CARBONO DE RESPIRACIÓN DE UN SUELO FORESTAL Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE LA HOJARASCA¹

Carbon respiration of a forest soil and its relation to the litter fall

Nilda M. Arrigo², María de la P. Jiménez², Diana Effron² y Rosa Defrieri²

ABSTRACT

The objectives of this work were: a) to evaluate C respiration as an index of the microbiological activity in the soil with the different dominant species of the site, and b) to relate this variable with the weight loss of the leaves as a result of decomposition of the different species throughout the year. The study was conducted in a subtropical native forest (27-28° S lat., 56-60° W long.) located in Chaco, Argentina, during 1996/97. The arboreal species selected were: espina corona [Gleditsia amorphoides (Griseb.) Taub], guayaibí (Patagonula americana L.), mora [Chlorophora tinctoria (L.) Gaud.] and urunday (Astronium balansae Engl.). The litter bag technique was used in order to register the weight loss in the field of each selected species. Simultaneously a soil sample under each bag was taken to determine the C respiration. Every three months, at the beginning of each season, one bag per species and a sample of the soil under the bag were collected at random. In each case, the weight loss of the leaf material and the CO₂ released by the soil samples were determined. They had seasonal fluctuations with the highest values in autumn and spring and differed in the soil under the four species, being linked to the quality of the soil residue. Regarding the weight loss, it was determined to be greatest for the mora, followed by espina corona, urunday and guayaibí. Inasmuch as the species had different chemical compositions, the decomposition patterns were different. The C respiration correlated significantly with the leaf weight loss during the first trimester, as a consequence of the mineralization of the more labile compounds.

Key words: forest soil, leaf decomposition, seasonal variation, C respiration.

RESUMEN

Los objetivos de este trabajo fueron: a) evaluar el carbono de respiración como un índice de la actividad microbiológica en el suelo ubicado bajo las diferentes especies dominantes del sitio, y b) relacionar esta variable con la pérdida de peso resultante de la descomposición de las hojas de diferentes especies a través del año. El trabajo se realizó en un suelo forestal subtropical (27-28° lat. Sur y 56-60° long. Oeste), Chaco, Argentina, en la temporada 1996/97. Las especies arbóreas seleccionadas fueron: espina corona [Gleditsia amorphoides (Griseb.) Taub], guayaibí (Patagonula americana L.), mora [Chlorophora tinctoria (L.) Gaud.] y urunday (Astronium balansae Engl.). Se usó la técnica de las bolsitas para registrar la pérdida de peso en el campo de cada especie. Simultáneamente se tomó una muestra de suelo debajo de cada bolsita para determinar el C de respiración. Cada tres meses, al comienzo de cada estación, se tomó al azar una bolsita de cada especie y una muestra de suelo debajo de ella. En cada caso se determinó la pérdida de peso del material en cada bolsita y el CO₂ liberado por las muestras de suelo. Éste presentó fluctuaciones estacionales encontrándose los valores más elevados en otoño y primavera y difirió en el suelo bajo

¹Recepción de originales: 6 de febrero de 2001.

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Av. San Martín 4453, 1417 Buenos Aires, Argentina. E-mail: arrigo@mail.agro.uba.ar

las cuatro especies, vinculándose con la calidad del residuo aportado al suelo. En cuanto a la pérdida de peso de las hojas, se verificó que fue mayor para mora, siguiéndole espina corona, urunday y guayaibí. Como las especies presentaron distinta composición química, el patrón de descomposición fue diferente. El C de respiración correlacionó significativamente con la pérdida de peso de las hojas durante el primer trimestre, como consecuencia de la mineralización de los compuestos más lábiles.

