

## Efecto de las Rotaciones y el Laboreo en la Calidad del Suelo

**Alejandro Morón**

*Ing. Agr. , Dr., Sección Suelos INIA La Estanzuela, Ruta 50 km 11 , Colonia, Uruguay.  
moron@inia.org.uy*

### Introducción

Internacionalmente existe un interés creciente en los problemas ambientales dentro de los cuales se destaca el recurso suelo (Doran y Parkin, 1994; Bezdicsek et al., 1996; Cameron et al., 1998; Doran et al., 1998). Recientemente Sánchez (2002) en el plenario del XVII Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo realizado en Tailandia sostenía que el análisis político necesita información o mapas que muestren cambios en propiedades importantes del suelo con el tiempo a escalas espaciales que ellos puedan utilizar. Priorizar parámetros, relacionar ellos con las funciones del suelo y fijar los valores críticos o “luces de peligro” en el cual se indique qué suelo y que funciones del ecosistema están siendo dañadas es el excitante desafío de este nuevo campo que esta corrientemente siendo explorado. Los conceptos de calidad del suelo, salud del suelo y sustentabilidad han sido objeto de diversos trabajos en los cuales las definiciones de dichos términos son relativamente similares. Doran y Parkin (1994) definieron la calidad del suelo como la capacidad del suelo de funcionar dentro de un ecosistema sosteniendo la productividad biológica, manteniendo la calidad del ambiente y promoviendo la salud animal y vegetal.

La cuantificación de la calidad del suelo con indicadores físicos, químicos o biológicos es discutida en detalle por Doran y Jones (1996) y De Kimpe y Prasittiketh (2002). En términos generales, el o los indicadores a utilizar deben tener sensibilidad para detectar cambios,

capacidad de integrar objetivos, facilidad de medir e interpretar y ser accesible a muchos usuarios. En general, los indicadores mas utilizados están asociados a la materia orgánica del suelo. El conocimiento de la evolución de la calidad del suelo con determinadas prácticas agrícolas es necesario para planificar un uso y manejo sustentable del recurso natural suelo. Productores, asesores agronómicos, organismos crediticios, instituciones certificadoras y políticos son potenciales usuarios de indicadores que permitan monitorear los cambios en el recurso natural suelo.

El desarrollo de la agricultura convencional, generalmente, ha conducido a un deterioro de la calidad del suelo y, por ende, de su capacidad productiva dado fundamentalmente por procesos erosivos y balances negativos de carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P). La reciente incorporación de la siembra directa con el no movimiento del suelo y la colocación de rastrojos en superficie así como la intensificación agrícola con la exclusión de las pasturas en la rotación y el predominio de la soja plantea nuevas interrogantes sobre la evolución del recurso natural suelo de nuestra región. El objetivo del presente trabajo es analizar algunos resultados experimentales relevantes obtenidos por INIA La Estanzuela en Uruguay y Argentina sobre el impacto de la rotación y el laboreo en la calidad del suelo. Parte de estos resultados se obtuvieron como producto de trabajos conjuntos con INTA Marcos Juárez y la Unidad Integrada INTA-FCA Balcarce.

### 1) La Rotación Cultivo-Pastura en INIA La Estanzuela

La Estación Experimental INIA La Estanzuela posee un experimento de Rotaciones de Cultivos y Pasturas que fue instalado en 1963, o sea que actualmente tiene mas de 40 años, que ha producido información valiosa sobre la dinámica de C, N, P y distintos aspectos de la fertilidad del suelo. Esto fue reportado por: Díaz et al. (1980), Díaz Rosello (1992a), Díaz Rosello (1992b), Morón y Kiehl (1992); García y Morón (1993), Baethgen et al. (1994), Morón y Baethgen (1994), Morón y Baethgen (1995), Morón (1995), Morón, (1996); Carrquiry et al. (1999), Morón (2000) y Morón y Sawchik (2002).

Este experimento fue pensado y diseñado por el Ing. L. Castro para contestar interrogantes que surgían de la realidad productiva de la década de 1960. No obstante, tiene marcados contrastes entre algunos tratamientos que aportan elementos que trascienden notoriamente las realidades que le dieron origen.

El suelo dominante en el área de estudio es un Brunosol Eutrítico típico (Argiudol Típico) de la unidad Ecilda Paullier-Las Brujas, con textura franco-arcillo-limosa y con una pendiente suave a moderada de aproximadamente 2 a 4%. Este sitio tenía previamente a la instalación del ensayo 50-60 años de agricultura convencional (no permanente). El experimento tiene 7 tratamientos (sistemas de rotación de cultivos y pasturas) en bloques al azar con tres repeticiones. Todos los cultivos y pasturas

fueron realizados con laboreo convencional en parcelas de 25 m por 200 m. Los sistemas considerados en este trabajo son: Sistema 1, agricultura continua (Cebada - Girasol 2ª - Trigo - Sorgo) sin fertilizantes (S 1); Sistema 2, agricultura continua (secuencia idéntica a S 1) con fertilizantes N y P (S 2); Sistema 5, agricultura en rotación con pasturas de leguminosas y gramínea (S 5) con 50 % del tiempo bajo cultivos y 50 % del tiempo con pasturas; y, por último, el Sistema 7 de agricultura en rotación con trébol rojo (S 7) con 33% del tiempo con pasturas y el resto con cultivos. Las pasturas del S 5 y el S 7 no tienen pastoreo animal, después de evaluadas son cortadas y devueltas al suelo. Todas las muestras de suelo fueron tomadas a aproximadamente 15-20 cm de profundidad, excepto cuando se indique lo contrario.

