

MINERALIZACIÓN DE LA HOJARASCA DE LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS EN CONDICIONES CONTROLADAS

N. ALONSO; J. ALEGRE; D. LÓPEZ-VELA; L. YÉBENES

Instituto Madrileño de Investigación Agraria y Alimentaria (I.M.I.A.) Finca “El Encín”.
Apdo. 127. 28800 Alcalá de Henares. Madrid.

RESUMEN

Se ha estudiado la mineralización de la hojarasca de cuatro especies de leguminosas arbustivas: *Colutea arborescens*, *Colutea cilicica*, *Dorycnium hirsutum* y *Medicago strasseri*, mediante una incubación de 18 semanas en condiciones controladas. Para las especies del género *Colutea* y *Medicago strasseri* el proceso de descomposición fue muy rápido. La actividad biológica también fue elevada en estas especies. El ajuste al modelo exponencial dio índices de actividad (an) de 23.34 para Suelo+*Colutea arborescens*, 7.75 para Suelo+ *Dorycnium hirsutum* y 3.24 para el Suelo. Al final del experimento se había mineralizado el 56% del C de las mezclas con *Coluteas*, el 32% para la que contiene *Dorycnium hirsutum* y solo un 12% del C del suelo.

Se observa un efecto “priming” de la materia orgánica del suelo nativo al incubarlo con hojarasca. Los porcentajes de materia orgánica de la hojarasca que se mineraliza son 53, 54 y 61% para *Colutea arborescens*, *Colutea cilicica* y *Medicago strasseri* respectivamente, inferior al coeficiente de mineralización neta (85, 86 y 83% para las mismas especies) lo cual es debido a una mineralización de la materia orgánica del suelo nativo.

El N siguió un patrón de mineralización semejante al de la mo. No se observó inmovilización del N. La velocidad de mineralización del N fue ligeramente inferior a la de la mo incrementándose progresivamente el contenido de N de la mo residual.

Las diferencias observadas entre especies parecen debidas a componentes estructurales más que al contenido inicial de N o a las relaciones C/N o lignina/N.

P.C.: leguminosas arbustivas, hojarasca, mineralización, materia orgánica, nitrógeno, actividad biológica.

SUMMARY

A laboratory experiment was used to study the mineralization from litter of four shrubs leguminous: *Colutea arborescens*, *Colutea cilicica*, *Dorycnium hirsutum* and *Medicago strasseri*. These materials were incubated for a 18-weeks period under controlled conditions. The mineralization process was higher in *Colutea* species and *Medicago strasseri*. The biological activity was higher in these species too. The exponential model activity index (an) were 23.34 to Soil+*Colutea arborescens*, 7.75 to Soil+ *Dorycnium hirsutum* and 3.24 to the soil. At the end of the experiment 56% of C from Soil+*Coluteas*, 32% from Soil+ *D. hirsutum* and 12% from soil have been mineralized.

An “priming” effect has been observed in the native soil incubated with *Coluteas* and *Medicago strasseri*. The OM mineralization to litter was 53, 54 y 61% to *Colutea arborescens*, *Colutea cilicica* and *Medicago strasseri*, lower than net mineralization coefficients (85, 86 y 83% to the same species).

The N mineralization behaviour were similar to OM. N wasn't immobilised. The N mineralization rate was smaller than OM. The N content of OM was increasing during the trial.

The difference observed between species are caused mainly by structural components than initial content in N or relationship C/N or lignin/N.

K.W.: shrubs leguminous, litter, mineralization, organic matter, nitrogen, biological activity.

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas arbustivas y arbóreas, por su valor multipropósito, son empleadas en el establecimiento de sistemas agroforestales en condiciones de clima tropical (Gutteridge & Shelton, 1994). Las leguminosas añaden a su valor productivo, su capacidad para generar una cubierta vegetal permanente, que protege el suelo de la erosión, y su capacidad para fijar nitrógeno, mejorando la fertilidad del suelo. En condiciones de clima semiárido-frío varias leguminosas arbustivas de los géneros *Colutea*, *Dorycnium* y *Medicago* están siendo estudiadas por su potencial interés multipropósito (Sancha *et al.*, 1994; De Andrés *et al.*, 1995). Son plantas de crecimiento rápido, que en un periodo de tiempo relativamente corto aportan al suelo cantidades importantes de hojarasca. Este aporte de materia orgánica (mo) fresca está sometido a los procesos antagónicos y complementarios de mineralización (degradación) y humificación (síntesis). La mineralización pone a disposición de las plantas los nutrientes que se encuentran inmovilizados en forma materia orgánica, y la humificación incrementa la materia orgánica estable del suelo.

