

TASAS DE DESCOMPOSICIÓN DE LA HOJARASCA EN UN SISTEMA AGROFORESTAL CON CAFÉ EN EL PACÍFICO DE NICARAGUA

Rodolfo Munguía Hernández

Ing. Agr. Docente – Investigador / Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía / Universidad Nacional Agraria, Rodolfo. Munguia@una.edu.ni.



RESUMEN

Con el objetivo de determinar las tasas de descomposición de hojarasca de cafetos (*Coffea arabica* L.), sola y en mezcla con madero negro (*Gliricidia sepium*), se estableció un estudio con dos experimentos entre septiembre a diciembre del 2004 y de junio a septiembre del 2005. Para la realización del estudio, se utilizaron tres sistemas de manejo de sombra en cafetos. La primera parcela de café fue manejada con sombra de *G. sepium* y fertilizada (PCF), la segunda parcela se estableció a plena exposición solar (PS), en cambio, la tercera parcela se estableció bajo sombra de *G. sepium* y sin fertilización (PSF). El estudio se llevo a cabo en la finca “San Francisco”, municipio de “San Marcos”, departamento de Carazo, Nicaragua. Para el estudio se emplearon bolsas de descomposición de 30 x 30 cm y 20 x 20 cm por cada año respectivamente. Se recolectaron muestras a los 0, 6, 12, 24, 48 y 96 días en el experimento 1 y 0, 4, 8, 13, 25, 48 y 96 días en el experimento 2. Los resultados muestran que la hojarasca de *G. sepium* obtuvo la mejor tasa de descomposición, mientras que la hojarasca de *C. arabica* fue menor, sin que fuera afectada por la presencia de *G. sepium*, en los tratamientos que incluían cafetos y madero negro. Las descomposición de las hojas verdes de *G. sepium* muestra menor velocidad de descomposición al compararla con hojarasca de esta misma especie.

ABSTRACT

With the objective of determining the rates of decomposition of coffee leaf litter (*Coffea arabica* L.), in a single plot and coffee mixed with “Madero negro” (*Gliricidia sepium*), a study with two experiments was carried out from september to december 2004 and from june to september 2005. For the accomplishment of the study, three shade and fertilization handling systems in coffee plants were used. The first coffee plot was handled with shade of *G. sepium* and fertilized (PCF), the second plot was established at plain solar exhibition (PS), and the third plot was settled under shade of *G. sepium* and without fertilization (PSF). The study took place in the farm called “San Francisco” from the municipality of “San Marcos”, department of “Carazo”, Nicaragua. Decomposition bags of 30 by 20 cm in 2004 and bags of 20 by 20 cm in 2005 were used in the study. Sampling were done at 0, 6, 12, 24, 48 and 96 days in (experiment 1) and 0, 4, 8, 13, 25, 48 and 96 days in experiment 2. Results show that leaf litter from *G. sepium* obtained the best rate of decomposition, although leaf litter from *C. arabica* was smaller, without been affected by the presence of *G. sepium* in treatments that included coffee plants and *G. sepium*. Decomposition of *G. sepium* green leaves shows minor decomposition rate when compared with leaf litter of same specie.

En el sistema agroforestal con café, el componente de los árboles y el mismo cafetal contribuyen continuamente a través de la hojarasca, los residuos de poda de los árboles de sombra y de las raíces muertas, al incremento de la materia orgánica del suelo, siendo fuente muy importante para mantener y/o aumentar la fertilidad de los suelos.

La descomposición de estos restos vegetales ocasionados por la actividad de los microorganismos permite la liberación y mineralización de los nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, etc.) que llegan a la solución del suelo y retornan a la planta vía absorción de las raíces (Fassbender, 1993; Montagnini *et al.*, 1999). Otros factores adicionales como el contenido de lignina y de polifenoles afectan la liberación de nutrientes ya que estos dos compuestos disminuyen la calidad de los materiales vegetales (Montagnini *et al.*, 1999).

Las mediciones de la caída de la hojarasca de los diferentes componentes del sistema agroforestal, sobre el piso del suelo (mantillo) y el conocimiento preciso de la tasa de descomposición de la hojarasca, permiten una mejor manipulación de la misma como mulch.