### 1.1) Carbono orgánico

La Figura 1 presenta la evolución durante 40 años del contenido de

C orgánico del suelo para cuatro rotaciones. Actualmente, se observan diferencias de más del 1% en C orgánico entre los tratamientos extremos (S 1 y S 5). En una hectárea de suelo a 20 cm de profundidad una diferencia de 1% puede significar entre 20.000 y 25.000 kg de C. El balance fuertemente negativo del S 1 se explica básicamente por la erosión, un bajo ingreso de residuos vegetales y un marcado déficit de N. La determinación del C orgánico del suelo fue realizada con dicromato de potasio y calor externo.

Resultados experimentales muestran que los suelos de las rotaciones de los S 5 y S 7 mineralizan más carbono orgánico que los suelos de los S 1 y S 2 tanto en invierno como en primavera (Morón y Baethgen, 1994), teniendo un alto impacto la temperatura (Morón, 1995). Las rotaciones que incluyen pasturas en general mineralizan más C debido a que tienen mayor contenido de C orgánico y a su vez en la distribución interna del C en

distintas formas presentan mayor cantidad absoluta y relativa de C en las fracciones orgánicas menos descompuestas y más susceptibles de ser mineralizadas (Morón y Sawchik, 2002).

### 1.2) Nitrógeno

El valor del N total, básicamente N orgánico, en el suelo es el resultado de un balance de entradas, fundamentalmente fertilización y fijación biológica de nitrógeno (FBN), y salidas como la erosión de la materia orgánica, el lavado de nitratos, la volatilización

de amonio, la desnitrificación y el retiro de productos vegetales y/o animales. La Figura 2 presenta la evolución del contenido de N total durante 40 años de las 4 rotaciones analizadas en este artículo. Las tendencias son semejantes a las observadas en el C presentadas en la Figura 1. De igual forma podemos estimar, después de 40 años, que las diferencias acumuladas en una hectárea a 20 cm de profundidad son entre 1800 y 2250 kg N total entre el S 5 y el S 1. A partir de la evolución y los cambios cíclicos en el contenido de N total, Díaz (1992a) estimó para el S 5: a) las entradas de N vía FBN de las leguminosas en el orden de los 500 kg N/ha por ciclo de pasturas; y b) una entrada de 1 kg N vía FBN por cada 25 kg de materia seca de leguminosa producido en la parte aérea.

El N total fue determinado mediante digestión sulfúrica, destilación con micro Kjeldahl y titulación.

La capacidad de mineralización de nitrógeno de los suelos de las rotaciones, medidos por incubación aeróbica (Morón, 1995) y anaeróbica (Morón y Sawchik, 2002), es notoriamente superior en las rotaciones que incluyen pasturas, teniendo un fuerte impacto la temperatura (Morón, 1995). Los mayores valores de mineralización de los suelos de las rotaciones con pasturas son explicados en parte por los mayores valores de N total presente así como por la mayor cantidad de N presente en fracciones del N orgánico fácilmente mineralizables (Morón y Sawchik, 2002).

### 1.3) Indicadores de Calidad del Suelo

En el Experimento de Rotaciones de INIA La Estanzuela se reportaron avances en la selección de nuevos indicadores que directa e indirectamente están relacionados con la materia orgánica del suelo y sus dos componentes principales C y N (Morón y Sawchik, 2002). Los nuevos indicadores evaluados fueron: a) potencial de minerali-

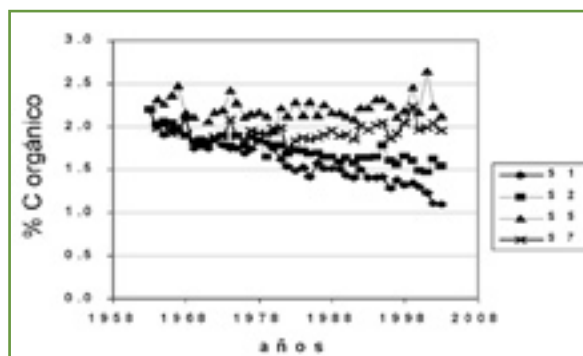


Figura 1. Evolución del contenido de C orgánico del suelo en diferentes rotaciones en INIA La Estanzuela (1963-2003). Fuente: Morón, 2003.

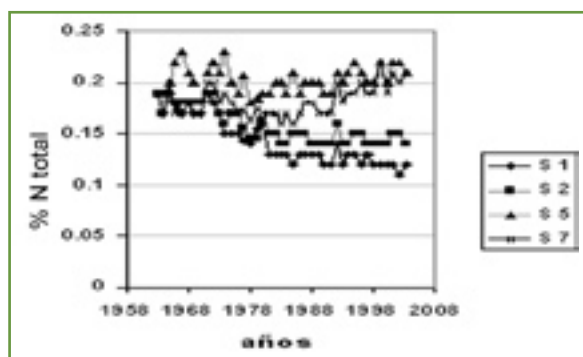


Figura 2. Evolución del contenido de N total del suelo en diferentes rotaciones en INIA La Estanzuela (1963-2003). Fuente: Morón, 2003.

zación de nitrógeno (PMN) por incubación anaeróbica; b) C-POM 212: carbono en la materia orgánica particulada (POM) entre 212 y 2000 micras; c) C-POM 53: carbono en la POM entre 53 y 212 micras; d) N-POM 212: nitrógeno en la POM entre 212 y 2000 micras; y e) N-POM 53: nitrógeno en la POM entre 53 y 212 micras. Dentro de los nuevos indicadores evaluados se destacaron por su mayor sensibilidad frente a indicadores tradicionales (C orgánico, N total) para detectar los diferentes efectos del uso y manejo del suelo, los siguientes: PMN, C-POM 212 y N-POM 212. Esto fue detectado especialmente para la profundidad 0-7.5 cm (Figura 3).

