

Contenido y calidad de la materia orgánica particulada del suelo.

- JUAN GALANTINI • COMISIÓN INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CIC) – CERZOS, DPTO. AGRONOMÍA - UNS, BAHÍA BLANCA.
- MARÍA LANDRISCINI • CONICET, DPTO. AGRONOMÍA - UNS
- CAROLINA HEVIA • LAHBIS, DPTO. AGRONOMÍA.

Introducción

La materia orgánica (MO) del suelo es un elemento clave para mantener la productividad de los agrosistemas. Sin embargo, en pocos casos se ha observado una relación cuantitativa directa entre la MO y la productividad. Lucas (1977) encontró que el rendimiento potencial del maíz y el contenido de MO del suelo estaban relacionados. Bauer y Black (1994) obtuvieron 15,6 kg de trigo ha⁻¹ por cada Mg de MO del suelo (0-0,305 m), dentro del rango 64-142 Mg MO ha⁻¹. En los suelos de la región semiárida pampeana la MO explicó el 27% de la variabilidad de los rendimientos de trigo (Díaz Zorita, 1994). Estos ejemplos representan condiciones particulares y poco extrapolables, motivo por el cual el contenido de MO es poco utilizado como herramienta de diagnóstico durante la fertilización. Esto se debe principalmente a que:

- la pérdida de MO favorece inicialmente a los cultivos pero existen umbrales a partir de los cuales se ven los efectos adversos de esa pérdida;
- generalmente el efecto es indirecto;
- hay factores que modifican el contenido de MO más que las prácticas de manejo;
- no toda la MO tiene la misma función.

Si bien estos aspectos explican la baja relación encontrada, el último punto es de suma importancia. Esto se debe a que no toda la fracción orgánica del suelo contribuye de la misma forma a la productividad de los cultivos, la mayor parte interviene sólo indirectamente. La MO se encuentra en el suelo en un continuo estado de transformación, donde no existen límites definidos y desde el punto de vista conceptual es importante fijarlos. Se pueden definir varios compartimentos discretos con una relación negativa entre tamaño y velocidad de descomposición, donde las fracciones más abundantes se descomponen más lentamente (Smith et al., 1999).

La facilidad con que se descompone (o labilidad) de cada uno de estos com-

partimentos dependerá de la composición química, de la relación C:N, del estado de humificación y de su posición dentro de la matriz del suelo (Goldchin et al., 1995).

La variación de las fracciones lábiles, que representan una pequeña pero muy activa parte de la materia orgánica, será muy difícil de detectar si se analiza el total de MO y no las diferentes fracciones. Estas fracciones son indicadores sensibles del efecto de los diferentes manejos agronómicos y sus contenidos de N, P, K, S, etc. están directamente relacionados con la disponibilidad de nutrientes para los cultivos (Gregorich, Ellert, 1993).

Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, se pueden diferenciar dos fracciones con características, composición y funciones diferentes: la MO humificada o asociada a la fracción mineral del suelo (MOM) y la joven o particulada (MOP). Esta última es la fracción más dinámica y se relaciona directamente con la disponibilidad de nutrientes para el cultivo (Galantini, Rosell, 1997; Galantini, 2005). La dinámica de la liberación de los nutrientes contenidos en ella dependerá del balance entre los procesos de mineralización e inmovilización producto de la actividad de las bacterias y hongos descomponedores (Salas et al., 2003).

Relación con la productividad

En uno de los primeros estudios realizados para evaluar el efecto de las fracciones orgánicas, Galantini et al. (1992) analizaron tres secuencias diferentes de cultivos de la región semiárida pampeana: cultivos anuales con trigo, campo natural con trigo y pastura con trigo. Se observaron pequeñas diferencias en el contenido de MO total del suelo entre las secuencias (coeficiente de variación, CV= 2%), las que no reflejaban las características tan marcadamente diferentes de los sistemas de producción, ni las diferencias en el rendimiento del trigo (Tabla 1). Sin embargo, las diferencias en la cantidad de MOP eran importantes (CV= 23%), así como la cantidad estimada de MOP descompuesta

TABLA 1 | Contenido de MOT y MOP y estimación del N mineralizado.

