

COMPARTIMENTOS DE LA MATERIA ORGÁNICA Y BALANCE DE CARBONO EN EXPERIMENTOS SOBRE SISTEMAS DE MANEJO DE SUELOS DE LARGA DURACIÓN

J.C.M. Sá¹, J.B. Dos Santos², F. M. Vázquez³, E.G. Cardoso, D.S. Junior⁴, A. Massinham⁴, C. Ferreira⁵,
M.A. Pavei⁵, R.S. Carli⁴

¹Departamento de Ciencia del Suelo e Ingeniería Agrícola, Universidad Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. ² Universidad Federal do Paraná. Juvevê, Curitiba-PR. ³ Instituto de Química Ambiental, Universidad de Santiago de Compostela, Santiago de Compostela. ⁴ Universidad Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR. ⁵ Centro de Energía Nuclear en Agricultura, Piracicaba, SP.
jcmsa@uepg.br

Resumen de la presentación al XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo.
León, Guanajuato, México. 17-21 de Setiembre de 2007.

Introducción

La materia orgánica del suelo (MOS) es un componente clave en los ecosistemas terrestres, tanto en su concentración como en distribución, y su contenido y calidad tienen un importante efecto en los procesos que ocurren dentro de los ecosistemas. El equilibrio entre las fracciones es dinámico y conceptualmente definido por las ganancias y pérdidas de materia orgánica. Dependiendo de las prácticas agrícolas y del sistema de manejo adoptado, el suelo actúa como fuente o destino de CO₂ atmosférico (Bruce et al., 1999). En sistemas con pérdidas de materia orgánica superiores a las ganancias, rompiendo el equilibrio, el suelo puede actuar como fuente constante de CO₂ hacia la atmósfera, resultando en pérdidas significativas del contenido original de MOS. Por otro lado, la no remoción del suelo asociada con el aporte de residuos de cultivos, tienen como resultado la reducción de las pérdidas de carbono y el mantenimiento del stock de carbono en los primeros cm del perfil del suelo (Kern y Jonson, 1993; Bayer et al., 1996; Sá et al., 2001). El equilibrio estable "steady-state" del reservorio de carbono del suelo es el balance entre ganancias (residuos vegetales y abonos orgánicos) y las pérdidas (descomposición y mineralización de la materia orgánica o por erosión). La MOS es un componente dinámico y varios modelos han sido utilizados para describir los cambios que se producen en el tiempo. La complejidad de los modelos varía desde un abordaje simplificado y de un compartimiento como la propuesta de Henin y Dupuis (1945), hasta los modelos con más de un compartimiento propuestos por Jenkinson y Rainer (1977) y Parton et al. (1987). De acuerdo con Henin y Dupuis (1945) y Greenland (1971), las modificaciones de C del suelo se describen mediante la función $dC/dt = -K_2C + K_1A$, esta es una herramienta fundamental para el entendimiento del impacto de los sistemas

de manejo de C en el suelo. En este caso, dC/dt representa una tasa de variación de C orgánico del suelo en el tiempo, A es una tasa de ganancia anual de C en el suelo (t ha⁻¹), K_1 representa el coeficiente de humificación de C orgánico, C es el carbono orgánico total del suelo (t ha⁻¹) y K_2 es la tasa de oxidación anual de C (t ha⁻¹), representada por la descomposición y la mineralización. El objetivo de este trabajo fue evaluar el balance de C, a través del contenido de C, nitrógeno (N), y azufre (S) total, el C extraído por disolución selectiva (C-oxidable) y el C extraído por Pirofosfato (C-Pirofosfato), en fracciones granulométricas de MOS en el estrato de suelo de 0-2.5 y 2.5-5 cm. de espesor en un suelo de textura arcillosa clasificado como Hapludox típico.

Materiales y Métodos

El presente trabajo fue desarrollado en un experimento sobre sistemas de manejo de suelos, que fue iniciado en el año 1988, localizado en la estación experimental de Fundación ABC, en Ponta Grossa (Paraná, Brasil), en el Planalto, cuyas coordenadas geográficas de referencia son: 25°20'S e 50°20'W. La altitud del área experimental es de 910 metros sobre el nivel del mar, y el clima se caracteriza como subtropical húmedo, del tipo Cfb (clasificación de Köppen), con veranos frescos y heladas en invierno. La precipitación y la temperatura media anual son respectivamente de 1545 mm y 20 °C. El suelo fue clasificado como Hapludox Típico, textura arcillosa, profundo, muy bien estructurado y drenado. El diseño experimental original fue constituido en cuatro sistemas de suelos distribuidos en tres bloques aleatorizados. El presente trabajo fue desarrollado sobre el delineamiento original incrementando la variable tiempo de colección de muestras, como parcela subdividida cuyas medidas repetidas en el tiempo, contaron con tres repeticiones. Los sistemas

de manejo adoptados fueron:

- 1) Labranza Convencional (LC) - realizado a través de un arado para llegar a los 20 cm. de profundidad seguido de dos arados niveladores;
- 2) Labranza Reducida (LR) – realizado a través de un escarificador para alcanzar los primeros 30 cm. de profundidad seguido de dos arados niveladores;
- 3) Siembra Directa con Escarificador (SDE) – se realizó la siembra sobre residuos de cultivos en superficie con una escarificación para llegar a la profundidad de los 30 cm cada tres años y,
- 4) Siembra Directa Permanente (SDP).