También fueron logrados buenos resultados, pero no de mayor sensibilidad que los mencionados anteriormente, con la determinación del grupo de enzimas deshidrogenasas y del HWC (hot water extractable carbon) para las profundidades 0 – 7.5 cm en las cuatro rotaciones mencionadas anteriormente (Morón, no publicado). Las deshidrogenasas fueron determinadas según Dick et al. (1996) y el HWC según A. Ghani (com. per.).

## 2) La Siembra Directa y el Laboreo Convencional en INTA Marcos Juárez

Según Morón et al. (2004) en este trabajo se seleccionaron experimentos de secuencias de cultivos y labranzas de larga duración localizados en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Marcos Juárez sobre un suelo clasificado como Argiudol típico de la serie Marcos Juárez, de textura franco-limosa con topografías planas y semi-planas. Estos ensayos se instalaron sobre suelos que tenían previamente una larga historia de agricultura con labranza convencional. Los experimentos y tratamientos seleccionados para este trabajo fueron: 1) Soja continua (S-S) establecido en 1975; 2) Maíz – Soja (M-S) establecido en 1988 3) Maíz continuo (M-M)

establecido en 1975; y 4) Trigo-Soja (T-S) establecido en 1974. Los antecedentes e información adicional sobre estos experimentos han sido reportados previamente (Marelli y Arce, 1995; Gudelj y Masiero, 2001; Marelli et al., 2001). En todos los ensayos mencionados existen tratamientos de laboreo convencional (LC) y siembra directa (SD) de los cuales fueron seleccionados dos que representaban claramente ambas formas de preparación del suelo. A los efectos de las comparaciones de tratamientos se seleccionó además un suelo de campo virgen (CV) de la misma serie de Suelos localizado en la Estación Experimental. Los experimentos tienen un diseño de parcelas divididas con un mínimo de 3 repeticiones según el caso. En todos los casos, los tratamientos seleccionados para el muestreo correspondieron a las sub-parcelas fertilizadas. En noviembre del 2000 se tomaron muestras de suelo a dos profundidades: 0-7.5 y 7.5-15 cm

### 2.1 ) El Carbono orgánico y el Nitrógeno total

En las Figuras 4 y 5 se observan los contenidos de C orgánico en las dos profundidades de muestreo para los diversos ensayos. Debe señalarse que estadísticamente solo son validas las comparaciones dentro de un mismo ensayo. Los tratamientos de siembra directa presentaron los mayores contenidos

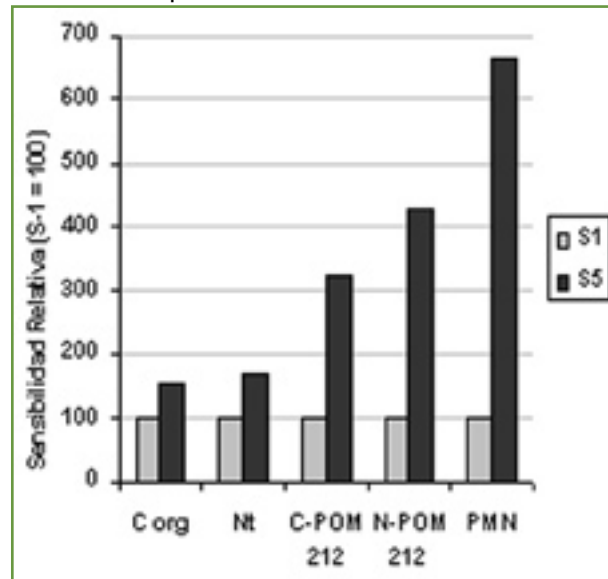


Figura 3. Sensibilidad relativa de diferentes indicadores de uso y manejo de suelo en dos rotaciones en INTA La Estanzuela a 0-7.5 cm. Evaluación realizada en 1999. Fuente: Morón y Sawchik, 2002.

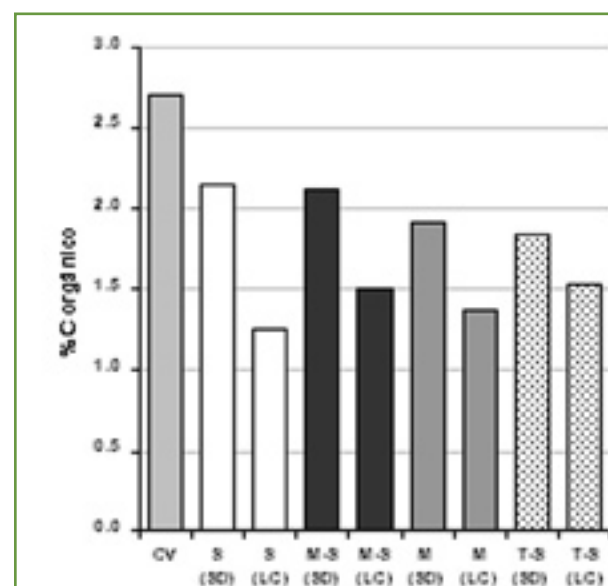


Figura 4. Contenido de C orgánico en 0 – 7.5 cm en diferentes ensayos de laboreo para cultivos en experimentos de INTA Marcos Juárez (Fuente: Morón et al., 2004). S= Soja, M-S = Maíz – Soja, M = Maíz, T-S = Trigo – Soja, SD = Siembra Directa, LC = Labranza Convencional

dos de C orgánico en superficie en todos los experimentos. A pesar de existir una leve tendencia a favor de la labranza convencional en la profundidad de 7.5-15 cm, las diferencias registradas en los primeros centímetros son de tal magnitud que globalmente en la profundidad

de 0-15 cm los mayores contenidos de C orgánico se observan en siembra directa.

