

Potencialidad del timbó (*Ateleia glazioviana*) y el maricá (*Mimosa bimucronata*) para la producción de biomasa verde en zonas de clima subtropical. II: Descomposición y calidad

A. Baggio ^{*1}, A. Carpanezzi, A. Masaguer²

¹ EMBRAPA-Florestas - Estrada da Ribeira, km 111. Caixa Postal 319.
-CEP: 83411-000-Colombo, PR, Brasil.

² U.P.M., ETSIA, Madrid, España.
baggio@cnpf.embrapa.br

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue determinar el proceso de descomposición de la biomasa verde (hojas y ramillas, por separado) del timbó y del maricá durante un período de doce meses. Se prepararon bolsas de 50 g y 60 g de hojas y ramillas, respectivamente, que fueron esparcidas en la superficie de un terreno. Se fueron retirando sucesivamente en grupos de quince, en períodos bimensuales para hojas y cuatrimestrales para ramillas, determinándose posteriormente el peso seco, carbono, macronutrientes, lignina y polifenoles. Los resultados indican que la descomposición del timbó sigue un patrón relativamente lento, liberando cerca del 35 % de la materia seca y 31 % del nitrógeno acumulado en los dos primeros meses. Las fracciones de hojas y ramillas presentaron cierta similitud de descomposición, lo que facilita el uso de su mezcla natural y los cálculos de mineralización. El timbó fue considerado adecuado como fuente de materia orgánica y nitrógeno para cultivos de ciclo medio o perennes en zonas de clima templado. El maricá perdió en las hojas 29 % y 37 % de materia seca y nitrógeno, respectivamente, frente al 19 % y 13 % en las ramillas. Además de la dificultad de manejo manual, la forma de descomposición de este cultivo no es recomendada para abonado verde en las condiciones del presente trabajo, pero puede ser aprovechado en sistemas de recuperación de áreas degradadas.

Palabras clave: abonos verdes, mineralización, «litter bags».

INTRODUCCIÓN

Este trabajo fue desarrollado de forma paralela a la investigación que se llevó a cabo con el objetivo de su utilización para la producción perenne de abonos verdes (Baggio *et al.*, 2002). Los pequeños productores familiares que habitan en las regiones templadas del

* Autor para correspondencia
Recibido: 21-2-01
Aceptado para su publicación: 20-12-01

sur de Brasil encuentran en los fertilizantes, sean minerales u orgánicos, uno de los principales componentes de sus costes de producción. La necesidad de alternativas para sustituir estos productos, al menos en parte, y mantener la capacidad productiva de la tierra, todo ello sumado a las cuestiones ambientales, es el aliciente para estos estudios de descomposición de biomasa verde y liberación de elementos.

En forma general, los estudios sobre este tema valoran las especies según la calidad de su biomasa verde (principalmente capacidad de acumulación y rapidez de mineralización del nitrógeno), buscando atender las necesidades de un cultivo cualquiera a la vez que se produce la descomposición (Palm, 1995). Sin embargo, también se puede plantear inversamente, o sea, seleccionar los cultivos que mejor aprovechen los patrones de descomposición de una especie agroforestal altamente productiva (Nair *et al.*, 1999). Además es importante tener en cuenta la época de cosecha más adecuada.

Es conocido el hecho de que la mineralización de los nutrientes varía según las condiciones del medio ambiente y composición de la biomasa, particularmente con respecto a la relación C/N, contenido de lignina y polifenoles (Howe y Westley, 1991; Palm y Sánchez, 1991; Thian *et al.*, 1992). Para estas especies, la presencia de compuestos fenólicos podrían propiciar dificultades iniciales en su descomposición. Según Leme *et al.* (1994), el maricá puede contener en sus hojas 18-23 % de estas sustancias, que pueden ser incluso responsables de efectos inhibidores sobre algunos cultivos (Jacobi y Ferreira, 1991). Por otra parte, para el timbó fue determinado de rutina, hasta un 2,8 % de un compuesto flavonoico al cual se atribuyen efectos herbicidas, insecticidas, ictiotóxicos y abortivos en ratas, vacas y yeguas (Ortega, 1985; Marona, 1992; Hoffman y Sorio, 1995; Méndez y Riet-Correa, 2000). Como ventaja hay que resaltar que el timbó no es atacado por hormigas cortaderas (Carvalho, 1994).

