

DINÁMICA DE LAS FRACCIONES CARBONADAS EN UN CICLO DE CULTIVO DE MAÍZ BAJO TRES SISTEMAS DE LABRANZA¹

Carbon fractions dynamics in a corn crop cycle under three tillage systems

Alejandro O. Costantini^{2,3}; Diego J. Cosentino^{2,4}; Matías Fertig²; Marcela Alá Rué²

ABSTRACT

Total organic carbon (CO), microbial biomass carbon (CBM) and mineralizable carbon (Cmin) were determined on three moments of corn cycle in a continuous maize field trial under three different tillage systems. CO distribution depended of tillage system, depth and sampling time, existing a significative interaction between tillage system and soil depth. CO values were highest in direct drilling along all the crop cycle for 0-5 cm depth. In conventional and reduced tillage CO values were scanty sensitives to sampling time. CBM showed a similar distribution pattern than CO, although percentage differences between tillage systems were greater than in total organic carbon. Cmin was highest in the most conservatives tillage systems, and its distribution pattern was in agree with the CBM one. Residues distribution and soil condition under direct drilling, promote the best soil organic matter conservation, independently of crop cycle.

Key words: total organic carbon, microbial biomass carbon, mineralizable carbon, tillage systems.

INTRODUCCIÓN

Las labranzas del suelo, al influir sobre la mayor o menor incorporación de materia orgánica, el grado de compactación, la aireación y, por ende, la mineralización (Carter, 1986), producen cambios en el corto y en el largo plazo, que deben ser medidos a fin de detectar pautas de manejo equivocadas y planificar su corrección. Los distintos sistemas de labranza producen diferentes efectos en el suelo, a través de un mayor o

menor movimiento del mismo y de la ubicación en la que dejan los residuos del cultivo. Varios estudios demuestran la existencia de cantidades mayores de carbono orgánico en suelos no disturbados con respecto a los laboreados (Havlin *et al.*, 1990) y, entre estos últimos, mayores contenidos en aquellos sistemas que producen menos movimiento del suelo (Costantini *et al.*, 1996).

La biomasa microbiana del suelo puede sufrir importantes variaciones a lo largo del año, debido a los cambios estacionales en la humedad y temperatura del suelo, al crecimiento de las raíces del cultivo y a la incorporación de residuos vegetales, los cuales parecen tener mayor influencia en la capa superficial del suelo, la zona biológicamente más activa, afectando a los microorganismos que se encuentran en la misma (Kaiser y Heinemeyer, 1993).

¹Recepción de originales: 12 de mayo de 1998.

²Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. Av. San Martín 4453. CP 1417. Buenos Aires, Argentina. E-mail: costanti@mail.retina.ar

³Centro de Investigaciones Biometeorológicas. CIBIOM-CONICET.

⁴Laboratorio de Química Geológica y Edafológica. LAQUIGE-CONICET.

Cosentino *et al.* (1998) para el mismo suelo, en barbecho, encontraron que el carbono orgánico total fue mayor en siembra directa que en labranza reducida y convencional. La siembra directa fue el único sistema de labranza que mostró diferencias en profundidad. Analizando el carbono de biomasa microbiana, en los primeros 5 cm de suelo, la siembra directa mostró valores significativamente mayores que los otros sistemas de labranza.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar los cambios estacionales y en profundidad que se producen en los contenidos de carbono orgánico, carbono de la biomasa microbiana y carbono mineralizable, como consecuencia de la implementación de tres sistemas de labranza bajo monocultivo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la localidad de Marcos Juárez (32° 42' Lat S.; 62° 7' Long. W.), Provincia de Córdoba, Argentina, en las parcelas implantadas en la Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), sobre un suelo Argiudol típico. El clima es templado subhúmedo, con una temperatura media anual de 17,2°C y una temperatura media en julio (mes en el cual las muestras fueron recolectadas) de 10,1°C. La precipitación media anual es de 924 mm distribuidos principalmente entre octubre y marzo. El balance hídrico resultó con ligeras deficiencias de agua al momento de floración, situación común en la región.