Si la descomposición y liberación de nutrientes es rápida, el cultivo asociado estará menos limitado en sus requerimientos nutricionales. Una lenta descomposición puede ayudar a proteger al suelo de la erosión hídrica por la presencia de hojas en el suelo de manera permanente (Kershner and Montagnini, 1998).

La descomposición de los residuos vegetales es un proceso por el cual, los compuestos solubles y de fácil degradación como los azúcares, almidón y proteínas son rápidamente consumidos por las bacterias, Ascomycetes y hongos imperfectos (Hammel, 1997; Wieder and Lang, 1982). Otros compuestos orgánicos como la celulosa, hemicelulosa, grasas y ceras son considerados intermedios debido a que son más resistentes al ataque de los microorganismos; mientras que la lignina es un compuesto altamente resistente al ataque de los descomponedores, en tanto que los taninos y polifenoles juegan un rol importante en defensa de la planta para repeler el ataque de herbívoros o infecciones microbiales (Haslam, 1981; Harborne, 1997). Sin embargo, estos últimos, también son considerados un factor importante en el control de la descomposición de la hojarasca en el suelo (Swift *et al.*, 1979; De Leeuw and Largeau, 1993).

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito evaluar la tasa de descomposición de la hojarasca de *C. arabica* sola y en mezclas con *G. sepium* en dos épocas, bajo diferentes manejos agronómicos de un sistema agroforestal con café en la región del pacífico de Nicaragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron tres parcelas de café de 1920 m² (40 x 48 m), en el año 2000 en la finca privada San Francisco (Carazo, Nicaragua). La primera parcela de café fue manejada con sombra de *G. sepium* y fertilización (PCF). Una segunda parcela de café se estableció a plena exposición solar (PS), en cambio, la tercera parcela de café fue plantada con sombra de *G. sepium* y sin fertilización (PSF). Las plantas de café fueron establecidas a 2 x 1 m para una población de 5000 plantas ha⁻¹. Los árboles de sombra de *G. sepium* se establecieron a una distancia de 8 x 8 m para una densidad poblacional de 156 árboles ha⁻¹.

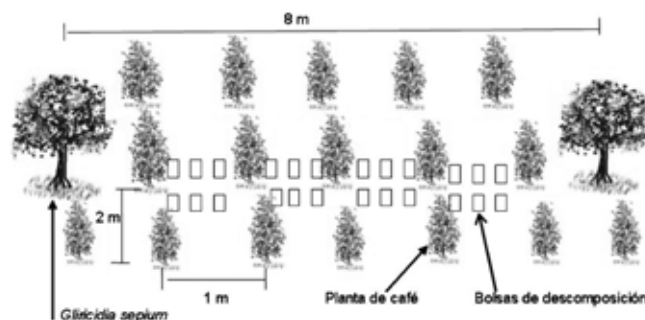


Figura 1. Diagrama de la ubicación de las bolsas de descomposición de la hojarasca en sistemas agroforestal con café

Experimento de descomposición 2004 (3 Septiembre - 9 Diciembre): Para la descomposición de la hojarasca de *G. sepium* y *C. arabica*, se utilizaron bolsas de descomposición (Litterbags) de 30 x 30 cm, de mallas de nylon, con hoyos de uno a dos mm de diámetro, los cuales estuvieron en contacto con el suelo, para facilitar la entrada de la micro y macrofauna. Se colocaron 24 bolsas por tratamientos mezclas (15 g de hojarasca de *C. arabica* y 15 g de *G. sepium*). En las parcelas con sombra y a pleno sol las bolsas contenían 30 g de hojarasca de *C. arabica*.

Se recolectaron al azar cuatro bolsas por tratamientos a los 0, 6, 12, 24, 48, 96 días de exposición en campo las que fueron puestas en bolsas de tela para evitar pérdidas de residuos previos a la fase de laboratorio. Se limpio de materiales extraños, piedras, etc., las que fueron separadas por componente hasta que el proceso mismo lo permitiera. Seguidamente se procedió a secar en un horno a 65 °C hasta peso constante, para determinar el peso de la materia seca.