El proceso de mineralización depende de las condiciones ambientales, de las características del suelo y de las características químicas, morfológicas y estructurales del material vegetal.

En un trabajo anterior (Alonso *et al.*, 2000) se estudió la mineralización de la hojarasca de leguminosas arbustivas en condiciones de campo. Se obtuvieron tasas de mineralización muy elevadas, en relación con los valores habituales en las plantas características del bosque mediterráneo. Para completar dicho estudio, y minimizar la influencia de los factores ambientales se realizó, en condiciones controladas de humedad y temperatura, un ensayo de incubación con hojarasca de *Colutea arborescens* (Ca), *Colutea cilicica* (Cc), *Dorycnium hirsutum* (Dh) y *Medicago strasseri* (Ms). En este experimento, cuyos resultados se exponen en el presente trabajo, se estudiaron la cinética de mineralización de la materia seca, de la materia orgánica y del nitrógeno, y la evolución del desprendimiento de CO₂ como índice de actividad biológica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento tuvo lugar entre los meses de mayo y septiembre de 2000 con una duración de 18 semanas. Sobre recipientes de 500 ml se distribuyeron 300 g de un suelo calizo, previamente tamizado a 2 mm, y en su superficie se depositó, uniformemente, una cantidad de hojarasca fresca equivalente a 5 g de hojarasca seca a 60 ° C. Para facilitar los muestreos posteriores, el suelo y la hojarasca se separaron entre sí con una malla de fibra de vidrio de 1 mm,. Se realizó un muestreo inicial y una secuencia de 7 muestreos durante la incubación (en las semanas 1, 2, 3, 4, 6, 9, 13 y 18). Los tratamientos estudiados fueron: Suelo (testigo), Suelo+Ca, Suelo+Cc, Suelo+Dh y Suelo+Ms, con tres repeticiones

La hojarasca utilizada se recogió mediante trampas de desfronde entre los meses de Julio de 1999 y Marzo de 2000 en una plantación experimental de leguminosas arbustivas. En la hojarasca se determinaron la materia seca (ms) en estufa a 60° C, la materia orgánica (mo) por calcinación a 580° C y el N kjeldahl. El contenido de carbono de la hojarasca se estimó como el 50% de la mo (Maithani *et al.*, 1998). La incubación se realizó con un suelo agrícola del orden de los *Alfisoles*, suborden *xeralf* de textura arcillosa, con un contenido de mo oxidable del 2.5%, un pH de 7.5 y un contenido de carbonatos elevado.

Durante la incubación el suelo se mantuvo al 70% de su capacidad de retención hídrica y a una temperatura de 28° C. En cada muestreo se separó la hojarasca del suelo, determinándose los contenidos de ms, mo y N de la hojarasca. Para cuantificar la actividad biológica se emplearon submuestras de suelo y hojarasca en las que se midió el desprendimiento de CO₂ de acuerdo con la metodología descrita por Soler-Rovira (1998).

Se determinaron el coeficiente de mineralización neta (CMN) y el coeficiente de mineralización complementaria (CMC) (Díaz-Marcote, 1994).

Las pérdidas de peso de ms, mo y N, a lo largo del período experimental, se ajustaron a un modelo de tipo exponencial simple (Olson, 1963) mediante la fórmula linealizada:

$$\ln W_t = \ln W_0 - kt$$

donde:

W_t=porcentaje remanete del peso inicial; W₀=peso inicial (%); K= tasa de descomposición; t=tiempo transcurrido (semanas).

El valor acumulado del CMN a lo largo de la incubación se ajustó a una ecuación potencial de primer orden (Pal & Broadbent, 1975) mediante la fórmula linealizada:

$$\log C = \log a + n \log t$$

donde:

C=desprendimiento de C-CO₂ acumulado en relación al carbono total de la muestra (g/Kg); índice de la cantidad de carbono mineralizable; n=coeficiente cinético; t=tiempo transcurrido (días)

Los análisis estadísticos se realizaron empleando el procedimiento GLM del SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron diferencias significativas entre las especies para el contenido de C (Tabla 1) con una media del 42.3% de la ms. El contenido de N de *C. cilicica* (2.6%) fue mayor que el de *C. arborescens* (2.3%) y en ambas mayor que en *D. hirsutum* y *M. strasseri* (1.8%). En consecuencia la relación C/N fue menor en las especies con mayor contenido de N.