Las parcelas experimentales eran de 15 m de ancho por 21 m de largo, distribuidas en 3 bloques completos al azar, con 7 años de monocultivo de maíz (*Zea mays* L.) bajo tres sistemas de labranza: 1) Labranza convencional, con arado de reja y vertedera a 15 cm de profundidad, 2) pasadas de rastra de discos a 10 cm, vibrocultivador y rastra de dientes, sin quema de residuos; 3) Labranza reducida, con arado de cincel a 15 cm,

1) pasada de rastra de discos a 10 cm, vibrocultivador y rastra de dientes, sin quema de residuos y 3) Siembra directa sin inversión del pan de suelo, sin quema de residuos.

Se tomaron y analizaron en laboratorio tres muestras compuestas por tres submuestras cada una por parcela, a dos profundidades (0-5 cm y 5-15 cm) en tres momentos del ciclo del cultivo: presembrado, maíz en 6 hojas y postcosecha. El maíz fue sembrado en el mes de septiembre.

En las muestras se efectuaron por triplicado las siguientes determinaciones:

- Carbono orgánico total (CO) de acuerdo a la metodología indicada por Page (1983).
- Carbono de biomasa microbiana (CBM) por la metodología descrita por Vance *et al.* (1987); Tate *et al.* (1988).
- Carbono mineralizable (C_{min}) por la metodología de Jenkinson y Powlson (1976).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Carbono orgánico total

La distribución del CO se mostró dependiente de los sistemas de labranza, la profundidad (Cuadro 1), y el momento de muestreo (Figura 1) ($P < 0,01$), existiendo una interacción estadísticamente significativa entre sistema de labranza y profundidad ($P < 0,01$). Los sistemas de labranza más conservacionistas (siembra directa y en menor medida labranza reducida) mostraron valores más elevados de CO. Tal como era de esperar, las muestras superficiales presentaron, en promedio, tenores de CO más altos que las subsuperficiales (Cuadro 1).

Los valores de CO fueron, en promedio, un 15% más altos en siembra directa que en labranza reducida, y un 50% más elevados con respecto a la labranza convencional. Los tenores de CO

correspondientes a las muestras superficiales fueron en promedio un 34% más elevados con respecto a las subsuperficiales. Se encontró una interacción altamente significativa entre sistema de labranza y profundidad ($P < 0,01$). La siembra directa y la labranza reducida provocan un menor movimiento del suelo, dejando una mayor cobertura de rastrojo en superficie, enriqueciendo de esta manera el contenido de carbono de la capa superficial del suelo, mientras que la labranza convencional homogeneiza más el perfil debido al tipo de movimiento de suelo que produce.

Como puede observarse en la Figura 1 los valores de CO fueron significativamente mayores a lo largo de todo el ciclo del cultivo en siembra directa, a la profundidad de 0 a 5 cm ($P < 0,01$). En la labranza convencional y reducida, los valores de CO se mostraron poco sensibles a los momentos de muestreo. Para la profundidad de 5 a 15 cm los valores de CO no muestran variaciones de importancia ni para los sistemas de labranza ni para el momento de muestreo (Figura 1).

Considerando las mediciones de CO a través del tiempo, aquellas muestras recolectadas en el tiempo 2 (maíz con 6 hojas) presentan valores

más elevados, probablemente a causa de la presencia del propio cultivo en crecimiento, y de la consecuente rizodeposición. Valores menores se encuentran en el muestreo de postcosecha, donde hay una cantidad importante de material fresco que proviene de la reciente cosecha, y los más bajos en el muestreo de presiembra, que fue realizado luego de un prolongado barbecho. El efecto de incremento de la materia orgánica que se manifiesta en siembra directa, se ve atenuado en labranza convencional y en labranza reducida, debido a las labores secundarias que se realizan durante el ciclo del cultivo (Figura 1).