Los estudios de evaluación de la descomposición de biomasa vegetal, bajo el método «litter bags» sobre el suelo, suelen ser utilizados debido a su simplicidad (Magid *et al.*, 1997), por lo que también fue utilizado en este estudio, aunque es susceptible de errores. La posible exclusión de macroorganismos, modificación del microclima y riesgos de pérdida de tejidos o adquisición de materiales extraños, son las principales causas de error. Aunque normalmente subestima la descomposición real, es aceptable para examinar las tendencias generales del material en condiciones naturales (Wieder y Lang, 1982; Coleman y Crossley, 1996).

Se buscó, a través de un experimento al nivel de estación experimental, determinar la forma de descomposición de la biomasa verde de las especies timbó y maricá, bajo un control de pérdida de peso y liberación de nutrientes, por un período de doce meses. El estudio fue realizado con el objetivo principal de obtener parámetros indicativos de la forma de descomposición del material.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se estableció a finales de mayo de 1999, con la biomasa verde procedente de las parcelas descritas en la parte I de este trabajo (Baggio *et al.*, 2002). Fue ubicado dentro de la estación experimental del Centro Nacional de Investigaciones Forestales (EMBRAPA-Florestas), localizado en Colombo, Paraná, Brasil. Las referencias geográficas y climáticas también se presentaron en la parte I de este trabajo, mientras que los parámetros referentes al período experimental se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1
Medias mensuales de temperaturas (°C), precipitaciones (mm), y número de días más fríos,
en el período junio-1999 a mayo-2000

Variables	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.
Lluvia (mm)	99,2	136,0	83,0	289,1	192,9	17,7	130,9	277,6	291,7	87,5	34,5	33,1
T (°C)	11,6	12,7	14,9	14,8	16,2	17,3	19,6	20,4	20,6	20,2	16,6	13,5
N.º días c/T < 10 °C	25	16	6	3	2	1	0	0	0	0	5	15
N.º días c/heladas	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	4	4

El terreno utilizado para el experimento presenta un relieve suave ondulado, albergando un suelo del tipo Dystrich Cambisol (FAO) o Inceptisol (USDA), con características químicas semejantes a las presentadas en la parte I (Baggio *et al.*, 2002).

Para los efectos de este estudio, la biomasa verde del timbó y del maricá fue fraccionada en dos partes: hojas (hojuelas + pecíolos) y ramillas terminales (hasta aproximadamente 1,5 cm de grosor). El porcentaje de cada una de estas fracciones vegetales están indicadas en la parte I (Baggio *et al.*, 2002). Con las hojas frescas, y para cada especie, se prepararon 90 muestras de aproximadamente 50 g (con precisión de 0,1 g), metidas en bolsas de nailon de 30 × 30 cm y malla de 2 × 2 mm. Simultáneamente se prepararon otras 25 muestras para la determinación de la fracción seca media del material original, tras su secado en estufa a 70 °C, con ventilación forzada, hasta peso constante. Las ramillas fueron muestreadas enteras y luego divididas en trozos de aproximadamente 20 cm de largo, para formar 60 muestras por especie, de 60 gramos cada una. Cuarenta y cinco muestras fueron puestas en bolsas de nailon de 50 × 25 cm y malla de 10 × 5 mm y colocadas en el campo, mientras que las quince restantes fueron utilizadas para las determinaciones de la fracción seca inicial de los materiales. Estas muestras se secaron a 75 °C hasta peso constante. Después de las determinaciones del peso seco, las mismas muestras fueron empleadas para los análisis químicos del material original (hojas y ramillas de timbó y maricá).

Las 270 muestras fueron esparcidas en forma aleatoria sobre el terreno, en fajas secuenciales. El área experimental de 18 × 13 metros fue previamente cercada. La hierba que cubría el terreno fue segada y sobre el «mulch residual» se depositaron las bolsas.

El control de la velocidad de descomposición de las hojas se realizó bimensualmente, retirándose al azar 15 muestras en cada turno, completando así un ciclo de doce meses. Para las ramillas se muestrearon 15 muestras a la vez, con periodicidad cuatrimestral. Las muestras obtenidas se limpiaron de todo material ajeno pegado a las bolsas (sobre todo hierbas, que al crecer se metieron a través de ellas). Posteriormente, las muestras limpias se introdujeron en bolsas de papel, para su secado preliminar a 50 °C durante dos días. Esto permitió realizar una segunda limpieza más fina de materiales extraños aún mezclados con las muestras. Finalmente las muestras fueron sometidas a un secado final (70 °C durante cuatro días para las hojas; 75 °C durante siete días, para las ramillas). Para acelerar su secado, las ramillas fueron previamente partidas longitudinalmente.

