

La materia orgánica en un suelo bajo labranza convencional y siembra directa: análisis comparativo del perfil de distribución y el fraccionamiento físico

A.I. NICO¹, A. ARAGÓN¹ & H.O. CHIDICHIMO²

¹ Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. CC 31 (1900) La Plata, República Argentina. Tel. 54-21-211254. Fax 54-21-252346

² Departamento de Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. CC 31 (1900) La Plata, República Argentina. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires.

Nico A.I., A. ARAGÓN & H.O. CHIDICHIMO. 1997. La materia orgánica en un suelo bajo labranza convencional y siembra directa: análisis comparativo del perfil de distribución y el fraccionamiento físico. Rev. Fac. Agronomía, La Plata 102(1): 45-50.

La abundancia relativa de fracciones más o menos evolucionadas dentro de la materia orgánica del suelo puede conocerse recurriendo al estudio de fracciones granulométricas dentro de la misma. En el presente trabajo la técnica de fraccionamiento de materia orgánica por agitado y posterior tamizado en húmedo se aplicó a muestras obtenidas en parcelas cultivadas con trigo bajo dos sistemas (labranza convencional y siembra directa) y a dos profundidades (0-5 cm y 10-15 cm). La proporción de agregados correspondientes a la fracción gruesa (2000-100 μm) osciló entre 38,45 % y 27,38 %. El máximo valor se obtuvo bajo siembra directa a 10-15 cm e indica una mayor estabilidad estructural bajo esas condiciones. El mayor contenido de carbono orgánico total se registró en siembra directa a 0-5 cm (13,62 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y el menor bajo el mismo sistema a 10-15 cm (8,00 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Las diferencias respondieron a una acumulación preferencial de la fracción menos evolucionada y más lábil de la materia orgánica (carbono orgánico joven). Bajo las condiciones del ensayo puede afirmarse que las labranzas evaluadas no determinan diferencias en el contenido de materia orgánica del suelo, sino distintos perfiles de distribución de la misma en profundidad.

Palabras clave: Materia orgánica, Fraccionamiento físico, Labranza convencional, Siembra directa.

Nico A.I., A. ARAGÓN & H.O. CHIDICHIMO. 1997. Organic matter in a soil under conventional tillage and no tillage: comparative analysis of distribution profile and physical fractioning. Rev. Fac. Agronomía, La Plata 102(1): 45-50.

The abundance of diverse organic matter fractions differing in its evolution degree may be assessed by granulometric fractions studies. In the current work the method of organic matter fractioning by shaking and later wet sieving was employed with soil samples proceeding from wheat plots farmed under two different systems (conventional tillage and no till) at two different depths (0-5 and 10-15 cm.). The proportion of aggregates corresponding to large fraction (2000-100 μm) oscilated between 38,45 % and 27,38 %. The highest values were obtained under no till at 10-15 cm layer and indicate the best structural stability conditions. The lowest records were obtained in conventional tillage at 0-5 cm. Highest whole organic carbon percentages were recorded in no till at the surface (13,62 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) while lowest values were obtained under the same farming system but in deep samples (8,00 $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Differences were due to preferential accumulation of the least evolved and most labile fraction (young organic carbon). Under our assay conditions we may state that the evaluated tillage systems does not determine differences in the whole organic matter budget but different shapes in the accumulation profiles.

Key words: Organic matter, Physical fractioning, Conventional tillage, No-till.

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica del suelo es una fracción de reconocida importancia desde el punto de vista agronómico y las propiedades que una buena provisión de materia orgánica confiere al suelo son ampliamente conocidas. Esta fracción es fuente casi exclusiva del nitrógeno nativo y tiene importancia radical en la provisión de otros nutrientes, tales como el fósforo y el azufre (Bauer & Black, 1994). Las características físicas asociadas a una buena provisión de materia orgánica también son bien conocidas y desembocan en condiciones deseables a los fines de la producción agrícola, tales como aumentos en la tasa de infiltración, la estabilidad estructural, la disponibilidad hídrica, etc..