La dimensión de cada unidad experimental fue de 8.3 x 25 m, totalizando 2500 m². Las muestras para la realización de densidad de suelo se tomaron en Febrero del 2003, y las muestras para las determinaciones de C, N y S total, y C oxidable se efectuaron en las profundidades 0-2.5 y 2.5-5 cm en los meses de Octubre 2003, Abril 2004 y Octubre 2004. Para la determinación del contenido total de C, N y S fue utilizado el analizador elemental de Leco Instruments (TruSpec CNS), el C-oxidable fue extraído a través de una disolución selectiva por el método de Sauerlandt, y para el C-Pirofosfato la extracción se realizó a través del método de Bascomb (1968).

El cálculo del stock total de los compartimentos fue realizado considerando la siguiente expresión:

$$C \text{ (ton ha}^{-1}\text{)} = \text{Contenido de C} * \text{Densidad de Suelo} * \text{Volumen del estrato de suelo}$$

El balance de C fue realizado a través del modelo de más de un compartimiento propuesto por Henin y Dupuis (1945) y, adaptado por Bayer (2000).

Resultados

La comparación del stock de carbono entre los sistemas de manejo mostraron una diferencia significativa ($p < 0,05$), para la SDP en relación con la LC en las tres épocas de muestreo (Tabla 1). La diferencia fue de 4.17; 6.31 y 5.31 Mg ha⁻¹ en los muestreos de los meses de Octubre 2003, Abril

2004 y Octubre 2004, respectivamente. El flujo de C y N tuvo un aumento significativo desde Octubre de 2003 a Abril de 2004, debido a los aportes de residuo de avena blanca y de soja. El flujo estuvo asociado a una combinación de compuestos aminados originados de la descomposición de los residuos de soja, y asociados a una liberación de compuestos de lignina originados en los residuos de avena, resultando en una mayor humificación y estabilización de la MOS. La relación entre el COT y el N-total con el C-Pirofosfato fue de 81%, indicando que el flujo de C y N de la fracción joven de la MOS está en directa relación con las fracciones más estables (Figs. 1 y 2).

El porcentaje del stock de C-Pirofosfato en relación con el stock de COT varió entre 16.31% a 33.41% y, representa la parte fácilmente oxidable. En el sistema de SDP, el C-Pirofosfato fue superior en 15.56% indicando una mayor presencia de formas jóvenes de C. De esta manera, estos compuestos contribuirían para el reagrupamiento de agregados y partículas dispersas, estimulando la actividad de la biomasa microbiana resultando en una macro agregación y protección del C y N. La relación media C:N:S de todas las fracciones granulométricas en los estratos fue más elevada en SDP, indicando la ocurrencia de un mayor flujo de C entre los compartimentos de la MOS. La utilización del modelo de un compartimiento descrito por Henin y Dupuis (1945) reveló una elevada afinidad en las alteraciones del stock de C afectados por el sistema de manejo. El aporte medio anual de materia seca de 12.38 Mg ha⁻¹ en LC (Tabla 2) no fue suficiente para mantener el balance de C en equilibrio estable. El déficit anual de residuos en LC fue de 1.46 Mg ha⁻¹. En contraste, el aporte medio anual de SDP fue de 13.12 Mg ha⁻¹ y con un balance positivo de C en el suelo. La necesidad mínima de residuos para mantener el equilibrio en este sistema fue de 8.04 Mg ha⁻¹, y el excedente de residuos fue de 5.08 Mg ha⁻¹ año⁻¹. Los sistemas de manejo con baja movilización (LR y SDE) presentaron comportamientos intermedios entre la SD y el SDP.

Tabla 1. Stock de carbono de suelo afectado por el sistema de manejo en tres épocas de recolección de muestras en un experimento de larga duración.

