

DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA EN UN BOSQUE PLUVIAL TROPICAL INTERVENIDO EN EL MUNICIPIO DE LLORÓ, CHOCÓ, COLOMBIA

LITTER DECOMPOSITION IN TROPICAL WET FOREST INTERVENED IN LLORÓ MUNICIPALITY, CHOCÓ, COLOMBIA

HARLEY QUINTO MOSQUERA¹, YAN ARLEY RAMOS PALACIOS²

RESUMEN

Se cuantificaron las tasas de descomposición de la hojarasca en el bosque pluvial tropical intervenido de Lloró, Colombia. Se emplearon 100 bolsas de descomposición, donde se colocaron 65 gramos de peso seco de una mezcla al azar de hojas recién caídas de diferentes especies. Las bolsas se distribuyeron en dos tratamientos; en el primero, 60 bolsas con anejo de malla pequeña (0.25 mm) y en el segundo, 40 bolsas con malla más ancha (3mm), ubicadas teniendo en cuenta el tipo de suelo (aluvial y terrazas), y quincenalmente se recogieron, se secaron y pesaron en el laboratorio. Para calcular la tasa de descomposición de hojarasca se empleó el modelo exponencial simple propuesto por Olson (1963). La descomposición de hojarasca en el bosque pluvial tropical de Lloró presentó una tasa de pérdida de peso anual (K) de 3.39, con un rango de valores de k , entre 2.7-4.8 anual para los distintos tratamientos. El tiempo que tarda en descomponerse el ($t_{0.5}$) 50% y el ($t_{0.99}$) 99% de la hojarasca en el bosque de Lloró, es de 0,2 y 1,35 años respectivamente. Los tipos de mallas (anchas y pequeñas) presentaron diferencias estadísticamente significativas ($F=29,02$; $p<0,05$), mientras que en los distintos tipos de suelos no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($F 0,135$; $p>0,05$), ambas a un nivel de confianza de 95%. La alta tasa de descomposición de hojarasca en los bosques pluviales tropicales, se deben al efecto conjunto de diferentes factores de la zona, como temperaturas y precipitación altas, y presencia de organismos descomponedores.

Palabras clave: Hojarasca; Descomposición; Modelo exponencial; Bosque pluvial tropical; Chocó.

ABSTRACT

We calculate the rates of litter decomposition in the tropical rain forest intervened of Lloró (Chocó). It used 100 bags of decomposition, which were planted 65 grams of dry weight of a mixture of freshly fallen leaves of different species at random. The bags were distributed in two treatments in the first 60 bags anejo of small mesh (0.25 mm), and in the second 40 bags mesh much broader (3 mm), located taking into account the type of soil (alluvial terraces and), and were collected every fortnight, were dried and weighed in the laboratory. To calculate the rate of decomposition litter employ the simple exponential model proposed by Olson (1963). The decomposition of litter in the storm Tropical Forest (Lloró) presented a rate of weight loss annual (K) of 3.39, with a range of values of k , between 2.7-4.8 annually for the various treatments. The time it takes to decompose the ($t_{0.5}$) 50% and ($t_{0.99}$) 99% of the litter on the forest I grieve, it is 0.2 and 1.35 years, respectively. Decomposition of litter in the types of mesh (wide and small), which was statistically significant difference ($F=29.02$, $p<0.05$) with a confidence level of 95%, while in different types of soil no statistically significant differences ($F 0.135$, $p>0.05$) to a level of 95%. The high rate of decomposition of litter in tropical rain forests, are due to the combined effect of different factors in the area, the high temperatures and rainfall, and the presence of organisms decomposers.

Keywords: Hojarasca; Decomposition; Exponential model; Tropical rainforest; Chocó.

INTRODUCCIÓN

El carbono almacenado en el suelo de los bosques

representa el mayor reservorio y depósito de este elemento en los ecosistemas boscosos en el mundo, incluyendo los bosques tropicales (McGroddy &

1. Estudiante de Maestría en Bosques y Conservación Ambiental, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia. e-mail: hquintom@unalmed.edu.co
2. Grupo de Investigación de la Flora Chocoana, Universidad Tecnológica del Chocó «Diego Luis Córdoba», Quibdó, Colombia. e-mail: yaramosp@unal.edu.co

Fecha de recibido: Junio 13, 2008

Fecha de aprobación: Septiembre 29, 2008

Silver 2000; Silver *et al.*, 2000, Moreno & Lara 2003). Sólo el primer metro de profundidad, contiene una cantidad de carbono que equivale a tres veces el carbono sobre el suelo (Schlesinger 1997), de allí, su importancia en el balance del carbono global.

La cantidad de carbono en el suelo es el resultado del balance entre las entradas por la caída de hojarasca y otros detritos, y las salidas por descomposición y lixiviación (Delaney *et al.*, 1997). Aunque la relevancia de los suelos tropicales como sumideros de carbono se cuestiona con el argumento de que las tasas de descomposición de la materia orgánica son muy altas en estas latitudes debido a la mayor humedad y temperatura imperantes en comparación con las regiones templadas (Moreno & Lara 2003). El proceso de descomposición de la materia orgánica, sobre todo la hojarasca, es relevante al analizar el balance del carbono de un bosque, en especial si se tiene por objeto entender si estos funcionan como sumideros o reservorios de carbono.

Debido a lo anterior, esta investigación se enfocó en el proceso de descomposición de la hojarasca producida por los bosques, porque este proceso hace disponibles y reciclables los nutrientes minerales en ella contenidos (Del Valle 2003), y es uno de los aspectos más importantes del reciclaje de la materia orgánica y nutrientes en los bosques (Vitousek *et al.*, 1994, Palma *et al.*, 1998, Montagnini & Jordan 2002, Moretto *et al.*, 2005).