Existe un consenso generalizado sobre la idea de que las labranzas repercuten a mediano y largo plazo sobre la materia orgánica del suelo, tanto en forma cuantitativa como cualitativa (Angers *et al.*, 1993; Cambardella & Elliot, 1993). Se acepta de modo general que las labranzas sucesivas conducen a una caída en el contenido de materia orgánica (Angers *et al.*, 1993; Plenet *et al.*, 1993; Roberts & Chan, 1990), si bien aún se discuten los mecanismos que permitirían explicar estas pérdidas. Se ha comprobado que los dos sistemas de labranza que se comparan en el siguiente trabajo (labranza convencional y siembra directa) determinan diferencias en la acumulación de materia orgánica y perfiles contrastantes de distribución vertical de la misma (Angers *et al.*, 1993; Griffith *et al.* 1986; Rasmussen & Collins, 1991).

Un aspecto menos explorado es el efecto de las labranzas sobre la composición cualitativa de la materia orgánica. En el presente trabajo se aplica con ese propósito una técnica de fraccionamiento físico. La separación de agregados por tamaño y densidad ha permitido explicar el comportamiento de la materia orgánica del suelo bajo sistemas de labranza contrastantes (Angers *et al.*, 1993;

Cambardella & Elliot, 1993, 1994; Monnier *et al.*, 1962; Watson, 1971). Las fracciones granulométricas se encuentran relacionadas al estado evolutivo de la materia orgánica y su estudio permitiría conocer aspectos importantes ligados a la dinámica de la misma, fundamentalmente aquellos que se vinculan al balance del nitrógeno y a la provisión del mismo a los cultivos (Cambardella & Elliot, 1994; Nicolardot *et al.*, 1994; Parton & Rasmussen, 1994; Plenet *et al.*, 1993).

El siguiente trabajo tiene como objetivo comprobar si las labranzas evaluadas alteran el contenido de materia orgánica en el suelo, su distribución en el perfil y la calidad de la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras empleadas para las determinaciones analíticas fueron recolectadas sobre parcelas correspondientes a un ensayo comparativo de labranzas conducido en la localidad de Los Hornos, partido de La Plata (35° S, 58° W), sobre un suelo Argiudol típico de textura franco limosa en superficie. A los fines del presente trabajo se consideraron dos de los sistemas evaluados en el ensayo: siembra directa (SD) y labranza con arado de reja y vertedera a 15 cm con posterior pasaje de rastras de discos (LC). A la fecha de toma de las muestras (6 de junio 1996) los diferentes tratamientos se venían manteniendo ininterrumpidamente sobre las parcelas durante dos campañas agrícolas. Pevio al establecimiento de las parcelas de labranza, el terreno había estado ocupado por una pradera de gramíneas naturales y naturalizadas mantenidas en estado cespitoso mediante el pasaje de maquinaria durante un lapso no inferior a los veinte años.

Sobre una de las parcelas correspondientes al tratamiento SD se trazó en el sentido longitudinal una transecta de 50 m y sobre la misma se establecieron cinco estaciones de muestreo equidistantes a 12,5 m entre sí. Con

similar criterio se dispuso el muestreo en una de las parcelas correspondientes al LC. En cada una de las estaciones de muestreo se recolectó una muestra simple de, aproximadamente, 2 kg correspondiente a los primeros 5 cm y otra muestra similar en la franja situada entre los 10 y los 15 cm. Se consideró como repetición cada una de las cinco muestras correspondientes a las distintas estaciones de muestreo. De esta forma quedaron constituidas veinte unidades muestrales (4 tratamientos y 5 repeticiones).