Inicialmente, a todos los datos del peso remanente de la hojarasca se aplicó un ANDEVA, para verificar el comportamiento estadístico de los factores en estudio (fechas de recolección y tipo de hojarasca) según lo expresado por Wieder and Lang (1982). Seguidamente, se utilizó el modelo exponencial simple, considerado por Olson, (1963) donde la constante (k) caracteriza las pérdidas de masa, por lo que facilita las comparaciones con otro conjunto de datos. Dicho modelo es transformado linealmente a través del logaritmo natural de la siguiente expresión: $W_f = W_o e^{-kt}$; donde W_f es el por ciento del peso seco remanente; W_o es el por ciento del peso inicial o cantidad inicial; k es la tasa de descomposición o coeficiente de regresión y t es el tiempo de exposición de la hojarasca en campo. Los resultados finales de los análisis de regresión fueron expresados por medio de gráficos.

Experimento de descomposición 2005 (9 junio a 19 Septiembre). Las bolsas de nylon fueron de 20 cm x 20 cm, colocándose 20 g de material vegetal en un 50 % para los tratamientos mezclas (*C. arabica* en hojarasca y *G. sepium* en hojarasca y hojas verdes) y un 100 % para el componente solo de hojarasca de *C. arabica* para el manejo a plena exposición solar. En total se establecieron 120 bolsas o muestras. Se recolectaron cuatro bolsas en proceso de descomposición a los 4, 8, 13, 25, 48 y 96 días de exposición por cada tratamiento, a los que se les realizó el mismo procedimiento que el expresado en el experimento del 2004.

El análisis inicial a los datos del por ciento del peso remanente fue a través de ANDEVA, siguiendo las recomendaciones

de Wieder and Lang (1982). Se aplicó un modelo decreciente de doble exponencial, $Y = W_0 \exp^{-k_1 t} + (100 - W_0) \exp^{-k_2 t} + \varepsilon$; donde la masa remanente de la fracción labil llega a ser relativamente muy pequeña en comparación con la masa restante de la fracción recalcitrante (Wieder and Lang, 1982).

La aplicación del modelo exponencial simple (2004) y doble (2005) obedece al criterio de mejor comportamiento lineal a partir de su transformación logarítmica. Lo mejores resultados en cuanto a la curva de mejor ajuste se obtuvieron a partir de las regresiones a los datos del peso remanente de cada uno de los tratamientos evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasas de descomposición en 2004. Los resultados del análisis de varianza realizados a los datos de peso remanente (porcentaje) indican diferencias estadísticas (<0.0001) entre las especies (hojarasca sola o en mezclas). Igual comportamiento es mostrado por el factor fecha de recolección (<0.0001) y la interacción de ambos factores (0.0438). Según Wieder and Lang (1982), al menos dos de los tres tratamientos difieren en el por ciento medio del peso remanente dada la exposición a la descomposición en el suelo del material vegetal. Con respecto a la fecha de recolección los tratamientos se descomponen a la misma tasa de descomposición.

Un primer análisis realizado a datos con exposición a la descomposición de 0 a 24 días, aplicando el modelo exponencial simple, indica que la hojarasca de *G. sepium* muestra las tasas de descomposición más altas. Sin embargo, la parcela donde se maneja con fertilizantes obtuvo una tasa de -0.378 , incrementándose la actividad biológica de los descomponedores en la destrucción de los residuos vegetales. Mientras, en la parcela no fertilizada y con sombra fue menor con -0.314 . En general estos resultados se deben en parte a la alta calidad de la hojarasca de especies de leguminosas. Datos mostrados por Handayanto *et al.*, (1994) indican que el material podado de *G. sepium* tiene un concentración de 3.95 % de Nitrógeno (N) y 20 % de lignina; mientras que Oglesby *et al.*, (1992) reporta concentraciones de 3.43 % de N y 8.6 % de lignina; que hace que los microorganismos dispongan en mayor cantidad de estos nutrientes.

Para el caso de la hojarasca de café en las parcelas con sombra (PCF, PSF) y en la parcela de café a plena exposición solar (PS), los valores fueron similares con -0.273 , -0.22 y -0.242 respectivamente, aún cuando estuvo presente la hojarasca de *G. sepium* (Tabla 1).

Los resultados de la descomposición de hojarasca a los 96 días de exposición en campo, muestra que el tratamiento compuesto por la hojarasca de *C. arabica* y *G. sepium* bajo condiciones de manejo con sombra de *G. sepium* y fertilización, obtuvo la mayor tasa de descomposición con -0.215 (Figura 2), lo cual indica que los aportes de fertilizantes durante el ciclo agrícola influyeron positivamente en una mayor actividad biológica de los microorganismos descomponedores, facilitando el proceso de destrucción de los residuos vegetales expuestos.

