

EL USO DE FERTILIZANTES NITROGENADOS AGOTA LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO?

J.H. Grove, E.M. Pena-Yewtukhiw, M. Diaz-Zorita y R.L. Blevins*

Introducción

Históricamente, los científicos especialistas en suelos han considerado que el carbono orgánico del suelo (COS) y el nitrógeno (N) están positiva e intrínsecamente ligados. Los textos de ciencia del suelo destacan la relación entre las pérdidas de materia orgánica del suelo (MOS), y la asociada pérdida de nutrientes como N, fósforo (P), potasio (K) y azufre (S), cuando discuten la pérdida del potencial productivo del suelo. Al momento, muchos proyectos de investigación están encaminados a determinar la calidad del suelo y cuantificar el secuestro de C, sin embargo, la mayoría de los reportes recientes provenientes de este tipo de investigación no están acompañados con información referente a los cambios del estado de otros nutrientes ligados a la MOS.

Debido al énfasis actual en almacenamiento de C es muy importante entender las prácticas de manejo del suelo y del cultivo que contribuyen a la ganancia o pérdida de MOS. Nuevamente, los libros de texto generalmente enseñan que la productividad del cultivo se incrementa cuando se añade un nutriente (o cualquier otro factor) limitante. El crecimiento de la planta es la fuente del C residual que eventualmente pasa a ser COS. La aplicación de N en forma de fertilizantes (al igual que el agua) es el factor más importante en el crecimiento en los cereales, por esta razón, se considera que la nutrición de las plantas contribuye positivamente a la acumulación de MOS. Contrastando con estos conceptos, Khan et al. (2007), utilizando datos históricos y datos nuevos de las parcelas Morrow en la Universidad de Illinois, reportaron que “el análisis de estos datos que demostraría que la utilización de fertilizantes nitrogenados promueve la descomposición de los residuos de cultivo y de la MOS... “. Estas afirmaciones son contrarias a la visión establecida de estos conceptos.

Un examen minucioso del artículo escrito por Khan et al. (2007) demuestra que los cambios observados en MOS resultan de varios procesos y prácticas confusas y coincidentes. Las parcelas Morrow cubiertas por pasto nativo de pradera se incorporaron a investigación en 1876, se instaló un sistema de drenaje en 1904, los residuos de los cultivos se removieron totalmente de todas las parcelas hasta 1955 y en algunas parcelas hasta 1967 y se labraron con subsolador antes que con arado de vertedera después de 1997. Se reemplazó la avena con soya en una de las dos rotaciones en 1967. Algunas parcelas pasaron de aplicaciones conjuntas de C orgánico



Foto 1. Área experimental: Cultivo de cobertura mostrando diferencias en crecimiento como efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado.



Foto 2. Área experimental: Atrás se ve el crecimiento vigoroso durante el periodo vegetativo en respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado.

y otros nutrientes (residuos de corral) a parcelas fertilizadas con fuentes inorgánicas de nutrientes en 1955, cosa que ocurrió también con otras parcelas en 1967. Todos estos cambios no permiten tener parcelas que sirvan de apropiados testigos en el tiempo y en el espacio.

El objetivo del estudio reportado en este artículo fue el de examinar la evidencia agronómica y la evidencia en el suelo que permita aceptar o desechar la hipótesis de que el uso de fertilizantes nitrogenados a largo plazo reduce el contenido de COS. Se determinaron los niveles de COS en el perfil resultantes de la evaluación de los siguientes tratamientos:

- Conversión de un pasto nativo a producción continua de maíz.
- Manejo del suelo con siembra directa (SD) o labranza convencional con arado de vertedera (LC).

* Tomado de: Grove, J.H., E.M. Pena-Yewtukhiw, M. Diaz-Zorita, and R.L. Blevins. Does Fertilizer N “Burn Up” Soil Organic Matter?. *Better Crops With Plant Food* 93(4):6-8.

Tabla 1. Rendimiento promedio en maíz en los primeros 15 años, en los últimos 15 años y durante los 39 años de duración del estudio.

Sistema de labranza	Dosis de N kg ha ⁻¹	----- Rendimiento de maíz, t ha ⁻¹ -----		
		Primeros 15 años (1970 - 1984)	Ultimos 15 años (1994 - 2008)	Todos los 39 años (1970 - 2008)
Arado de vertedera	0	5.41	2.77	3.77
	85	7.55	6.35	6.67
	170	7.74	7.30	7.30
	340	8.05	7.74	7.67
Siembra directa	0	4.47	3.27	3.84
	85	7.30	7.04	6.92
	170	7.93	8.37	7.93
	340	8.05	8.18	7.93

■ Ninguna aplicación de N y aplicación continua de cantidades adecuadas o excesivas de fertilizante nitrogenado.

cálculo de densidad aparente. El resto del suelo se secó y molió para determinar el contenido de COS por combustión seca.