Previo al fraccionamiento y determinación de materia orgánica las muestras se sometieron a un pretratamiento que consistió en un tamizado por malla de 2000 μm y posterior secado al aire durante 7 a 10 días, aproximadamente. Al cabo de este pretratamiento se determinó gravimétricamente la humedad en cada una de las muestras y luego se las sometió a un tratamiento de dispersión mecánica, siguiendo, con pequeñas modificaciones, la metodología recomendada por Andriulo *et al.* (1991). La dispersión mecánica consistió en colocar en un frasco plástico de aproximadamente 250 cm^3 , 50 g del suelo seco al aire, 200 g de agua y 10 bolitas de vidrio y someter esta mezcla a un batido en agitador rotatorio de eje horizontal a 60 r.p.m. durante 1 h.. La mezcla así obtenida se tamizó en húmedo a través de una malla de 100 mm. La fracción que quedó retenida por encima de la malla se recuperó totalmente, se trasladó a una estufa a $T^\circ < 100^\circ\text{C}$ hasta peso constante y luego se determinó su peso seco. La relación porcentual entre este valor y el peso seco de la muestra sometida a fraccionamiento constituye el valor que se conoce como fracción gruesa (FG) y representa la proporción de agregados de tamaño entre 2000 y 100 μm contenidos en el total de la muestra luego de realizada la dispersión. El complemento a 100 % es el valor conocido como fracción fina (FF) y representa la proporción de agregados de tamaño inferior a 100 μm . Este valor se obtiene por diferencia dada la dificultad prác-

tica de recuperar completamente la fracción que atravesó el tamiz. En efecto ésta se recuperó solo parcialmente a los fines de efectuar sobre ella las posteriores determinaciones analíticas pertinentes luego de haberla secado en una estufa a $T^\circ < 100^\circ\text{C}$. El contenido porcentual de carbono orgánico (CO) fue determinado sobre cada una de las dos fracciones y sobre una porción de las muestras originales que se dejó sin someter al tratamiento de dispersión mecánica. La determinación se efectuó, en todos los casos, recurriendo al micrométodo de digestión por vía húmeda (Walkley & Black, 1934, modificado por Richter & Von Wistinghausen, 1981). Los factores de oxidación empleados en la fórmula de cálculo del CO difirieron según la fracción granulométrica que se considerara asumiendo un grado variable de protección física a la digestión. A tal efecto se emplearon los sugeridos por Galantini *et al.* (1994): 0,79 para la fracción 0-100 μm ; 1,00 para la fracción 100-2000 μm y 0,9 para la fracción 0-2000 μm . Cada una de las determinaciones se realizó por duplicado y los dos registros posteriormente se promediaron. El valor de CO contenido en la fracción fina referido al peso total de la muestra sometida a fraccionamiento constituyó el valor de carbono orgánico viejo (COV) y su correspondiente en la fracción gruesa constituyó el carbono orgánico joven (COJ). A partir de los valores de CO se calculó la abundancia por unidad de superficie considerando a tal efecto una densidad aparente de 1,06 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ para siembra directa y una de 1,02 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ para la labranza convencional de acuerdo con relevamientos realizados previamente (Balbuena *et al.*, 1996).

Los datos obtenidos se sometieron al análisis de la varianza y test de Duncan para comparación de medias al 0,05 de significancia.

RESULTADOS

Los tratamientos determinaron diferencias significativas en los registros de FG y CO en

Tabla 1. Valores de proporción de agregados y abundancia de carbono orgánica obtenidos en las fracciones 2000-100 μm , 100-0 μm y 2000-0 μm .Aggregates proportion and organic carbon abundance values obtained in 2000-100 μm , 100-0 μm and 2000-0 μm fractions.

