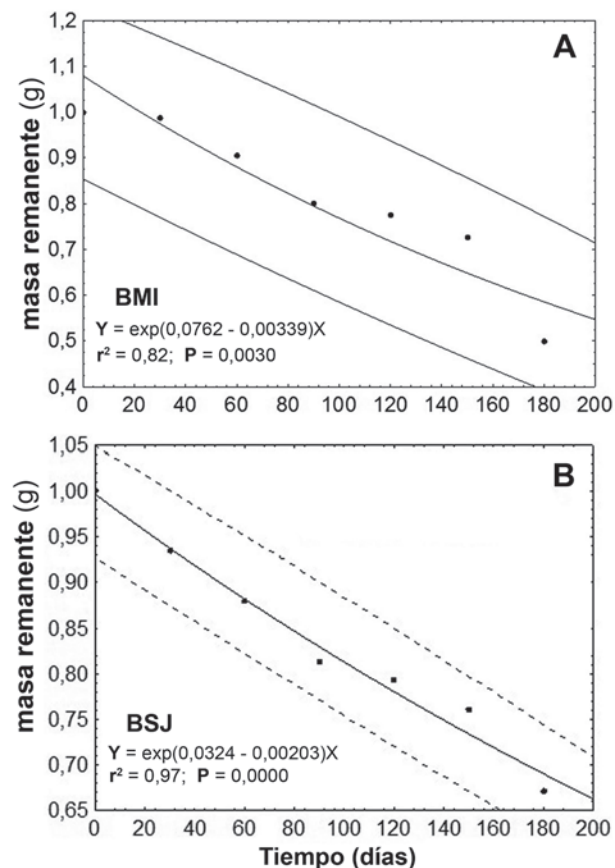


Figura 5. A. Regresión exponencial para la masa remanente del papel filtro enterrado en el “bosque maduro intervenido” (BMI). **B.** Regresión exponencial para la masa remanente del papel filtro enterrado en el “bosque sucesional joven” (BSJ) en la reserva natural “El Árbol de la Cheta”, Pijao (Quindío), Colombia. Se indica la ecuación de regresión (r^2) y el nivel de significancia

Los valores medios de k (año⁻¹) para la descomposición de hojarasca fueron 1,8 para BMI y 1,7 para BSJ, los valores de k no presentaron diferencias significativas entre los bosques ($F = 0,38, p > 0,05$). La relación entre el peso seco remanente y el tiempo de enterramiento de la hojarasca de *J. neotropica* no se ajustó al modelo de regresión exponencial, el cual explicaba solo el 50,5% de la variación de la pérdida del peso seco de la hojarasca para BMI, y el 56,2% para BSJ. Por lo tanto, se exploró un modelo de regresión lineal donde se ajustaron los datos de peso seco de la hojarasca de *J. neotropica* y el tiempo, con una explicación del 96,34% para el BMI, y el 98,33% para el BSJ (figura 6 A, B). El tiempo requerido para que se descomponga el 99% de la hojarasca es de 2,6 años para los dos sitios (tabla 1).

Con relación al análisis químico de la hojarasca de *J. neotropica*, la relación C/N fue baja (8,4%), mientras el contenido de N fue alto (5,3%).

DISCUSIÓN

La producción de hojarasca de *J. neotropica* se ajusta a la registrada para otras especies forestales en bosques tropicales. Zapata et al. (2007) estimaron una caída anual en bosques montanos naturales para *Quercus humoldtii*, *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica* de 78 kg/ha⁻¹/año⁻¹, 80 kg/ha⁻¹/año⁻¹ y 37 kg/ha⁻¹/año⁻¹, respectivamente. Por su parte, Quinto et al. (2007) registran una