Palabras clave: suelos forestales, descomposición de hojas, variación estacional, C de respiración.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas forestales nativos en Argentina se encuentran sometidos a un ritmo creciente de deforestación y degradación. Para poder garantizar la supervivencia de estos ecosistemas, hecho de reconocida importancia desde fines del siglo pasado, se hace necesario conocer la dinámica de las variables que intervienen en su regulación, pudiéndose así aprovechar los recursos dentro de un criterio de uso racional, integrado y sostenible (Prause, 1997). No es suficiente una descripción físico-química para explicar la dinámica de la fertilidad de un bosque, ya que se trata de un sistema vivo, en el cual las múltiples interacciones biológicas, más el potencial energético de los aportes vegetales, originan un equilibrio biopedológico para cada ecosistema (Frioni, 1990; Torres y Abril, 1996).

La presencia de mantillo (hojas, ramas, frutos, corteza y hasta árboles enteros) representa una acumulación provisional de elementos que se liberan de manera gradual, garantizando el aporte permanente de nutrientes al suelo (Hernández et al., 1992; Santa Regina et al., 1997; Lodhiyal y Lodhiyal, 1997). Al descomponerse estos residuos liberan elementos que son reutilizados por árboles en crecimiento. La oxidación de los residuos orgánicos que se incorporan al suelo es llevada a cabo por la actividad de los microorganismos y puede valorarse por la producción de CO, (dióxido de carbono), que es consecuencia de dicho proceso de oxidación. Este concepto es válido si se realiza esta medición en laboratorio, después de haber extraído las raíces de las muestras de suelo. La producción de CO2 está asociada

a la biomasa microbiana siendo un indicador de la actividad microbiológica del suelo (Anderson y Domsch, 1989; 1990). Esta variable puede acusar cambios con el tipo de cubierta vegetal, puede presentar variaciones estacionales y estar vinculada a la etapa de descomposición de los residuos orgánicos (Gispert y Arcara, 1988). También es sensible a las alteraciones producidas por distintos sistemas de labranza (Carter, 1991) y/o rotaciones de cultivo (Campbell et al., 1991) y a la presencia de contaminantes (Chander y Brookes, 1993).

La hipótesis propuesta es que la diferente calidad de residuos orgánicos y la tasa de pérdida de biomasa generan cambios microbiológicos en los suelos sobre los cuales crecen las especies forestales.

Los objetivos de este trabajo fueron: a) evaluar el carbono de respiración como un índice de la actividad microbiológica en el suelo ubicado bajo las diferentes especies dominantes del Parque Chaqueño Húmedo y, b) relacionar esta variable con la pérdida de peso resultante de la descomposición de las hojas de dichas especies a través del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

La Reserva Natural Estricta de Colonia Benítez, se halla ubicada en la provincia del Chaco, Argentina, entre los 27-28° latitud Sur y 56-60° longitud Oeste.

En la región, la ganadería y la explotación forestal modificaron profundamente la composición de las comunidades vegetales debido a la destrucción del estrato herbáceo, o bien por la tala y/o quema del bosque para crear campos destinados a la agricultura (SAG y P/CFA, 1995).

Suelo

La zona en estudio se caracteriza por ser una planicie de origen lacustre y aluvial, relieve subnormal a cóncavo, ubicada al este del territorio provinciale influenciada por el eje fluvial Paraná-Paraguay. El suelo está clasificado como Argiudol óxico ubicado en la terraza media del Río Paraná, en lomas medias redondeadas, de relieve normal. El material original es aluvial local, de textura arcillosa. Es un suelo profundo, el horizonte superficial es color gris oscuro, de textura media con riesgo de erosión hídrica por pendientes prolongadas (Ledesma y Zurita, 1995). Se caracteriza por tener 44 g kg⁻¹ de C orgánico, 3 g kg⁻¹ de N total, 21 cmol_c kg⁻¹ de capacidad de

intercambio catiónico, 5,5 pH en agua (1:2,5) y la conductividad eléctrica menor a 2 dS m⁻¹.

Clima

El promedio de precipitación anual es de 1.300 mm; el balance hídrico es positivo, con un Índice Hídrico de Thornwhaite de +20. La temperatura media anual es de 21,5 °C y tiene un período libre de heladas de 340 a 360 días. Los registros agrometeorológicos del período del ensayo se presentan en el Cuadro 1.