La descomposición de la materia orgánica es el resultado de varios procesos que actúan simultáneamente (Oliver *et al.*, 2002). En una primera etapa, parte de los restos orgánicos incorporados al suelo son biodegradados hasta sus constituyentes básicos (*descomposición*). Como resultado de este proceso se liberan nutrientes minerales (*mineralización*), aunque algunas veces, si la relación C:N de restos orgánicos es alta, hay una retención temporal de nutrientes (*inmovilización*). El resto de la materia orgánica fresca incorporada al suelo que presenta

muy lenta descomposición, forma lo que se denomina humus del suelo (Moretto *et al.*, 2005). Santibáñez (2004) menciona que en la fase inicial los invertebrados como artrópodos fragmentan físicamente la hojarasca, mejorando las condiciones para que la microfauna (microartrópodos y nemátodos) continúen el proceso; luego la descomposición bioquímica es realizada por hongos y bacterias del suelo.

En síntesis, la descomposición de la materia orgánica es el resultado de varios procesos que actúan simultáneamente, como la mineralización y humificación microbianas de lignina, celulosa y otros componentes y el lavado, hacia horizontes más profundos del suelo, de componentes solubles, cuyo carbono y nitrógeno son progresivamente mineralizados e inmovilizados (Coûteaux *et al.*, 1995). Los procesos de descomposición están regulados por factores abióticos como la temperatura y la humedad del micro-hábitat, y bióticos como la abundancia y variedad de microorganismos descomponedores, y la composición fisicoquímica del material en descomposición (Moretto *et al.*, 2005, Montagnini & Jordan 2002), siendo la especie y la diversidad vegetal (Santibáñez 2004, Del Valle 2003), relevante en la degradación de la hojarasca la relación C:N (Montagnini & Jordan 2002),

Cuando en los bosques se presenta una alta producción y baja tasa de descomposición de la hojarasca se puede generar una acumulación de hojarasca en el horizonte superficial del suelo, aumentando la acumulación de nutrientes en la hojarasca y hace que sean menos disponibles para los productores primarios (Palacios-Bianchi 2002, Kimmins 1997); además en estas situaciones, la hojarasca actúa como un aislante protegiendo al suelo de cambios extremos de temperatura y humedad, disminuyendo la erosión y favoreciendo la infiltración del agua (Schutz 1990). Se ha detectado que una mayor presencia de hojarasca en el suelo provoca una menor germinación y presencia de plántulas en el suelo (Palacios-Bianchi 2002), mientras que cuan-

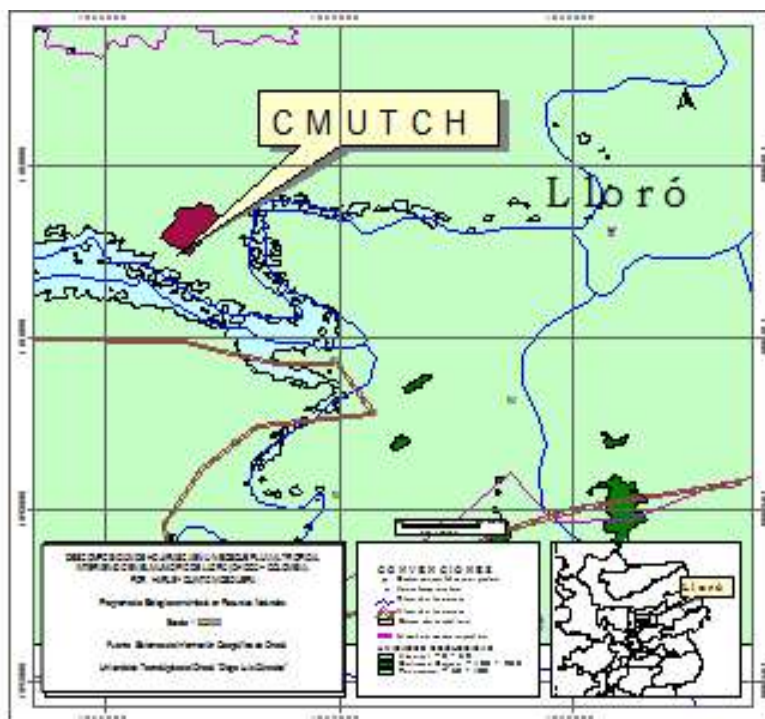


Figura 1. Ubicación del CEMUTCH en el municipio de Lloró, Chocó, Colombia.

do las tasas de descomposición son muy altas, ocurre todo lo contrario (Kimmins 1997).

En condiciones de temperatura extremadamente altas o bajas se inhibe la descomposición (Palacios-Bianchi 2002). Diversas revisiones indican que las tasas de descomposición de la hojarasca tienden a ser más altas en los bosques tropicales lluviosos que en los secos y, a su vez, mayores en el trópico que fuera de él (Del Valle 2003, Montagnini & Jordan 2002). Sin embargo, aún es escasa la información sobre las tasas de descomposición de hojarasca en bosques pluviales tropicales de baja altitud, especialmente los de Chocó, que poseen precipitaciones superiores a los 10.000 mm anuales, con suelos constantemente saturados de humedad y que además, se han afectados por la deforestación y fragmentación. Estas características las poseen los bosques pluviales tropicales de Lloró, Chocó, por lo que se analizaron sus tasas de descomposición en sitios con contrastes de humedad.

Es importante mencionar que en los bosques

pluviales tropicales del Chocó se han realizado diversas investigaciones que permiten conocer la dinámica del carbono de estos ecosistemas. Entre las investigaciones que se pueden mencionar están las mediciones de respiración del suelo, la medición de la productividad primaria neta de raíces (*com. Pers. Yan Arley Ramos*), las estimaciones de la biomasa aérea (Quinto *et al.*, 2007), la cuantificación de la producción de hojarasca (Quinto *et al.* 2007) y las mediciones de la cantidad de detritos finos y gruesos (*com. Pers. Cesar Díaz*). No obstante se desconoce el proceso de descomposición de la hojarasca, por tal finalidad de esta investigación es cuantificar las tasas de descomposición de hojarasca en un bosque pluvial tropical intervenido en el municipio de Lloró, Chocó, Colombia, evaluando la influencia de la humedad del suelo y la presencia de invertebrados y artrópodos en el proceso.