Las pérdidas de peso en cada período corresponden a las diferencias entre el peso seco medio del grupo retirado y el peso seco medio de las muestras iniciales.

Las muestras de cada fracción se homogeneizaron y se trituraron para los correspondientes análisis químicos, obteniéndose una muestra compuesta. Los análisis fueron realizados según los siguientes métodos: N, método de micro-kjeldahl; P, espectrofotometría; K, fotometría de llama; Ca y Mg, espectrometría de absorción atómica (A.O.A.C., 1980); carbono, método de Walkley-Black (Sarruge y Haag, 1974). También se determinaron los contenidos iniciales y finales de lignina y polifenoles, bajo los siguientes métodos: lignina, método descrito por Moore y Johnson (1967); polifenoles, método de Folin-Denis (Moore y Johnson, 1967).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los análisis iniciales del contenido de materia seca, macronutrientes, carbono, lignina y polifenoles, para cada especie y fracción vegetal, se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2
Materia seca y contenido de macronutrientes, carbono, lignina y polifenoles, para cada especie y fracción vegetal

Frac. Veg.	Materia seca		N	P	K	Ca	Mg	C	Lig.	Polifenol
	%	s.d.								
	% (sobre materia seca)									
T. H.	35,6	0,61	3,50	0,18	0,66	0,50	0,20	54,7	12,1	5,5
T. R.	39,7	1,19	1,50	0,14	0,53	0,27	0,11	57,4	16,2	1,1
M.H.	54,4	0,81	2,84	0,18	0,43	0,75	0,26	54,9	18,4	20,4
M.R.	62,5	1,43	0,76	0,10	0,25	0,42	0,15	55,0	24,2	4,0

T.H. = timbó hojas; T.R. = timbó ramillas; M.H. = maricá hojas; M.R. = maricá ramillas; sd = desviación estándar.

El timbó presentó un buen potencial de fijación de nitrógeno, comparado con leguminosas tropicales, cuyo contenido en este elemento varía de 1,5-3,4 % (Young, 1994) o incluso más (Palm, 1995). Teniendo en cuenta las proporciones de ramillas (19,2 %) y hojas (80,8 %), el contenido medio de nitrógeno estimado para la biomasa verde fue de 3,12 %. Este resultado es alentador, considerando la baja fertilidad del suelo en el área experimental, condicionada además por la acidez y contenido de aluminio (Baggio *et al.*, 2002), y el clima en la estación de cosecha. Existen perspectivas para obtención de mayores productividades, tanto para biomasa verde como para nitrógeno para el caso de suelos más fértiles.

La acumulación de fósforo también siguió los patrones habitualmente encontrados en la literatura para *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*, mientras que para K, Ca y Mg los valores aquí encontrados son bastante inferiores (Palm, 1995).

La capacidad de fijación de N por parte del maricá, aunque inferior a muchas especies utilizadas en los trópicos, parece que puede resultar interesante en las condiciones del presente experimento. El promedio del contenido de nitrógeno (para la proporción de 37,6 % de ramillas y 62,4 % de hojas, estimadas en la biomasa verde), se determinó en 2,05 %. Los demás elementos siguieron patrones semejantes al timbó, con alguna tendencia a acumular más calcio y menos potasio.

En cuanto a los contenidos de lignina, ambas especies presentaron valores relativamente elevados en las dos fracciones vegetales, factor que reduce la velocidad de la descomposición (Melillo *et al.*, 1982). Fueron determinadas también importantes concentraciones de polifenoles en la fracción hojas del maricá (cuatro veces más que para el timbó), siendo que ambos niveles pueden retardar la descomposición inicial de los tejidos (Howe y Westley, 1991).

Descomposición del timbó

Los datos referentes a las pérdidas de peso, carbono y macronutrientes para la fracción de hojas del timbó se presentan en la Figura 1.