Vegetación

Es un ambiente típico de la subregión que se ha denominado de esteros, cañadas y selvas de riberas, tendiente a desaparecer a medida que se habilitan nuevas tierras para uso agrícola.

Las especies fueron seleccionadas por ser las más representativas del sitio y por su importancia económica con relación a la calidad de su madera:

Cuadro 1. Datos climáticos correspondientes al período de realización del ensayo obtenidos de la Estación Experimental Agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Colonia Benítez, Chaco, Argentina

Table 1. Climatological data corresponding to the period of the experimental phase obtained from the Estación Experimental Agropecuaria of National Institute of Agricultural Technology (INTA), Colonia Benítez, Chaco, Argentina

Año	Meses	Precipitación (mm)	Temperatura media (°C)	Temperatura del suelo a 1 m (°C)	Velocidad del viento (m s ⁻¹)
1996	Septiembre	66,5	21,1	20,2	7,9
	Octubre	158,0	22,4	22,7	6,5
	Noviembre	367,9	23,3	23,2	6,0
	Diciembre	49,5	27,6	26,7	5,5
1997	Enero	320,6	26,6	27,9	4,7
	Febrero	516,0	24,3	27,4	4,8
	Marzo	315,6	23,7	26,5	3,8
	Abril	67,0	19,3	24,5	5,7
	Mayo	131,5	15,9	22,4	3,5
	Junio	5,0	16,6	20,5	6,5
	Julio	23,5	16,6	19,5	7,2
	Agosto	47,0	17,2	18,9	6,1
	Septiembre	33,0	19,0	20,2	6,8

espina corona [Gleditsia amorphoides (Griseb.) Taub.] leguminosa Cesalpinoidea; guayaibí [Patagonula americana (L.)] familia Borraginácea; mora [Chlorophora tinctoria (L.) Gaud.] familia Morácea; y urunday [Astronium balansae Engl.] familia Anacardiácea.

Descripción del ensayo

En este bosque polifítico se delimitaron al azar cinco parcelas con una superficie aproximada de 1.000 m² cada una, que representan a un ecosistema relativamente uniforme en suelo y vegetación. En cada parcela, se seleccionaron cuatro individuos pertenecientes a cada una de las especies forestales. Los árboles de cada especie tenían similar diámetro a la altura de pecho, y no presentaban evidencias de daños y crecimientos anormales. La descomposición de la hojarasca se estudió utilizando la técnica de las bolsitas descrita por Lousier y Parkinson (1975). Esta técnica, a pesar de las críticas, está ampliamente difundida porque permite registrar la pérdida de peso de la hojarasca en el campo y la subsecuente determinación de las características químicas y biológicas del material involucrado (van Wesemael, 1993).

El material recogido debajo de cada árbol se secó en estufa y 30 g del mismo fue colocado en bolsitas de tela plástica de 30 x 30 cm, con abertura de malla de 2 mm para no excluir la actividad de la mesofauna (Swift et al.,1979). Sobre la superficie del suelo debajo de cada especie se ubicaron cuatro bolsitas, y cada tres meses se recogió una de ellas por especie seleccionada al azar, correspondiendo al 21 de diciembre de 1996, y 21 de marzo, 21 de junio y 21 de septiembre de 1997. Las muestras obtenidas se secaron a 70 °C y se les determinó la pérdida de peso resultante de la descomposición de las hojas de dichas especies a través del año.

Paralelamente se extrajo una muestra de suelo (0-10 cm de profundidad) debajo de la bolsita para determinar carbono de respiración. En las muestras de suelo se determinó el C respirado

por desprendimiento de CO₂, a 28 °C durante 7 días de incubación y el CO₂ recogido en una solución alcalina y posteriormente titulado con ácido diluido (Anderson, 1982).