ÁREA DE ESTUDIO

Este trabajo se desarrolló en el Centro Multipropósito de la Universidad Tecnológica del Chocó

(CEMUTCH) ubicado a 5°30.52' 57" N y 76°33.33'15" O, sobre los 94 msnm (Figura 1). El CEMUTCH presenta una humedad relativa del 86%, una precipitación anual de 10.851 mm y una temperatura de 24°C: se ubica en la zona de vida de bosque pluvial tropical (bp-T) (Holdridge 1996.). Esta zona hace parte de lo que se conoce como la región más lluviosa de la porción central de llanuras del Pacífico, y está relacionada con el enfrentamiento de masas de aire que provocan gran actividad del centro de convergencia intertropical (CC), pudiéndose considerar la existencia de un régimen regular prácticamente mono modal, haciendo referencia más bien a período de menor precipitación durante los meses de enero a marzo.

La humedad excesiva (86%) y alta temperatura promedio de las formaciones de bosques pluvial tropical (bp-T) según Holdridge (1982), aceleran los procesos de alteración de los minerales primarios y causa pérdida acelerada de los elementos químicos de los suelos de la región. El CIPAF tiene una extensión territorial de 40 hectáreas, de las cuales catorce están dedicadas a actividades productivas (agricultura, agroforestería, porcicultura, avicultura) y las restantes se encuentran en estado de bosque natural. En la zona de colinas se localiza un bosque natural muy intervenido donde se han extraído especies comerciales dando lugar a una regeneración e invasión de especies. Los suelos son imperfectamente drenados con un nivel freático que fluctúa entre 40 y 80 cm de profundidad.

La vegetación en este lugar se encuentra en fase avanzada del proceso de sucesión vegetal. Esta vegetación está caracterizada por especies de las familias Mimosaceae, Moraceae, Melastomataceae, Myristicaceae, Lauracerae, Sapotaceae, Anacardiaceae y Burseraceae, dentro de las cuales sobresalen *Virola sebifera*, *Pentaclethra macroloba*, *Tapirira guianensis*, *Perebea guianensis* y *Miconia affinis* (Palacios *et al.*, 2003 ab), *Dipterys panamensis* e *Hymenea oblongifolia*, entre muchas otras. Estos bosques debido a la alta extrac-

ción selectiva presentan bajos promedios diamétricos y de altura del dosel, los cuales alcanzan 17 cm y 20 m, respectivamente (F. García, *com. pers.*).

Este bosque por estar sometido a talas selectivas constantes perdió parte de sus características de bosque primario. Además, por haber perdido la continuidad natural del bosque por la acción del hombre estableciendo cultivos alrededor del mismo se le considera un bosque fragmentado, por esto en este estudio lo denominamos bosque secundario fragmentado.

MÉTODOS

Tiempo y duración del muestreo. La medición de las tasas de descomposición de la hojarasca en el bosque pluvial tropical intervenido de Lloró, se hizo durante seis meses, entre julio y diciembre de 2007, tiempo en el cual se realizaron muestreos de hojarasca quincenalmente.

Medición de las tasas de descomposición. En la medición de las tasas de descomposición de la hojarasca de bosques, se han empleado diversas metodologías, no obstante la más común es la de las bolsas de hojarasca (Santibáñez 2004), en la que se utilizan bolsas con diferentes tipos de malla, y en las que se confinan diversas mezclas de hojas. Además, se ha empleado el método de las bandejas de descomposición (Del Valle 2003) que ha mostrado tener resultados muy confiables (Del Valle 2003). En este estudio se empleó el método de bolsas de descomposición de hojarasca, por ser el más utilizado y reportado en las investigaciones realizadas a nivel internacional (Palma *et al.*, 1998, Palacios-Bianchi 2002, Oliver *et al.*, 2002, Santibáñez 2004, Moretto *et al.*, 2005), lo que facilita las comparaciones.

Fase de campo. Para determinar la tasa de descomposición de la hojarasca en el bp-T del CEMUCH de Lloró, se emplearon 100 bolsas de descomposición, diseñadas con una dimensión de

20 x 20 cm. donde se colocaron 65 gramos de peso seco de una mezcla de hojas de diferentes especies al azar, para asemejar las condiciones naturales del bosque. Las hojas empleadas fueron tomadas recién caídas y aquellas que estuvieran marchitas o con señales de enfermedad en el árbol.

Las hojas eran de árboles y arbustos de las especies comunes y abundantes de la zona como anime (*Protium veneralense* Cuatr. Burseraceae), yarumo (*Cecropia sp.* Cecropiaceae), borojó (*Alibertia patinoi* Cuatr. Rubiaceae), matapalo (*Clusia sp.* Clusiaceae), marañón (*Anacardium occidentale* L. Anacardiaceae), guama (*Sclerolobium sp.* Caesalpinaceae), cedro (*Cedrela odorata* Meliaceae), peine de mono (*Apeiba membranacea* Spr. Tiliaceae), *Croton sp.*, *Miconia sp.* Melastomataceae, *Topobea sp.* Melastomataceae, entre otros.

Las bolsas de descomposición se distribuyeron en dos tratamientos; en el primero empleamos 60 bolsas confeccionadas con angeo de malla pequeña (0.25 mm) y, en el segundo 40 bolsas con malla más ancha (3 mm). Las bolsas con malla ancha permitían la entrada de insectos al interior de la hojarasca asemejando más las condiciones ambientales reales. Las bolsas se ubicaron aleatoriamente en la parcela, tapadas con hojarasca e instaladas teniendo en cuenta el tipo de suelo (aluvial y terrazas) en el que se encontraban con el fin de observar la influencia de la humedad del suelo sobre la descomposición.

Cada quince días, a partir del mes de julio hasta diciembre del 2007, se recogieron al azar 8 bolsas de descomposición, las cuales se empacaron en bolsas plásticas para evitar pérdidas de humedad y de artrópodos asociados. Luego se llevaron al laboratorio de la Universidad Tecnológica del Chocó «DLC», Quibdó, Colombia.

