



CARBONO ORGÁNICO Y SUSTANCIAS HÚMICAS DE UN ARGUDOL HIPERTÉRMICO BAJO DIFERENTES MANEJOS

Paredes, F.A.^{1,*}; Tellería, M.G.²; Dalurzo, H.C.³

¹ INTA EEA Corrientes – UNNE, Fac. de Cs. Agrarias, Cátedra Edafología; ² INTA Agencia de Extensión Rural Junín (Bs. As.); ³ UNNE, Fac. de Cs. Agrarias, Cátedra Manejo y Conservación de Suelos.

* Autor de contacto: paredes.federico@inta.gob.ar; CC 57, CP 3400, Corrientes, Argentina; +54 3783 231008/13

RESUMEN

Prácticas como la siembra directa (SD) o labranza reducida (LR) son alternativas al manejo convencional (LC) para incrementar los aportes de rastrojos y de carbono orgánico total del suelo (COT). Las fracciones de sustancias húmicas: ácidos húmicos (AH), ácido fulvicos (AF) y huminas (H) pueden emplearse para identificar cambios por el manejo. El objetivo fue analizar las variaciones del COT, AH, AF y H de un Argiduol bajo manejos contrastantes. El ensayo se realizó en el INTA EEA Corrientes ($27^{\circ}39' S$; $58^{\circ}46' W$), sobre un Argiduol ácuico. El diseño fue en parcelas completamente aleatorizadas con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: LC, LR y SD con la secuencia: maíz–avena–algodón–avena. En el quinto año (2011) se tomaron muestras (0-5 cm y 5-10 cm) para determinar: COT, AH, AF y H y las relaciones: AH/AF y (AH+AF)/H. Se realizó el ANOVA ($\alpha=0,05$) y la Prueba de Duncan. En 0-5 cm, SD obtuvo COT significativamente mayor ($12,18 \text{ g kg}^{-1}$; $p=0,005$) que LC ($9,80 \text{ g kg}^{-1}$) y LR ($8,72 \text{ g kg}^{-1}$). En 5-10 cm, SD tuvo mayor COT ($10,15 \text{ g kg}^{-1}$), aunque sólo difirió significativamente de LR ($8,35 \text{ g kg}^{-1}$; $p=0,016$). No se registró diferencias significativas en las sustancias húmicas ni en los índices AH/AF y AF+AH/H. La tendencia de mayor AF, AH y H en SD fue asociado al mayor aporte de rastrojos. Los incrementos del COT inducidos por el manejo no se reflejaron en las fracciones de las sustancias húmicas ni en sus relaciones.

PALABRAS CLAVE

Sistemas de labranza

Sustancias húmicas

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica del suelo es considerada uno de los componentes más importantes de la calidad del suelo (Doran & Parkin, 1996; Gajda et al., 1999), y es un importante recurso de nutrientes para los cultivos. La fracción orgánica del carbono del suelo es afectada por numerosas y complejas interacciones entre factores ambientales y antrópicos. Sus fuentes son la biomasa de microorganismos, el humus estabilizado, los residuos vegetales y animales en diferentes estadios de descomposición y materiales inertes como el carbón vegetal o mineral.

Las labranzas y la rotación de cultivos afectan de manera directa el comportamiento funcional del suelo. Mediante la labranza convencional (LC) es posible mejorar las condiciones de porosidad superficial a través de las operaciones mecánicas, obteniéndose de este modo una porosidad de escasa estabilidad. La siembra directa (SD), por la falta de remoción, tiende a aumentar la densidad del suelo pero a incrementar los aportes de rastrojos en superficie ocasionando la estratificación del carbono del suelo. La labranza reducida (LR), al disminuir las operaciones de laboreo, busca mejorar las condiciones físicas manteniendo parte de la cobertura y así reducir algunos procesos de degradación.