Metodología estadística

El experimento fue diseñado como un diseño en bloques completamente aleatorizados y los datos fueron analizados mediante ANDEVA y para detectar las diferencias entre medias se utilizó el test de Tukey. Este tratamiento fue empleado tanto para el carbono de respiración como para la pérdida de peso. Simultáneamente se efectuó un análisis de correlación entre ambas variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de C de respiración presentaron fluctuaciones estacionales, obteniéndose los valores más elevados en otoño y primavera (Figura 1). Al comparar los resultados entre las especies, para cada estación, se comprobó que en la primavera inicial, espina corona presentó mayores valores que las restantes especies forestales (p < 0,05). En verano los valores en el suelo bajo espina corona y mora se diferenciaron de los correspondientes a guayaibí y urunday (p < 0.05). Los valores de otoño fueron significativamente más altos para espina corona y mora, con relación a los de guayaibí y urunday cuyos valores más bajos no presentaron diferencias significativas entre ellos (p < 0.05). Los datos obtenidos en invierno y en la segunda primavera presentaron un patrón similar, siendo los valores significativamente más altos en primavera (p < 0.05).

Este índice microbiológico difirió cuando fue determinado en los suelos bajo las cuatro especies forestales, hecho que estaría indicando que esta variable depende de la calidad del residuo orgánico aportado al suelo. Concordando con los datos de este trabajo, Zak et al. (1993) encontraron que la cantidad de C respirado del suelo dependió de la especie forestal. Resultados similares fueron determinados por Boerner y Koslowsky (1989), Koch y Matzner (1993), y Effron (2001), entre

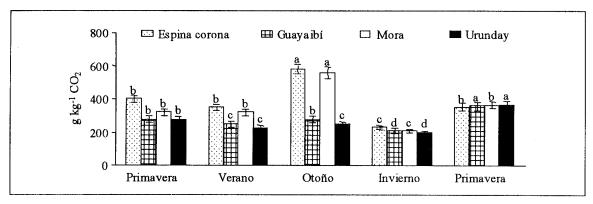


Figura 1. Evolución estacional del carbono respirado del suelo medido a través de la producción de CO₂. Figura 1. Season evolution of soil C respiration measured by CO₂ production.

Barras indican desviación estándar. Letras distintas indican diferencias significativas (P < 0,05) entre estaciones para cada especie forestal.

otros, Los mismos concluyeron que otros parámetros bioquímicos como la medición de la actividad de algunas enzimas, las cuales provienen fundamentalmente de los organismos del suelo, dependían de la especie arbórea. Esta conclusión se fundamenta en lo comprobado por Saetre y Baath (2000), quienes encontraron que las diferentes especies arbóreas generaron patrones espaciales en la comunidad microbiana en el suelo.

Resultados opuestos fueron encontrados en bosques de la región árida del Chaco Argentino, por Torres y Abril (1996) quienes no encontraron asociación entre las variables microbiológicas y las especies forestales.

Asociación entre el C respirado y la pérdida de peso de las hojas de las especies arbóreas

En la Figura 2 puede observarse que en todas las especies estudiadas, la pérdida de peso disminuye con el tiempo, pero ésta es distinta en cada una de las especies arbóreas. Durante el primer trimestre espina corona y mora fueron las que pre-

sentaron la mayor pérdida de peso, diferenciándose de guayaibí y urunday. El peso remanente al final del experimento fue menor en mora, la que tuvo mayor pérdida de peso siguiendo en orden decreciente espina corona, urunday y guayaibí, lo que coincide con lo informado por Palma et al. (1998). Las especies arbóreas presentaron un patrón diferencial de pérdida de peso debido a la calidad de los materiales vegetales, relacionados con la composición química de las hojas (Palma et al., 2000, de la Horra et al., 2000). En todos los casos la pérdida de peso fue mayor en el primer trimestre, esto podría explicarse por los resultados obtenidos por Hernández et al. (1992) y Palma et al. (1998), quienes comprobaron que este comportamiento se debe a que la mineralización de los compuestos más lábiles se produce en la etapa inicial de descomposición de los residuos.