Materiales y métodos

Este experimento de campo se inició en 1970 en la Estación Experimental de la Universidad de Kentucky cerca de la ciudad de Lexington. El sitio estuvo cubierto con pasto azul (*Poa pratensis*) los 50 años previos al inicio del experimento. El suelo bien drenado de textura franco arenosa está clasificado como mesic Typic Paleudalfs. El experimento se sembró continuamente con maíz (*Zea mays*) para producción de grano durante el verano y luego de cada cosecha se sembró un cultivo de cobertura. La labranza con el arado de vertedera, a una profundidad de 20 a 25 cm, se realizó de 1 a 2 semanas antes de la siembra del maíz. El cultivo sin labranza se sembró sobre los residuos anteriores de maíz y del cultivo de cobertura usando equipo diseñado para SD. Se utilizó nitrato de amonio como fuente de N. El fertilizante se aplicó al voleo a la superficie dentro de la primera semana después de sembrado el maíz. Luego de la cosecha del maíz se sembró el cultivo de cobertura también con equipo de SD.

El experimento fue localizado en el campo con cuatro repeticiones de dos tratamientos de labranza (SD y LC) y cuatro dosis de N (0, 85, 170 y 340 kg N ha⁻¹ año⁻¹). La labranza y las dosis de N se han mantenido en las mismas parcelas experimentales durante todo el tiempo de duración del estudio. Se tomaron muestras intactas del suelo con un barreno, hasta una profundidad de 100 cm, de las parcelas de 0, 170 y 340 kg N ha⁻¹ año⁻¹ y las áreas no fertilizadas con pasto alrededor del experimento en cada una de las cuatro esquinas del área de estudio. Las muestras se dividieron en incrementos de 10 cm de las cuales se tomó una muestra para determinar la humedad gravimétrica y el subsecuente

Resultados

Las diferencias en crecimiento de las plantas de maíz como respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado son a menudo dramáticas (**Foto 1**), así

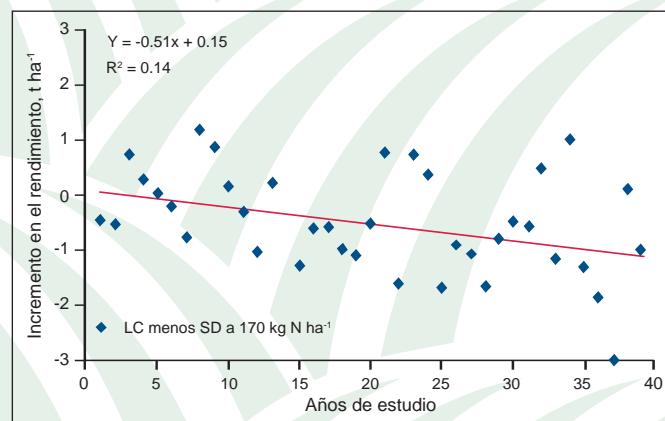


Figura 1. Incremento en rendimiento a la labranza con arado de vertedera a 170 kg N ha⁻¹ durante el periodo de evaluación.

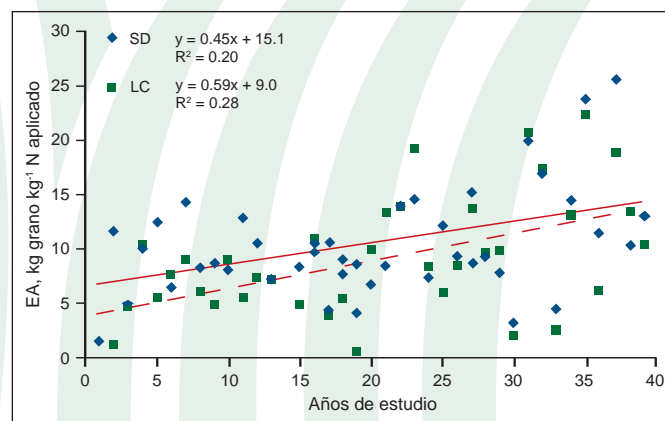


Figura 2. Eficiencia agronómica del maíz (kg de grano kg⁻¹ de N aplicado) para la primera dosis de 170 kg N ha⁻¹, durante el periodo de evaluación.