Es posible que la variación del carbono orgánico total del suelo (COT) sea poco sensible para detectar cambios en la materia orgánica del suelo en el corto plazo cuando se emplean diferentes prácticas de manejo (Eiza et al., 2005; Loss, 2011). Por ello se trabajó sobre la hipótesis que las diferentes fracciones de sustancias húmicas pueden ser empleadas como indicadores de cambios en el suelo por efecto de diferentes prácticas de manejo. Los procedimientos clásicos de extracción en laboratorio corresponden a diversas secuencias empleadas para la obtención de tres fracciones que constituyen las sustancias húmicas en los suelos: ácidos húmicos (AH), ácido fúlvicos (AF) y huminas (H) (Benites et al., 2003). La separación y cuantificación de las diferentes fracciones permite interpretar la dinámica del C del suelo (Swift, 2001) y la orientación de los cambios. De acuerdo a Benites et al. (2003) al interpretar los contenidos y las relaciones entre las fracciones es posible reconocer los cambios inducidos por el manejo, así aumentos de la relación AH/AF indica una pérdida selectiva de las fracciones más solubles (AF).

El objetivo del trabajo fue analizar las variaciones del contenido de carbono orgánico total del suelo y de las fracciones de ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas en el espesor superficial de un Argiudol de Corrientes de régimen hipertérmico sometido a distintos manejos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó empleando un ensayo situado en la Estación Experimental Agropecuaria Corrientes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) (latitud 27° 39' S; longitud 58° 46' W), en el Departamento Empedrado, Corrientes, sobre un suelo Argiudol ácuico de textura franco arenosa en superficie (Tabla 1).

Tabla 1: Resumen datos analíticos del perfil de suelo empleado en el ensayo (Escobar et al., 1996). S: bases intercambiables, suma del calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables; H: acidez intercambiable; T: capacidad de intercambio catiónico, suma de S y H; S/T: porcentaje de saturación de bases, cociente entre bases intercambiables y capacidad de intercambio catiónico; PSI: porcentaje de sodio intercambiable, cociente entre el sodio intercambiable y la capacidad de intercambio catiónico.

Horizonte	Profundidad (cm)	M.O.	Granulometría					Cationes de cambio								
			Arcilla	Limo	Arena		pH	Ca	Mg	K	Na	H	T	S/T	PSI	
					Fina	Gruesa										
A ₁₁	0 - 17		1,7	11,6	21,5	64,7	2,2	5,6	3,5	2,9	0,1	0,3	1,0	6,8	100	3,8
A ₁₂	17 - 30		1,1	13,7	21,4	63,1	1,8	5,8	5,7	2,4	0,1	0,4	1,0	7,3	100	4,1
BA _t	30 - 39		1,2	20,0	22,3	55,4	2,3	6,0	8,9	2,9	0,1	0,5	2,6	13,9	89	3,3
B _{t11}	39 - 66		0,9	32,6	16,1	49,6	1,7	6,3	13,9	3,9	0,2	0,8	3,2	20,2	93	3,6
B _{t12}	66 - 87		0,7	32,9	16,6	48,4	2,1	7,0	14,6	4,0	0,3	0,7	1,4	20,8	94	3,3
B _{tk}	87 - >		0,3	30,5	16,6	51,4	1,5	7,4	14,2	4,1	0,3	0,7	1,5	18,6	100	3,3

El diseño fue en parcelas completamente aleatorizadas con tres repeticiones, donde cada tratamiento correspondió a un sistema de labranza. Al momento de la siembra del quinto ciclo productivo, en el año 2011, se tomaron muestras compuestas de suelos de dos profundidades: 0-5 cm y 5-10 cm de los tres sistemas de labranzas evaluados: labranza convencional (LC), labranza reducida (LR) y siembra directa (SD). La secuencia de cultivos empleada fue: maíz amarillo (*Zea mays L.*) – avena negra (*Avena strigosa Schreb.*) – algodón (*Gossipium hirsutum L.*) – avena negra.

Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas (2 mm) para la realizar las determinaciones. Las variables analizadas fueron: carbono orgánico total del suelo (COT) (Yeomans & Bremner, 1988, descrito por Mendonça & Matos, 2005) y, fraccionamiento cuantitativo de sustancias húmicas (Benites et al., 2003): ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas (H). También se

obtuvieron las relaciones propuestas por Benites et al. (2003): AH/AF el cual permite obtener una idea de la movilidad de carbono del suelo; y EA/H, donde la EA corresponde al extracto alcalino (AH+AF) y la relación indica la iluvación de la materia orgánica.