Fase de laboratorio. Las bolsas de descomposición colectadas quincenalmente se les retiró la mez-

cla de hojas, se secaron hasta alcanzar peso constante y se pesaron, con el fin de calcular la cantidad de materia que se descompuso. Se tuvo en cuenta el suelo en que se colectó la bolsa (aluvial y terrazas) y el tipo de angeo (grande o pequeño) de la bolsa. Los insectos presentes en las bolsas de descomposición se separaron y, hasta donde fue posible, se identificaron.

Modelo matemático de descomposición de hojarasca. Para calcular matemáticamente la descomposición de hojarasca se empleó el modelo exponencial simple propuesto por Olson (1963), y utilizado ampliamente en el trópico, entre otros por Palma *et al.* (1998), Caldentey *et al.* (2001), Palacios-Bianchi (2002). En este modelo:

$$\begin{aligned} 1) & \text{LN}(X_0/X_1) = KT \\ 2) & K = \text{LN}(X_0/X_1)/T \end{aligned}$$

donde X_0 es la masa inicial, X_1 es la masa remanente en el tiempo T y T es el tiempo en años.

Además, se calculó el porcentaje de masa restante en las bolsas de descomposición (% RM), (Palma *et al.*, 1998), así:

$$3) \%RM = 100 X1/X0$$

donde (%RM) es el porcentaje de masa remanente, (x_1) peso de hojarasca de cada período de muestreo (t) y la masa inicial (x_0).

También se calculó el tiempo requerido para que se descomponga 50% (vida media) y 99% de la hojarasca (Del Valle 2003), expresada así:

$$\begin{aligned} 4) & T_{0,5} = \text{LN}(0,5)/K \\ 5) & T_{0,99} = \text{LN}(1- 0,99)/K \end{aligned}$$

donde K es la tasa de descomposición de la hojarasca calculada con el modelo exponencial simple.

Análisis estadístico. Se realizó una verificación de la varianza para saber si los datos cumplían con los supuestos de normalidad y homogeneidad. A los datos de descomposición de hojarasca se les cal-

Tabla 1
Descomposición de la hojarasca en el bosque pluvial tropical de Lloró, Chocó, Colombia

Muestréos	Peso inicial	Tasa de descomposición de hojarasca (K)	Vida media (t0,5)	Vida media (t0,99)	% de masa remanente %RM
Descomposición total en Lloró	65	3,3941	-0,204	-1,356	37,7532
Descomposición en suelo inundable	65	3,28774506	-0,21	-1,401	38,92369
Descomposición en suelos de terrazas	65	3,50363	-0,197	-1,314	36,5844
Descomposición en mallas anchas	65	4,1772042	-0,165	-1,102	30,15384
Descomposición en mallas pequeñas	65	2,9257347	-0,236	-1,574	43,18461
Descomposición en suelos de terrazas con malla ancha	65	4,481673	-0,154	-1,027	27,6302
Descomposición en suelos de terrazas con malla pequeña	65	2,740818	-0,259	-1,680	45,5385
Descomposición en suelos inundables con mallas anchas	65	3,76669	-0,181	-1,222	33,923
Descomposición en suelos inundables con mallas pequeñas	65	3,07171	-0,227	-1,499	41,4156

culó la media aritmética, variación estándar y se aplicó un análisis de varianza ANOVA y Kruscall Wallis, para observar diferencias estadísticamente significativas en cuanto al tipo de suelo y al tipo de bolsa empleadas en los muestréos. Se realizó una regresión lineal para correlacionar el tiempo (en días) con la pérdida de peso de la hojarasca remanente en la descomposición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La descomposición de hojarasca en el bp-T de Lloró presentó una tasa de pérdida de peso anual (K) de 3.39, con un rango de valores de k entre 2.7-4.8 anual para los distintos tratamientos (Tabla1). La tasa se calculó con el modelo exponencial simple (Olson 1963) para poder comparar con otros tipos de bosque. En este sentido, los resultados del presente estudio ($K=3,3a^{-1}$) se encuentra dentro del rango reportado para bosques lluviosos tropicales de zonas bajas, desde $0,37a^{-1}$ hasta $5.0a^{-1}$, reportados por Del Valle (2003), datos calculados empleando el modelo antes mencionado (Olson 1963), aunque estas cifras no son exactamente comparables por las diferencias en las metodologías empleadas.

La descomposición de hojarasca mostró que luego del período de investigación (105 días) en las bolsas, el material conservaba en promedio 37,7% del total confinado inicialmente, es decir, se descompu-so 62,3% en un período de 0.28 años; se deduce entonces que anualmente se descompone 217% de la hojarasca en este tipo de bosque. Este resultado supera lo reportado por Del Valle (2003), en bosques pantanosos del Pacífico Sur con 87,8% y 78,6% anuales, aunque se empleó una metodología diferente. Los datos informados por Anderson & Swift (1983) muestran que los bosques tropicales de Nigeria con 219% y 548% de pérdida de peso anual, tienen similitud con los resultados aquí presentados.

Además, el resultado de esta investigación (217% pérdida de peso anual en hojarasca) es significativamente superior al encontrado por Moretto *et al.* (2005) en 180 días de evaluación de la descomposición en diferentes sistemas de regeneración con reportes de pérdida de peso en la hojarasca de 10%, 13.4%, 11.1% y 20% respectivamente en bosques de Argentina. Igualmente, superior a los reportes de Palacios-Bianchi (2002), en bosques continuos

(33%) y fragmentos (23%), en la Reserva Nacional Los Queules en Chile. Las diferencias se deben sobre todo a la calidad del material (tipo de hojarasca) y a las características microclimáticas (Moretto *et al.* 2005), que en las zonas mencionadas son diferentes a las del bosque pluvial de Lloró.