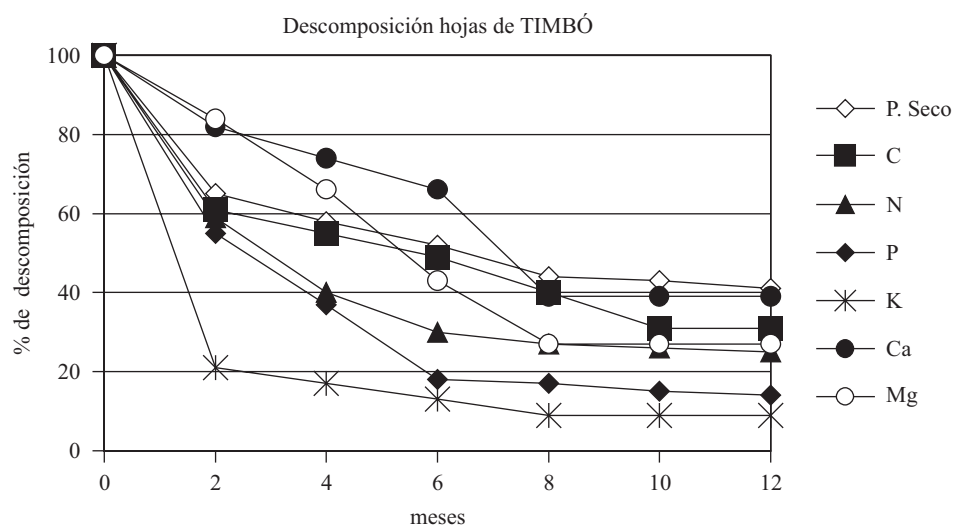


Fig. 1.—Porcentaje de permanencia del peso seco, carbono y macronutrientes, a través del tiempo y relativos al contenido inicial, para la fracción de hojas del timbó

Como indicativos de la descomposición del material, destacan las pérdidas de lignina y polifenoles en las hojas, reduciéndose 7 % y 94 %, respectivamente, alcanzando contenidos finales de 27,4 % y 0,8 % sobre la materia seca. La concentración final de polifenoles en esta fracción sugiere que la mayor parte de estas sustancias son hidrosolubles, pudiendo haber afectado en parte a la velocidad inicial de la descomposición, pero no en todo el proceso. La lignina posiblemente ejerció mayor influencia, incluso en la inmovilización de gran parte del nitrógeno, hasta el final de experimento (Taylor *et al.*, 1989; Chesson, 1997).

Para el conjunto de sustancias fácilmente biodegradables, la fracción de hojas perdió como media un 35 % de su peso inicial al cabo de dos meses, liberando un 39 % de carbono y 41 % del nitrógeno. Esta tendencia general fue relativamente lenta, comparada con especies tropicales consideradas de buena calidad, como *leucaena* o *gliricidia* (Jama y Nair, 1996; Lehman *et al.*, 1995), o también *Robinia pseudocacia*, como ejemplo de clima templado (Bross *et al.*, 1995). Sin embargo, hay que considerar que, además de los significativos contenidos iniciales de lignina y polifenoles (Tabla 2), que pueden explicar esta tendencia (Howe y Westley, 1991; Thian *et al.*, 1992; Palm, 1995), el período inicial coincidió con la estación fría (Tabla 1), cuando la actividad biológica es de forma natural más limitada.

El elemento con mayor tasa de mineralización en los dos primeros meses fue el potasio (79 %), seguido del fósforo (45 %), mientras que el calcio (18 %) y el magnesio (16 %) fueron los más inmovilizados. Estas tendencias coinciden con otros datos encontrados en la literatura, especialmente para especies con altos contenidos de lignina (Palm, 1995).

El peso seco medio de la fracción de hojas necesitó hasta seis meses para reducirse al 50 %, y al cabo de doce meses todavía quedaba cerca del 40 % del material inicial. Aunque el clima frío se extiende hasta el cuarto mes de la descomposición, afectando en parte a su dinámica, se observa que en las estaciones más cálidas el ritmo siguió en descenso, alcanzando su estabilidad relativa en pleno verano, alrededor del octavo mes del control.