	MOT		MOP		N Mineralizado	
	Determinada	Estimada	Mineralizada	N-MOP	N-MOM	
	Mg ha ⁻¹			Kg ha ⁻¹		
Cultivos - trigo	53.4	9.7	1.9	88.4	14.2	
Natural - trigo	52.3	6.4	1.3	64.5	7.9	
Pastura - trigo	54.4	10.2	2.7	133.6	15.1	

N-MOP, Nitrógeno mineralizado o liberado de la materia orgánica particulada
N-MOM, Nitrógeno mineralizado o liberado de la materia orgánica asociada a la fracción mineral o humificada.

(mineralizada) durante el ciclo del cultivo siguiente y el N liberado (CV=37 %). En este sentido, la mayor parte del N que se midió en el cultivo siguiente (cerca del 88%) provenía de la mineralización de la MOP y sólo una pequeña fracción de la mineralización de la MO humificada.

Estos resultados estarían indicando que el contenido de MOP es sensible para detectar diferencias entre los sistemas de producción y aporta la mayor parte del N que necesita el cultivo siguiente a través de su mineralización.

En base a los antecedentes presentados, se postula que la MOP es una reserva importante de nutrientes potencialmente disponible que varía en contenido y calidad en función del cultivo antecesor. Para confirmar esta afirmación, se analizaron suelos de una red de ensayos de fertilización en campos de productores a fin de:

- Cuantificar la MOP presente en los 0-20 cm de suelo y el contenido de nutrientes en ella presente;
- Evaluar el efecto del cultivo antecesor sobre la cantidad y calidad de la MOP.

Aspectos metodológicos

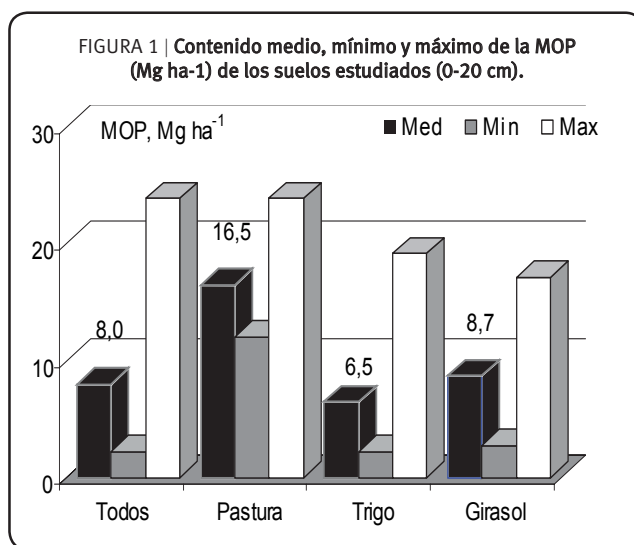
Durante los años 2003 y 2004 se tomaron muestras de 85 suelos de una red de ensayos de fertilización con N y S en lotes de productores de la Regional Bahía Blanca de AAPRESID. Los ensayos se ubicaron en los partidos de Bahía Blanca, Coronel. Dorrego, Tornquist, Pigüé, Coronel. Suárez y Coronel. Pringles, abarcando una amplia variabilidad de suelos y de cultivos antecesores. Se tomaron muestras compuestas (10 submuestras) de suelos durante la siembra del trigo a la profundidad 0-20 cm.

Se realizó un fraccionamiento físico de la MO por tamizado en húmedo usando un diámetro de partícula de 100 µm (Galantini, 2005). Sobre la fracción gruesa (100-2000 µm) se determinó el contenido de MOP y de N. En la misma fracción gruesa se realizó una separación por densidad en agua, separando las arenas de la MOP. El material obtenido se secó, se homogeneizó y se determinaron los contenidos de P, K y S. Todos los nutrientes analizados fueron evaluados en función de su concentración (una idea de la calidad de la MOP) y de su cantidad,

transformando la concentración a toneladas (Mg) o kg ha⁻¹ de nutrientes presentes en la MOP utilizando la densidad aparente obtenida o estimada (1,20 Mg m⁻³). Los resultados se agruparon según el cultivo antecesor en: antecesor trigo, antecesor girasol y antecesor pasturas. Estas últimas fueron 8, la mitad pasto llorón y la otra mitad de consociadas con alfalfa.

