

Ing. Agr. Álvarez, C. ¹; Scianca, C. ¹; Barraco, M. ¹; Diaz Zorita, M. ²; Brambilla, C. ³.

¹ INTA EEA Gral. Villegas. (CC 153) Drabble (Buenos Aires).

² CONICET-FAUBA y Nitragin Argentina S.A

³ DZD Agro

calvarez@correo.inta.gov.ar

Palabras clave: residuos, materia orgánica, densidad aparente, penetrometría.

INTRODUCCIÓN

En la región subhúmeda pampeana la superficie destinada a cultivos de cosecha en los últimos años tuvo un gran incremento. Las rotaciones predominantes en la región con alta participación del cultivo de soja generan escasas cantidades de rastrojos provocando bajos aportes de carbono a los sistemas.

El cultivo de maíz participa en menor proporción, sumado esto a las utilidades más frecuentes que el productor realiza (pastoreo de rastrojos, silaje, etc) que contribuye a desbalances en el contenido de carbono de los suelos. No obstante a través de la implementación de la siembra directa (SD) se realiza un adecuado retorno de substratos orgánicos que sirven como material de partida para la formación de la materia orgánica del suelo (MO) y el mantenimiento del stock de carbono (Andriulo et al., 2001).

Varios estudios han demostrado que los residuos de cosecha en el sistema de siembra directa (SD) han contribuido además al aumento de la actividad microbiológica, la disponibilidad de nutrientes, permeabilidad e infiltración de agua en el suelo y en la producción de granos (Álvarez et al 2006; Hevia et al., 2003; Quiroga & Funaro 2004). Del carbono aplicado al suelo en forma de residuos, alrededor de un tercio permanece en el suelo luego de un año y el resto retorna a la atmósfera como CO₂ vía descomposición microbiana (Andriulo et al 2001).

Los niveles alcanzados por la MO en un ecosistema específico resultarían dependientes de la tasa de adición y descomposición de residuos y de los procesos de erosión del suelo. Ello implica que el nuevo nivel de equilibrio puede resultar altamente dependiente de las prácticas del agricultor, especialmente de aquellas que involucran rotación de cultivos, manejo de residuos de cosecha y tipos y oportunidad de las labranzas.

En el noroeste bonaerense Díaz-Zorita et al (2004) observaron que la SD contribuye al enriquecimiento de carbono y mejora las propiedades edáficas relacionadas con el mismo.

Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de la incorporación de diferentes volúmenes de rastrojos a lo largo de una rotación de cultivos sobre el aporte de carbono y propiedades físicas de suelo en sistemas bajo SD.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se instalaron sobre dos suelos [Hapludol Típico (HT) y Hapludol Entico (HE)] característicos de la región subhúmeda pampeana.

En cada sitio entre las campañas 2002-2005 se establecieron 3 manejos de volúmenes de residuos:

SS: sin rastrojo

N

N: normal (nivel de rastrojo del lote)

D

D: doble (dos veces el volumen del lote).

En cada sitio se midió la cantidad de rastrojos aportados previo a la siembra de cultivos.

Luego de tres campañas agrícolas (otoño 2006) se determinaron los contenidos de MO total y sus fracciones (50 a 100 micrones y 100-2000 micrones) por el método de Walkey & Black (1974), en capas de 0-5; 5-10; 10-15 y 15-20 cm y la densidad aparente de los suelos (Método del cilindro) en las profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 cm. También se evaluó la resistencia a la penetración en intervalos de 5 cm hasta los 40 cm con penetrómetro de golpe. Simultáneamente se determinó el contenido gravimétrico de humedad de los suelos en cada una de las capas evaluadas.

El estudio se desarrolló con un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. Los resultados se analizaron a través de ANOVA y prueba de diferencia mínima significativa (LSD) y análisis de

Cuadro 11. Cantidad de rastrojo (Mg ha⁻¹) aportados en cada campaña y tratamiento de volúmenes de residuos en dos sitios de la región subhúmeda pampeana.