Cabe mencionar que se ha observado que en regímenes similares de precipitación, la hojarasca se transforma (se descompone) aproximadamente cinco veces más rápido en las regiones tropicales que en las regiones templadas (Tiessen *et al.* 1998). Esto obedece no sólo al efecto de las altas temperaturas en los procesos de descomposición, sino también a la menor capacidad de los suelos de los bosques tropicales de mantener fracciones estables de materia orgánica (Montagnini & Jordán 2002). Esta situación se presenta en los bosques de Lloró, debido a que estos se encuentran fuertemente influidos por las pendientes del terreno que favorecen la lixiviación, por la acción constante del hombre (tala selectiva y cambio de uso del suelo) y por las inundaciones periódicas que afectan el suelo del bosque y disminuyen su capacidad de retención de materia orgánica.

El tiempo que tarda en descomponerse el ($t_{0,5}$) 50% y el ($t_{0,99}$) 99% de la hojarasca en el bosque de Lloró, es de 0,2 y 1,35 años respectivamente, que ratifica lo manifestado por Golley (1978) quien afirma que la hojarasca tarda en descomponerse completamente en los bosques tropicales entre 2,5 y 11 meses. No obstante, este resultado es significativamente diferente al tiempo registrado en el bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) de Porce (Antioquia, Colombia), con $t_{0,5}$ =1,68 y $t_{0,99}$ =10,96 años (Berrouet & Loaiza 2002). También es diferente al reportado por Palacios-Bianchi (2002) en bosques continuos y fragmentados en Chile, en los que la hojarasca demoraría en descomponerse 99%, un tiempo entre 11 y 15 años respectivamente. En dichos bosques, las características de temperatura y humedad son diferentes a las del bp-T de Lloró. Esto muestra que la descomposición de hojarasca se puede alterar por modificacio-

nes en el microclima de la hojarasca, lo que a su vez afectaría la fauna edáfica y los microorganismos involucrados en el proceso.

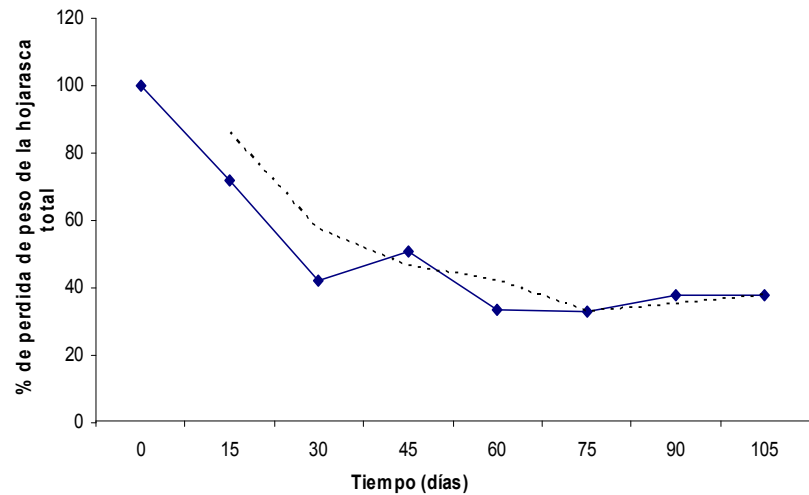
Los resultados del presente estudio muestran una alta tasa de descomposición de hojarasca en los bosques pluviales tropicales, que se deben posiblemente al efecto conjunto de diferentes factores de la zona, entre estos, la alta precipitación (10.000 mm anuales) que no sólo contribuyen con una mayor lixiviación y arrastre de material, sino que permite una mayor presencia de organismos descomponedores; también las altas temperaturas (26°C-30°C) imperantes que contribuyen en este proceso y la alta diversidad de especies tanto de plantas como animales (invertebrados) que ayudan a la degradación de la hojarasca. Lo que se relaciona con lo manifestado por Del Valle (2003), quien afirma que en relación con la pérdida de peso, los factores más determinantes son, primero, las especies aportantes de detritos, porque la hojarasca de distintas especies se descomponen a diferentes tasas en un mismo sitio. Igualmente a mayor diversidad de especies vegetales mayor es la tasa de descomposición de la hojarasca (Santibáñez 2004).

El segundo factor determinante en la descomposición es el micrositio, explica Del Valle (2003) que en sitios inundados durante más tiempo la hojarasca tiene tasas de descomposición menor que en sitios poco o con menor tiempo de inundación; esta situación posiblemente se esté presentando en Lloró, donde existen diferentes micrositios con tasas desiguales de descomposición (Tabla 1).

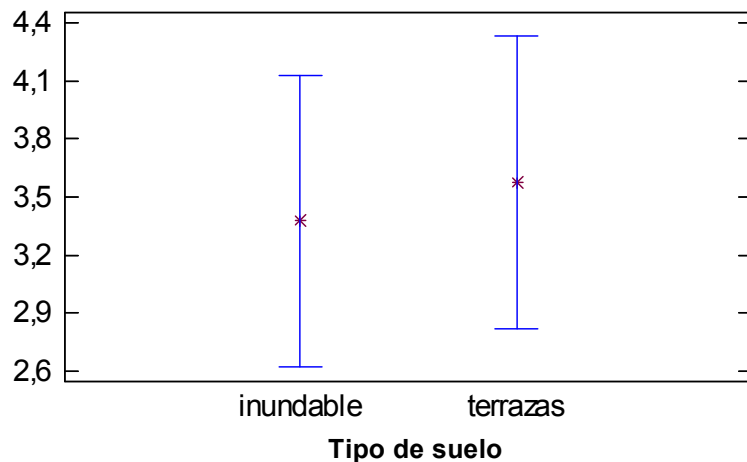
Este resultado en la descomposición ($K=3.3$), representa la primera evidencia científica del porqué los bosques pluviales tropicales no poseen una capa orgánica estable de gran tamaño en el suelo y posiblemente explica el porqué la mayoría de los árboles poseen diámetros pequeños a la altura del pecho (DAP) entre 10 y 30 cm (Palacios *et al.*, 2003).