Resultados obtenidos y Discusión

El contenido de MOP promedio para los 85 suelos analizados fue 8,0 Mg ha⁻¹, variando entre 2,2 y 23,9 Mg ha⁻¹ (Figura 1). Estos valores corresponden al final del barbecho y siembra del trigo, por lo que no son los valores máximos esperables en la cosecha, en suelos sin cultivar o con pasturas. El máximo valor encontrado en una pastura de 36 años fue de 36 Mg ha⁻¹. Teniendo en cuenta el cultivo antecesor los tres grupos (antecesor pastura, antecesor trigo o antecesor girasol) presentaron valores diferentes, con promedios 16,5; 6,5 y 8,7 Mg ha⁻¹ de MOP, respectivamente.



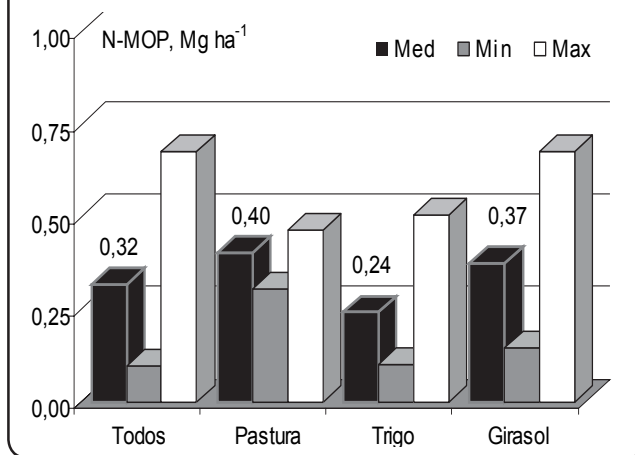
En promedio, los suelos con antecesor pastura tuvieron aproximadamente el doble de MOP que aquellos con antecesor trigo o girasol. La variabilidad encontrada en los resultados fue menor para el antecesor pastura que para el trigo o el girasol. En algunos casos el antecesor trigo presentó altos valores de MOP, consecuencia de alguna pastura en su historia reciente. Esto pone de manifiesto que el efecto de la pastura sobre el nivel de MOP perdura por varios años. Las diferencias encontradas en el contenido de MOP en suelos con girasol o trigo como antecesor, podrían relacionarse a la elección de mejores suelos para el girasol y a los barbechos estivales y más largos para el trigo. Durante el barbecho del trigo la humedad y temperatura favorecen la mineralización de los residuos y de la MOP, mientras en el girasol el cultivo está en crecimiento, interceptando la energía y consumiendo el agua y los nutrientes disponibles. En el primer caso, las condiciones son favorables para la descomposición, mientras que en el segundo hay aportes de materia seca (raíces) y condiciones desfavorables.

Considerando que la MOP es la fracción más lábil de la MO, es importante conocer su contenido en los suelos, pero también el aporte de nutrientes que puede hacer.

El contenido medio de N, P, K y S en la MOP fue 320, 7,7, 47,7 y 25,5 kg ha⁻¹, respectivamente, representando una importante reserva de nutrientes. La variabilidad encontrada indicaría diferencias sustanciales en la fertilidad potencial de los suelos estudiados.

El contenido de N para el promedio de los suelos fue 320 kg ha⁻¹, con promedios de 400, 240 y 370 kg ha⁻¹ para los antecesores pasturas, trigo y girasol, respectivamente (Figura 2). Si bien no todo el N está disponible para el cultivo y se requieren estudios más profundos para determinar ese valor, representa una importante fuente de nutrientes potencialmente disponible cuando se compara con los requerimientos de los cultivos. Las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de los cultivos también lo son para los procesos de mineralización de las fracciones orgánicas. Estos dos procesos están en cierto modo sincronizados, por lo que sólo es necesario conocer qué parte de los requerimientos no son satisfechos.

FIGURA 2 | Contenido medio, mínimo y máximo de N (Mg ha⁻¹) en la MOP de los suelos estudiados (0-20 cm).