CAMPAÑA	CULTIVO	HAPLUDOL TÍPICO			HAPLUDOL ENTICO		
		Sin Rastrojo	Normal	Doble	Sin Rastrojo	Normal	Doble
2003/4	SOJA	0	6250	12500	0	12505	23065
2004/5	TRIGO	0	4536	9072	0	10376	16396
2004/5	SOJA 2a	-	-	-	0	10443	21584
2005/6	MAÍZ	0	13800	27700	0	26078	51716

regresión. En todos los casos los análisis se realizaron con el programa Statistix ver 7.0 (Analytical Software, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aporte de rastrojos fue mayor en el suelo Hapludol Entico que el Hapludol Típico (Cuadro 1) como consecuencia de mayores rendimientos de los cultivos en la rotación. El aporte promedio anual para el tratamiento N fue de 19801 y 8195 kg ha⁻¹ y para el tratamiento D fue de 37587 y 16491 kg ha⁻¹, para el HE y HT, respectivamente.

Los contenidos de MO total variaron entre 16.8 y 30.3 Mg ha⁻¹ y 11.6 y 19.6 Mg ha⁻¹ para el HT y HE, respectivamente (Cuadro 2 2).

En los dos sitios evaluados se detectaron diferencias significativas entre profundidades de muestreo dentro de cada tratamiento de rastrojos, (excepto en el tratamiento sin aportes de residuos del HT), sin embargo las diferencias entre tratamientos de rastrojos no resultaron significativas en ninguna de las profundidades evaluadas.

Los contenidos de MO de la fracción comprendida entre 50 y 100 µm variaron entre 1.10 y 3.95 Mg ha⁻¹ y 0.06 y 3.76 Mg ha⁻¹ para el HT y HE, respectivamente (datos no presentados). No se detectaron diferencias sig-

nificativas entre tratamientos de residuos, pero sí entre profundidades para los dos sitios evaluados.

Los contenidos de MO de la fracción comprendida entre 100 y 2000 µm variaron entre 1.15 y 9.40 Mg ha⁻¹ y 0.46 y 2.46 Mg ha⁻¹ para el HT y HE, respectivamente (Cuadro 33). En los dos sitios evaluados se detectaron diferencias significativas entre profundidades de muestreo para todos los tratamientos de residuos. Estas diferencias tendieron a ser mayores en los tratamientos N y D que en el tratamiento sin aportes de residuos (S).

En el HT además se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en los primeros 5 cm del perfil evaluado como consecuencia del aporte de altos volúmenes de rastrojos. En el HE si bien se observó una tendencia a mayor cantidad de MO en superficie en los tratamientos con residuos, éstas diferencias no resultaron estadísticamente diferentes.

La DA varió entre 1.32 y 1.44 Mg m⁻³ y 1.41 y 1.49 Mg m⁻³ para el HT y HE, respectivamente (Cuadro 4),4 mostrando diferencias entre profundidades en los dos suelos en los tratamientos con aporte de rastrojos (N y D). También se observó menor DA en los primeros 5 cm del perfil en los tratamientos con aportes de residuos, lo cual estaría explicado en mayor medida por el aumento en los contenidos de MO (Cuadros 2 y 3).