No se detecta ninguna situación de agricultura continua realizada bajo labranza convencional o siembra directa con niveles de C orgánico iguales o mayores que los

encontrados en el suelo indisturbado tomado como referencia. En suma, la siembra directa durante un período de 25 años en un suelo degradado por la historia previa de agricultura convencional no logra alcanzar los contenidos de C orgánico originales del suelo.

Para los valores de N total (información no presentada) las tendencias generales son similares a las observadas para el C orgánico anteriormente mencionado.

### 2.2) Indicadores de Calidad del Suelo

Los tratamientos bajo siembra directa presentaron una mayor estratificación que los de labranza convencional

para todos los indicadores evaluados, pero ésta fue más marcada en los indicadores C-POM, N-POM y PMN. Prácticamente en todos los experimentos, las fracciones C-POM 212 y N-POM 212 y el PMN presentaron diferencias significativas a favor de la siembra directa en la profundidad 0-7.5 cm. Esto se ejemplifica en la Figuras 6 y 7 para el indicador C-POM 212. Sin embargo, en ningún caso se alcanzaron valores similares a los del suelo virgen. Estos indicadores además presentaron mayores diferencias relativas a favor de la siembra directa comparados con el C orgánico y el Nitrógeno total. En la Figura 8 se observa la sensibilidad relativa de los indicadores en el experimento de Soja continua.

### 3) La Siembra Directa y el Laboreo Convencional en INTA-FCA Balcarce

Fabrizzi et al. (2003) reportan el efecto del tipo de labranza (laboreo convencional y siembra directa) y de la fertilización nitrogenada (0 y 120 kg N-urea/ha) en la calidad del suelo para un experimento con una rotación de cultivos con cuatro repeticiones. A partir de 1992 la secuencia de cultivos fue: trigo-soja-trigo-maíz-maíz-girasol-maíz. El ensayo fue instalado en 1992 sobre un suelo clasificado como Molisol (Petrocalcic, Paleudoll) localizado en el INTA-FCA Balcarce con una pendiente del 0.5 %. Este suelo tenía un cierto grado de degradación por una historia previa de 25 años de agricultura convencional al momento de la toma de muestras en 1999. Las muestras de suelo fueron tomadas a dos profundidades: 0-7.5 y 7.5-15 cm. Como suelo de referencia se tomó el mismo tipo de suelo, también localizado en INTA-FCA Balcarce, pero que nunca había sido cultivado (indisturbado) y que hacía más de 30 años que estaba con pasturas.

#### 3.1) Carbono orgánico y Nitrógeno total

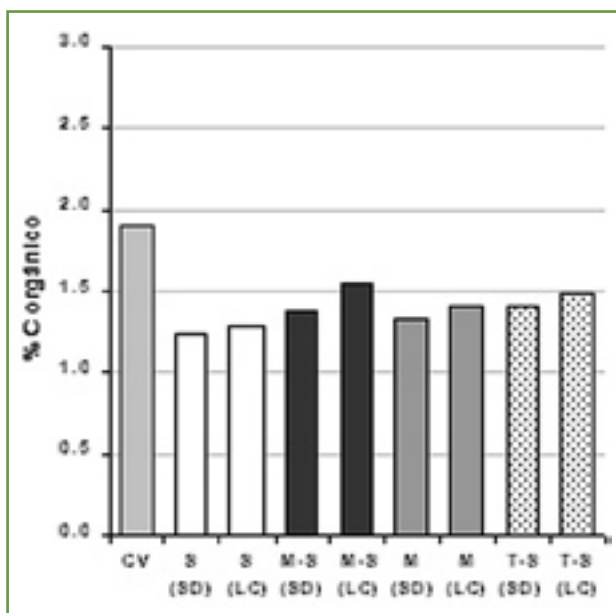


Figura 5. Contenido de C orgánico en 7.5 - 15 cm en diferentes ensayos de laboreo para cultivos en experimentos de INTA Marcos Juárez (Fuente: Morón et al., 2004). S= Soja, M-S = Maíz - Soja, M = Maíz, T-S = Trigo - Soja, SD = Siembra Directa, LC = Labranza Convencional