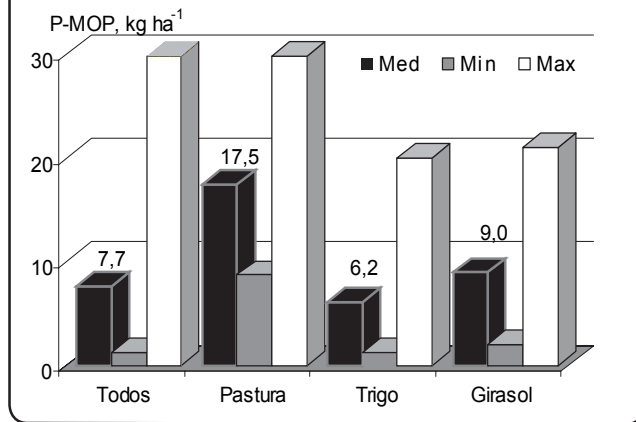
El contenido promedio de P en la MOP fue de 7,7 kg ha⁻¹, siendo de 17,5 para el antecesor pastura, 6,2 para el trigo y 9,0 para girasol. (Figura 3).

Algunos estudios han encontrado que los suelos con antecesor pastura generalmente presentan muy bajos valores de P disponible (Echeverría et al., 1993), posiblemente debido a que una parte importante del P medianamente lábil está en la fracción orgánica, como sugieren los datos obtenidos.

Por otro lado, si bien la cantidad de P en la MOP es importante, para satisfacer los requerimientos de los cultivos es necesario el aporte de las formas inorgánicas.

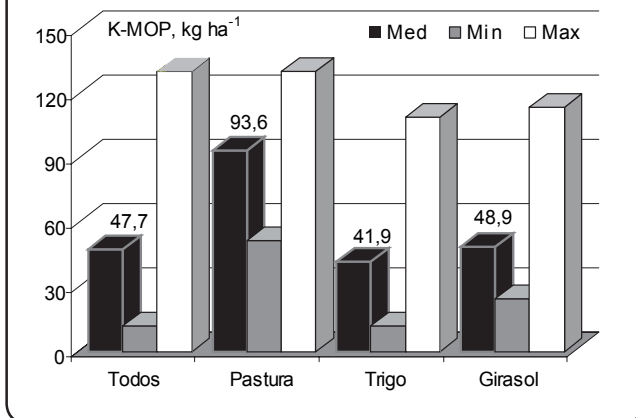
El contenido de K siguió las oscilaciones anteriormente mencionadas y las cantidades fueron importantes, desde 50 hasta más de 90 kg ha⁻¹. (Figura 4)

FIGURA 3 | Contenido medio, mínimo y máximo de P (Mg ha⁻¹) en la MOP en los suelos estudiados (0-20 cm).



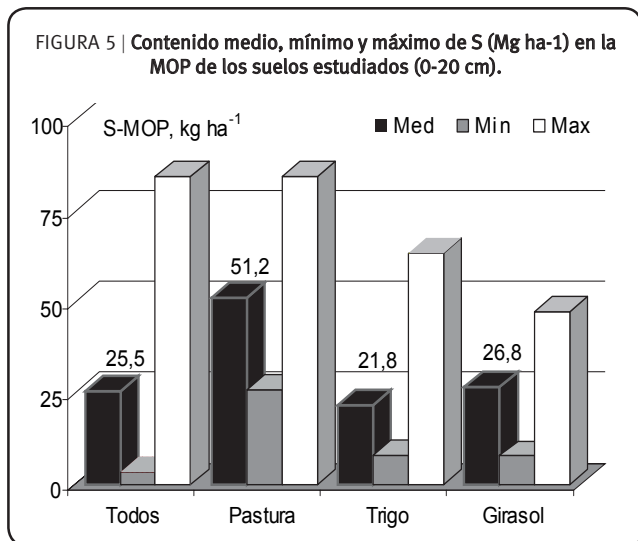
De la misma forma que para los otros nutrientes mencionados, la MOP es una importante fuente de S. En promedio se observó 25,5 kg de S ha⁻¹, la que sería una cantidad importante para el cultivo de trigo (Figura 5). Este puede ser uno de los factores que enmascara la respuesta a la aplicación de fertilizantes con S. En la mayoría de estos ensayos de fertilización con S se han observado respuestas en el desarrollo inicial del cultivo, con diferencias en el color y en la producción de materia seca del trigo (Galantini et al., 2006), posiblemente en coincidencia con períodos de menores temperaturas en donde la mineralización de las fracciones orgánicas es menor. Al final del ciclo estas diferencias no se observaron.