Los datos obtenidos para cada variable se analizaron estadísticamente para determinar diferencias entre tratamientos mediante el análisis de la varianza empleando un $\alpha=0,05$. Cuando se obtuvieron diferencias significativas se utilizó la Prueba rangos múltiples de Duncan para la comparación de las medias de los tratamientos. La comprobación del supuesto de normalidad se hizo con el test de Shapiro-Wilks y de homocedasticidad se comprobó realizando la prueba de Kolmogorov-Smirnoff.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se detallan los valores de COT en las profundidades de 0-5 cm y 5-10 cm para cada uno de los sistemas de labranza evaluados. En ella se observa que para la profundidad 0-5 cm los tratamientos bajo SD presentaron contenidos de COT significativamente mayores ($p= 0,0051$) respecto de aquellos con LR y LC. En el espesor 5-10 cm las parcelas bajo SD registraron los mayores contenidos de COT, aunque sólo difirieron significativamente respecto de parcelas con LR ($p= 0,0161$). Esto es coherente con lo que sucede en los sistemas con incorporación de residuos y mezclado de la capa superficial, donde suele encontrarse una concentración de COT más o menos constante hasta la profundidad de labranza, mientras que en SD el COT está estratificado, siendo mayor su concentración en los primeros centímetros de suelo (Álvarez & Steinbach, 2006).

Tabla 2: Contenidos de carbono orgánico total (COT), ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvidos (AF) y huminas (H) y relaciones AH/AF y AH+AF/H de los espesores 0-5 cm y 5-10 cm para los tres sistemas de labranza evaluados. Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias estadísticamente significativas, test Duncan ($\alpha= 0,05$).

Prof.	COT (g kg ⁻¹)	Sustancias Húmicas (g kg ⁻¹)			AH/AF	AF+AH/H	
		Ácidos Fúlvidos	Ácidos Húmicos	Huminas			
0-5 cm	LC	9,799 b	1,071	2,343	8,139	2,217	0,425
	LR	8,722 b	1,018 ns	2,228 ns	7,903 ns	2,111 ns	0,412 ns
	SD	12,181 a	1,349	2,888	8,284	2,226	0,505
	$p=$	0,005	0,082	0,343	0,675	0,905	0,320
5-10 cm	LC	9,051 ab	0,934	1,833	7,460	2,008	0,370
	LR	8,353 b	0,870 ns	1,701 ns	6,949 ns	1,987 ns	0,352 ns
	SD	10,147 a	1,065	1,990	7,928	2,020	0,433
	$p=$	0,016	0,200	0,448	0,434	0,996	0,244

Al analizar los contenidos de sustancias húmicas (Tabla 2) se observa que no se registraron diferencias significativas en ninguna de las tres fracciones en ambos espesores. No obstante, los mayores valores de AF en ambas profundidades del suelo fueron detectados en el sistema de SD. Los AF representan la fracción de las sustancias húmicas de menor peso molecular y mayor solubilidad; su mayor contenido en el sistema de SD podría estar asociado a una actividad biológica más intensa y a una síntesis mayor de sustancias húmicas a esa profundidad.

No se observaron diferencias significativas en el contenido de AH ni H entre los sistemas de labranza (Tabla 2). Sin embargo, se observó una tendencia que muestra mayor contenido de AH y H en SD, que podría estar asociado al mayor aporte en superficie de residuos de los cultivos con mayor grado de humificación y estabilización de la MO, como consecuencia de una menor oxigenación y descomposición de residuos como ocurre en los sistemas con remoción. En una

experiencia realizada por González et al. (2003) comparando el cultivo de maíz bajo SD y LR y una pastura natural, se demostró que la labranza alteró la composición de estas fracciones, determinando un mayor contenido de las fracciones de ácidos húmicos en la pastura, valores intermedios en SD y más bajos en LR. Ello indicó que el tipo de labranza modificó la relación humificación/mineralización, aumentando la humificación en presencia de residuos orgánicos.

La Tabla 2 detalla los índices AH/AF y AF+AH/H para los sistemas de labranza evaluados y para las dos profundidades de muestreo. Como no se detectaron diferencias significativas en ambos índices se puede suponer que no es factible interpretar los cambios ocasionados por la aplicación de tratamientos de labranza en los primeros cuatro años de su implementación en condiciones similares a las del ensayo.

