

Nuevas tendencias de fertilización de sistemas agrícolas: Balances de nutrientes y su impacto en los contenidos de Materia Orgánica

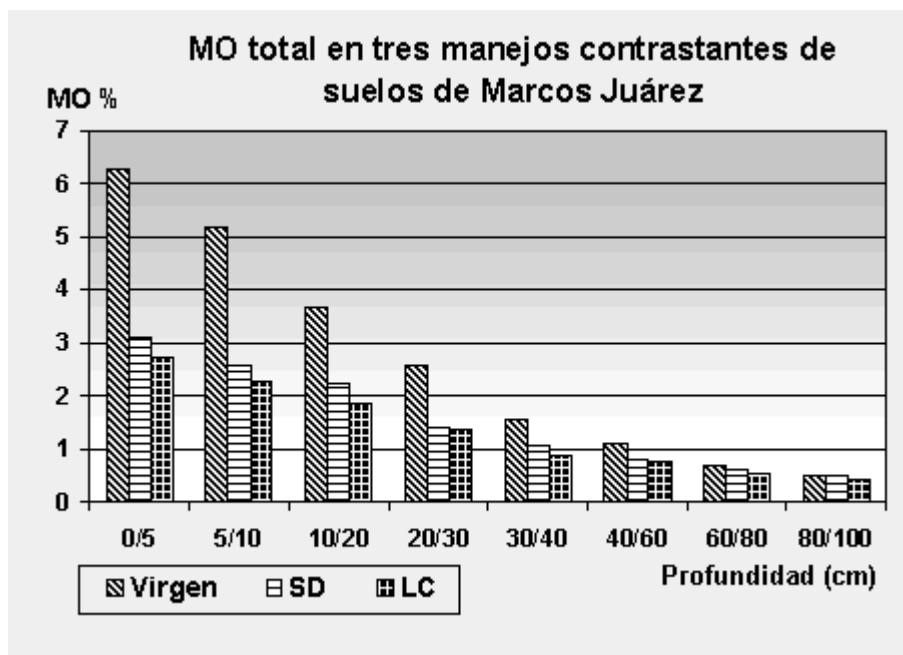
Carlos Galarza, Vicente Gudelj, Pedro Vallone - Area Suelos y Producción Vegetal. - Sept. 2003

En numerosos trabajos nacionales e internacionales se ha demostrado que los suelos van perdiendo sus características originales en la medida que son usados para la producción agropecuaria (Stevenson 1986; Campbell, 1991 y 1996). En términos generales se ve, en diferentes ambientes templados productores de granos del mundo, que 80-100 años de uso agrícola con sistemas de laboreo convencional deterioraron cerca del 40-50% de las características químicas favorables de los suelos, medidas a través del más explicativo de sus componentes: La Materia Orgánica (MO).

La disminución de 35% de C, 43% de N, 40% de P extractable, y 42% de Azufre como sulfatos, reportados en 1996 y 1998 por Andriulo y Cordone en suelos representativos de explotaciones agropecuarias del área de Pergamino son índice de una situación que se repite con similar intensidad en toda la región pampeana. Este proceso se vio intensificado notablemente en el último cuarto de siglo junto a la intensificación de la producción agrícola y al desplazamiento de la ganadería a zonas marginales.

En el gráfico 1 se presentan los contenidos de MO total de tres suelos de Marcos Juárez hasta 100 cm de profundidad, derivados de un mismo origen. Puede verse claramente que el manejo a lo largo del tiempo determinó grandes diferencias.

Gráfico 1: Materia Orgánica total en tres suelos de Marcos Juárez con diferente nivel de uso: "suelo Virgen" corresponde a un suelo sin uso por más de 100 años junto al ferrocarril que atraviesa la localidad (3 km al este de la estación homónima), SD y LC corresponden a dos tratamientos contrastantes de un ensayo de manejo de suelos de la EEA INTA conocido internamente como Ensayo Base. SD se conduce en siembra directa y se fertiliza desde 1993 mientras que LC tiene labranzas verticales en Maíz y Soja de 1ª y rastra de discos para Trigo. Este tratamiento no recibe fertilización desde 1993.