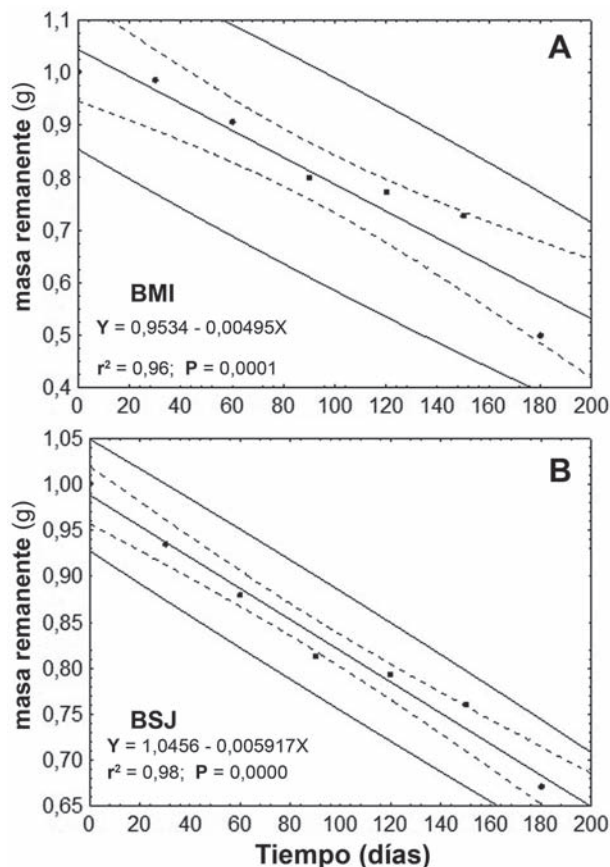


Figura 6. A. Regresión lineal para la masa remanente libre de cenizas de la hojarasca de *Juglans neotropica* en el “bosque maduro intervenido” (BMI). **B.** Regresión lineal para la masa remanente libre de cenizas de la hojarasca de *Juglans neotropica* en el “bosque sucesional joven” (BSJ) en la reserva natural “El Árbol de la Cheta”, Pijao (Quindío), Colombia. Se indica la ecuación de regresión (r^2) y el nivel de significancia

producción de hojarasca de $72 \text{ kg/ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$ en un bosque pluvial tropical. La producción total de hojarasca encontrada concuerda con los valores obtenidos para bosques montanos tropicales que oscilan entre 18 y $107 \text{ kg/ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$ (Vargas y Varela 2007). La cantidad total de hojarasca encontrada para *J. neotropica* se debe probablemente a dos características principales, la primera el gran porte de sus frutos que involucra un peso considerable y la segunda a su comportamiento caducifolio, lo que evidencia una caída de material alta.

La caída de material vegetal foliar se explica con el comportamiento caducifolio de la especie, lo que evidencia un aporte de material alto que se relaciona con las condiciones fenológicas ya documentado por Zapata et al. (2007) y Ramírez et al. (2007), además se afirma que en condiciones tropicales, las hojas contribuyen entre un 60 y 70% con la producción total del material vegetal (Bray y Gorhan 1964). En este sentido las hojas desempeñan un papel importante en relación con la dinámica y estabilidad de estos ecosistemas, pues constituyen una fuente de energía importante que aporta nutrientes para la edafofauna y modifica las condiciones químicas del suelo (Bonilla et al. 2008).

Con respecto a los frutos que fue el segundo material vegetal más frecuente, esto debido, al tamaño de los mismos, lo que hace que esta fracción sea representativa en la parcela y tenga un aporte alto a la caída total de hojarasca, este porcentaje mayor también permite acumular cantidades altas de materia orgánica y así retornan cantidades mayores de nutrientes al suelo. Se ha demostrado para *J. boliviana* que la producción de frutos es asincrónica, observándose frutos en formación y frutos maduros al mismo tiempo (Arteaga 2007), corroborado por Rojas-Rodríguez y Torres-Córdoba (2009) quienes evidenciaron este mismo comportamiento para *J. neotropica*, lo que genera un aporte de frutos al suelo durante todo el año.

El patrón de caída de hojarasca máxima y mínima para la especie de estudio no se relaciona con la precipitación. Según Ramírez y Ataroff (1996), en selvas nubladas no se ha evidenciado una relación definida entre la precipitación y la caída hojarasca, así que plantean que los efectos combinados de la frecuencia e intensidad de las precipitaciones y los vientos, tienen un impacto mecánico directo sobre las estructuras vegetales y contribuyen de forma importante en su desprendimiento e indirectamente afecta los ritmos fenológicos de esta especie en particular.