Sistemas de manejo de suelo	Épocas de recolección de las muestras de suelo			
	Octubre 2003	Abril 2004	Octubre 2004	Media
	----- Stock de C (Mg ha ⁻¹) -----			
Siembra Directa Permanente – SDP	19.45 Aa [§]	21.48 Ab	20.15 Ab	20.36
Siembra Directa con escarificador - SDE	18.16 Aa	18.81 Ba	18.70 Ba	18.56
Siembra Directa – SD	17.39 Aa	17.65 Ba	17.54 Ba	17.53
Labranza Convencional – LC	15.28 Ba	15.17 Ba	14.84 Ba	15.10
Diferencia entre SDP y LC	4.17	6.31	5.31	5.26

[§] Las letras mayúsculas refieren a comparaciones de medias en la columna (sistemas de manejo) y las minúsculas se refieren a la comparación en líneas (épocas de recolección).

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de la disertación de Josiane Burkner dos Santos con apoyo de CAPES y en colaboración con el Prof. Dr. Felipe Macias Vazquez del Instituto de Tecnología de la Universidad de Santiago de Compostela (España).

Referencias Bibliográficas

Bruce J.P., M. Frome, E. Haites, H. Janzen y R. Lal. 1999. Carbon sequestration in soils. *Journal of Soil and Water Conservation* 54: 382-389.

Bayer C., L. Martin-Neto, J. Mielniczuk y C.A. Ceretta. 2000. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil & Tillage Research* 53: 95-104.

Bayer C. 1996. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo do solo. Tesis de Doctorado. UFRGS.

Greenland D.J. 1971. Changes in the nitrogen status and physical condition of soils under pasture, with special reference to the maintenance of the Australian soils used for growing wheat. *Soil Fertility* 34: 237-251.

Henin S. y M. Dupuis. 1945. Essais du bilan de la matière organique du sol. *Annales Agronomiques* 15: 17-29, Paris.

Kern J.S. y M.G. Johnson. 1993. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. *Soil Science Society of America Journal*.57: 200-210.

Jenkinson D.S. y J.H. Rayner. 1977. The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. *Journal of Soil Science* 123: 298-305.

Parton W.J., D.S. Schimel, C.V. Cole y D.S. Ojima. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains. *Soil Science Society of America Journal* 51: 1173-1179.

Sá J.C.M., C.C. Cerri, R. Lal, W.A. Dick, S.P. Venzke Filho, M. Piccolo y B. Feigl. 2001. Organic matter dynamics and sequestration rates for a tillage cro- n- sequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal* 64: 1486-1499. ◀

Reimpresión:

Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos

Hernán E. Echeverría y Fernando O. García (editores)



Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agraria INTA

► Costo de la publicación: \$60 (sesenta pesos argentinos). Gastos de envío nacional: \$24 (veinticuatro pesos)

Tabla 2. Balance de C y equivalente de residuos para los sistemas de manejo de suelos en experimentos de larga duración.

Sistemas de Manejo de suelo	Coeficiente oxidación (K ₂ *C)	dC/dt ≠ 0 (Media de dos años)	Equivalente en residuos			
			dC/dt ≠ 0	dC/dt = 0	Media de aporte anual	Δ (Aporte anual - dC/dt = 0)
----- Mg ha ⁻¹ -----						
LC	1.67	-0.20	-1.66	13.84	12.38	-1.46
LR	1.14	0.45	3.77	10.00	12.62	2.62
SDE	0.99	0.70	5.87	9.00	12.99	3.99
SDP	0.84	0.99	8.32	8.04	13.12	5.08

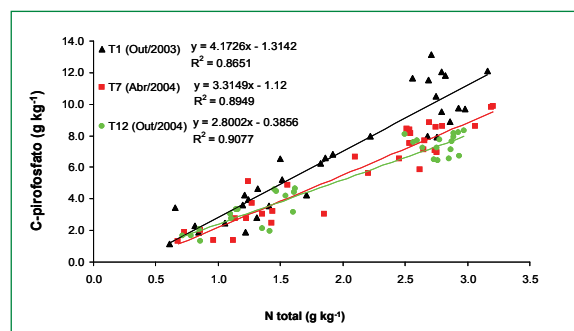
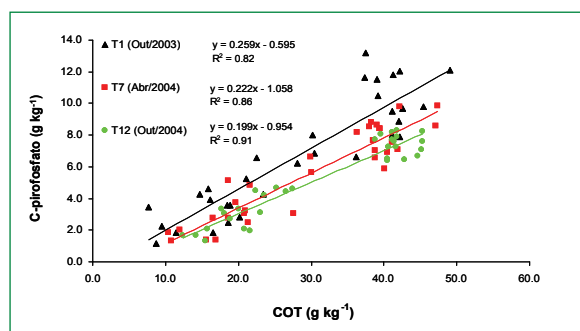


Figura 1 y 2. Relación entre el COT y el N total del suelo con el C-Pirofosfato en tres épocas de recolección.