como las diferencias en crecimiento en el cultivo de cobertura (**Foto 2**), aun cuando esta última diferencia se mide solamente en raras ocasiones. Cuando se promedian los 39 años de rendimiento de maíz se observa que existe muy poca diferencia en respuesta al N entre los dos sistemas de labranza, sin embargo, la dinámica de la respuesta ha cambiado a través de los años (**Tabla 1**). En los primeros 15 años, la SD respondió más al N, pero el tratamiento con LC respondió más al N en los últimos 15 años. En general, la dosis óptima de N esta alrededor de 170 kg ha⁻¹ en ambos sistemas de labranza (**Tabla 1**). La respuesta anual en rendimiento a la LC, a la dosis de 170 kg N ha⁻¹, fue positiva en 12 de los 39 años, pero ha declinado con el tiempo a una tasa de 30 kg ha⁻¹ año⁻¹ (**Figura 1**). La reducción de los rendimientos en la parcela sin fertilización (**Tabla 1**) hace que la eficiencia del N aplicado (kg de maíz kg⁻¹ de N) se incremente con el tiempo, en ambos sistemas de labranza (**Figura 2**). Inicialmente, la respuesta anual a la aplicación de fertilizante nitrogenado fue mayor en la SD, sin embargo, la respuesta en la LC se incrementó 25 % más rápidamente y se ha igualado con la SD.

Las **Figuras 3 y 4** demuestran como los tratamientos a largo plazo han causado diferencias en la distribución de C en el perfil del suelo. El impacto de la labranza en el contenido de COS, en relación al pasto circundante, se limita a los primeros 40 cm del perfil (**Figura 3**). La producción continua de maíz en SD hizo que la distribución del COS en el perfil sea similar a la del pasto circundante, mientras que la LC provocó una más uniforme distribución del COS en los primeros 30 cm del perfil. Las dosis de fertilizante nitrogenado promovieron la presencia de COS a profundidades de 50 y 60 cm, debido probablemente al mayor crecimiento radicular promovido por la fertilización nitrogenada (**Figura 4**). Los primeros 10 a 20 cm del perfil del suelo presentaron la mayor acumulación de COS en respuesta a las dosis de N. El pasto circundante no fertilizado presentó el mayor contenido de COS, principalmente debido a la gran cantidad de COS (36 t ha⁻¹) encontrada en los primeros 10 cm del perfil.

Interpretación y conclusiones

La **Figura 5** resume lo encontrado en el estudio. El contenido de COS bajó hasta 85 t ha⁻¹ en las parcelas donde se cultivó maíz sin aplicación de fertilizante nitrogenado, en cualquiera de los dos sistemas de labranza. El contenido de COS en el perfil llegó hasta 108 t ha⁻¹ en el pasto circundante no fertilizado, así como en las parcelas donde se cultivó maíz en SD con una dosis excesiva de N (340 kg N ha⁻¹ año⁻¹). La conversión de pasto nativo a maíz continuo, sin fertilización y con cultivo de cobertura, redujo el contenido de COS en el perfil en alrededor de 20 %. Las

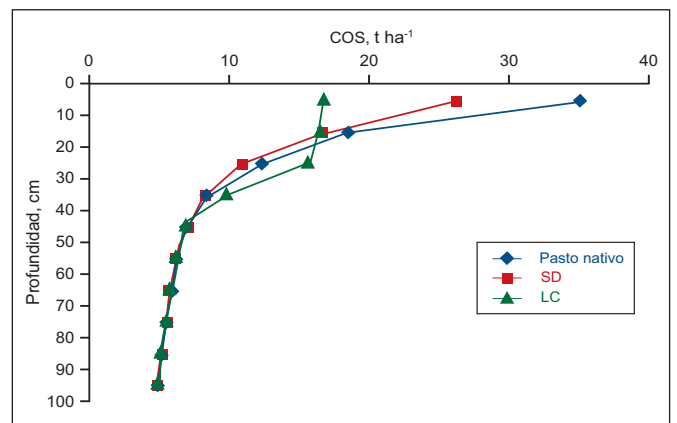


Figura 3. Impacto del sistema de cultivo, a través de las dosis de N, en la distribución de COS en el perfil.