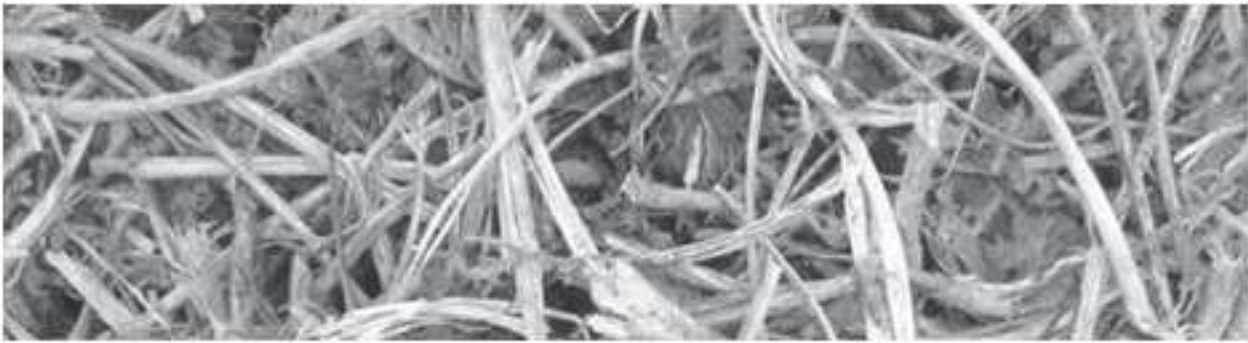
La Resistencia a la penetración varió entre 0.80 y 4.75 Mpa y 0.66 y 1.46 Mpa para el HT y HE respectivamente, mostrando diferencias entre profundidades en los dos suelos (Cuadro 55). Las mayores resistencias se encontraron en las capas comprendidas entre 15 y 25 cm del perfil, coincidiendo con los mayores valores de DA, lo cual podría atribuirse a manejos previos con implementos de labranza, tipo arado de reja. Si bien no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de rastrojos, la tendencia fue a observar menores valores de resistencia en los tratamientos con altos volúmenes de rastrojos.

CONCLUSIONES

Con estos resultados podemos inferir que el aporte de altos volúmenes de rastrojos o la conservación de los mismos sobre la superficie del suelo mejora los contenidos de MO, fundamentalmente en los pri-

Cuadro 2. Contenido de MO total (Mg ha⁻¹), según volúmenes de rastrojos y profundidad de muestreo en dos Hapludoles de la región subhúmeda pampeana. Letras minúsculas en sentido horizontal indican diferencias entre tratamientos de rastrojos y letras mayúsculas en sentido vertical indican diferencias entre profundidades de muestreo para cada tratamiento.

PROFUNDIDAD (cm)	HAPLUDOL TÍPICO			HAPLUDOL ENTICO		
	Sin Rastrojo	Normal	Doble	Sin Rastrojo	Normal	Doble
0-5	27.62 aA	27.99 aA	30.27 aA	16.97 aA	19.57 aA	18.21 aA
5-10	23.00 aA	25.08 aA	25.08 aAB	13.86 aA	13.92 aB	12.86 aB
10-15	21.24 aBC	20.14 aB	20.94 aB	15.95 aA	12.76 aB	11.75 aB
15-20	20.67 aC	16.84 aB	20.66 aB	12.70 aA	12.35 aB	11.58 aB



Cuadro 3. Contenido de MO (Mg ha^{-1}) de la fracción comprendida entre 100 y 2000 micrones, según volúmenes de rastrojos y profundidad de muestreo en dos Hapludoles de la región subhúmeda pampeana. Letras minúsculas en sentido horizontal indican diferencias entre tratamientos de rastrojos y letras mayúsculas en sentido vertical indican diferencias entre profundidades de muestreo para cada tratamiento.

PROFUNDIDAD (cm)	HAPLUDOL TÍPICO			HAPLUDOL ENTICO		
	Sin Rastrojo	Normal	Doble	Sin Rastrojo	Normal	Doble
0-5	4.10 bA	7.40 abA	9.40 aA	2.13 aA	2.43 aA	2.46 aA
5-10	3.95 aA	3.95 aAB	4.10 aB	1.06 aB	1.80 aAB	0.86 aB
10-15	2.30 aB	1.35 aB	2.35 aBC	0.93 aB	0.80 aAB	0.73 aB
15-20	1.45 aC	1.15 aB	1.50 aC	0.46 aB	0.43 aB	0.56 aB

Cuadro 4. Densidad Aparente (Mg m^{-3}), según volúmenes de rastrojos y profundidad de muestreo en dos Hapludoles de la región subhúmeda pampeana. Letras minúsculas en sentido horizontal indican diferencias entre tratamientos de rastrojos y letras mayúsculas en sentido vertical indican diferencias entre profundidades de muestreo para cada tratamiento.

