

Distribución de la materia orgánica y del carbono-13 natural en un Ultisol del piedemonte amazónico*

C. J. Escobar y J. L. Toriatti Dematté**

Introducción

La tala del bosque nativo para la siembra de cultivos y pasturas ha ocasionado la degradación y pérdida de fertilidad de los suelos en extensas áreas de América tropical. La pérdida de fertilidad de los suelos tropicales se ha relacionado con la pérdida de la materia orgánica (MO). Por otra parte, los estudios sobre los cambios de la MO se basan en la determinación del carbono (C) y del nitrógeno (N) orgánicos y su distribución en las fracciones del suelo.

El C orgánico es muy dinámico y su equilibrio se modifica fácilmente por las prácticas de manejo del suelo. Cerri (1986) en los primeros 20 cm de un Oxisol de Piracicaba, Brasil, encontró 71.9 t/ha de C en el bosque nativo, 44.6 t/ha de C en un cultivo de caña de azúcar de 12 años y 38.5 t/ha de C en un cultivo similar de 50 años. Esto indica que en las áreas de cultivo las pérdidas de C fueron de 38% y 46%, respectivamente, en relación con el bosque nativo.

Para el estudio de la dinámica del C en el suelo se utiliza, entre otros métodos, la cantidad de ^{13}C en la MO, expresada como $\delta^{13}\text{C}$, la cual se obtiene de la relación $((R_s - R_{st})/R_{st}) \times 1000$, en donde R_s es la relación $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ de la muestra y R_{st} es la relación de estos mismos isótopos correspondiente a un patrón internacional estándar. Esta metodología se basa en el hecho de que las plantas del bosque tropical son de ciclo fotosintético C_3 y su $\delta^{13}\text{C}$ varía entre -20‰ y -35‰ ; por el contrario, las gramíneas tropicales tienen un ciclo fotosintético del tipo C_4 y su $\delta^{13}\text{C}$ varía entre -14‰ y -16‰ ; en consecuencia, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de los residuos en el suelo son aproximados a los valores de la vegetación original.

Con base en la hipótesis anterior, se espera que el cambio del bosque nativo por gramíneas altere la relación original de los isótopos de C en los residuos orgánicos del suelo. Las diferencias, debidas al cambio en el tipo de vegetación, permiten cuantificar los cambios en la MO (Barnes et al., 1983). Sin embargo, esta metodología sólo es aplicable cuando se conocen el tiempo y el tipo de vegetación.

El presente estudio tuvo como objetivos: (1) cuantificar los cambios en el C del suelo, debidos a la sustitución de la vegetación original de bosque tropical por pasturas y (2) evaluar las ventajas del método del ^{13}C para cuantificar dichos cambios.

* Resumen del trabajo de grado del autor principal para obtener el título de M.Sc. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

** Respectivamente, Agrólogo de la sección de Recursos Naturales, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Centro de Investigaciones CI-Macagual, Apartado aéreo 337, Caquetá, Colombia; y PhD. Profesor Titular del Departamento de Suelos, Geología y Fertilizantes, Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Materiales y métodos

Localización y suelos. El estudio se realizó en un Ultisol del Centro de Investigaciones CI-ICA Macagual, localizado a 1° 37' de latitud norte y a 75° 36' de longitud oeste, con una precipitación promedio anual de 3600 mm y 26 °C de temperatura media, dentro del ecosistema bosque tropical lluvioso.

Los sitios experimentales se localizaron en la parte superior de un bosque natural y de un área deforestada cubierta durante 15 años con *Paspalum notatum*. Las condiciones físicas, químicas y mineralógicas de los suelos en los dos sitios eran similares.

Muestras. En cada sitio se construyó una calicata hasta 1 m de profundidad en el suelo y se hicieron muestreos en cada subhorizonte. En el bosque los muestreos se hicieron entre 0-6 cm, 6-18 cm, 18-30 cm, 30-60 cm y 60-100 cm; y en la pastura entre 0-4 cm, 4-10 cm, 10-39 cm, 39-58 cm y 58-96 cm.

Determinaciones. El carbono total (Ct) se determinó por combustión de las muestras con flujo de oxígeno en horno a 1100 °C. El CO₂ y el CO liberados se sometieron a una segunda combustión a 700 °C con la adición de CuO para completar la oxidación del CO. Los gases liberados se recogieron en un recipiente con soda 0.05 N; la diferencia en conductividad eléctrica entre esta y la muestra carbonada con CO₂ se expresó en miligramos de C total (CENA, 1988).