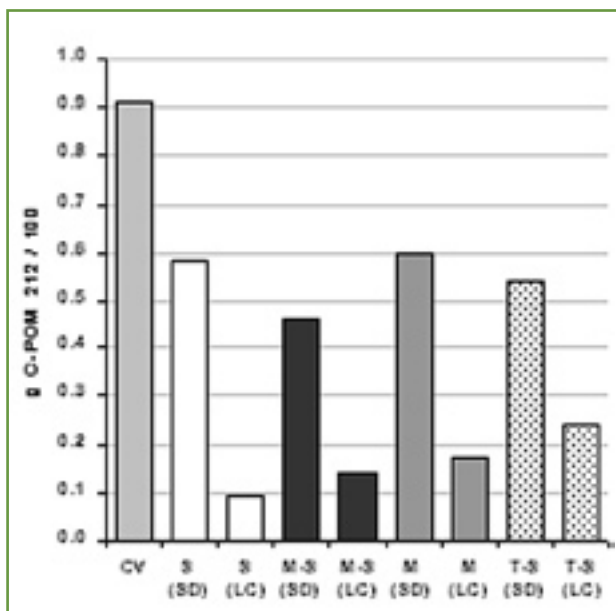


Figura 6. Contenido de C-POM 212 en 0 - 7.5 cm en diferentes ensayos de laboreo para cultivos en experimentos de INTA Marcos Juárez (Fuente: Morón et al., 2004). S= Soja, M-S = Maíz - Soja, M = Maíz, T-S = Trigo - Soja, SD = Siembra Directa, LC = Labranza Convencional

Después de 8 años de siembra directa el contenido de C orgánico y N total fueron mayores en siembra directa que en labranza convencional a 0-7.5 cm. Estas diferencias fueron mayores para el tratamiento de 120 kg N / ha (Tabla I). En cambio, a 7.5-15 cm no fueron detectadas diferencias significativas entre tratamientos para el contenido de C orgánico y el N total (Tabla I).

La siembra directa afectó la distribución vertical del C orgánico y el N total a favor de los primeros centímetros del suelo. Considerando todo el suelo (0-15 cm), la cantidad de C orgánico y N total fueron significativamente mayores en siembra directa que en el laboreo convencional (Fabrizzi et al., 2003). Por otra parte, el C orgánico y el N total bajo LC y SD representaron del 57 al 67 % y 75 a 80 % de los valores observados en la pastura de referencia a 0-7.5 y 7.5-15 cm de profundidad, respectivamente. Diversos estudios han demostrado que la siembra directa resulta en mayor agregación y mayor retención de C orgánico que el laboreo convencional (Paustian et al., 1997, Six et al., 2000). Esto puede ser atribuido a una disminución en la velocidad de la descomposición de los rastrojos (Morón, 2001) y de la materia orgánica estable producto de un menor disturbio bajo siembra directa (Paustian et al., 2000).

### 3.2) Indicadores de Calidad del Suelo

En la Tabla 2 se presentan los valores obtenidos para C-POM 212, N-POM 212 y PMN para ambas profundidades. En la profundidad 0-7.5 cm, los valores de C-POM 212, N-POM 212 y PMN son significativamente más altos en siembra directa que en laboreo convencional. En siembra directa y en el suelo de referencia se presenta una fuerte estratificación a favor de los primeros centímetros del suelo. En la profundidad 7.5-15 cm se invierten estas tendencias a favor del laboreo convencional pero en el total del perfil (0-15 cm), el resultado es significativamente favorable a la siembra directa (Fabrizzi et al., 2003).

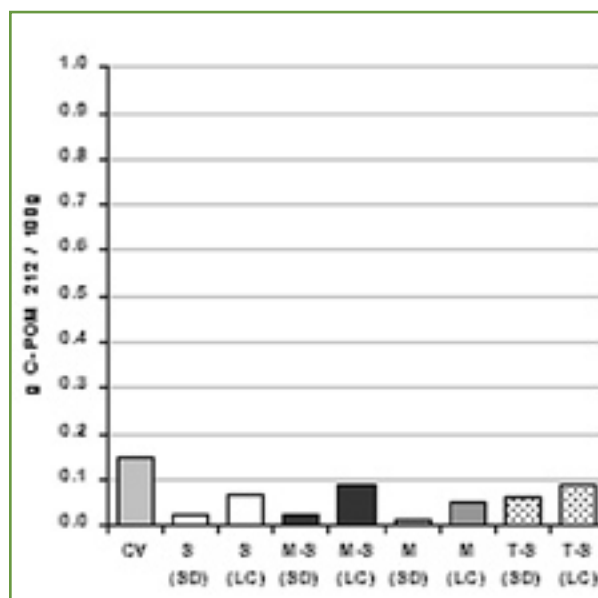


Figura 7. Contenido de C-POM 212 en 7.5 - 15 cm en diferentes ensayos de laboreo para cultivos en experimentos de INTA Marcos Juárez (Fuente: Morón et al., 2004). S= Soja, M-S = Maíz - Soja, M = Maíz, T-S = Trigo - Soja, SD = Siembra Directa, LC = Labranza Convencional

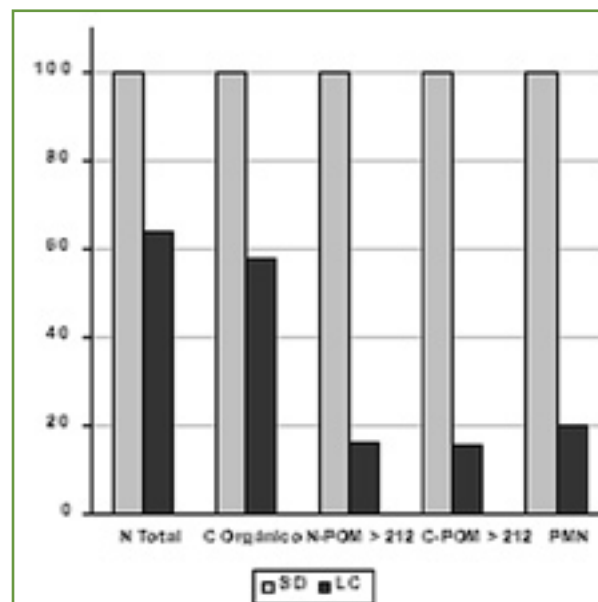


Figura 8. Valores relativos para 5 indicadores en el experimento de Soja continua del INTA Marcos Juárez. SD = Siembra Directa, LC = Labranza Convencional. Fuente: Morón et al., 2004.