En la Gráfica 1 se puede apreciar que en el proceso

de descomposición de la hojarasca, en los primeros 30 días pierde cerca del 40% del total introducido en las bolsas y, en los siguientes muestreos se mantiene constante oscilando entre 33% y 38%, es decir, la pérdida de peso en los muestreos 4, 5, 6 y 7 es más lenta que en los anteriores. Esto se debe principalmente, al hecho de que la hojarasca esté compuesta de una fracción lábil que se descompone con rapidez como azúcares y proteínas y de una fracción recalcitrante de más lenta descomposición compuesta de lignina y fenoles (Del Valle 2003, Palma *et al.* 1998, Berrouet y Loaiza 2002, Sundaparapandian y Swamy 1999, Arunachalam y Sigh 2002), por tal razón, generalmente en las primeras etapas (dos meses) de la descomposición se observan tasas mayores que en los períodos siguientes (Del Valle 2003, Palma *et al.* 1998, Berrouet & Loaiza 2002, Sundaparapandian & Swamy 1999, Arunachalam & Sigh 2002, Santibáñez 2004).



Gráfica 1. Descomposición de hojarasca total a través del tiempo en el municipio de Lloró, Chocó, Colombia.

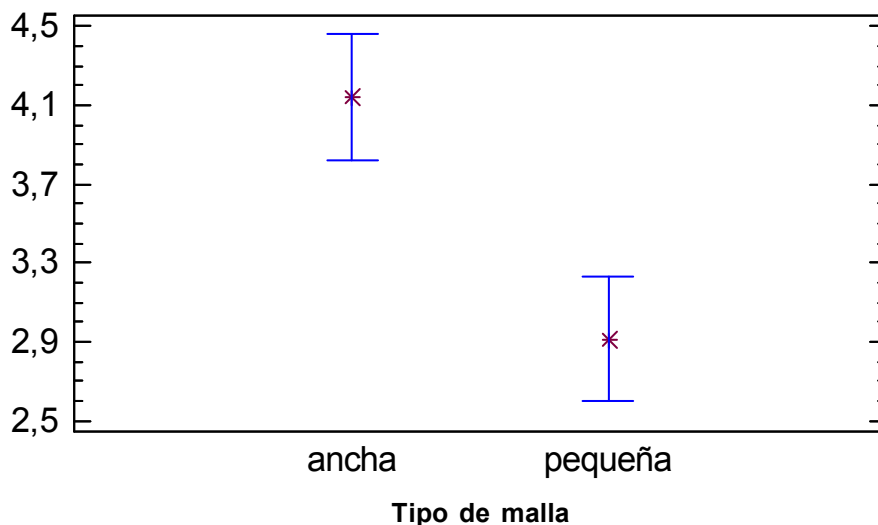


Gráfica 2. Tasas de descomposición en distintos tipos de suelos en el bosque pluvial tropical en Lloró, Chocó, Colombia

TASAS DE DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA EN LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS

Las tasas de descomposición de hojarasca en los distintos tipos de suelos (terrazas e inundables), fueron de $K=3,5$ en suelos de terrazas y $K=3,2$ en suelos inundables; a pesar de esto, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($F_{0,135}; p>0,05$) a un nivel de 95% (Gráfica 2). Las tasas de descomposición en los suelos de terrazas mostraron un rango más amplio lo que se debe posiblemente a la presencia de mayor cantidad de micro-hábitat que genera una gama más amplia de tasas de descomposición.

Hipotéticamente, se puede afirmar que la baja aireación de suelos inundables debería producir tasas de descomposición de hojarasca más lentas que las halladas en bosques tropicales lluviosos no inundados (Del Valle 2003), no obstante en este estudio no se presentaron diferencias significativas entre los suelos inundables y no inundables (terrazas). Este resultado se podría explicar, de acuerdo con Del Valle (2003), con los cambios en el nivel freático que se presentan en algunas áreas de estos suelos inundables, cuando el nivel freático oscila unos pocos centímetros en el suelo la hojarasca se encuentra sometido a períodos alternativos de anegamiento



Gráfica 3. Tasas de descomposición de acuerdo al tipo de malla en el bosque pluvial tropical de Lloró, Chocó, Colombia

y aireación, dependiendo de las lluvias, esto produce pulsos de oxidación de la hojarasca haciendo que se descomponga a tasas similares a las registradas en suelos sin inundación. Posiblemente este fenómeno se esté presentando en algunos micro-hábitat inundables en los bosques de Lloró.

Las tasas de descomposición de acuerdo con los tipos de mallas, anchas y pequeñas, presentó diferencias estadísticamente significativas ($F=29,02$; $p<0,05$) a un nivel de confianza de 95%. La tasa de descomposición presentó un promedio de $K=4,17$ en mallas anchas (3 mm de anchos los orificios), mientras que en mallas pequeñas K fue 2,9; (Gráfica 3) debido a la presencia de individuos descomponedores (invertebrados) que se encuentran en las bolsas de orificios anchos.

Este resultado ratifica lo manifestado por Kimmins (1997), quien afirma que la descomposición de la hojarasca es realizada por la combinada acción de animales del suelo de varios niveles (micro y meso fauna del suelo) y microorganismos del suelo (bacterias y hongos). En este caso en las bolsas de orificios pequeños (0.25 mm) sólo actúan en la descomposición los hongos y bacterias, mientras que en las de mallas anchas, se encontraron organismos

como coleópteros, ephemerópteros, hemípteros, arácnidos, diplópodos, semiescorpiones, entre otros, que contribuyen con la fragmentación y descomposición de la hojarasca. Kimmins (1997) afirma además, que la presencia de fauna en el proceso de descomposición, hace que este proceso sea mayor que en ausencia de fauna.

Es muy posible que las altas tasas de descomposición en bolsas de malla ancha se deban a que el material fragmentados se halla perdido o salido de las bolsas antes de ser pesado, mediante procesos de arrastre por lluvias, por lo que se podría asumir que parte de este resultado sobreestima la tasa de descomposición de hojarasca.