La capacidad de descomposición del suelo, que se evidencia a partir de la descomposición del papel filtro, fue más lenta en comparación con la hojarasca. Este hecho puede explicarse debido a que el papel posee compuestos químicos recalcitrantes (celulosa) que responde de forma diferente y compleja a la degradación. Arellano et al. (2004) describieron un patrón general para la pérdida de peso de la hojarasca en descomposición que comprende dos fases, una inicial de rápido desarrollo por el lavado de compuestos solubles y la descomposición de materiales lábiles (azúcares, almidones, proteínas y algunos fenoles), y una segunda más lenta, como resultado de la descomposición de elementos recalcitrantes como celulosa, hemicelulosa, lignina y taninos.

Este comportamiento del proceso de descomposición generalmente se expresa en un modelo exponencial, que concuerda con lo encontrado para la descomposición del papel, que se caracterizó por pérdida rápida de peso durante los primeros 90 días, por el contrario la descomposición de la hojarasca arrojó un modelo lineal, que indicó una sola fase de degradación rápida, donde el 99% del material se descompuso en 180 días. Este ajuste al modelo lineal sugiere que las condiciones ambientales de humedad alta y drenaje significativo del suelo en el sitio de trabajo determinan un curso relativamente rápido del proceso de descomposición, que no permite evidenciar diferentes comportamientos entre los componentes lábiles y recalcitrantes de la hojarasca (Marín et al. 2011). Por lo anterior, Monedero y González (1995), propusieron como alternativa el empleo de un modelo lineal ante la inconsistencia del exponencial, en su trabajo de la selva nublada de Loma de Hierro.

La descomposición de la hojarasca de *J. neotropica* fue rápida en los bosques estudiados. Según Chapin et al. (2002), diversos son los factores que regulan la descomposición de los tejidos vegetales como tipo y composición

química del sustrato, tamaño del material, humedad y temperatura. Al tiempo que depende de los organismos del suelo (O'Neill et al. 2003).

Además, la descomposición rápida de la hojarasca de *J. neotropica* probablemente está influenciada por el tamaño de la malla. Según Anderson y Swift (1983), las bandejas de mallas gruesas tienden a producir mayor pérdida de peso que las mallas finas, puesto que estas últimas impiden el acceso de algunos invertebrados. Del Valle (2003) sugiere que el empleo de mallas gruesas es el más recomendado puesto que simula mejor las condiciones naturales del proceso de descomposición. El tamaño de la malla determina la entrada y la acción de la comunidad edáfica del suelo, de tal modo que el tamaño de malla empleado permitió el acceso de la microfauna, mesofauna y macrofauna (Anderson 1988). Estos organismos promueven la actividad microbiana y aceleran la descomposición de la materia orgánica (Fernández y Giménez 2005). Probablemente el tamaño de la malla empleada en este estudio influyó en la descomposición rápida de la hojarasca de *J. neotropica* en los bosques evaluados, al permitir la entrada de una diversidad de organismos y la influencia de la humedad favoreciendo aún más el proceso de descomposición. Cárcamo et al. (2001) y Holdsworth et al. (2008) también observaron una descomposición más rápida de la hojarasca en malla grande que en malla fina.

Otro factor que influye en el proceso de descomposición es el tiempo, de acuerdo a Golley (1978) en los bosques tropicales la hojarasca tarda entre 2,5 y 11 meses para descomponerse. Del Valle (2003) estimó un periodo de 0,79 y 1,06 años en bosques inundables del Pacífico colombiano. En este estudio la descomposición total de la hojarasca de *J. neotropica* se presentó en 0,5 años, lo que refleja el ajuste a lo esperado en bosques tropicales. La velocidad de descomposición para

especies caducifolias suele ser alta. Dziadowiec (1987) determinó una tasa de descomposición en tilo de $0,91 \text{ años}^{-1}$, carpe de $1,06 \text{ años}^{-1}$, y roble $0,63 \text{ años}^{-1}$, con respecto a *J. neotropica* en este estudio se registran valores de $1,76$ y $1,74 \text{ años}^{-1}$, que concuerda con lo documentado por Palm y Sánchez (1990) quienes evidencian un ámbito amplio de $0,162$ a $3,60 \text{ años}^{-1}$ en el bosque húmedo tropical, cuando se emplea el método de las bandejas de descomposición, pero superiores a los determinados por Berrouet et al. (2003) en bosques húmedos de Colombia ($k = 0,54$).