Carbono de la biomasa microbiana

Las tendencias presentadas por el CBM son en todos los casos similares a las presentadas en CO, pero las diferencias porcentuales entre los sistemas de labranza fueron de mucha mayor magnitud que para el caso del carbono total. Así, los valores de CBM para siembra directa fueron un 33% y 65% mayores que los correspondientes a labranza reducida y convencional, respectivamente (Cuadro 1). Esto indica una mayor sensibilidad del CBM con respecto al carbono orgánico total (Powlson *et al.*, 1987) en

**Cuadro 1. Valores promedio de carbono orgánico total (CO), carbono de biomasa microbiana (CBM) y carbono mineralizable (Cmin) para tres sistemas de labranza empleados y para dos profundidades de muestreo (cm).
SD: siembra directa; LR: labranza reducida; LC: labranza convencional**

**Table 1. Mean values of organic carbon (CO), microbial biomass carbon (CBM) and mineralizable carbon (Cmin) for three tillage systems and two samplig depths (cm).
SD: direct drilling; LR: reduced tillage; LC: conventional tillage**

		CO (%)	CBM (µgC g ⁻¹ suelo)	Cmin (µgC-CO ₂ g ⁻¹ suelo h ⁻¹)
Sistema de labranza	SD	2,35 a	268,16 a	0,43 a
	LR	2,04 b	200,95 b	0,24 b
	LC	1,56 c	162,51 c	0,17 c
Profundidad	0 - 5	2,27 a	247,49 a	0,39 a
	5 - 15	1,69 b	173,59 b	0,16 b

Los valores con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas (Test de Tukey, $P < 0,05$).