El ¹³C se midió a partir del CO₂ obtenido de la combustión completa de la MO del suelo. Con una muestra de 30 mg de MO se obtuvo 0.1 mmol de CO₂, al cual se le agregó 1 g de CuO y se colocó en horno a 550 °C en condiciones de vacío por 16 horas. Posteriormente, el CO₂ se purificó utilizando hielo seco y nitrógeno líquido y se cuantificó con un espectrómetro de masa. Los valores de ¹³C se determinaron de acuerdo con la fórmula:

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ muestra}) \times 1000}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C} \text{ patrón estándar})}$$

El contenido de C en las muestras de suelo (Cs) se transformó en carbono total (Ct), de acuerdo con la fórmula: $Ct = Cs \times L \times D \times 10^4$, en donde L es la profundidad en metros, D la densidad aparente (D.A.) del suelo y 10^4 es el área de una hectárea en m².

Resultados y discusión

Carbono total y densidad aparente. El porcentaje de Ct y la D.A., hasta 6 cm de profundidad en el suelo, fueron similares en el bosque y en la pastura de *P. notatum* (Cuadro 1). A partir de este punto el contenido de Ct disminuyó, especialmente en el bosque, lo cual concuerda con los hallazgos de Feller and Ganry (1982); Sánchez et al. (1982) y Vitorello et al. (1989). Aunque las pasturas propician la pérdida de C nativo proveniente del bosque, a la vez favorecen la acumulación de este elemento a partir de la descomposición de la nueva vegetación y su distribución a través del perfil del suelo. Sin embargo, los resultados indican que *P. notatum* no tiene un alto potencial en este proceso.

En el mismo Cuadro 1 aparece la cantidad de C en el bosque y en la pastura. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en el suelo con bosque fueron similares hasta 30 cm de profundidad (-28.7‰). Por el contrario, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en el suelo con pastura variaron entre -18.5‰ en los primeros 4 cm hasta -25‰ a los 30 cm, lo cual sugiere que la composición original de la MO en el suelo de bosque ha sido alterada por la vegetación actual de pasturas tipo C4. Según Cerri et al. (1985), en los bosques tropicales el valor promedio de $\delta^{13}\text{C}$ es de -29‰ y en las pasturas es de -14‰, lo cual indica que en estas últimas aún no se ha alcanzado el equilibrio entre la entrada y la salida de MO en el sistema.

La acumulación de C hasta 1 m de profundidad en suelos de bosque y con *P. notatum* aparece en la Figura 1. En el suelo con pasturas la pérdida de C, después de 15 años de utilización, fue de 57.5 t/ha aproximadamente. Esta pérdida ocurrió principalmente en los horizontes inferiores y está asociada con cambios en temperatura, radiación, compactación, mal drenaje interno, y sistema radicular poco profundo de la gramínea, lo cual favorece una mayor mineralización de la MO.

El Cuadro 2 presenta la concentración y distribución del C total en los primeros 30 cm del suelo de la pastura, de acuerdo con la fuente (remanente del bosque o producido por la pastura). Son evidentes los gradientes en la concentración de C en las dos fuentes. En el suelo con pasto, en los primeros 4 cm de profundidad hay 27 mg/g de suelo, equivalentes a 65% del C total; entre 4 cm y 14 cm el C disminuye al 59%; y entre 14 cm y 30 cm hay solamente 23% del C

Cuadro 1. **Carbono total (Ct, ‰), densidad aparente (D.A.) y cantidad de ^{13}C ($\delta^{13}\text{C}$) en suelos con bosque nativo y pasturas de *Paspalum notatum* con 15 años de establecidas. CI-Macagual, Caquetá, Colombia.**

Tipo de vegetación	Horizonte del suelo	Prof. (cm)	C ^t (‰)	D.A. (g/cm ³)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Bosque	A ₁	0-6	4.1	1.1	-28.5
	BA	6-18	1.4	1.4	-29.0
	BA	18-30	1.4	1.4	-28.6
	BA	30-60	1.4	1.4	—
	Bt	60-100	0.6	1.4	—
Pastura	A1p	0-4	4.1	1.1	-18.5
	ABg	4-10	2.9	1.2	-19.6
	Bt	10-39	1.0	1.4	-25.0
	BC	39-58	0.5	1.4	—
	Cr	58-96	0.3	1.6	—

Prof. = Profundidad en el suelo.

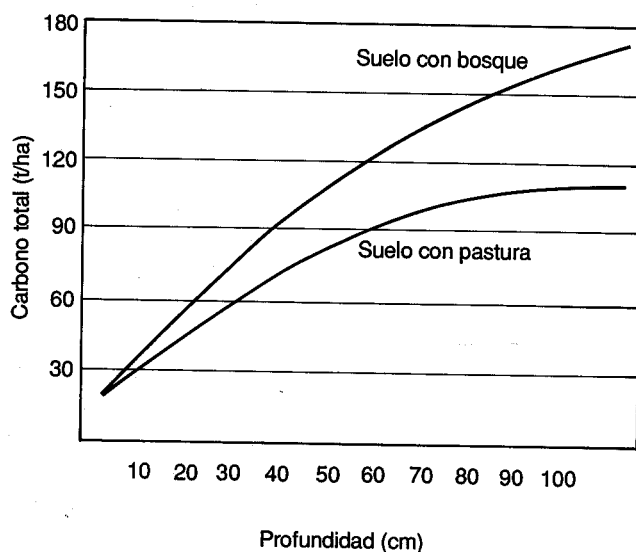


Figura 1. *Distribución del carbono total acumulado en el perfil de un Oxisol con vegetación de bosque y de Paspalum notatum de 15 años, CI-ICA Macagual, Caquetá, Colombia.*

total. Lo contrario sucede con la concentración del C proveniente del bosque. Estos resultados indican que aún existen remanentes significativos de C de la vegetación de bosque, y que el C proveniente del pasto sólo ha alcanzado niveles de importancia en los primeros 14 cm del perfil del suelo.