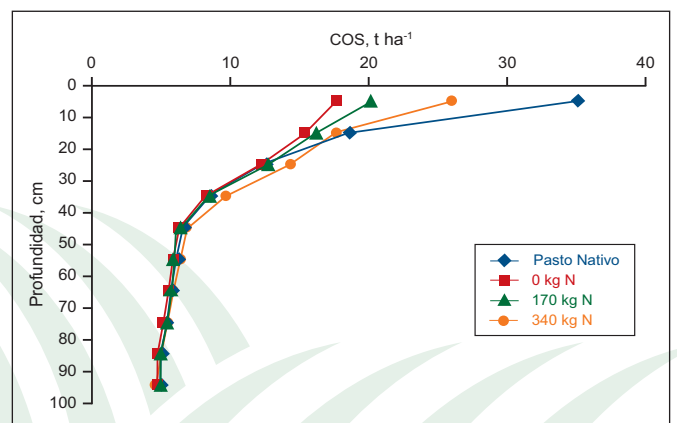


Figura 4. Impacto de las dosis de N, a través de los sistemas de cultivo, en la distribución de COS en el perfil.

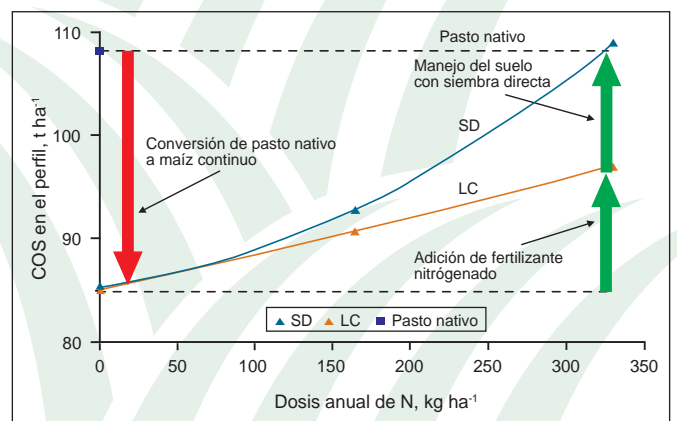


Figura 5. Impacto del fertilizante nitrogenado en el nivel total de COS en el perfil después de 39 años de cultivar continuamente maíz con un cultivo de cobertura en el invierno.

parcelas con dosis de 170 kg N ha⁻¹ año⁻¹ tuvieron alrededor de 15 % menos COS que el pasto nativo. La labranza con arado de vertedera (LC) impacta el contenido de COS resultando en 10 % menos COS en el perfil con la dosis de 340 kg N ha⁻¹ año⁻¹.

La evidencia agronómica indica que el fertilizante nitrogenado es necesario para obtener rendimientos adecuados de maíz y que la necesidad de N

suplementario se ha vuelto mayor con el tiempo y con el tipo de labranza. La mayor necesidad de N se debe a la menor liberación de N de las reservas de la MOS que también se ha reducido tanto con el tiempo y con la labranza.

No se encontró evidencia que la utilización de fertilizantes nitrogenados cause pérdidas de MOS. Aparentemente, $170 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ son suficientes para mantener los rendimientos de maíz cuando se usa SD y un cultivo de cobertura, pero parece que es necesario utilizar más fertilizante nitrogenado para mantener los rendimientos cuando se usa LC. Las pérdidas de MOS causadas por labranza son mayores que las ganancias de MOS obtenidas con la aplicación de dosis de $170 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Las pérdidas de COS estuvieron más asociadas con el cambio del agroecosistema que con la labranza. La ganancia-mantenimiento del COS estuvo más asociada con la fertilización nitrogenada, la cual promovería la acumulación de materia seca del cultivo de maíz y del cultivo de cobertura y con la SD que conserva el C secuestrado.

El buen manejo del suelo debe lograr, tanto como sea práctico, el mantenimiento-reemplazo de la MOS. La ciencia del manejo del suelo debe reconocer, antes que desestimar, el papel de las diferentes prácticas agronómicas que actúan en diferentes espacios de tiempo. Las prácticas de oxidación (drenaje, labranza y barbecho), las prácticas de reducción (fotosíntesis, inmovilización y desnitrificación) y las prácticas de transferencia de masa (adiciones de compost, residuos de corral, etc. y la remoción del grano y los residuos) han contribuido a determinar el contenido actual de MOS.

En este suelo, la productividad del cultivo y el secuestro de C son servicios íntimamente ligados entregados por agroecosistema. Estos servicios se han mantenido por medio de la SD y aplicación de fertilizantes nitrogenados, que son prácticas de manejo adecuadas para este suelo.

Bibliografía

Khan, S.A., R.L. Mulvaney, T.R. Ellsworth, and C.W. Boast. 2007. The myth of N fertilization for carbon sequestration. *Journal of Environmental Quality* 36:1821-1832. 