FIGURA 4 | Contenido de K (Mg ha⁻¹) en la MOP en los 0-20 cm de los suelos en estudio según diversos cultivos antecesores.

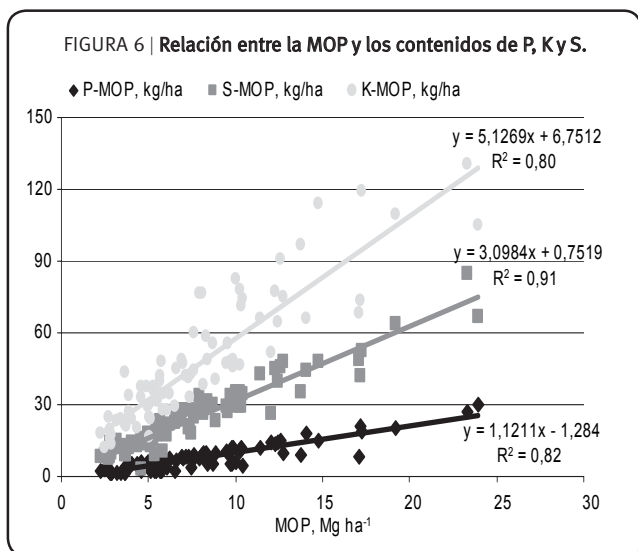


En promedio para los 85 suelos de la región en estudio se determinó que cada tonelada la MOP aporta a la reserva de nutrientes potencialmente disponibles:

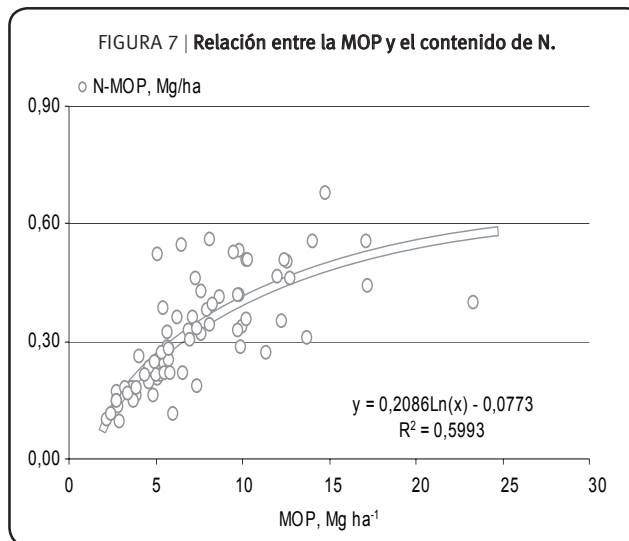
	N	P	K	S
kg ha ⁻¹	40	1	6	3



La variación del contenido de estos nutrientes estuvo principalmente asociada a la variación en el contenido de MOP que fue aproximadamente 10 veces más alto en el suelo con mayor contenido (23,9 Mg ha⁻¹) que en el de menor (2,2 Mg ha⁻¹).



Las relaciones entre la MOP y los contenidos de P, K y S fueron lineales, altamente significativas y con ajustes elevados ($R^2 = 0,82, 0,80$ y $0,91$, respectivamente), indicando que la principal fuente de variación fue el contenido de MOP (Figura 6). En el caso del contenido de N, el mejor ajuste se obtuvo con el modelo logarítmico ($R^2=0,60$), aunque fue menor que los obtenidos para el P, K y S, poniendo en evidencia una mayor variabilidad de la concentración de N en la MOP. Se pudo observar (Figura 7) que por debajo de 5 Mg de MOP ha⁻¹ la relación fue lineal y la variabilidad fue menor, mientras que para valores mayores la variabilidad aumentó y la relación cambió. Estas diferencias podrían asociarse al déficit de



N en suelos de baja fertilidad que limitarían el ritmo de acumulación y descomposición del material orgánico que entra al suelo.