Sólo se encontraron correlaciones significativas entre la pérdida de peso ocurrida durante los tres primeros meses y el C respirado en el suelo durante ese período (Cuadro 2).

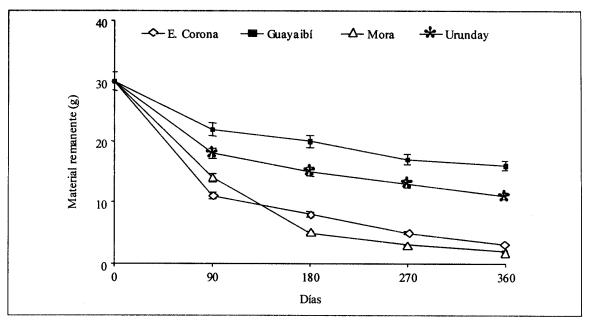


Figura 2. Material remanente en las bolsitas de descomposición para las cuatro especies durante un año. Barras indican desviación estándar.

Figura 2. Matter remaining in the litter bags for the four species during one year. Bars indicate the standard deviation.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre C respirado y pérdida de peso de hojas para las diferentes especies durante el primer trimestre

Table 2. Correlation coefficients between respired C and weight loss of leaves for the different species during the first trimester

	Espina corona	Guayaibí	Mora	Urunday
C de respiración	r = 0,79 **	r = 0, 82 **	r = 0,89 **	r = 0,62*

^{*, **}Diferencias significativas p < 0,05 y p < 0,01, respectivamente.

CONCLUSIONES

La pérdida de peso de las especies arbóreas fue mayor durante el primer trimestre del período del ensayo. El C de respiración correlacionó significativamente con la pérdida de peso de las hojas ocurrida durante el primer trimestre del ensayo.

Este índice microbiológico presentó variaciones estacionales y difirió bajo las cuatro especies forestales. Este último comportamiento indica que la variable dependió de la calidad de las hojas aportadas al suelo.

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Agrónomo Juan Prause por el apoyo en la parte experimental, a la Ingeniero Agrónomo Martha Palma por su aporte intelectual, a la Profesora Andrea Paula Rigali y al Ingeniero Agrónomo Diego Cosentino por su asistencia técnica.

LITERATURA CITADA

- Anderson, J.P.E. 1982. Soil respiration. p. 831-871. Part II. 2nd ed. Agronomy 9. In A.L. Page, R.M. Miller y D.R. Kenny (eds). Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Anderson, J.P.E., and K.H. Domsch. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total carbon in arable soils. Soil Biol. Biochem. 21:471-479.
- Anderson, J.P.E., and K.H. Domsch. 1990. Application of eco-physiological quotients (qCO₂ and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping stories. Soil Biol. Biochem. 22:251-255.
- Boerner, R.E.J., y S.D. Koslowsky. 1989. Microsite variations in soil chemistry and nitrogen mineralization in a Beech-Maple Forest. Soil Biol. Biochem. 21:795-801.
- Campbell, C.A., V.O. Biederbeck, R.P. Zentner, and G.P. Lafond. 1991. Effect of crop rotations and cultural practices on soil organic matter, microbial biomass and respiration in a thin Black Chernozem. Can. J. Soil Sci. 71:363-376.
- Carter, M.R. 1991. The influence of tillage on the proportion of organic carbon and nitrogen in the microbial biomass of medium-textured soils in a humid climate. Biol. Fertil. Soil 11:135-139.
- Chander, K., and P.C. Brookes. 1993. Residual effects of zinc, copper and nickel in sewage sludge on microbial biomass in a sandy loam. Soil Biol. Biochem. 25:1231-1239.
- de la Horra, A.M., D. Effron, R.M. Palma, y J. Prause. 2000. Liberación y dinámica de calcio, potasio, magnesio y sodio proveniente de la descomposición de hojarasca en un bosque subtropical argentino. Agrochimica 44:107-114.
- Effron, D. 2001. Actividad de enzimas relacionadas a los ciclos del C, N, P y S en un suelo nativo de bosque. Influencia de algunos metales pesados sobre dicha actividad. 112 p. Tesis Magister Scientiae. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina.