Los datos referentes a las pérdidas de peso seco y nutrientes para la fracción ramillas del timbó se presentan en la Figura 2. La concentración final de lignina en dicha fracción fue de 38,2 % (90 % del inicial), mientras que la de polifenoles fue de 1,2 % (46 % residual). Las pérdidas de materia seca y carbono parecen seguir patrones similares a las hojas, aunque se registraron cuatrimestralmente. El nitrógeno mostró una mayor inmovilización, posiblemente relacionada con la elevada concentración de lignina (Melillo *et al.*, 1982; Taylor *et al.* 1989; Chesson, 1997).

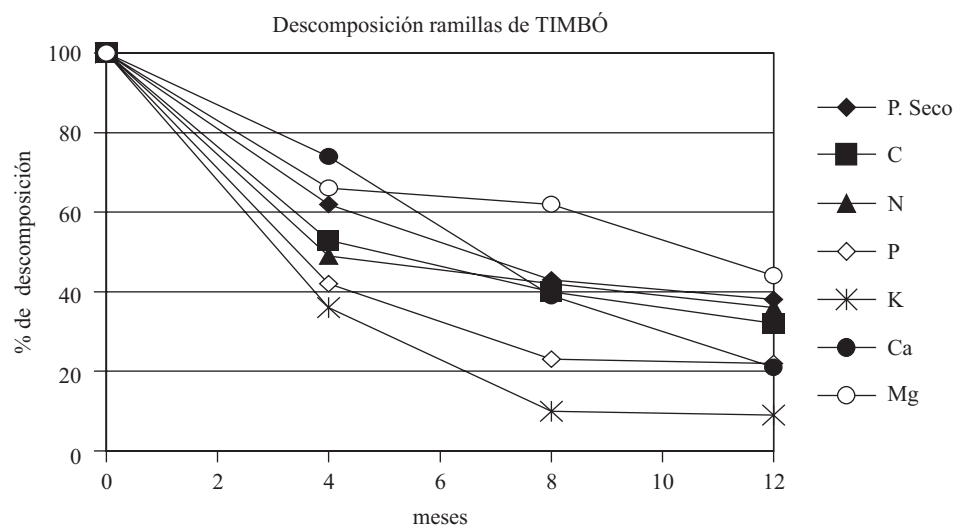


Fig. 2.—Porcentaje de permanencia del peso seco, carbono y macronutrientes, a través del tiempo y relativos al contenido inicial, para la fracción de ramillas del timbó

Las retenciones de los demás elementos también fueron algo superiores a las de las hojas. Considerando la proporción media de ramillas (19,2 %) en relación a la de las hojas (80,8 %) (Baggio *et al.*, 2002), las primeras posiblemente no afectarán significativamente al comportamiento general de la descomposición de la biomasa en su mezcla natural.

Cabe resaltar que, tras cinco años de observaciones de campo bajo las mismas condiciones edafo-climáticas, se constató que la biomasa verde desapareció físicamente (incluso ramillas) al cabo de doce meses de su incorporación al suelo, al contrario del resultado en estas condiciones controladas, donde la biomasa permaneció en superficie.

Por otra parte, aunque este material pueda en principio ser considerado de baja calidad para abonados verdes de cultivos de ciclo corto, hay motivos que estimulan la continuación de investigaciones con esta especie. La región con mayor potencial para la adopción del timbó puede ser las zonas altas del sur de Brasil, donde existen cultivos de alta rentabilidad. Algunos de estos cultivos, principalmente en pequeñas explotaciones, requieren nutrientes en una época similar a la cosecha del timbó y meses posteriores. Como ejemplo citamos las fresas, que son plantadas al final del otoño y producen hasta fines de primavera. En cultivos perennes encontramos varias especies de frutales que desarrollan su ciclo vegetativo en este período.

Descomposición del maricá

Las pérdidas de peso seco (media de las 15 muestras), carbono y macronutrientes de las fracciones hojas y ramillas del maricá se presentan en las Figuras 3 y 4, respectivamente. Las concentraciones de lignina y polifenoles, en el último grupo de muestras retiradas del terreno (doce meses) fueron respectivamente 47,2 % (80 % del inicial) y 1,6 % (2,4 % residual) para hojas, y 46,7 % (96 % residual) y 1,1 % (15 % residual) para ramillas.

La liberación de nutrientes de hojas y ramillas de maricá no fue paralela, lo que condiciona su utilización simultánea, dependiendo del objetivo. Cabe recordar que, para la forma de manejo utilizada, la proporción de ramillas fue del 37,6 % y para la fracción de hojas 62,4 % (Baggio *et al.*, 2002).