Tabla I. Contenido de C orgánico y N total en experimento de INTA-FCA Balcarce

Tratamiento	% C orgánico		% N total	
	0 - 7.5 cm		7.5 - 15 cm	
LC 0-N	2.38	0.210	2.38	0.211
LC 120-N	2.35	0.212	2.39	0.216
SD 0-N	2.67	0.235	2.35	0.214
SD 120-N	2.89	0.248	2.50	0.214
Referencia	4.15	0.376	3.05	0.282

Fuente: Fabrizzi et al. (2003)

En la Figura 9 se observa la mayor sensibilidad relativa de C-POM-212, N-POM-212 y el PMN frente a C orgánico y N total a 0–7.5 cm para detectar los cambios introducidos por los diferentes tratamientos y, a su vez, su relación con el suelo de referencia.

#### 4) La secuencia de cultivos y su productividad en relación con la calidad del suelo

Para el desarrollo de esta temática debemos recurrir necesariamente a información generada por otros autores. El balance anual de carbono es la diferencia entre las entradas de C (rastrajos, raíces, exudados radiculares) menos las salidas de C (erosión, mineralización). Diversos autores presentan información sobre la relación lineal que existe entre la cantidad de residuos que entran al suelo y los niveles de materia orgánica del suelo (Rasmussen y Collins, 1991; Paustian et al., 1995; Langdale et al. citado por Reicovsky et al. (1995); Paustian et al., 2000; Studdert y Echeverría, 2000).

Cordone et al., citada por Andriulo y Cordone (1998), realizó

durante los años 1990/91 y 1991/92 una evaluación post-cosecha en 118 campos de productores en el norte de Buenos Aires y cuantificó la cantidad y calidad de la materia seca aérea de los principales cultivos de la zona (Tabla 3).

Es claro que existe una diferencia cuantitativa importante entre los cultivos. Maíz sería el cultivo con mayor aporte y la soja se presenta en la situación inversa con el mínimo. Paralelamente, la relación C/N más alta del rastrojo de maíz determinaría una descomposición más lenta y sería más favorable para la formación de materia orgánica estabilizada en el suelo. La soja estaría en la situación inversa. Es claro que todas las prácticas agro-

nómicas que determinan aumentos de rendimiento en grano generalmente también son acompañadas por un aumento en la cantidad de rastrojo.

Existen diversos autores que reportan ventajas en los valores de C orgánico en el suelo por incluir maíz o sorgo en la rotación agrícola en sustitución de la soja (Havlin et al., 1990; Studdert y Echeverría, 2000; Wright y Hons, 2004)

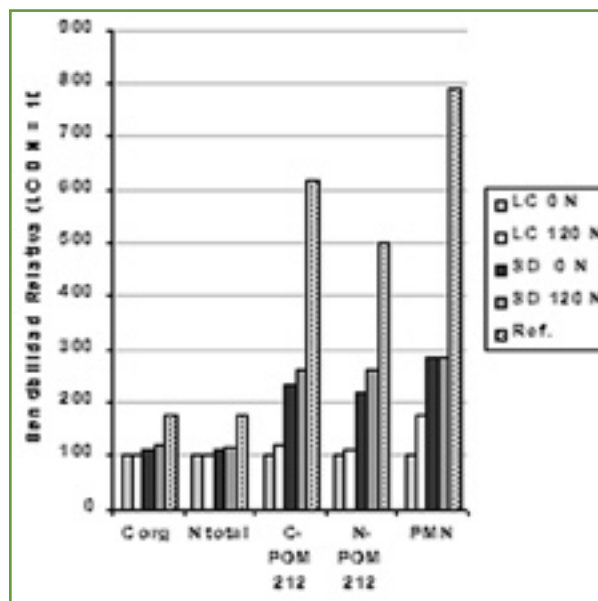


Figura 9. Sensibilidad relativa de diferentes indicadores a la profundidad 0–7.5 cm en experimento de tipo de laboreo y fertilización nitrogenada en una rotación agrícola en INTA-FCA Balcarce

Tabla 2. Valores de C-POM 212, N-POM 212 y PMN en ambas profundidades. C y N en g/kg y PMN en mg / kg

Tratamiento	C-POM 212	N-POM 212	PMN	C-POM 212	N-POM 212	PMN
	0 – 7.5 cm			7.5 – 15 cm		
LC 0-N	0.636	0.042	21.6	0.835	0.041	25.8
LC 120-N	0.760	0.047	27.1	1.037	0.053	29.8
SD 0-N	1.493	0.092	61.2	0.536	0.031	20.2
SD 120-N	1.661	0.110	61.7	0.536	0.036	17.9
Referencia	3.920	0.210	172.0	0.98	0.050	58.0

Fuente: Fabrizzi et al. (2003)

Tabla 3. Características de los rastrojos (parte aérea) de los principales cultivos de la zona norte de Buenos Aires (1990-92)