En la parcela con el mismo tipo de sombra pero no fertilizada, el proceso fue muy similar hasta los 12 días, teniendo un comportamiento diferente hasta los 96 días, donde el proceso de descomposición se redujo a una tasa de -0.158 . La exposición de la hojarasca de *C. arabica* sola en la parcela a pleno sol obtuvo una menor tasa de descomposición con -0.143 (Figura 2). Lo anterior es debido principalmente a las características de calidad de la hoja de café. Similar comportamiento fue obtenido en condiciones de trópico húmedo en Costa Rica pero a una tasa de descomposición mayor con -0.296 con un seguimiento de hasta 213 días de exposición (Munguía, 2003). En un estudio de descomposición de hojas de *G. sepium* realizado por Handayanto *et al.*, (1994) se obtuvo una tasa de descomposición de (k) 0.0415, superior a otras especies como *Calliandra calothyrsum* (0.0334), y *Leucaena leucocephala* (0.0407), exposición en campo de 64 días.

El comportamiento observado en la Figura 2, se debe también a las condiciones de humedad dadas en el sitio de la investigación. En Septiembre se registraron 28.4 mm, Octubre fue el más húmedo con 312.4 mm, Noviembre con 38.6 mm y Diciembre con 1.8 mm, datos obtenidos de estación meteorológico en la finca San Francisco.

Tasas de descomposición en 2005. Según Berg (2000), en el proceso de descomposición en una primera fase o sea en el período inicial de la destrucción de los materiales vegetales, la

Tabla 1. Comportamiento de la descomposición de la hojarasca de *C. arabica* y *G. sepium* en mezclas y solas, bajo diferentes condiciones de manejo del cafetal

Parcelas	Café con sombra de <i>G. sepium</i> y fertilizada (PCF)		Café con sombra de <i>G. sepium</i> y sin fertilización (PSF)		Café a pleno sol (Psol)
	<i>C. arabica</i> en presencia de <i>G. sepium</i>	<i>G. sepium</i> en presencia de <i>C. arabica</i>	<i>C. arabica</i> en presencia de <i>G. sepium</i>	<i>G. sepium</i> en presencia de <i>C. arabica</i>	<i>C. arabica</i> sola
Días exposición					
0	100	100	100	100	100
6	90.86	83.98	87.37	86.34	93.11
12	75.21	64.61	74.95	69.45	78.69
24	62.25	49.70	64.29	55.86	66.51
k	-0.273	-0.378	-0.221	-0.314	-0.242
R ²	0.992	0.966	0.985	0.984	0.999
Prob >t	0.0556	0.1164	0.0781	0.079	0.0152