El suelo denominado "virgen" corresponde a la "clausura" que se encuentra entre los alambrados de la vía férrea que pasa por la localidad, y no fue explotado por agricultura en los últimos 110 años.

Las otras dos situaciones del gráfico 1 son los dos tratamientos más contrastantes de un ensayo de labranzas y siembra directa (SD) continua conducido en esta EEA desde 1993. Ambos cuentan con la secuencia Maíz-Trigo/Soja-Soja y se diferencian en labranzas y fertilización: El tratamiento llamado "SD" se realizó en siembra directa desde 1993 y fue fertilizado con el criterio de maximizar los retornos económicos. Por último el tratamiento "LC" contó con labranzas verticales para soja de 1ª y maíz, y dos pasos de rastra de discos para trigo. Además nunca fue fertilizado desde 1993.

Los mismos resultados se presentan en el Cuadro 1 pero expresados como masa de Carbono (C) y de Nitrógeno (N) corregidos a la misma masa de suelo Virgen (0-100cm) con el que se comparan.

Cuadro 1: Masa total de C y N (t/ha) hasta 1 m de profundidad de diferentes manejos de suelo correspondientes al gráfico 1.

Profund. (cm)	Masa de Suelo (t/ha)	Suelo Virgen		Suelo en SD y Fertilizac.		Suelo en LC sin Fertiliz.	
		Masa de C	Masa de N	Masa de C	Masa de N	Masa de C	Masa de N
0-5	460	16,7	1,27	10,2	0,91	8,5	0,75
5-10	510	15,3	1,05	9,6	0,88	7,9	0,69
10-20	1090	23,1	1,67	16,4	1,46	13,9	1,28
20-30	1280	19,2	1,51	10,8	1,18	10,8	1,09
30-40	1270	11,5	1,10	8,0	0,90	6,8	0,94
40-60	2520	15,9	1,72	11,3	1,48	10,9	1,34
60-80	2360	9,6	1,29	8,4	1,06	7,3	1,05
80-100	2220	6,5	0,92	5,0	0,70	4,2	0,62
TOTAL	11710	118,2	10,53	80,1	8,60	70,5	7,78

Puede verse que en el suelo Virgen, sobre una masa de 11710 t/ha (0-100cm), 118 t/ha son de C (corresponden a 203,7 t/ha de MO) mientras que en los suelos agrícolas del ensayo hay sólo 80,1 t/ha y 70,5 t/ha de Carbono (corresponden a un total de 138,2 y 121,5 t/ha de MO en los suelos con SD y LC respectivamente).

Los suelos agrícolas presentados conservan 67% (SD) y 59% (LC) de la materia orgánica original (asumiendo los valores del suelo virgen como tal) después de 80 años de uso mixto y 25 años de agricultura pura. Las diferencias entre SD y LC fueron generados por los diez años de tratamientos dentro del ensayo de manejo de suelos. La fertilización media usada fue de 70 kg/ha de N en los cultivos de Maíz y Trigo, y 10 kg/ha de P en Maíz, Trigo y Soja. El criterio de fertilización fue el usado habitualmente, de maximizar los retornos económicos, pero no se consideraron los balances de nutrientes.

En el cuadro 2 se muestran los rendimientos medios del ensayo para esos dos tratamientos. Se presentan también las Eficiencias de Uso de los Nutrientes aplicados (se asigna, arbitrariamente y a fines didácticos, toda la diferencia a este único factor sabiendo en realidad que a éste se suman las ventajas propias del sistema de SD y las interacciones concurrentes).

Cuadro 2: Rendimientos de granos (kg/ha). Promedios de 10 años y acumulados por cada secuencia (M-T/S-S) y Eficiencia de Uso de los Nutrientes aplicados en SD

Cultivo	SD con Fertilización	LC sin Fertilización	E U Nutrientes en SD*
Maíz	9516 (D. est.: 2249)	7557 (D. est.: 1479)	23,0 : 1
Trigo	1854 (D. est.: 603)	1257 (D. est.: 520)	7,5 : 1
Soja 2ª	2264 (D. est.: 768)	2220 (D. est.: 746)	18,0 : 1
Soja 1ª	3140 (D. est.: 580)	2959 (D. est.: 669)	44,0 : 0
Total acumulado (4 cvos. en 3 años)	16773	14011	

*Se asigna a fines didácticos y arbitrariamente, toda la diferencia a fertilización, sabiendo en realidad

que a ésta se suman las ventajas propias del sistema de SD y las interacciones concurrentes).
 *kg de grano extra por kg de (N + P) aplicados. Como en Soja de 2ª no se fertilizó se consideran efectos residuales.