Cultivo	Materia seca aérea rastrojos kg/ha	Indice Cosecha	C Kg/ha	C / N
Maíz	9.2	0.43	3714	109:1
Girasol	6.9	0.24	2750	49:1
Trigo	5.3	0.37	2122	101:1
Soja 1 <sup>a</sup>	5.2	0.34	1802	48:1
Soja 2 <sup>a</sup>	3.3	0.38		

Indice cosecha = kg grano / kg producción aérea total

C / N = relación carbono / nitrógeno

## 5) Consideraciones Finales

La información presentada es clara respecto al impacto del tipo de laboreo y la rotación en la calidad del recurso suelo. La siembra directa es una tecnología que permite lograr mejores niveles de C orgánico total, así como de sus fracciones C-POM 212 y N-POM 212 especialmente en los primeros centímetros del suelo. Idéntica consideración es válida para la capacidad de aporte de N vía mineralización determinada por PMN.

Es definido el efecto positivo de la inclusión de pasturas de gramíneas perennes y leguminosas en rotación con los cultivos en el balance y dinámica del C y el N del suelo. Dentro de las secuencias de rotaciones de cultivos sin incluir pasturas, la soja presenta efectos negativos que pueden ser compensados por el planteamiento de secuencias en las cuales parte de la soja sea sustituida por maíz o sorgo.

Los nuevos indicadores C-POM 212, N-POM 212 y PMN son más sensibles que el C orgánico y el N total para detectar cambios especialmente en los primeros centímetros y pueden considerarse herramientas útiles para el diagnóstico y monitoreo de la calidad del recurso natural suelo.

## Bibliografía citada

- Andriulo, A.; Cordone, G.** 1998. Impacto de Labranzas y Rotaciones sobre la Materia Orgánica de Suelos de la Región Pampeana Húmeda. In: Panigatti, J.L.; Marelli, H.; Buschiazzi, D.; Gil, R.G. editores. Siembra Directa. Capítulo 5, p. 65-96. INTA.
- Baethgen, W.E.; Morón, A.; Díaz Roselló, R.M.** 1994. Modeling long-term soil organic carbon changes in six cropping systems of SW Uruguay. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Acapulco, México. V9: 300-302.
- Bezdicsek, D.C.; Papendick, R.I.; Lal, R.** 1996. Introduction: Importance of Soil Quality to Health and Sustainable Land Management. In: Doran, J. W. y Jones, A.J., (eds.) Methods for Assessing Soil Quality. SSSA Special Publication, Number 49, p 1-8.
- Cameron, K.; Beare, M.; McLaren, R.; Di, H.** 1998. Selecting physical, chemical, and biological indicators of soil quality for degraded or polluted soils. In: CD XVI World Congress of Soil Science, Simposium 37, Montpellier, France.
- Carriquiry, M.; Morón, A.; Sawchik, J.** 1999. Potencial de Mineralización de Nitrógeno de Suelos del Area Agrícola del Uruguay. In: Comisión V Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. 14 Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelos. Chile, Nov. 1999. CD-ROOM.
- De Kimpe, C.R.; Prasittiketh, J.** 2002. Soil indicators for sustainable land use. In: Symposium n° 32 Paper 2285. 17<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Thailand.
- Díaz Rosello, R.M.** 1992 a. Evolución de la materia orgánica en rotaciones de cultivos con pasturas. In: Morón, A. y Baethgen, W. Eds. Simposio Sustentabilidad de las rotaciones cultivo-pasturas en el Cono Sur. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas. 1: 103-110.
- Díaz Rosello, R.M.** 1992 b. Evolución del nitrógeno total en rotaciones con pasturas. In: Morón, A. y Baethgen, W. Eds. Simposio Sustentabilidad de las rotaciones cultivo-pasturas en el Cono Sur. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas. 1: 27-35.
- Díaz, R.M.; García, F.; Bozzano, A.** 1980. Dinámica de la disponibilidad de nitrógeno y las propiedades físicas del suelo en rotaciones de pasturas y cultivos. Miscelánea 24. Estación Experimental La Estanzuela. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger" p. 1-25. INIA.
- Dick, R.P.; Breakwell, D.P.; Turco, R.F.** 1996. Soil Enzyme Activities and Biodiversity Measurements as Integrative Microbiological Indicators. In: Doran, J.W.; Jones, A.J. (Editors). Methods for Assessing Soil Quality. SSSA Special Publication Number 49, Chapter 15. p. 247-271.
- Doran, J.W. y Jones, A.J.** (Editors) 1996. Methods for Assessing Soil Quality. SSSA Special Publication Number 49, 410 p.
- Doran, J. ; Liebig, M.; Santana, D.P.** 1998. Soil Health and Global Sustainability. In: CD XVI World Congress of Soil Science, Simposium 26, registration 1923, Montpellier, France.
- Doran, J.W.; Parkin, T. B.** 1994. Defining an assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F.; Stewart, B.A. (Editors). 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Special Publication Number 35, Chapter 1. p. 3-21
- Fabrizzi, K.; Morón, A.; García, F.** 2003. Soil Carbon and Nitrogen in Degraded vs. Non-degraded Mollisols in Argentina. Soil Science Society of America Journal, 67: 1831-1841.
- García, A. y Morón, A.** 1993. Estudios on soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in three crop rotation systems. Proceedings of the XVII International Grassland Congress (New Zealand). p. 1443-1444.
- Gudelj, O.; Masiero, B.** 2001. Efecto del manejo del suelo sobre su estabilidad estructural. Informe Técnico No. 128 E.E.A. Marcos Juárez. p. 31-43.
- Havlin, J.L.; Kissel, D.E.; Maddux, L.D.; Classen, M.M.; Long, J.H.** 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. Soil Science Society of America Journal, 54: 448-452.
- Marelli, H.J.; Arce, J.** 1995. La siembra directa en la secuencia trigo/soja. In: Aportes en siembra directa. INTA C.R. Córdoba – E.E.A. INTA Marcos Juárez. p. 23-40.
- Marelli, H.J.; Arce, J.; Masiero, B.** 2001. 25 años del doble cultivo trigo/soja bajo siembra directa. Informe Técnico No. 128. E.E.A.