Las diferencias en las tasas de descomposición más marcadas que se dan por los micro-hábitat inundados en los que no hubo oportunidad de que se descomponga la hojarasca. Es posible que en estos micro-hábitat las bolsas de descomposición estaban completamente sumergidas en el lodo (turba) lo que hace que la descomposición sea muy lenta. Esto se relaciona con lo manifestado por Silva (2004), quien dice que en suelos inundados se forman las turbas, que se forman en un medio mal aireado, saturados de agua, de manera casi permanente en to-

Tabla 2
Descomposición de hojarasca en bosques tropicales

Lugar	Zona de vida	Precipitación mm/año	Temperatura °C	Altura (msnm)	Componente	Tamaño (mm) de malla	k	Autor
Parque Chaqueño Argentina	bh-ST	1300	21,5		Hojas	2	0,04 - 0,28	Palma <i>et al.</i> (1998)
India	b-T	2338	27,0	250 - 650	Hojas	1	0,136 - 0,403	Sundarapandian & Swamy (1999)
Luquillo, Puerto Rico	bh-ST	3524	22,3	420	Hojas	1,8 x 1,6	1,465 - 1,986	González & Seasted (2001)
Bakundu, Camerún	b-TLI			234	Hojas	2	2,51 - 2,55	Songwe <i>et al.</i> (1995)
Hawai	b-T	2500	26,0	1130 - 1180	Hojarasca fina	1	0,26 - 0,81	Hobbie and Vitousek (2000)
Pacifico sur Colombia	bh-T	3500	25,0	10	Hojarasca fina	10	1,7093	Del Valle (2003)
Luquillo, Puerto Rico	bh-ST	3500	20,0	240	Hojas	1	0,85 - 2,87	Sullivan <i>et al.</i> (1999)
Belice	b-M				Hojas	1	1,21	Feller <i>et al.</i> (1999)
Maunaloa, Hawai	b-T	6000	26,0	760	Hojas	1	0,30 - 0,92	Vitousek <i>et al.</i> (1994)
Yurimaguas, Perú	bh-T	2200	19,7	180	Hojas	1	0,91 - 3,72	Palm & Sánchez (1990)
Luquillo, Puerto Rico	bh-ST			750	Hojas	1	0,438 - 1,351	Frangi & Lugo (1985)
Porce, Colombia	bh-T	3050	22,8	800 - 1000	Hojarasca fina	3 en tapa superior	0,42 - 0,55	Berrouet & Loaiza (2002)
Lloró, Colombia	bp-T	10851	24,0	100 - 150	Hojas	0,25 - 3	2,7 - 4,8	Presente estudio

das las estaciones del año. En estas condiciones pocos microorganismos pueden vivir, de esta forma la descomposición y la humificación de la materia orgánica son muy lentas, la que se acumula en capas espesas constantemente embebidas en agua.

Se puede apreciar que la hojarasca del suelo no es uniforme, sus componentes se transforman o mineralizan a diferentes velocidades. Los componentes que se transforman más lentamente están relacionados con la disponibilidad a largo plazo de nutrientes para las plantas, mientras los nutrientes de rápida mineralización, como la hojarasca, están disponibles a corto plazo (Montagnini & Jordán 2002); debido a esto, se observa en el suelo del bosque tropical del CEMUCH (Lloró), cantidades de hojarasca heterogéneas y en diferentes estados de descomposición.

Se pudo apreciar que en ocasiones las bolsas de descomposición presentaban raíces finas en su interior, lo que muestra la estrategia evolutiva y adaptativa de las plantas de este bosque pluvial, frente a las altas tasas de descomposición y altos niveles de lixiviación, imperantes en la zona; las raíces finas presentes en las bolsas se chupan los nutrientes que se van liberando paulatinamente en el proceso de descomposición, antes de que estos sean lixiviados.

Se puede afirmar que los datos de las tasa de descomposición del pre-

sente estudio en general ($K=3,3a^{-1}$) se encuentran en los rangos altos de descomposición publicados para bosques tropicales (Del Valle 2003, Berrouet y Loaiza 2002, Palma *et al.*, 1998) (Tabla 2).

CONCLUSIONES

En el bp-T de Lloró se presentó una tasa de descomposición de hojarasca anual (k) de 3.39, con un rango de valores entre 2.7 y 4.8 anuales. Dicha descomposición fue mayor al inicio del estudio y luego disminuyó su velocidad, mostró independencia del tipo de suelo y estuvo influida por el ancho de las mallas.

La descomposición de hojarasca en los bp-T de Lloró (Chocó) se deben al efecto conjunto de diferentes factores de la zona, entre estos la alta precipitación (10.000 mm anuales) que genera mayor lixiviación, la presencia de organismos descomponedores, las altas temperaturas (26°C-30°C) y la alta diversidad de especies plantas y animales (invertebrados) que ayudan a la degradación de la hojarasca.

AGRADECIMIENTOS

Los autores gratificamos a la Universidad Tecnológica del Chocó «Diego Luis Córdoba», porque mediante su programa de Jóvenes Investigadores de 2007, permitieron la financiación de esta investigación. También agradecemos al personal del Centro Multipropósito de la Universidad Tecnológica del Chocó «DLC» y a la comunidad del municipio de Lloró por su hospitalidad y buen trato.