- Frioni, I. 1990. Ecología microbiana del suelo. 519 p. Universidad de la República, Editorial Montevideo, Montevideo, Uruguay.
- Gispert, M.A., y P.G. Arcara. 1988. Studio dell' attivita biologica di diversi suoli dell'area mediterranea: rapporti tra attivita enzimatiche, tasso di respirazione e biomassa batterica (FITC). Agrochimica 37:491-499.
- Hernández, J.M., I. Santa Regina, y J.F. Gallardo. 1992. Dinámica de la descomposición de la hojarasca forestal en bosques de la cuenca del Duero (Provincia de Zamora): Modelización de la pérdida de peso. Arid Soil Research and Rehabilitation 6:339-355.
- Koch, A.S., and E. Matzner. 1993. Heterogeneity of soil and soil solution chemitry under Norway spruce (*Picea abies* Kast.) and European beech (*Fagus silvatica* L.) as influenced by distance from the stem basis. Plant Soil 151:222-237.
- Ledesma, L.L, y J.J. Zurita.1995. Los suelos de la Provincia del Chaco. Convenio: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria/Gobierno de la Provincia del Chaco. 23 p. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Chaco, Argentina.
- Lodhiyal, L.S, and N. Lodhiyal. 1997. Nutrient cycling and nutrient use efficiency in short rotation, high density Central Himalayan Tarai poplar plantations. Annals of Botany 79:517-527.
- Lousier J.D., and D. Parkinson. 1975. Litter decomposition in a cool temperate deciduous forest. Can. J. Bot. 54:419-435.
- Palma, R.M., J. Prause, A.V. Fontanive, y M.P. Jimenez. 1998. Litter fall and litter decomposition in a forest of the Parque Chaqueño Argentino. For. Ecol. Manage. 106:205-210.
- Palma, R.M., R.L. Defrieri, M.F. Tortarolo, J. Prause, y J.F. Gallardo. 2000. Seasonal changes of bioelements in the litter and their potential return to green leaves in four species of the Argentine Subtropical Forest. Annals of Botany 85:181-186.

- Prause, J. 1997. Aporte de las principales especies forestales a la dinámica de la materia orgánica y los nutrientes en un monte nativo del Parque Chaqueño Húmedo. 205 p. Tesis Magister Sciential. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Saetre, P., and E. Baath. 2000. Spatial variation and patterns of soil microbial community structure in a mixed spruce-birch stand. Soil Biol. Biochem. 32:909-917.
- SAG y P/CFA. 1995. El deterioro de las tierras en la República Argentina. Alerta Amarillo p. 82-88. Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca de la Nación/Consejo Federal Agropecuario, Buenos Aires, Argentina.
- Santa Regina, I., M. Rapp, A. Martín, and J.F. Gallardo. 1997. Nutrient release dynamics in decomposing leaf litter in two Mediterranean deciduous oak species. Ann. Sci. For. 54:747-760.

- Swift, M.J., O.W. Haeal, and J.M. Anderson. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. p. 323. Blackwell, Oxford, UK.
- Torres, P., y A. Abril. 1996. Dinámica microbiana del suelo en un desmonte selectivo del Chaco Arido argentino. Ciencia del Suelo 14:30-36.
- van Wesemael, B. 1993. Litter decomposition and nutrient distribution in humus profiles in some mediterranean forest in Southern Tuscany. For. Ecol. Manage. 57:99-114.
- Zak, D.R., D.F. Grigal, and L.F. Ohmann. 1993. Kinetics of microbial respiration and nitrogen mineralization in Great Lakes forests. Soil Sci. Am. J. 57:1100-1106.