Tratamiento	Fracción gruesa (2000-100 μm)				Fracción fina (100-0 μm)		Muestra sin fraccionar (2000-0 μm)		COJ (Mg.ha ⁻¹)		COV (Mg.ha ⁻¹)	
	Proporción de agregados (%)		CO (Mg.ha ⁻¹)		CO (Mg.ha ⁻¹)		COT (Mg.ha ⁻¹)					
	Media	C.V	Media	C.V.	Media	C.V.	Media	C.V.	Media	C.V	Media	C.V
LC 0-5 cm	27,38 a	18,5 %	10,93 b	17,0 %	7,64 a	27,8 %	8,29 ab	13,1 %	2,96 ab	19,0 %	5,50 a	26,0 %
LC 10-15 cm	34,49 ab	13,1 %	9,55 ab	23,0 %	7,31 a	40,8 %	8,97 ab	25,8 %	3,32 ab	33,0 %	4,77 a	38,6 %
SD 0-5 cm	32,38 ab	24,0 %	14,54 c	23,1 %	8,47 a	53,1 %	12,40 b	23,1 %	3,97 b	35,3 %	5,55 a	44,7 %
SD 10-15 cm	38,45 b	12,0 %	6,60 a	22,1 %	5,57 a	38,9 %	7,25 a	22,5 %	2,38 a	27,0 %	3,43 a	37,2 %

Las medias de una misma columna que comparten por lo menos una letra no presentan entre sí diferencias significativas (Duncan P>0,05)

la fracción gruesa, pero no en los de CO de la fracción fina (Tabla 1).

El suelo recogido en profundidad en SD mostró, en apariencia, más resistencia a la dispersión mecánica habida cuenta de la mayor recuperación de fracción gruesa que se verifica en el mismo, mientras que las muestras recogidas en superficie en el tratamiento de labranza convencional resultaron ser las de menor estabilidad estructural. El porcentaje de carbono orgánico de la fracción fina no pareció verse afectado por los tratamientos, si bien los altos valores de coeficiente de variación sugieren una gran variabilidad espacial dentro de los tratamientos que interferiría con la apreciación de relaciones causa-efecto entre éstos y la variable. Los porcentajes de carbono orgánico de la fracción gruesa, en cambio, presentaron una variabilidad menor y, en apariencia, estos valores fueron influidos por los tratamientos, ya que se observaron diferencias significativas entre los mismos.

El efecto de los tratamientos se verificó en los valores de COJ y COT, mientras que, aparentemente, no existió la misma influencia sobre el valor de COV.

DISCUSIÓN

Los valores registrados en nuestra experiencia muestran una recuperación de agre-

gados de la fracción 2000-100 μm que oscila entre el 27 y 38 % del total, según el tratamiento. Galantini *et al.* (1994), en cambio, obtuvieron, para la misma fracción, un valor promedio de 65 % en un muestreo de 27 suelos de la región semiárida bonaerense. Esta diferencia respondería a la interrelación que tiene lugar entre la textura nativa y los valores de FF y FG. Es de esperar que, en suelos de textura gruesa en superficie, la presencia de partículas minerales libres de diámetro superior a los 100 μm (arenas finas, medias y gruesas) sea relevante y represente una proporción importante del peso total registrado en la fracción 2000-100 μm . Se ha sugerido la elección alternativa del diámetro de 50 μm como límite entre las fracciones que contienen el COV y el COJ, a fin de eliminar la interferencia de las partículas minerales en suelos de texturas gruesas (Andriulo *et al.*, 1991).

En nuestra experiencia se encontró que la distribución de agregados obtenida por tamizado en húmedo con posterioridad a la dispersión mecánica, presentaba diferencias significativas entre las distintas combinaciones de sistema de labranza y profundidad. El suelo muestreado en profundidad en siembra directa fue significativamente más resistente a la desagregación que el recogido en superficie en el tratamiento de labranza convencional, mientras que los otros dos tratamientos presentaron valores intermedios. Diversos autores

acuerdan que a mayor intensidad de laboreo existe una menor estabilidad de los agregados (Mannering *et al.*, 1975, Griffith *et al.*, 1986, Carter, 1992). El hecho, en apariencia contradictorio, de que la mayor estabilidad de los agregados gruesos se registre en la zona donde se encuentra menor contenido de carbono orgánico total también fue observado por Mannering *et al.* (1975).