La calidad de la hojarasca ha sido considerada como el principal atributo de predicción de la descomposición (Aerts 1997 y Martínez et al. 2007), puesto que se ha encontrado una fuerte relación entre la pérdida de peso y algunos indicadores de calidad, por ejemplo el contenido de lignina, fenoles, N, P, C/N, entre otros (Castellanos y León 2011). En los bosques tropicales, cuando la relación C/N es menor de 25% y el contenido de N es mayor que 1,0-2,5%, la mineralización del N y la descomposición de la materia orgánica son rápidas (Ngoran et al. 2006 y Seneviratne et al. 1998). En este estudio, el contenido inicial de N de *J. neotropica* es alto y la relación C/N es baja, lo que explica la descomposición rápida, e indica liberación mayor de nutrientes y predominio de procesos de mineralización (Moore y Jung 2001), lo que concuerda con lo documentado por Vargas y Caballero (2002) quienes hallaron una descomposición rápida para *J. neotropica* en un bosque altoandino de Boyacá, que se atribuye al bajo contenido de celulosa.

AGRADECIMIENTOS

A María de las Mercedes Girón por su asesoría en la elaboración del documento; a Gladys Helena Salcedo por su apoyo en la realización de los análisis estadísticos; a la Universidad del Quindío, al ingeniero Orlando Martínez propietario de la Reserva Natural “El Árbol de

la Cheta”, a los laboratorios de Agroindustria, Química y Biología de la Universidad del Quindío por el apoyo logístico; a Enrique Méndez por la ayuda en la determinación y confirmación de ejemplares.

REFERENCIAS

- Aber JD, Melillo JM. 1991. Terrestrial ecosystems. Philadelphia (U. S. A.): Saunders College Pub. p. 429.
- Aerts R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. *Oikos*, 179 (3): 439-449.
- Álvarez SJ, Becerra ER. 1996. Leaf decomposition in a Mexican tropical rain forests. *Biotropica*, 28 (4): 657-667.
- Álzate C, Bocanegra W, Ossa G. 2008. Estudio de aproximación para la cuantificación de la biomasa aérea y subterránea e interceptación de la radiación solar en la especie *Juglans Neotropica* Diels, en el municipio de Pijao, Quindío [Tesis de pregrado]. [Ibagué (Colombia)]: Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad del Tolima. p 85.
- Anderson J, Swift M. 1983. Decomposition in tropical forests. En: Sutton SL, Whitmore TC, Chadwick AC, editores. *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford, (U. K.): Blackwell. p. 287-326.
- Anderson JM. 1988. Spatiotemporal effects of invertebrates on soil processes. *Biology and Fertility of Soils*, 6: 216-227.
- Arellano R, Paolini J, Vásquez L, Mora EM. 2004. Producción y descomposición de hojarasca en tres agroecosistemas de café en el estado de Trujillo, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 48: 7-14.
- Arteaga L. 2007. Fenología y producción de semillas de especies arbóreas maderables en un bosque húmedo montano de Bolivia (PN ANMI Cotapata). *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental* [Internet]. 2: 57-68. Fecha de acceso: 24 de noviembre de 2010. Disponible en: <<http://www.cedsip.org/PDFs/ARTEAGA.pdf>>.
- Berg B, McClaugherty C. 2008. *Plant litter: Decomposition, humus formation, carbon sequestration*. 2.º edición. Berlín (Alemania): Springer-Verlag. p. 338.
- Berrouet ML, Loaiza LM, Moreno F. 2003. Descomposición de la hojarasca fina en bosques de la cuenca media del río Porce. Diez M, León J, editores. *Primer simposio forestal*. Universidad Nacional de Colombia: Medellín (Colombia): Facultad de Ciencias Agropecuarias. p. 1-36.
- Bonilla R, Roncallo B, Jimeno J, García. 2008. Producción y descomposición de hojarasca en bosques nativos y de *Leucaena* sp. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología* [Internet], 9 (2): 5-1. Fecha de acceso: 15 de noviembre de 2010. Disponible en: <<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/oferta/Produccionydescomposicindelahojarasca.pdf>>.