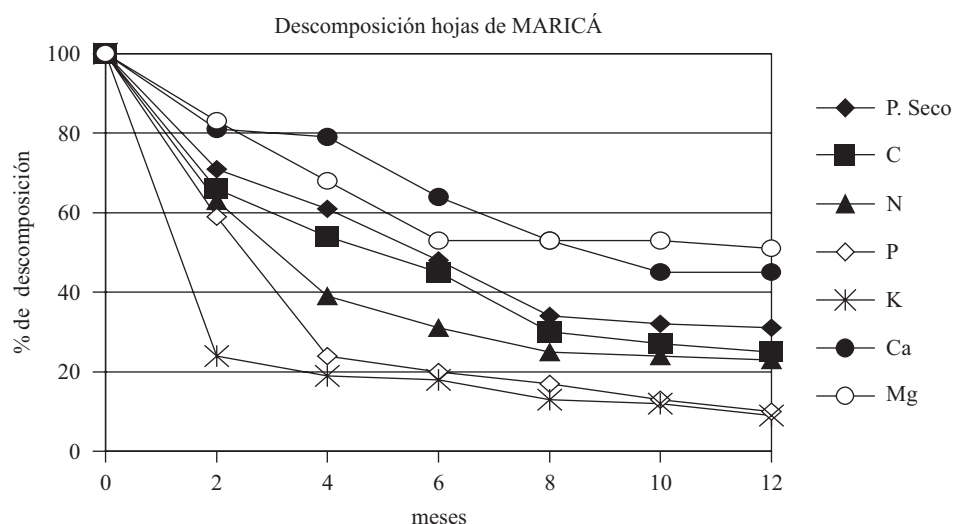


Fig. 3.—Porcentaje de permanencia del peso seco, carbono y macronutrientes, a través del tiempo y relativos al contenido inicial, para la fracción de hojas del maricá

En las hojas, el potasio fue el único elemento que mineralizó rápidamente en la fase inicial (76 % en dos meses), mientras el calcio (19 %) y el magnesio (17 %) fueron los más inmovilizados, quedando aún importantes cantidades en la materia bioestabilizada al cabo de los doce meses. Este material puede ser útil como fuente de nitrógeno, en el caso de cultivos que demanden este elemento, hasta unos cuatro meses (61 % liberado). El fósforo, a pesar de mineralizarse bien hasta los cuatro meses de descomposición (76 %), es poco importante debido a sus bajos contenidos.

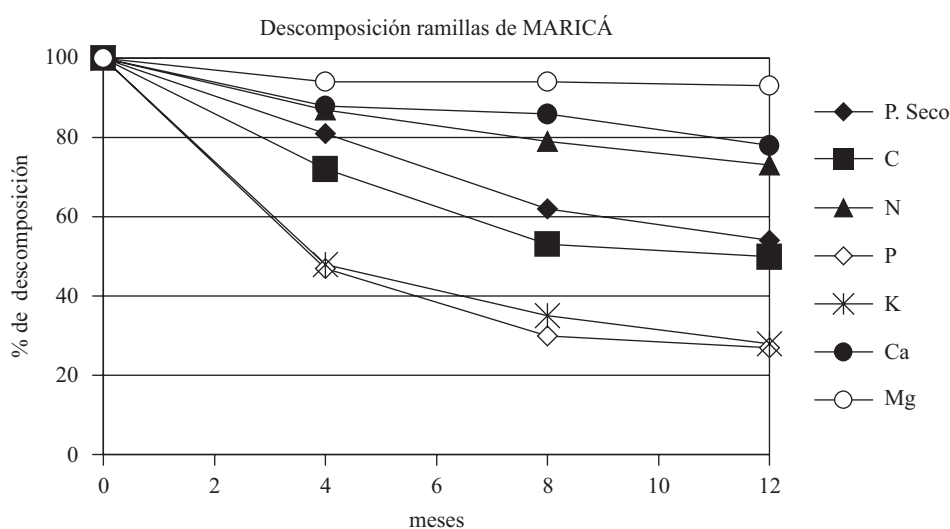


Fig. 4.—Porcentaje de permanencia del peso seco, carbono y macronutrientes, a través del tiempo y relativos al contenido inicial, para la fracción de ramillas del maricá

En la fracción ramillas, la mineralización fue mucho más lenta, incluso para el potasio (52 % hasta los cuatro meses), explicada en parte por el mantenimiento de las altas concentraciones de lignina. Cabe resaltar que esta fracción, en el experimento de biomasa, siempre presentó restos semidescompuestos visibles al cabo de un año, tras su incorporación al suelo.