En general, los suelos con antecesor pastura contuvieron más del doble de N, P, K y S que los de antecesores trigo y girasol. En estos suelos, la variabilidad de MOP y sus nutrientes fue baja, debido a su alta fertilidad y al menor número de situaciones consideradas, por ser un antecesor poco común en la región. Por otro lado, si bien los contenidos más altos de N en la MOP estuvieron asociados a las pasturas, existieron importantes diferencias debidas a la calidad de las mismas. Los puntos correspondientes a pasturas con leguminosas (principalmente alfalfa) se ubicaron por encima de la línea promedio y aquellas con pasto llorón (*Eragrostis curvula*) por debajo de la misma.

Los resultados pusieron en evidencia el efecto del cultivo antecesor por lo que se necesita continuar con los estudios para determinar el efecto de la secuencia previa y los cambios en las relaciones C:N:P:K:S.

Conclusiones

La cantidad de MOP del suelo es muy variable y representa una importante reserva nutricional para los cultivos, pudiendo asociar su calidad con los contenidos de N, P, K y S. El cultivo antecesor sería el principal responsable de esa variabilidad como de los macronutrientes contenidos en ella.

En los suelos estudiados cada tonelada de MOP almacenada equivale, en promedio, a una reserva de 40, 1, 6 y 3 kg de N, P, K y S ha⁻¹, respectivamente.

Las pasturas serían responsables de los mayores contenidos de MOP y nutrientes a la siembra del cultivo siguiente, con alta variabilidad del contenido de N, dependiendo de la calidad de la pastura.

Bibliografía

- Bauer A., A.L. Black. 1994. Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58:185-193.
- Echeverría N., T.Grossi, C.A.Purricelli, H. Pelta. 1993. Evolución de cuatro parámetros del suelo en dos manejos contrastados., *Actas XIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* p305.
- Galantini J.A., R.A. Rosell, A.E. Andriulo, A.M. Miglierina, J.O. Iglesias. 1992. Humification and N mineralization of crop residues in semi-arid Argentina. *The Science of the Total Environment (Holanda)*, 117/118: 263-270
- Galantini J.A., R.A. Rosell. 1997. Organic fractions, N, P, and S changes in a semiarid Haplustoll of Argentine under different crop sequences. *Soil and Tillage Research* 42: 221-228.
- Galantini J.A. 2005. Separación y análisis de las fracciones orgánicas. En: Manual "Tecnología en Análisis de Suelos: Alcances a laboratorios agropecuarios" (Eds. L. Marban y S. Ratto) AACS. Capítulo IV parte 2, 95-106.
- Galantini J.A., Minoldo G., Landriscini M.R., Fernandez R., Cachiarelli J., Iglesias J.O. 2006. Trigo: Fertilización con N y S en el sur y sudoeste bonaerense. *Informaciones agronómicas del Cono Sur. INFOFOS Informaciones Agronómicas* 29: 23-25.
- Goldchin A., J.M. Oades, J.O. Skjemstad, P. Clarke. 1995. Structural and dynamic properties of soil organic matter as reflected by ¹³C natural abundance, pyrolysis and ¹³C NMR spectrometry in density fractions of an Oxisol under forest and pasture. *Aust. J. Soil Res.* 33: 59-76.
- Gregorich E., B.H. Ellert. 1993. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. In: M.R. Carter (Ed.) *Soil Sampling Methods of Analysis*, Lewis Publisher, Boca Raton, pp. 175–203.
- Lucas, R.E., J.B. Holtman, and J.L. Connor. 1977. Soil carbon dynamics and cropping practices. pp. 333–451. In *Agriculture and Energy* (W. Lockeretz, ed.). Academic Press. New York, NY.
- Salas A.M., E. T. Elliott, D. G. Westfall, C. V. Cole, J. Six. 2003. The Role of Particulate Organic Matter in Phosphorus Cycling. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 181 – 189.
- Smith H.J., H. Fischer, M. Wahlen, D. Mastroianni, B. Deck. 1999. Dual modes of the carbon cycle since the last glacial maximum. *Nature* 400:248-250.