Desde el punto de vista económico la fertilización presentó altas eficiencias de conversión en grano cosechado.

Si ahora calculamos las extracciones de nutrientes realizados por las cosechas en base a las demandas de los cultivos y sus respectivos Índices de Cosecha de Nutrientes presentados en cuadro 3, veremos que aún el suelo fertilizado y con siembra directa continua sigue descapitalizándose en los nutrientes considerados.

Cuadro 3: Extracción de nutrientes por los cultivos (kg de elemento por tonelada de grano)*

Cultivo	Maíz	Trigo	Soja
Nutriente	(Demanda x I cos. nutr).	(Demanda x I cos. nutr).	(Demanda x I cos. nutr).
N	14,5	19,8	30,0*
P	3,0	3,7	6,7
K	4,0	3,2	19,0
S	1,8	1,2	4,7

*En soja se considera sólo el 50% de la demanda no fijada por simbiosis.
 Fuente: Informaciones Agronómicas: Archivo Agronómico N°3. INPOFOS.

En el cuadro 4 se presentan los nutrientes extraídos y el balance final de las dos situaciones de producción agrícola en estudio. Puede verse claramente que los altos rendimientos alcanzados gracias a la SD y la fertilización en base a criterios económicos, inducen mayores extracciones que no son compensadas.

Cuadro 4: Balance de los principales macronutrientes en dos manejos de producción de granos.

Cultivo	Nutriente	Siembra Directa Fertilizado			Labranza Combinada sin fertilizar		
		Extracción	Fertilización	Balance	Extracción	Fertilización	Balance
MAIZ	N	138	70	-68	-110	0	-110
	P	29	10	-19	-23	0	-23
	K	38	0	-38	-30	0	-30
	S	17	0	-17	-14	0	-14
TRIGO	N	37	70	+33	-25	0	-25
	P	7	10	+3	-5	0	-5
	K	6	0	-6	-4	0	-4
	S	2	0	-2	-1,5	0	-1,5
SOJA DE 2ª	N	68	0	-68	-66	0	-66
	P	15	0	-15	-15	0	-15
	K	44	0	-44	-43	0	-43
	S	10	0	-10	-10	0	-10
SOJA DE 1ª	N	94	9	-85	-89	0	-89
	P	21	10	-11	-20	0	-20
	K	61	0	-61	-58	0	-58
	S	15	0	-15	-14	0	-14
Suma de 4 cultivos en 3 años	N			-188			-290
	P			-42			-63
	K			-149			-135
	S			-44			-39

Considerando un 5% de N en la MO estable del suelo, estos desbalances de N equivalen a pérdidas de 3760 y 5800 kg/ha de MO que corresponden a una descapitalización del 2,7% (SD) y del 4,7% (LC) de la masa de MO total del Suelo.

En el cuadro 5 se presentan los contenidos de MO totales del lugar del ensayo tomados en 1993 y en 2003. No pueden realizarse comparaciones estadísticas entre ambos conjuntos de datos por diferencias en las metodologías de muestreo, pero son suficientes para pensar que sólo en superficie la SD se mantiene en niveles constantes o aumenta levemente la MO, mientras que en horizontes subsuperficiales continua disminuyendo.

Esta observación coincide con la realizada por Gudelj V. y col. 1997 y 2001, después de comparar durante 11 años, dos lotes con manejos comparables a los presentados en este informe en un suelo de Camilo Aldao.