LITERATURA CITADA

- Anderson, J. M.**, M. J. Swift. 1983. Decomposition in tropical forest. *In*: S. L. Sutton, T. C. Whitmore, A. C. Chadwick (eds). *The tropical rain forest: Ecology and management*. p. 287-309. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Arunachalam, A.**, N. D. Sigh. 2002. Leaf litter decomposition of evergreen and deciduous *Dillenia* species in humid tropics of North-East India. *J Trop Forest Sci.* **14**: 105-15.
- Berrouet, L.**, L. M. Loaiza. 2002. *Tasas de descomposición de hojarasca fina y los detritos de madera en bosques jóvenes y maduros en el área de la cuenca media del río Porce*. Trabajo de Grado. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. p. 45.
- Caldentey, J.**, Ibarra, M., J. Hernández. 2001. Litter fluxes and decomposition in *Nothofagus pumilio* stands in the region of Magallanes, Chile. *Forest Ecol Manag.* **148**: 145-57.
- Coûteaux M. M.**, Bottner P., Berg B. 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. *Trends Ecol Evol.* **10**: 63-6.
- Delaney, M.**, S. Brown, A. Lugo, A. Torres-Lezama, N. B. Bello-Quintero. 1997. The distribution of organic carbon in major components of forest located in five life zones of Venezuela. *J Trop Ecol.* **13**: 697-708.
- Del Valle, J. I.** 2003. Descomposición de la hojarasca fina en bosques pantanosos del Pacífico colombiano. *Interciencia.* **28** (3): 148-53.
- Golley, F. B.** 1978. Decomposition and biogeochemical cycles. *En: Tropical forest ecosystems: a state of the knowledge*. París: UNESCO-UNEP-FAO. p. 170-285.
- Holdridge, L.** 1996. *Ecología basada en las zonas de vida*. San José: Instituto Interamericano para la Agricultura.
- Kimmins, J. P.** 1997. *Forest ecology*. A Foundation for Sustainable Management. The University of Bristish, Columbia. New Jersey: Prentice Hall.
- Mcgroddy, M.**, W. L. Silver. 2000. Variations in belowground carbon storage and soil CO₂ flux rates along a wet tropical climate gradient. *Biotropica.* **32**: 614-24.
- Montagnini F.**, C. F. Jordán. 2002. Reciclaje de nutrientes. *En: Guariguata, M., Y. Kattan (eds). Ecología y conservación de bosques neotropicales*. San José: Libro Universitario Regional (LUR).
- Moreno, F.**, W. Lara. 2003. Variación del carbono del suelo en bosques primarios intervenidos y secundarios. *En: Orrego, S. A., J. I. Del Valle y F. H. Moreno (eds). Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales de Colombia: Contribuciones para la mitigación del cambio climático*. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Departamento de Ciencias Forestales y Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente, Bogotá, DC. 314 p.
- Moretto, A.**, Lázzari, A., O. Fernández. 2005. Calidad y cantidad de nutrientes de la hojarasca y su posterior mineralización en bosques primarios y bajo manejo con distintos sistemas de regeneración. Módulo

- Lenga. Subproyecto 5. PIARFON BAP p. 1-17.
- Oliver, L.,** M. Pérez-Corona, F. Bermúdez De Castro. 2002. Degradación de la hojarasca en un pastizal oligotrófico mediterráneo del centro de la península ibérica. *Anal Biol.* **24**: 21-32.
- Olson, J. S.** 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology.* **44**: 322-31.
- Palacios-Bianchi P.** 2002. *Producción y descomposición de hojarasca en un bosque Maulino fragmentado.* Seminario de Título. Biología Ambiental. Santiago: Universidad de Chile.
- Palacios, J. C.,** García, F., Y. A. Ramos. 2003a. Características generales del corregimiento de Salero, Unión Panamericana, Chocó. *En: García, F. Ramos, Y. Palacios, J. Arroyo, J. Mena, A., González, M. (eds). Salero: diversidad biológica de un bosque pluvial tropical (bp-T).* Bogotá, DC: Editorial Guadalupe Ltda.
- Palacios, J.,** Y. Ramos. A. K. Mosquera, F.L. Castro, F. García, J. Arroyo, A. Cogollo. 2003b. Estructura de un bosque pluvial tropical (Bp-T) en Salero, Unión Panamericana, Chocó. *En: García, F. Ramos, Y. Palacios, J. Arroyo, J. E. Mena, A., González, M. (Eds). Salero: diversidad biológica de un bosque pluvial tropical (bp-T).* Bogotá, DC: Editorial Guadalupe Ltda.
- Palma, R. M.,** J. Prause, A. V. Fontanive, M. P. Jiménez. 1998. Litter fall and litter decomposition in a forest of the parque Chaqueño Argentino. *Forest Ecol Manag.* **106**: 205-10.
- Quinto, H.,** Y.A. Ramos-Palacios, E. Álvarez-Dávila. 2007. Estimación de la biomasa aérea de un bosque pluvial tropical en Salero, Unión Panamericana. Chocó, Colombia. *Actual Biol.* **29**: 182.
- Quinto, H.,** Y.A. Ramos-Palacios, D. Abadía-Bonilla. 2007. Estudio de la producción de hojarasca en un bosque pluvial tropical en Salero, Unión Panamericana. Chocó, Colombia. *Actual Biol.* **29**: 199.
- Santibañez, C.** 2004. *Dinámica de la descomposición de hojarasca en función de la riqueza de especies vegetales.* Programa de Doctorado Campus Sur. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. Santiago: Universidad de Chile.
- Schlesinger, W.** 1997. *Biogeochemistry. An analysis of global change.* San Diego: Academic Press.
- Schutz, C.J.** 1990. Site relationships for *Pinus patula* in the eastern transvaal escarpment area. Thesis, University of Natal, Pietermaritzburg. 128 pp.
- Silva, A.** 2004. La materia orgánica del suelo. <http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/cursos/Material%20de%20lectura/Materia%20Organica/organica.pdf>
- Silver, W. L.,** R. Ostertag, A. E. Lugo. 2000. The potential for carbon sequestration through reforestation of tropical agricultural and pasture lands. *Restor Ecol.* **8**: 394-407.
- Statistical Graphics Corp.** 2002. Statgraphics Plus Version 5.1. Tomado de www.statgraphics.com
- Sundarapandian, S.M.,** P.S. Swamy. 1999. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at kodayar in the Western Ghats, India. *Forest Ecol Manag.* **123**: 231-4444.
- Tiessen, H.,** E. Cuervas, I. H. Salcedo. 1998. Organic matter stability and nutrient availability under temperate and tropical conditions. : Towards sustainable land use. *Adv GeoEcol.* **31**: 415-22.
- Vitousek P.,** M. Turner, D. R. Parton, W. J., R. L. Souford. 1994. Litter decomposition on the manua loa enviromental matrix. Hawaii: patterns, mechanisms and models. *Ecology.* **75**: 418-29.