Los valores más altos de COT se registraron en los 0-5 cm de SD y los más bajos en los 10-15 cm del mismo sistema, mientras que, bajo LC, se observaron valores intermedios en ambas profundidades. Una distribución similar fue reportada por Edwards *et al.* (1988) para maíz bajo SD y LC en un suelo franco limoso en superficie. Trabajos de otros autores coinciden en valores máximos de materia orgánica en superficie bajo siembra directa (Cruz, 1982 y Fernández, 1976 citados por Griffith *et al.*, 1986), pero en cambio mencionan, para la franja ubicada entre los 10 y los 15 cm, valores superiores a los de labranza convencional en ambas profundidades. Estos valores se obtuvieron en parcelas sometidas al mismo tratamiento durante siete años, mientras que en nuestro caso, el periodo durante el cual se mantuvo sostenidamente el sistema de labranza, no llegó a los tres años, por lo que la acumulación de carbono orgánico (SD 0-5 > LC 0-5 = LC 10-15 > SD 10-15), responde exclusivamente a los efectos de homogeneización que provoca la labranza convencional en los primeros 15-18 cm. del suelo a través de la inversión y mezcla del estrato superficial. Para reforzar esta suposición se realizó un análisis estadístico pero considerando como tratamientos únicamente las labranzas sin tener en cuenta las profundidades del muestreo. El contenido de carbono orgánico en el tratamiento de siembra directa (11,42 Mg.ha⁻¹) resultó levemente superior al de labranza convencional (9,67 Mg.ha⁻¹), aunque no fue estadísticamente significativo (Duncan, p>0,05). Esto confirma la idea de que las labranzas evaluadas no de-

terminan diferencias en el contenido de carbono orgánico, sino únicamente distintos perfiles de distribución vertical.

Los resultados obtenidos en el fraccionamiento de materia orgánica indican que en SD se registraron en superficie acumulaciones significativas de la fracción menos humificada (COJ) con respecto al estrato más profundo. Tales diferencias significativas no se presentan al considerar la fracción más humificada (COV). La distribución según tratamiento y profundidad del COJ resulta similar a la del COT. Esto sugiere que la mayor o menor abundancia de materia orgánica con alto grado de evolución y por ende más estable, está en relación más con las condiciones pedogenéticas del ambiente considerado que con efectos propios del manejo particular. De acuerdo con los valores obtenidos en nuestra experiencia, en aquellos casos donde se verifica una acumulación diferencial de materia orgánica total, esta se debería a un enriquecimiento en las fracciones menos humificadas y por ende más lábiles. Tales fracciones son las que se descomponen más rápidamente al presentarse la ocasión por efecto de una labranza convencional (Dalal & Mayer, 1986; Tisdale & Oades, 1982). De cualquier forma existen experiencias en las cuales no se ha podido establecer fehacientemente esta correlación entre el manejo y la abundancia de COJ (Casanovas *et al.* 1995), lo que alienta a continuar perfeccionando la técnica.

CONCLUSIONES

En las condiciones del ensayo los tratamientos de labranza convencional y siembra directa no determinaron ninguna diferencia significativa en el contenido de COT, pero sí en su distribución. En labranza convencional el CO se distribuye en forma homogénea en profundidad dentro de los primeros quince centímetros, mientras que en siembra directa, el porcentaje de CO decrece conforme aumenta la profundidad.

El COJ, de forma similar al COT, presenta su máximo valor en superficie bajo siembra directa, valores intermedios en labranza convencional a las dos profundidades consideradas y el mínimo valor en siembra directa en profundidad.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del Laboratorio de Edafología, en especial al Sr. Lorenzo Basaldúa, por la colaboración prestada en las tareas analíticas. Este trabajo fue realizado con apoyo del Programa de Incentivos a la Investigación del Ministerio de Educación de la Nación.