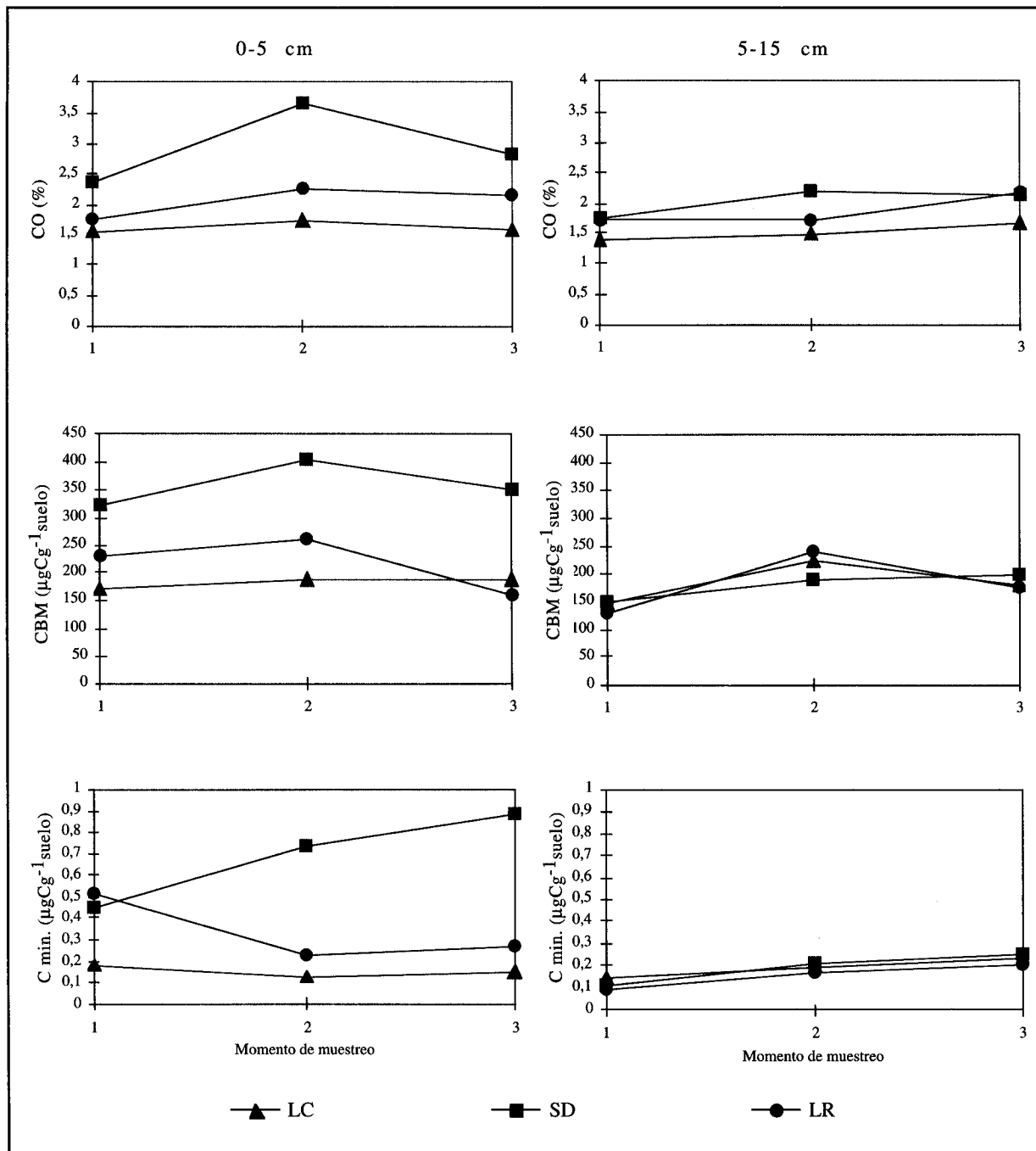


Figura 1. Carbono orgánico total (CO), carbono de biomasa microbiana (CBM) y carbono mineralizable (Cmin) a dos profundidades (0-5 cm y 5-15 cm), para los diferentes sistemas de labranza (LC: labranza convencional; SD: siembra directa; LR: labranza reducida) en función de los momentos de muestreo. 1.- presiembrá; 2.- seis hojas; 3.- postcosecha.

Figure 1. Organic carbon (CO), microbial biomass carbon (CBM) and mineralizable carbon (Cmin) at two depths (0-5 cm and 5-15 cm) for three tillage systems (LC: conventional tillage; SD: direct drilling; LR: reduced tillage) in three sample times. 1.- presowing; 2.- six leaves; 3.- postharvest.

manifestar diferencias de manejo, pese a que debe aclararse que todos los tratamientos de labranza presentan diferencias significativas entre sí, tanto para CBM como para CO, cuando se los analiza con el Test de Tukey ($P < 0,05$).

Las variaciones en profundidad y a lo largo del ciclo del cultivo (Figura 1) muestran un comportamiento muy similar al presentado por el CO.

Carbono mineralizable

En coincidencia con lo encontrado por Franzluebbbers *et al.* (1995), existe un incremento en el contenido promedio de carbono mineralizable de los suelos desde presiembra a maíz en 6 hojas, y de este último estado a postcosecha. El primer incremento es debido probablemente a productos de rizodeposición, mientras que el aumento del estado de 6 hojas hasta postcosecha se debe probablemente a la adición de residuos frescos (Franzluebbbers *et al.*, 1995). Una importante interacción existe entre sistema de labranza con profundidad, observándose en la Figura 1 la tendencia de esta variable para cada uno de los sistemas de labranza a las diferentes profundidades. Para los primeros 5 cm, se presentan dos tendencias bien marcadas. Por un lado una relativa estabilidad o tendencia a la disminución en labranza convencional y labranza reducida, y por otro, un aumento continuo en siembra directa. Esto último puede deberse a una mayor acumulación de fracciones más fácilmente mineralizables debida a los motivos ya expuestos, y

también a menores temperaturas del suelo, hecho conocido en la siembra directa, debido a la cubierta de residuos permanente que presenta.