Esto evidencia que la forma de descomposición del maricá, bajo las condiciones de este trabajo, compromete su utilización en áreas de cultivos. Sin embargo, puede tener aplicación para mejorar el suelo a largo plazo, como el caso de recuperación de áreas degradadas, empleándose como cobertura del suelo en sitios susceptibles a la erosión (Carpanezzi *et al.*, 1991).

CONCLUSIONES

La biomasa verde del timbó demostró calidades potenciales para su utilización como fuente de materia orgánica y nitrógeno, tanto para cultivos de ciclo medio o perennes como para mezclas en compostaje, mereciendo estudios más detallados en cuanto a tasas de mineralización y efectos sobre diferentes cultivos y suelos.

Tanto en incorporación directa como en la elaboración de compost se puede potenciar el aprovechamiento de la biomasa verde del timbó, con mezclas de otros materiales orgánicos, aunque serán necesarias pruebas referentes a la calidad de los productos finales.

El maricá no resultó adecuado para su utilización como abono verde, según las condiciones ensayadas en este trabajo. Sin embargo, serían interesantes posteriores estudios para verificar su viabilidad en climas más cálidos, con dos cosechas anuales y en sistemas mecanizados.

La lenta descomposición de la biomasa verde del maricá, debido a su elevada proporción de material altamente lignificado, indica un posible aprovechamiento en la recuperación de áreas degradadas, especialmente en sitios susceptibles de erosión.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo del Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), entidad del Gobierno Brasileño dedicada al desarrollo científico y tecnológico.

SUMMARY

Potential of timbó (*Ateleia glazioviana*) and maricá (*Mimosa bimucronata*) for green manure production on subtropical zones. II: Decomposition and quality

The purpose of this study was to know the general decomposition of timbó and maricá green biomass (leaves and twigs, separately). Litterbags were assembled with biomass (50 g for leaves and 60 g for twigs) and randomised on soil surface. Periodicity of each biomass fraction sampling was two and four months, for leaves and twigs respectively. Dry matter, carbon, macronutrients, lignin and phenols were analysed to determine over-time decomposition. Timbó patterns were relatively slow, liberating about 35 % of dry matter and 31 % of cumulative nitrogen after two months. However, leaves and twigs presents some synchronicity on mineralization. This factor makes its estimation easy to be used simultaneously. Timbó species were considered potentially adequate for supplying organic matter and nitrogen for cropping with medium or perennial rotations. Maricá lost about 29 % and 37 % of dry matter and 19 % and 13 % of nitrogen, for leaves and twigs respectively. Its biomass fractions presented different patterns of decomposition. This factor limits simultaneous use for green manure. However, this species can be useful for soil restoration systems.

Key words: green manure, mineralization, litter bags.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. (ASSOCIATION OF OFICIAL ANALITICAL CHEMISTS), 1980. Official methods of analysis. Washington, AOAC. 1084 pp.