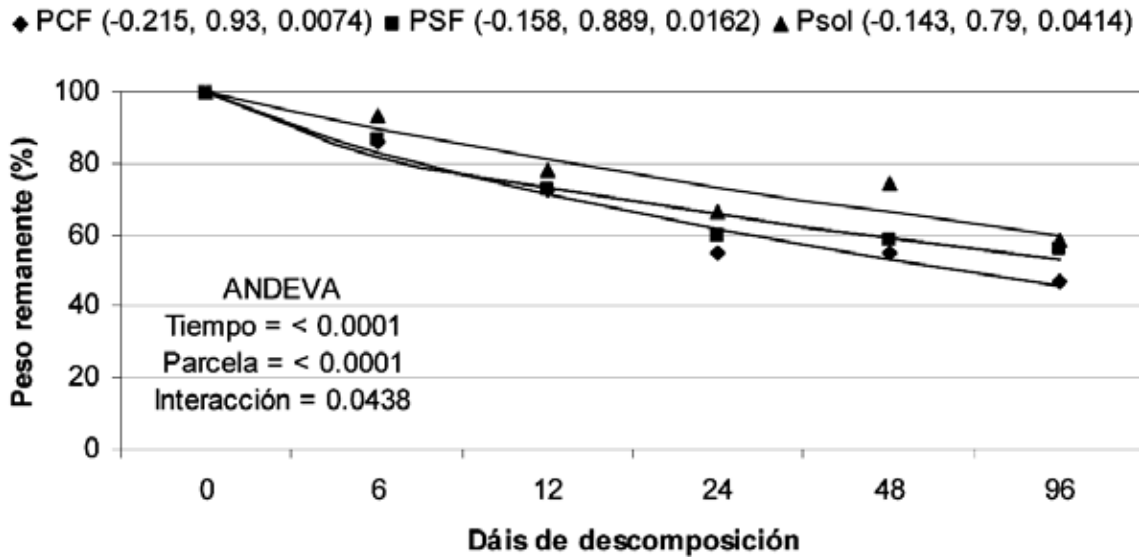


Figura 2.- Tasas de descomposición de la hojarasca de *C. arabica* y *G. sepium* en mezcla y solas (3 Sept a 9 Dic 2004). Entre paréntesis k_1 , R^2 y nivel de probabilidad

concentración de sustancias solubles en agua decrece rápidamente, al igual que la holocelulosa. Por otro lado, la lignina no se descompone debido a que es un compuesto recalcitrante al cual los microorganismos difícilmente la atacan. En esta fase, las concentraciones de almidón tienden a incrementarse debido a la descomposición de otros compuestos principales; el N, P y el S tienden a incrementar su concentración (Staff and Berg, 1982).

El comportamiento observado de los 0 a los 12 días de exposición in campo de la hojarasca de *G. sepium* y *C. arabica* (Figura 3), puede ser explicado por lo expresado por Berg (2000) y Staff and Berg (1982), quienes expresan que los microorganismos actúan rápidamente sobre los azúcares de fácil degradación, no así en otros componentes como la celulosa, lignina y polifenoles.

Los tratamientos conformados por la mezcla de hojarasca de *C. arabica* y *G. sepium* obtuvieron tasas (k_1) de descomposición mayores de 0.217 en el sistema de manejo con aplica-

ción de fertilizantes (PCF), mientras que en la parcela donde no se fertilizo (PSF) su tasa fue de 0.307. Esta tasa superior es muy probable se deba a que los microorganismos actúan mas sobre el material vegetal y no por la disposición de nutrientes suministrados por la aplicación de fertilizantes.

Cuando se mezcló la hojarasca de *C. arabica* y hojas verdes de *G. sepium*, la tendencia mostrada por las tasas de descomposición son menores. Al considerar los manejos (PCF y PSF) los valores varían, siendo superior la k_1 en la parcela donde se aplico fertilizante, coincidiendo con los resultados mostrados en el primer experimento. De los resultados se desprende que el material verde no se destruye rápidamente en su primera fase como lo hace cuando se mezcla hojarasca de *G. sepium* (Figura 3). Tal como se esperaba el tratamiento de descomposición de solo hojarasca de café mostró una k_1 inferior al resto de materiales (Figura 3).

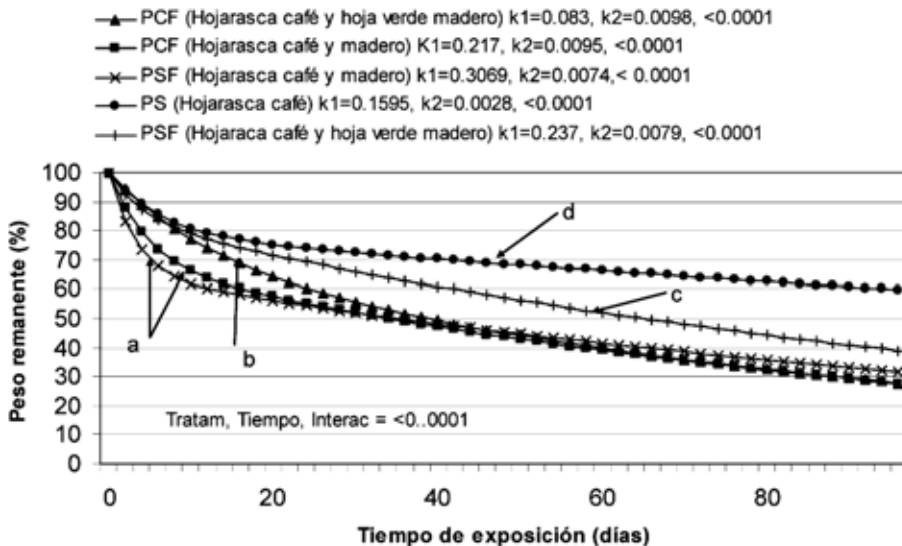


Figura 3.- Tasas de descomposición de hojarasca seca de *C. arabica* sola y en mezclas y hojarasca seca y verde de *G. sepium* en mezclas (9 junio al 19 sept del 2005)

CONCLUSIONES

La hojarasca de *G. sepium* tuvo menor peso de materia seca, con respecto a la hojarasca de café en mezcla o sola.