Tabla 1. Composición química inicial de la hojarasca de *C. Cilicica*, *C. Arborescens*, *D. Hirsutum* y *M. Strasseri*. Los valores son medias de tres muestras y se han expresado como % de la ms.

	C	N	C/N
<i>C. arborescens</i>	43.7a	2.3b	18.9b
<i>C. cilicica</i>	42.0a	2.6a	16.1a

<i>D. hirsutum</i>	42.5a	1.8c	23.7c
<i>M. strasseri</i>	40.9a	1.8c	22.2c
Media	42.3	2.1	20.2

Las figuras 1, 2, 3 y 4 muestran la evolución en el tiempo de la ms, mo y N para cada una de las especies durante el transcurso de la incubación. En la tabla 2 figuran los parámetros de las ecuaciones ajustadas al modelo de Olson (1963). Algunos autores han descrito una correlación positiva entre la velocidad de mineralización y el contenido de N (Berg & Staaf, 1980) y una correlación negativa con la relación C/N (Moro & Domingo, 1993). Sin embargo, en el caso de las leguminosas arbustivas la velocidad de degradación parece estar más relacionada con el contenido en componentes estructurales (lignina y componentes de la pared celular) o recalcitrantes (Mafongoya *et al.*, 1998; Alonso *et al.*, 2000). Esto explicaría que para especies semejantes en cuanto a contenido en N y relación C/N se hayan obtenido coeficientes de mineralización de la mo muy diferentes como sucede para *M. strasseri* ($k=-0.071$) y *D. hirsutum* ($k=-0.032$).

Tabla 2. Cinética de mineralización de la ms, mo y N. Ecuaciones de regresión obtenidas expresando la ms, mo y el N remanentes como % del valor inicial.

Especie	Ecuación MS	Ecuación MO	Ecuación N
<i>Colutea arborescens</i>	$MS = 100 e^{-0.036t}$	$MO = 100 e^{-0.058t}$	$N = 100 e^{-0.022t}$
<i>Colutea cilicica</i>	$MO = 100 e^{-0.042t}$	$MO = 100 e^{-0.060t}$	$N = 100 e^{-0.039t}$
<i>Dorycnium hirsutum</i>	$MS = 100 e^{-0.019t}$	$MO = 100 e^{-0.032t}$	$N = 100 e^{-0.011t}$
<i>Medicago strasseri</i>	$MS = 100 e^{-0.055t}$	$MO = 100 e^{-0.071t}$	$N = 100 e^{-0.025t}$

La figura 5 muestra la evolución del coeficiente de mineralización neta (CMN). En la tabla 3 se muestra las ecuaciones obtenidas ajustando al modelo de Pal & Broadnet (1975). Los valores del coeficiente a indican la cantidad de C fácilmente degradable. El valor de este índice obtenido en el suelo ($a=4.9$) se incrementó con la aportación de *D. hirsutum* ($a=10.9$) en una cantidad mucho menor que con la aportación de *C. arborescens* ($a=40.9$) o con la aportación de *C. cilicica* o *M. strasseri* ($a=34.7$).

Los valores de n (coeficiente cinético) estuvieron comprendidos entre 0.57 y 0.66, incluso para el suelo sin aportación de hojarasca. Estos valores se encuentran dentro del rango considerado normal en suelos (entre 0.2 y 0.9) por Hesieh *et al.* (1981).

La actividad microbiana del suelo ($an=3.24$) se incrementó con la aportación de hojarasca, siendo este incremento tanto mayor cuanto mayor fue la cantidad de C fácilmente degradable aportado por cada una de las especies. Levi-Minzi *et al.* (1990) encontró una correlación positiva entre el contenido en N de residuos orgánicos y la actividad microbiana, que justificó en función de la dependencia que tiene la microflora de N, sin embargo para la hojarasca de leguminosas arbustivas con relaciones C/N alrededor de 20 no se ha observado esta correlación, parece que la actividad microbiana está más relacionada con el contenido de C labil y con la fracción lignocelulósica como ya se había observado al estudiar la mineralización de la materia orgánica.