PROFUNDIDAD (cm)	HAPLUDOL TÍPICO			HAPLUDOL ENTICO		
	Sin Rastrojo	Normal	Doble	Sin Rastrojo	Normal	Doble
0-5	1.35 aA	1.34 aAB	1.32 aB	1.47 aA	1.41 bB	1.41 bA
5-10	1.35 aA	1.38 aA	1.41 aA	1.48 aA	1.47 aA	1.46 aA
10-15	1.38 abA	1.31 bB	1.44 aA	1.49 aA	1.44 aAB	1.45 aA
15-20	1.38 abA	1.31 bB	1.44 aA	1.49 aA	1.44 aAB	1.45 aA

Cuadro 5. Resistencia a la penetración (Mpa), según volúmenes de rastrojos y profundidad de muestreo en dos Hapludoles de la región subhúmeda pampeana. Letras minúsculas en sentido horizontal indican diferencias entre tratamientos de rastrojos y letras mayúsculas en sentido vertical indican diferencias entre profundidades de muestreo para cada tratamiento.

PROFUNDIDAD (cm)	HAPLUDOL TÍPICO			HAPLUDOL ENTICO		
	Sin Rastrojo	Normal	Doble	Sin Rastrojo	Normal	Doble
0-5	1.50 aE	0.95 aC	0.80 aE	1.26 aABC	1.06 aA	0.90 aAB
5-10	2.60 aD	1.70 abC	1.40 bD	1.30 aAB	1.26 aA	1.16 aAB
10-15	4.75aA	3.05 bAB	3.40 bBC	1.46 aA	1.33 aA	1.26 aA
15-20	4.45 aAB	3.20 aAB	4.00 aA	1.36 aAB	1.13 abA	0.66 bB
20-25	4.2 5aB	3.20 cAB	3.90 bAB	1.20 aBCD	1.26 aA	0.90 aAB
25-30	4.30 aB	3.40 bAB	3.75 bAB	1.03 aCD	1.13 aA	0.93 aAB
30-35	3.25 aB	3.10 aAB	3.45 aABC	1.00 abD	1.13 aA	0.83 bAB
35-40	3.45 aC	2.60 aB	3.00 aC	1.03 abCD	1.20 aA	0.80 bAB

meros 5 cm del perfil y en sus fracciones menos humificadas (entre 100 y 2000 μm). Además contribuye a la reducción de los valores de DA y resistencia a la penetración.

Estudios futuros contribuirán a evaluar los efectos de estos mane-

jos en el largo plazo sobre la evolución de estas propiedades y de otras no consideradas en el presente estudio, tales como la agregación y estabilidad estructural de estos suelos.

BIBLIOGRAFÍA

- „ Alvarez R. & Steinbach H. 2006. Entrada de nitrógeno al agrosistema en: Materia orgánica valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. Pp 93 - 98 editorial Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Buenos Aires.
- „ Analytical Software. 2000. Statistix7. User's manual. Analytical Software, Tallahassee, FL. USA. 359 pp.
- „ Andriulo, A. C. Sasal & M. Rivero. 2001. Los sistemas de producción conservacionistas como mitigadores de la pérdida de carbono edáfico. En: Siembra Directa II, eds J. Panigatti, D. Buschiazzo y H. Marelli, Editado por INTA, Buenos Aires pag 17-28.
- „ Díaz-Zorita, M; Barraco, M & Alvarez, C. 2004. Efecto de doce años de labranzas sobre un hapludol del noroeste bonaerense. Ciencia del Suelo 22: 11-18.
- „ Hevia, G.; D. Buschiazzo; E. Hepper; A. Urioste & L. Antón 2003 Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. „ Effect of climate, soil texture and management. Geoderma 116: 265-27.
- „ Quiroga, A. & D. Funaro 2004. Materia orgánica, factores que condicionan su utilización como indicador de calidad en Molisoles de las Regiones Semiárida y Subhúmeda Pampeana. XIX Congreso argentino de la Ciencia del Suelo. Actas en CD.
- „ Walkley, A and T.A. Black. 1934. An examination of the Degtjaerff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.