Las mezclas de la hojarasca de *C. arabica* y *G. sepium* resultan tener mejores tasas de descomposición comparado con hojarasca sola.

Contenidos altos de polifenoles en hojas verdes de *G. sepium* permite tener una menor tasa de descomposición al compararlo con hojarasca proveniente de esta especie.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue posible con el apoyo financiero de la Unión Europea (INCO-DEV: ICA-CT-2001-10071) a través del proyecto CASCA (Sistemas Agroforestales de Café en América Central: calidad del café e impactos ambientales) con una duración de cuatro años (noviembre 2001- octubre de 2005).

También se agradece infinitamente a los dueños de la finca San Francisco (Departamento de Carazo), que permitieron el establecimiento y desarrollo del experimento de campo durante el periodo que duró el monitoreo o captura de hojarasca en el sistema café.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERG, B.** 2000. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecology and Management* 133: 13 – 22.
- DE LEEUW, J. W.; LARGEAU, C.** 1993. A review of macromolecular organic compounds that comprise living organisms and their role in kerogen, coal and petroleum formation. In: Engel, M.; Macko, S. A. (Eds) *Organic Geochemistry*. Plenum Press. New York. pp 23 – 72.
- FASSBENDER, H. W.** 1993. Modelos Edafológicos de Sistemas Agroforestales. CATIE/GTZ. Serie Materiales de Enseñanza no. 29. 2da. Edic. Turrialba, Costa Rica. 530 p.
- HAMMEL, K. E.** 1997. Fungal degradation of lignin. In: G. Cadisch; K. E. Giller. Eds. *Driven by nature. Plant litter quality and decomposition*. CAB International. p 33 – 45.
- HARBORNE, J. B.** 1997. Role of phenolic secondary metabolites in plants and their degradation in nature. In: G. Cadisch; K. E. Giller. (Eds). *Driven by nature. Plant litter quality and decomposition*. CAB International. p 67 – 74.
- HANDAYANTO, E.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.** 1994. Nitrogen release from pruning of legume hedgerow trees in relation to quality of the prunings and incubation method. *Plant and Soil*, 160: 237 – 248.
- HASLAM, E.** 1981. Vegetable tannin. In: Conn, E. E. (Ed) *The Biochemistry of plants. Secondary Plant Products*. Vol. 7. Academic Press. New York. pp 31 – 39.
- KERSHNER, R.; MONTAGNINI, F.** 1998. Leaf litter decomposition, litterfall, and effects of leaf mulches from mixed and monospecific plantations in Costa Rica. *Journal of Sustainable Forestry*, 7(3 – 4): 95 – 118.
- MONTAGNINI, F.; JORDAN, C. F.; MATTA, R.** 1999. Reciclaje y eficiencia en el uso de nutrientes en sistemas agroforestales. In: F. Montagnini (ed) *Management and Conservation of Forests and Biodiversity*. November, 1999. Collection of articles. The International Foundation of Science – CATIE, Turrialba, Costa Rica. 34 p.
- MUNGUÍA H., R. J.** 2003. Tasas de descomposición y liberación de nutrientes de la hojarasca de *Eucalyptus deglupta*, *Coffea arabica* y de hojas verdes de *Erythrina poeppigiana* solas y mezclas. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Tesis de M.Sc. 82 p.
- OGLESBY, K. A.; FOWNES, J. H.** 1992. Effects of chemical composition on nitrogen mineralization from green manures of seven tropical leguminous trees. *Plant and Soil*, 143: 127 – 132.
- OLSON, J.** 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44(2): 322 – 331.
- STAAF, H.; BERG, B.** 1982. Accumulation and release of plant nutrients in decomposing Scots pine needle litter. Long-term decomposition in a Scots pine forest II. *Canadian Journal Botany*, 60: 1561 – 1568.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M.** 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Blackwell, Oxford.
- WIEDER, R. K.; LANG, G. E.** 1982. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology* 63(6): 1636 – 1642.