Cuadro 5: Materia Orgánica total en dos manejos de labranza y fertilización contrastantes. Suelo de Serie Marcos Juárez

Profundidad (cm)	MO Inicial (1993) (%)	MO Final (2003) (%)	
		SD con Fertilización	LC sin Fertilización
0-5	2.77	3.108	2.723
5-18	2.45	-----	-----
5-20	-----	2.422	2.074
18-30	1.53	-----	-----
20-30	-----	1.425	1.367

Consideraciones finales

No hay dudas que la Siembra Directa es el mejor camino que tenemos para revertir el deterioro de los suelos, pero si ésta no va acompañada de balances de nutrientes equilibrados, no sólo es insuficiente para lograrlo, sino que puede aumentarlo en la medida que haga crecer los rendimientos y por lo tanto los balances negativos de nutrientes no aportados por la fertilización. Una primera advertencia en este sentido nos la dio el Azufre que a pocos años de difundirse la SD y al aumentar las demandas, presentó masivas deficiencias en la región.

Como la MO del suelo debe mantener relaciones equilibradas entre sus componentes, de poco sirve aportar grandes cantidades de residuos carbonados que están condenados a perderse como CO₂ en la atmósfera al ser "respirados" por la biomasa microbiana. Sólo induciendo una composición más equilibrada de los rastrojos se permite un aporte significativo a la misma.

En épocas de adecuadas relaciones de precios como la que está atravesando nuestra región debería pensarse en invertir en bienes perdurables como la fertilidad potencial de nuestros suelos. Hay que recordar que aproximadamente 10 kg de P/ha pueden elevar 1ppm los niveles de P extractable. Este es un nutriente no disponible en el país por lo que debe ser importado en su totalidad.

Por último se debe considerar que una fertilización nitrogenada más cercana a las demandas de los cultivos, mejora la relación C:N de los rastrojos y por lo tanto permite que una proporción más alta ingrese al total de MO estable del suelo.

En base a los conocimientos actuales sobre dinámica de nutrientes y MO de los suelos, debería desterrarse la fertilización con criterio económico de corto plazo. Sólo la fertilización balanceada del sistema, programada a mediano-largo plazo nos permitirá revertir el deterioro de los suelos.

Bibliografía citada

- *.-Andriulo A. Cordone G.. Impacto de las labranzas y rotaciones sobre la MO de los suelos de la región pampeana húmeda. En Siembra Directa. p65-96. Ed hemisferio sur 1998.
- *.-Campbell, C.A. 1991. Thirty- year crop rotation and management practices effects on soil and amino nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 55:739-745(1991)
- *.-Campbell C.A et al. "Long term effects of tillage and crop rotation on soil organic C and Total N in clay soil in southwestern Saskatchewan. Canadian J. Of S. Sc. 76 N°3-8-1996).
- *.-Campbell C.A. 1978. Soil organic carbon and fertility. 173-271 Soil organic matter. Developements in soil science 8. Elsevier Sci.Publ. Co. Amsterd. Ned.
- *.-Conti M.E. 1998. Principios de Edafología con énfasis en suelos argentinos. Orientac. Gráfica Editora. 1998
- *.-Cordone G.,Andriulo A.,1996.Evolución de los residuos de maíz, girasol, soja y trigo según la ubicación en el suelo. In Actas XIII Congreso Latinoam. De ciencia do solo. S Pablo Br.
- *.-Gudelj, V., Galarza, C., Vallone, P., Nieri, G., "Once años comparando sistemas de siembra". Boletín informativo

41 AAPRESID Año 7. Diciembre 1997.

*.-Gudelj, V., Galarza, C., Vallone, P., Nieri, G., Espoturno, G, "Comparación de lotes en producción agrícola manejados con diferentes alternativas conservacionistas" Informe Técnico N°128. EEA INTA Marcos Juárez. Octubre 2001.

*.-Gregorich E.G. Carter M. R. 1994 Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sc.*, 74:367-385.

*.-Melgar R. Interpretando análisis de suelos: Materia Orgánica. *Rev. Fertilizar INTA-Fertilizar* N°7(22). 1997.

*.-Stevenson, F.J. 1986. "Carbon Balance of the Soil and Role of Organic Matter in Soil Fertility" in *Cycles of soil*. Ed Wiley and Son 1986. (**arriba**)