- Bray JR, Gorham E. 1964. Litter production in forest of the world. En: Cragg JB, editor. *Advances in Ecological Research*. London (U. K.): Academic Press. p. 101-157.
- Cárcamo HA, Prescott CE, Chanway CP, Abe TA. 2001. Do soil fauna increase rates of litter breakdown and nitrogen release in forests of British Columbia, Canada? *Canadian Journal of Forest Research*, 31 (7): 1195-1204.
- Cárdenas LD, Salinas RN. 2006. Libro rojo de plantas de Colombia: especies maderables amenazada [Internet]. I parte. Bogotá (Colombia): Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Disponible en: <<http://senaintro.blackboard.com/bbcswebdav/users/1130585219/LibroRojoMaderables.pdf>>
- Castellanos BJ, León DJ. 2011. Descomposición de hojarasca y liberación de nutrientes en plantaciones de *Acacia mangium* (Mimosaceae) establecidas en suelos degradados de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59 (1): 113-128.
- Chapin SF, Matson PA, Mooney HA. 2002. *Principles of terrestrial ecosystem ecology*. New York (U. S. A.): Springer. p. 436.
- Cobo JG, Barrios E, Kass DC y Thomas RJ. 2002. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. *Plant and Soil*, 240: 331-342.
- Coûteaux MM, Bottner P, Berg B. 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. *Tree*, 10 (2): 63-66.
- Del Valle JI. 2003. Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico colombiano. *Interciencia*, 28: 148-153.
- Dziadowiec H. 1987. The decomposition of plant litter fall in a oaklinden-hornbeam forest and an oak-pine mixed forest of the Bialowieza National Park. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 56 (1): 169-185.
- Fernández M, Giménez R. 2005. Impacto de Imidacloprid en la descomposición orgánica edáfica en cultivo de duraznero. *Agricultura Técnica*, 65 (4): 370-377.
- Girón VM. 2004. Evolución del bosque de *Elaeagnus angustifolia* L. en Valdemoro Madrid [Tesis de Doctorado]. [Madrid (España)]: Universidad Complutense de Madrid. p. 153.
- Golley FB. 1978. Decomposition and biogeochemical cycles. En: *Tropical forest ecosystems: A state of the knowledge report*. Paris (Francia): UNESCO/UNEP/FAO, Natural resources research XIV. p.170-285.
- Holdridge LA. 1987. *Ecología basada en zonas de vida*. San José (Costa Rica): IICA. p. 216.
- Holdsworth AR, Frelich LE, Reich PB. 2008. Litter decomposition in earthworm-invaded northern hardwood forests: role of invasion degree and litter chemistry. *Ecoscience*, 15: 536-544.
- Idol TW, Holzbaur KA, Pope PE, Ponder F. 2002. Control-bag correction for forest floor litterbag contamination. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 620-623.
- Kurz BC, Couteaux MM, Thiery JM, Berg B, Remacle J. 2005. A comparison of litterbag and direct observation methods of scots pine decomposition measurement. *Soil Biology and Biochemistry*, 37: 2315-2318.
- Laossi KR, Barot S, Carvalho D, Desjardins T, Lavelle P, Martins M, Mitja D, Rendeiro AR, Rousseau M, Velásquez E, Grimaldi M. 2008. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. *Pedobiología*, 5: 397-407.
- Marín D, Guedez Y, Márquez L. 2011. 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 guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) y bamboo (*Bambusa vulgaris* Schrad). *Revista de la Facultad de Agronomía de Maracay*, 28: 185-204.
- Martínez A, Núñez A, Búrquez L. 2007. Leaf litter decomposition in a southern Sonoran Desert ecosystem, northwestern Mexico: Effects of habitat and litter quality. *Acta Oecologica* [Internet]. 32: 291-300. Fecha de acceso: 05 de noviembre de 2010 Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1146609X07000914>>.
- Monedero C, González V. 1995. Producción de hojarasca y descomposición en una selva nublada del ramal interior de la Cordillera de La Costa, Venezuela. *Ecotropicos* [Internet], 8 (1-2): 1-14. Fecha de acceso: 17 de noviembre de 2010. Disponible en: <http://ecotropicos.saber.ula.ve/db/ecotropicos/edocs/vol8_n1-2/articulo1.pdf>.
- Moore KJ, Jung HJ. 2001. Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management*, 54 (4): 420-430.
- Ngoran A, Zakra N, Ballo K, Kouamé C, Zapata F, Hofman G, Van Cleemput O. 2006. Litter decomposition of *Acacia auriculiformis* Cunn. Ex Benth. and *Acacia mangium* Willd. under coconut trees on quaternary sandy soils in Ivory Coast. *Biology and Fertility of Soils* [Internet]. 43: 102-106. Fecha de acceso: 10 de octubre de 2010. Disponible en: <<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00374-005-0065-2.pdf>>.
- O'Neill EG, Johnson DW, Ledford J, Todd DE. 2003. Acute seasonal drought does not permanently alter mass loss and nitrogen dynamics during decomposition of red maple litter. *Global Change Biology*, 9: 117-123.
- Olson SJ. 1963. Energy storage and the balance of producer and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44: 322-331.
- Ospina CM, Hernández RJ, Aristizabal FA, Patiño JN, Salazar JW. 2003. El cedro negro: Una especie promisoría de la zona cafetera Colombia. *Boletín Técnico Cenicafe*, 25: 1-40.
- Palm CA, Sanchez PA. 1990. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. *Biotropica*, 22 (4): 330-338.