BIBLIOGRAFÍA

- Andriulo A., J. Galantini, C. Pecorari & E. Toriani.** 1991. Materia orgánica del suelo en la región pampeana argentina. I. Un método de fraccionamiento por tamizado. Informe técnico 250 del INTA. 18 pp.
- Angers D.A., A. N'dayegmiye & D. Coté.** 1993. Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass. *Soil Science Society of America Journal* 57: 512-516.
- Balbuena R., A. Aragón, P. Mac Donagh, J. Claverie & A. Terminiello.** 1996. Evolución de la resistencia a la penetración y la densidad aparente en tres sistemas de labranza. Memorias del IV Congreso Argentino y II Internacional de Ingeniería Rural. Neuquén. pp. 197-202.
- Bauer A. & A.L. Black.** 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Science Society of America Journal* 58: 185-193.
- Cambardella C.A. & E.T. Elliot.** 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*. 58: 123-130.
- Cambardella C.A. & E.T. Elliot.** 1993. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. *Geoderma* 56: 449-457.
- Carter, M.R.** 1992. Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macroaggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate. *Soil & Tillage Research*, 23: 361-372.
- Casanovas E.M., G.A. Studdert & H.A. Echeverría.** 1995. Materia orgánica del suelo bajo rotaciones de cultivo: II Efecto de los ciclos de agricultura y pastura. *Ciencia del Suelo* 13: 21-27.
- Dalal R.C. & R.J. Mayer.** 1986. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland: II. Distribution and kinetics of soil organic carbon in particle-size fractions. *Australian Journal of Soil Research* 24: 293-300.
- Edwards W.M., M.J. Shipitalo & I.D. Norton.** 1988. Contribution of macroporosity to infiltration into a continuous corn no-tilled watershed: Implications for contaminant movement. *Journal of Contaminant Hydrology* 3: 193-205.
- Galantini J.A., R.A. Rosell & J.O. Iglesias.** 1994. Determinación de materia orgánica empleando el método de Walkley y Black en fracciones granulométricas del suelo. *Ciencia del Suelo* 12: 81-83.
- Griffith D.R., J.V. Mannering & J.E. Box.** 1986. Soil and moisture management with reduced tillage. En: No tillage and surface-tillage agriculture, Sprague, M. A. & Triplett, G. B. Ed. Wiley & Sons, New York. pp. 19-57.
- Mannering J.V., D.R. Griffith & C.B. Richey.** 1975. Tillage for moisture conservation. *American Society of Agronomy Paper No 75-2523*.
- Monnier G., L. Turc & C. Jeanson-Luusinang.** 1962. Une méthode de fractionnement densimétrique par centrifugation des matières organiques du sol. *Annales agronomiques* 13: 55-64.
- Nicolardot B., J.A. Molin & M.R. Allard.** 1994. C and N fluxes between pools of soil organic matter: model calibration with long-term incubation data. *Soil Biology & Biochemistry* 26: 235-243.
- Parton W. & P.E. Rasmussen.** 1994. Long terms effects of residue management in wheat fallow: II. Century model simulations. *Soil Science Society of America Journal*. 58:530-536.
- Plénet D., E. Lubet & C. Juste.** 1993. Évolution à long term du statut carboné du sol en monoculture non irriguée du maïs (*Zea mays* L.). *Agronomie* 13: 685-698.
- Rasmussen P.E. & H.P. Collins.** 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Advances in Agronomy* 45: 99-133.
- Richter M. & E. Von Wistinghausen.** 1981. Unterscheidbarkeit von Humusfraktionen in Böden bei unterschiedlicher Bewirtschaftung. *Zeitschrift für Pflanzenernaehr und Bodenkultur* 144: 395-406.
- Roberts W.P. & K. Y. Chan.** 1990. Tillage induced increases in carbon dioxide loss from soil. *Soil & Tillage Research* 17:143-151.
- Tisdalle M.J. & J.M. Oades.** 1982. Organic matter-stable aggregates in soils. *Journal of Soils Science* 33: 141-163.
- Walkley A. & I.A. Black.** 1934. An examination of the Degjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Journal of the American Society of Agronomy* 24: 256-275.
- Watson J.R.** 1971. Ultrasonic vibration as a method of soil dispersion. *Soils and Fertilizers* 34: 127-134.