Pasturas Tropicales, Vol. 13 No. 2

Cuadro 2. **Carbono (mg/g suelo) a diferentes profundidades en suelos de pasturas de 15 años. CI-Macagual, Caquetá, Colombia.**

Fuente de C (vegetación)	Profundidad (cm)		
	0-4	4-14	4-40
Residual en el bosque	14.7 (35%)	11.7 (41%)	7.3 (77%)
Proveniente de la pastura	26.8 (65%)	16.8 (59%)	2.2 (23%)
Total	41.5	28.5	9.5

Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que en condiciones de bosque tropical lluvioso las pasturas de *P. notatum* ocasionaron una disminución de 57.5 t/ha de C después de 15 años de utilización en relación con el bosque nativo, lo cual equivale a una pérdida del 25% del C total en relación con el suelo del bosque. Lo anterior indica el bajo potencial de esta especie para suministrar MO al suelo.

En los suelos con pasturas, entre 14 cm y 30 cm de profundidad, se encontró que más del 70% del C proviene del bosque, lo cual sugiere la posibilidad que en estos suelos aún no se ha alcanzado un nuevo equilibrio en la movilización del C.

Se espera que estos resultados ayuden a la selección de especies forrajeras con mayor potencial para suministrar MO al suelo y, por lo tanto, contribuyan a la conservación del ecosistema de bosque tropical lluvioso.

Agradecimientos

Al doctor Carlos Cerri, del Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba, SP, Brasil, por su valiosa ayuda para la realización de los análisis de laboratorio.

Summary

The distribution of natural soil carbon (C-13) and its changes as a result of cutting forest and then planting pasture were studied in two areas of an Ultisol from Caquetá, Colombia. The study site had perudic moisture and isohypertermic temperature regimes. One site was under forest (P₀) and the other site had been deforested and cultivated with *Paspalum notatum* (P₁₅) for 15 years. Soil physical, chemical, and mineralogical characteristics at the two sites were very similar. Morphological differences observed could be related to soil management. Total C content decreased with depth in the two profiles. The quantity of carbon lost was around 57.5 tons/ha of C in the pasture system, after 15 years of use. The $\delta^{13}\text{C}$ values are about -29‰ in 0-0.34 m of the profile under forest, and about -19‰ in the 0.14 m layers of the profile under pasture. On layers of 0.14-0.30 m, this value was -25‰.

The $\delta^{13}\text{C}$ values were used to estimate the quantities of C derived from forest and from

pasture. Carbon derived from pasture represented, between 64.6% in surface and 29.5% in depth, of the total carbon at P₁₅.

Referencias

- Barnes, P. W.; Tieszen, L. L. and Ode, D. J. 1983. Distribution, production and diversity of C₃ and C₄ dominated communities in a mixed prairie. Can. J. Bot. 61:741-751. dominated communities in a mixed prairie. Can. J. Bot. 61:741-751.
- CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura). 1988. Manual de aulas practicas sobre MO. Piracicaba, São Paulo, Brasil. (Mimeografiado.)
- Cerri, C. C. 1986. Dinámica da MO do solo no agrossistema cana de açúcar. Tese. Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- _____; Balesdent, J.; Feller, C.; Victoria, R. and Plenecassagne, A. 1985. Application du tracage isotopique naturel en ¹³C a l'étude de la dynamique de la matière organique dans les soils. C. R. Ac. Sci., Paris, t. 300, Serie II:423-426.
- Feller, C. and Ganry, F. 1982. Décomposition et humification des résidus végétaux dans un agro-système tropical; 3: Effet du compostage et de l'enfouissement de divers résidus de récolte sur la répartition de la matière différents compartiments d'un sol sableux. Agronomie Tropicale (Paris) 37(3):262-269.
- Sánchez, P. A.; Bandy, D. E.; Villachica, J. H. and Nicholaidis, J. J. 1982. Amazon basin soils. Management for continuous crop production. Science 216:821-827.
- Vitorello, V. A.; Cerri, C. C.; Andreux, F.; Feller, C. and Victoria, R. L. 1989. Organic matter and natural carbon-13 distribution in forested and cultivated Oxisols. Soil Sci. Soc. Am. J. 53:773-778.