- Prause J, Arce de Caram G, Angeloni PN. 2003. Variación mensual en el aporte de cuatro especies forestales nativas del Parque Chaqueño Humado (Argentina). *Quebracho, Revista de Ciencias Forestales* [Internet], (10): 39-45. Fecha de acceso: 06 de octubre de 2010. Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48101004>>.
- Quinto MH, Ramos PY, Abadía BD. 2007. Cuantificación de la caída de hojarasca como medida de la productividad primaria neta en un bosque pluvial tropical en Salero, Chocó, Colombia (Colombia). *Revista Institucional Universitaria Tecnológica del Chocó* [Internet], 26: 28-41. Fecha de acceso: 18 de agosto de 2010. Disponible en: <<http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2544438.pdf>>.
- Ramírez JA, Zapata CM, León JD, González MI. 2007. Caída de hojarasca y retorno de nutrientes en bosques montanos andinos de piedras blancas, Antioquia, Colombia. *Interciencia*, 32 (5): 303-311.
- Ramírez ME, Ataroff M. 2001. Producción de hojarasca en una selva nublada andina: estacionalidad, descomposición y nitrógeno [Internet]. *Memorias del IV Simposio Internacional de Desarrollo Sustentable en Los Andes: la estrategia Andina para el siglo XXI*. CD-ROM. Fecha de acceso: 10 de noviembre de 2010. Disponible en: <<http://www.ciencias.ula.ve/icae/publicaciones/selvanublada/pdf/ramirez2001a.pdf>>.
- Rojas-Rodríguez F, Torres-Córdoba G. 2009. Árboles del valle central de Costa Rica: reproducción. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, [Internet], 6 (17): 1-3. Fecha de acceso: 23 de noviembre de 2010. Disponible en: <http://www.tec.ac.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/solucion%201.htm>.
- Seneviratne G, Van holm LH, Kulasoorya SA. 1998. Quality of different mulch materials and their decomposition and N release under low moisture regimes. *Biology and Fertility of Soils*, 26: 136-140.
- Statistica 7.0 [Internet]. 2009. Statsoft. Fecha de acceso: 29 de septiembre de 2010. Disponible en: <<http://www.statsoft.com/>>.
- Vargas L, Varela A. 2007. Producción de hojarasca de un bosque de niebla en La Reserva Natural La Planada (Nariño, Colombia). *Universitas Scientiarum*, 12 (1): 35-49.
- Vargas JP, Caballero LM. 2002. Análisis de sitio de un bosque alto andino con énfasis en el mantillo. Microcuenca de la Quebrada "La vieja", Bogotá, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 7 (2): 61-69.
- Xuluc-Tolosa FJ, Vester HF, Ramirez-Marcial N, Castellanos-Albores J, Lawrence D. 2003. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, México. *Forest Ecology and Management* [Internet], 174 (1-3): 401-412. Fecha de acceso: 23 de octubre de 2010. Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112702000592>>.
- Zapata-Duque CM, Ramírez JA, León-Peláez JD, González-Hernández MI. 2007. Producción de hojarasca fina en bosques alto andinos de Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 60 (1): 3771-3784.