Tabla 3. Cinética de mineralización del C de la hojarasca incubada con suelo en relación con el carbono total del tratamiento

	Ecuación $C=a t^n$	R ²	Índice de actividad an	Tasa de pérdida de C n-1
Suelo	$C = 4.9 t^{0.66}$	0.94	3.24	-0.34
Suelo + <i>C. arborescens</i>	$C = 40.9 t^{0.57}$	0.93	23.34	-0.43
Suelo + <i>C. cilicica</i>	$C = 34.7 t^{0.60}$	0.88	20.83	-0.40
Suelo + <i>D. hirsutum</i>	$C = 10.9 t^{0.71}$	0.97	7.75	-0.29
Suelo + <i>M. strasseri</i>	$C = 34.7 t^{0.59}$	0.92	20.48	-0.41

El parámetro n-1 se define como la tasa de pérdida de C en función del tiempo, los valores negativos del mismo de n-1 indican una disminución de la actividad degradativa con el transcurso del tiempo, ya que según avanza el transcurso de la mineralización se van consumiendo las formas más fácilmente degradables de C y va disminuyendo la velocidad de degradación. El proceso está claramente dividido en dos fase, una inicial que se caracteriza por una pendiente mayor que implica una cinética de mineralización más rápida que en la siguiente fase, debido a distintos compuestos de carbono con diferentes grados de degradabilidad. El punto de inflexión va a depender de la cantidad de materia orgánica fácilmente degradable que existe en la mezcla (Hsieh *et al.*, 1981).

Tabla 4. Porcentajes de mo y N mineralizados, y valores obtenidos para CMN y CMC al final del proceso de incubación. Los valores de CMN se refieren al CO₂ desprendido para la mezcla suelo+hojarasca

	mo	%N	CMN (%)	CMC (%)
<i>Colutea arborescens</i>	53	27	56	85
<i>Colutea cilicica</i>	54	38	56	86
<i>Dorycnium hirsutum</i>	42	12	32	47
<i>Medicago strasseri</i>	61	36	54	83

Si observamos los valores del coeficiente de mineralización complementaria (CMC) (Tabla 4), observamos unos valores muy superiores a lo que en principio sería predecible por los porcentajes de mineralización de materia orgánica que hemos determinado, para todos los casos menos para *D. hirsutum*; esta diferencia puede ser debida a un efecto activador de la hojarasca sobre la descomposición de la mo nativa del suelo, es lo que diversos autores (Levi-Minzi *et al.*, 1990 y Pal & Broadnet, 1975) han definido como efecto “priming” al observarlo en paja de cereales. Al entrar la hojarasca, que posee una cantidad importante de C fácilmente degradable, en contacto con el suelo se produce una gran proliferación de los organismos heterótrofos que activan la descomposición de la materia orgánica nativa del suelo. Solo en el caso del suelo incubado con hojarasca de *D. hirsutum* parece que este incremento no es importante (47% para CMC y 42% para mineralización de m.o.) lo que se puede deber a la menor cantidad de compuestos carbonados fácilmente degradables que existen en este material que implica un incremento inferior de la actividad biológica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid la financiación del proyecto 07M/077/98, y al IMIA la concesión de una beca postdoctoral al primer autor.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, N.; ALEGRE, J.; LÓPEZ-VELA, D.; GUERRERO, A.; DE ANDRÉS, E.F.; (2000). *Reciclaje de nutrientes de la hojarasca de leguminosas arbustivas. Estudio de la cinética de mineralización de la materia orgánica y del nitrógeno*. VIII Simposium Nacional. IV Ibérico sobre Nutrición Mineral de las Plantas. En prensa.
- BERG, B. & STAAF, H. (1980). Decomposition rate and chemical changes of Scots pine needle litter. II: Influence of chemical composition. En: *Structure and function of Northern coniferous forest. An ecosystem study*. T. Persson (Ed.). Ecoll. Bull. Stockholm, 32: 373-390.
- DE ANDRÉS, E.F.; ALEGRE, J.; CERESUELA, J.L.; TENORIO, E.; SOBRINO, L.; AYERBE, L. (1995). *Evaluación de leguminosas arbustivas silvestres como cultivo alternativo en climas semiáridos fríos*. IV Congreso Luso-Español de fisiología vegetal. Estoril. 329.
- DÍAZ-MARCOTE, I.; (1994). *Aprovechamiento del compost de residuos sólidos urbanos: Estudio de su capacidad fertilizante y del efecto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo*. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
- GUTTERIDGE, R.C. & SHELTON, H.M. (1994). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. CAB International. Wallingford. UK. 389 pp.
- HSIEH, Y.P.; DOUGLAS, L.A.; MOTTO, H.L.; (1981). *Modelling sewage decomposition in soil: I. Organic carbon transformation*. J. Environ. Qual., 10: 54-59.
- LEVI-MINZI R., RIFFALDI, R.; SAVIOZZI, A.; (1990). *A carbon mineralization in soil amended with different organic materials*. Agric. Ecosyst. Environ., 31: 325-335.
- MAFONGOYA, P.L.; NAIR, P.K.R.; DZOWELA B.H. (1998). *Mineralization of nitrogen from decomposing leaves of multipurpose trees as affected by their chemical composition*. Biol. Fertil. Soils, 27: 143-148.
- MAITHANI, K.; ARUNACHALAM, A.; TRIPATHI, R. S.; & PANDEY, H. N. (1998). *Influence of leaf litter quality on N mineralization in soils of subtropical humid forest regrowths*. Biol. Fertil. Soils, 27: 44-50.
- MORO, M.J. & DOMINGO, F. (1996). *Descomposición de hojarasca en la leguminosa Adenocarpus decorticans*. Pérdida de peso y dinámica de los nutrientes. Mediterranea. Serie estudios biológicos. 13-19.
- OLSON, J. S. (1963). *Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems*. Ecology, 44: 322-331.
- PAL, D. & BROADBENT, F.E. (1975). *Influence of moisture on rice straw decomposition in soils*. Soil Soc. Amer. Proc., 39: 59-63.
- SANCHA, J. L.; ALEGRE, J.; GUERRERO, A.; YEBENES, L. (1994). *Caracterización nutritiva de arbustos forrajeros. II. Digestibilidad e ingestión*. En: L. Gallego y J.L. Pérez (Eds). Producción ovina y caprina. Colección Estudios. Universidad de Castilla la Mancha. 307-312.
- SOLER-ROVIRA, P. (1998). *Evaluación del impacto ambiental y riesgo de contaminación producidos por la aplicación agrícola de lodos de depuradora*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid.