En coincidencia con lo hallado por Franzluebbbers *et al.* (1995) se encontró un patrón de distribución en profundidad similar al del CBM. El contenido de carbono mineralizable es también más alto en los sistemas más conservacionistas (siembra directa y labranza reducida); esto se debe a la forma en que los residuos de cultivo son colocados en los diferentes sistemas de labranza.

CONCLUSIONES

- La distribución de los residuos de cultivo y las condiciones de suelo generadas por la siembra directa, resultan de mayor importancia en la conservación de la materia orgánica del suelo, independientemente del momento del ciclo del cultivo.
- La siembra directa presenta en los 5 cm superficiales los valores más altos de todas las formas carbonadas medidas, independientemente del momento del muestreo.
- En la profundidad de 5 a 15 cm, los sistemas de labranza evaluados se muestran similares en cuanto al patrón de distribución de carbono en el suelo.

RESUMEN

En un ensayo con maíz continuo bajo tres sistemas de labranza, se determinó carbono orgánico total (CO), carbono de biomasa microbiana (CBM) y carbono mineralizable (Cmin) durante tres momentos de su ciclo. La distribución del CO dependió de los sistemas de labranza, la profundidad y el momento de muestreo, existiendo una interacción significativa entre sistema de labranza y profundidad. Los valores de CO

fueron siempre más altos en siembra directa para la profundidad de 0-5 cm. En labranza convencional y reducida los valores de CO se mostraron poco sensibles a los momentos de muestreo. El CBM mostró un comportamiento similar, aunque con diferencias porcentuales entre labranzas, de mayor magnitud al del CO. El Cmin fue más elevado en los sistemas más conservacionistas, y su distribución coincidente

con la del CBM. La distribución de los residuos y las condiciones en el suelo provocadas por la siembra directa promueven una mejor conservación de la materia orgánica del suelo, independientemente del momento del ciclo del cultivo.

Palabras clave: carbono orgánico total, carbono de biomasa microbiana, carbono mineralizable, sistemas de labranza.

LITERATURA CITADA

- CARTER, M.R. 1986. Microbial biomass as an index for tillage induced changes in soil biological properties. *Soil Tillage Res.* 7: 29-40.
- COSENTINO, D.; COSTANTINI, A.; SEGAT, A. AND FERTIG, M. 1998. Relationships between organic carbon fractions and physical properties of an Argentine soil under three tillage systems. *Brasilia. Pesq. Agrop. Bras.* 33 (6): 981-986.
- COSTANTINI, A.; COSENTINO, D. AND SEGAT, A. (EX - AEQUO). 1996. Influence of tillage systems on biological properties of a typical argiudoll soil under continuous maize in central Argentina. *Soil & Tillage Research* 38: 265-271.
- FRANZLUEBBERS, A.J.; HONS, F.M. AND ZUBERER, D.A. 1995. Soil organic carbon, microbial biomass, and mineralizable carbon and nitrogen in sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 460-466.
- HAVLIN, J.L.; KISSEL, D.E.; MADDUX, L.D.; CLAASSEN, M.M. AND LONG, J.H. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 448-452.
- JENKINSON, D.S. AND POWLSON, D.S. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8: 209-213.
- KAISER, E.A. AND HEINEMEYER, O. 1993. Seasonal variations of soil microbial biomass carbon within the plough layer. *Soil Biol. Biochem.* 25: 1649-1655.
- PAGE, A.L. (Ed.). 1983. *Methods of soils analysis. Part 2.* 2nd ed. ASA. SSSA. Madison, Wisconsin, USA. 1159 p.
- POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C. AND CHRISTENSEN, B.T. 1987. Measurement of microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to the straw incorporation. *Soil Biol. Biochem.* 19: 159-164.
- TATE, K.R.; ROSS, D.J. AND FELTHAM, C.W. 1988. A direct extraction method to estimate soil microbial carbon. Effects of experimental variables and some different calibration procedures. *Soil Biol. Biochem.* 20: 329-335.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C. AND JENKINSON, D.S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass. *Soil Biol. Biochem.* 19: 703-707.