INTA Marcos Juárez. p. 3-15.

**Morón, A.** 1995. Carbon and nitrogen mineralization in four crop-pasture rotation. In: Ljunggren, H.; Faveluckes, G.; Dankert, M.A., organizers. SAREC Conference Swedish-Argentinian-Uruguayan Cooperation for Science and Technology 1986-1995. Buenos Aires. 5-7 Diciembre 1995.

**Morón, A.** 1996. Retención de fósforo por el suelo en un molisol bajo tres sistemas de rotación con diferentes fertilizaciones. 1996. In: XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas p. 133-134. Santa Rosa, La Pampa. Argentina. AACS.

**Morón, A.** 2000. Efecto de diferentes rotaciones en el nivel de cadmio total y disponible en el suelo. FERTBIO 2000 XXV Reunión Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. Santa Maria-RS- Octubre 2000. CD-ROM.

**Morón, A.** 2001. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. 2001. In: Siembra Directa en el Cono Sur. Procisur. Díaz Rossello, R. Coordinador. p.387-405.

**Morón, A.** 2003. Principales contribuciones del Experimento de Rotaciones de Cultivos-Pasturas de INIA La Estanzuela en el Area de Fertilidad de Suelos (1963-2003). In: Morón, A.; Díaz, R. (editores) Simposio 40 Años de Rotaciones Agrícolas-Ganaderas. INIA La Estanzuela Serie Técnica 134:1-7.

**Morón, A. y Baethgen, W.E.** 1994. Sol organic matter mineralization in four cropping systems. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science. Acapulco, México. V9: 298-299

**Morón, A.; Baethgen, W.E.** 1995. Decomposition and nutrient release from crop and pasture residues in contrasting agricultural production systems. In: Cadisch, G. y Killer, K., organizers. Transactions Driven by Nature. Planta litter quality and decomposition. Wye College, University of London. September 17-20 1995.

**Morón, A.; Kiehl, J.C.** 1992. Dinámica del fósforo en tres sistemas agrícolas en el suroeste de Uruguay. In: Morón, A. y Baethgen, W. Eds. Simposio Sustentabilidad de las rotaciones cultivo-pasturas en el Cono Sur. Revista INIA de Investigaciones Agronómicas. 1: . 61-84

**Morón, A.; Marelli, H.; Sawchik, J.; Gudelj, V.; Galarza, C.; Arce, J.** 2004. Indicadores de la calidad del suelo en experimentos de rotaciones de cultivos en Córdoba, Argentina. (en prensa, XIX Congreso Argentina de la Ciencia del Suelo, Paraná). AACS.

**Morón, A.; Sawchik, J.** 2002. Soil quality indicators in a long-term crop-pasture rotation experiment in Uruguay. In: Symposium n° 32 Paper 1327. 17<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Thailand. CD.

**Paustian, K.; Collins, H.P.; Paul, E.A.** 1997. Management controls on soil carbon. In: Paul, E.A. et al. editors Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. CRC Press Boca Raton, p. 15-49.

**Paustian, K.; Robertson, G.P.; Elliott, E.** 1995. Management impacts on carbon storage and gas fluxes (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) in mid-latitude cropland ecosystems. In: Lal, R.; Kimble, J. Levine, E.; Stewart, B.A.

ed. Soil Management and Greenhouse Effect. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida. p.69-83

**Paustian, K.; Six, J.; Elliot, E.T.; Hunt, H.W.** 2000. Management options for reducing CO<sub>2</sub> emissions from agricultural soils. Biogeochemistry, 48: 147-163

**Rasmussen, P.E.; Collins, H.P.** 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. Advances in Agronomy, 45:93-134.

**Reicovsky, D.C.; Kemper, W.D.; W.D.; Langdale, G.W.; Douglas Jr, C.I.; Rasmussen P.E.** 1995. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. Journal Soil and Water Conservation, 50:253-261.

**Sánchez, P.A.** 2002. Soil science as a major player in world development. In: CD XVII World Congress of Soil Science, Plenary Session. Keynote Lecture. Thailand. CD.

**Six, J.; Paustian, K.; Elliot, E.T.; Combrink, C.** 2000. Soil structure and organic matter: I Distribution of aggregate-size classes and aggregate-associated carbon. Soil Science Society of America Journal, 64: 681-689.

**Studdert, G.; Echeverría, H.** 2000. Crop Rotations and Nitrogen Fertilization to Manage Soil Organic Carbon Dynamics. Soil Science Society of America Journal, 64: 1496-1503.

**Wright, A.L.; Hons, F.M.** 2004. Soil Aggregation and Carbon and Nitrogen under Soybean Cropping Sequences. Soil Science Society American Journal, 68: 507-513. ■