Figura 1. Mineralización de la ms, mo y N de la hojarasca de *C. arborescens*

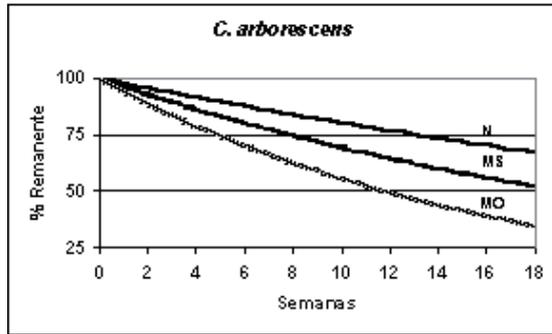


Figura 2. Mineralización de la ms, mo y N de la hojarasca de *C. cilicica*

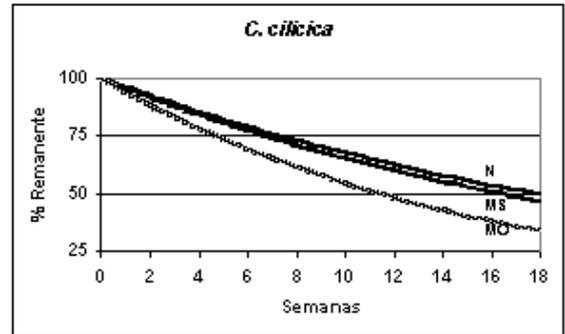


Figura 3. Mineralización de la ms, mo y N de la hojarasca de *D. hirsutum*

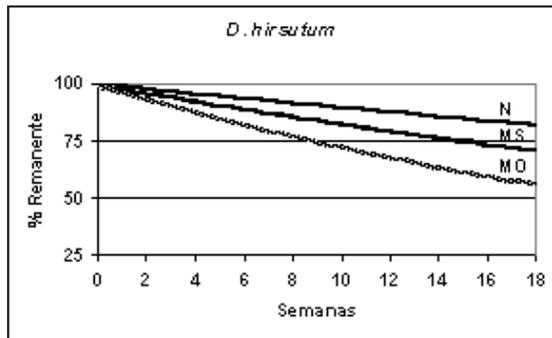


Figura 4. Mineralización de la ms, mo y N de la hojarasca de *M. strasserii*

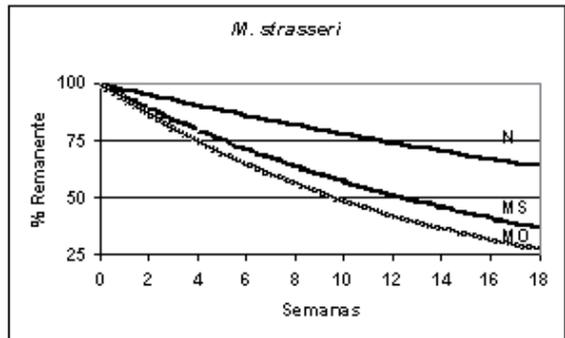


Figura 5. Coeficiente de mineralización neta para los distintos tratamientos (mg C-CO₂ g⁻¹ Ctotal)