En esta experiencia se hallaron condiciones más favorables de COT del suelo de 0-10 cm de la superficie en los tratamientos bajo SD respecto de los labrados. Otros autores (Eiza et. al., 2005; Studdert & Echeverría, 2002) citan a esta variable como un indicador poco sensible para detectar los cambios inducidos por el manejo.

Las fracciones de AH, AF y H tanto como sus relaciones bajo prácticas de manejo contrastantes, en las condiciones experimentales evaluadas, no indicaron cambios, a diferencia de lo propuesto por Benites et al. (2003), posiblemente debido a los pocos años de agricultura continua. Probablemente estas variables sean más sensibles a aportes de diferentes volúmenes y calidad de los residuos como consecuencia de distintas rotaciones y lo no sean ante diferentes sistemas de labranza.

CONCLUSIÓN

El indicador de mayor sensibilidad a los cambios de sistemas de labranza y rotaciones fue el carbono orgánico.

Los incrementos del COT inducidos por el manejo en el espesor superficial del suelo bajo estudio no se reflejaron en las diferentes fracciones de las sustancias húmicas.

Bajo SD se observó la estratificación del COT en superficie respecto a los otros sistemas de labranza. No se detectaron diferencias importantes en los contenidos de AF, AH, H ni en las relaciones entre las fracciones al comparar los sistemas de labranza evaluados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con los aportes del convenio UBA-UFRRJ.

Los autores agradecen la colaboración y el apoyo desinteresado de los profesores Dr. Celio Chagas (UBA), Dr. Nelson Moura (UFRRJ) y Dr. Gervasio Pereira (UFRRJ), y del cuerpo de alumnos y docentes del Laboratório de Gênese e Classificação do Solo de la Universidad Federal Rural do Rio de Janeiro.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, R. & A. Steinbach. 2006. Capítulo 6: Efectos del Sistema de Labranza sobre la Materia Orgánica. En: Materia Orgánica. Valor Agronómico y Dinámica en Suelos Pampeanos. Coordinador: Roberto Álvarez. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.
- Benites, V.M.; B. Madari; P.L.O. de A. Machado. 2003. Extração e Fracionamento Quantitativo de Substâncias Húmicas do Solo: um Procedimento Simplificado de Baixo Custo. Comunicado Técnico 16. Embrapa Solos, 7 pp.
- Doran, L.W. & T.B. Parkin. 1996. Quantitative Indicators of Soil Quality. P. 25-37. En: J. W. Doran & A.J. Jones (eds.). Methods for Assessing Soil Quality. Soil Sci. Soc. Am. Spec. Publi. 49. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI.
- Eiza, M.J.; N. Fioriti; G.A. Studdert; H.E. Echevarría. 2005. Fracciones de Carbono Orgánico en la Capa Arable: Efecto de los Sistemas de Cultivo y de la Fertilización Nitrogenada. Cl. Suelo 23(1):59-67.
- Escobar, E.H.; H.D. Ligier; R. Melgar; H. Matteo; O. Vallejos. 1996. Mapa de Suelos de la Provincia de Corrientes 1:500.000. EEA INTA Corrientes. Argentina. 430 p.

- González, M.G.; M.E. Conti; R.M. Palma & N.M. Arrigo. 2003. Dynamics of Humic Fractions and Microbial Activity Under No-tillage or Reduced Tillage, as Compared with Native Pasture (Pampa Argentina). *Biol Fertil Soils*. 39:135-138.
- Loss, A. 2011. Dinâmica da Matéria Orgânica, Fertilidade e Agregação de Solo en Áreas sob Diferentes Sistemas de Uso no Cerrado Goiano. 122 Pag. 2011. Tesis (Doctorado). Universidade Federal Rural de Rio de Janeiro.
- Mendonça, E.S. & E.S. Matos. 2005. Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises. 1. ed. Ponte Nova: D&M Gráfica e Editora Ltda, 2005. v. 1. 107 p.
- Studdert, G.A. & H.E. Echeverría. 2002. Agricultura Continua, Labranzas y Carbono Orgánico en la Capa Arable en el Sudeste Bonaerense. En: Actas del XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.
- Swift, R.S. 2001. Sequestration of Carbon by Soils. *Soil Scie*. 166:858-871.
- Yeomans, J.C. & J.M. Bremner. 1988. A Rapid and Precise Method for Routine Determination of Organic Carbon in Soil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1467-1476.