- BAGGIO A.J., MONTOYA L., MASAGUER A. 2002. Potencialidad del timbó (*Ateleia Glazioviana*) y el maricá (*Mimosa bimucronata*) para la producción de biomasa verde. En zonas de clima subtropical. I - Persistencia y productividad. Revista Investigación Agraria. En preparación.
- BROSS E.L., GOLD M.A., NGUYEN P.V., 1995. Quality and decomposition of black locust (*Robinia pseudo-acacia*) and alfalfa (*Medicago sativa*) mulch for temperate alley cropping systems. *Agroforestry Systems* 29, 255-264.
- CARPANEZZI A.A., COSTA L.G., KAGEYAMA P.Y., CASTRO C.F.A., 1991. Especies pioneras para recuperación de áreas degradadas: observações de laboratorios naturais. Congresso Florestal Brasileiro. (1990, Campos do Jordão, Brasil). Sociedade Brasileira de Silvicultura (São Paulo), n. 3, pp. 216-221.
- CARVALHO P.E.R., 1994. Especies Florestais Brasileiras. Recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira. Brasília, EMBRAPA-CNPQ/SPI. 640 pp.
- CHESSON A., 1997. Plant degradation by ruminants: parallels with litter decomposition in soils. Cadish G. & Giller, K. (eds). *Driven by Nature: Plant litter quality and Decomposition*. Wellingdorf, CAB International. 409 pp.
- COLEMAN D.C., CROSSLEY D.A., 1996. Fundamentals of soil ecology. San Diego, Academic Press. 205 pp.
- HOFFMAN M.A., SORIO A.M., 1995. O uso do timbó (*Ateleia glazioviana*) no controle do pulgão verde (*Schizaphis graminum*) em aveia. *Agricultura Biodinâmica* 74, 8-10.
- HOWE H.F., WESTLEY V.C., 1991. Ecological relationship of plant and animals. Oxford, Oxford University Press. 273 pp.
- JACOBI U.S., FERREIRA A.G., 1991. Efectos alelopáticos de *Mimosa bimucronata* sobre especies cultivadas. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 26, 935-943.
- JAMA B.A., NAIR P.K.R., 1996. Decomposition and nitrogen mineralization pattern of *Leucaena leucocephala* and *Cassia siamea* mulch under tropical semi-arid conditions in Kenya. *Plant and Soil* 79, 275-285.
- KASS D., 1997. Perspectivas para el cultivo en callejones en América Latina. *Agroforestería en las Américas* 14, 2-3.
- LEHMAN J., SCHROTH G., ZECH W., 1995. Decomposition and nutrient release from leaves, twigs and roots of three alley cropped tree legumes in Central Togo. *Agroforestry Systems* 29, 21-36.
- LEME M.C.J., DURIGAN M.E., RAMOS, A., 1994. Avaliação do potencial forrageiro de espécies florestais. Seminário sobre Sistemas Agroflorestais na Região Sul do Brasil (1994, Curitiba, Brasil). Embrapa - Florestas (Colombo), Série Documentos, n.26, pp. 147-155.
- MAGID J., JENSEN L.S., MUELLER T., 1997. Size- density fractionation of in situ measurements of rap straw decomposition: an alternative to the litter bag approach? *Soil Biology and Biochemistry* 7, 1125-1133.
- MELILLO J.M., ABER, J.D., MURATORE J.F., 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology* 63, 621-626.
- MARONA H.R.N., 1992. Investigación química e toxicológica de *Ateleia glazioviana* Bailon - Leguminosae - Papilionoideae. Porto Alegre, Faculdade de Farmácia, UFRGS. Tese de Mestrado. 116 pp.
- MÉNDEZ M., RIET-CORREA F., 2000. Plantas tóxicas e micotóxicas. Pelotas, Ed. Universitaria. 112 pp.
- MOORE W.E., JOHNSON D.B., 1967. Procedures for chemical analysis of wood and wood products. New York, F.P.L., v.1. 567 pp.
- NAIR P.K.R., BURESH R., MUGENDI D.N., LATT C.R., 1999. Nutrient cycling in tropical agroforestry systems. Myths and science. En: Buck, L.E. Lassoie, J.P.; Fernández, E.C.M. (eds.). *Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems*. Boca Ratón, CRC Press, pp 1-31.
- ORTEGA G.G., 1985. Sobre a química e toxicidade do timbó (*Ateleia glazioviana*). Porto Alegre, Faculdade de Farmácia, UFRGS. Tese de Mestrado. 116 pp.
- PALM C.A., SÁNCHEZ P.A., 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes affected by their lignin and polyphenolic contents. *Soil Biology and Biochemistry* 23,13-88.
- PALM C.A., 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agroforestry Systems* 30,105-124.
- SARRUGE J.R., HAAG H.P., 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Departamento de Química - ESALQ. 56 pp.
- TAYLOR B.R., PARKINSON D., PARSONS W.F.J., 1989. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology* 70, 97-104.
- THIAN G., KANG B.T., BRUSSAARD L., 1992. Biological effects on plant residues with contrasting chemical compositions under humid tropical conditions. Decomposition and nutrient release. *Soil Biology and Biochemistry* 10, 1051-1060.
- WIEDER K.K., LANG E.E., 1982. A critique of analytical methods used on examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology* 6, 1636-1642.
- YOUNG A., 1994. *Agroforestry for soil conservation*. 4 ed. Wellingford, CAB International. 276 pp.