

## DISTRIBUCIÓN DEL CARBONO ORGÁNICO Y LA FRACCIÓN PARTICULADA EN DIFERENTES SECUENCIAS DE CULTIVOS

<sup>1</sup>BARBARA NOVILLO; <sup>2</sup>ANDREA PELLEGRINI; <sup>3</sup>ADRIANA CHAMORRO; <sup>3</sup>RODOLFO BEZUS; <sup>4</sup>AXEL VOISIN; <sup>2</sup>JORGE LANFRANCO & <sup>5</sup>SILVINA GOLIK

<sup>1</sup>Becaria CIC-UNPL, <sup>2</sup>Curso de Edafología, <sup>3</sup>Curso de Oleaginosas, <sup>4</sup>Becario CIC, <sup>5</sup>Curso de Cerealicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Calle 60 y 119 s/n, C.C. 31 (CP 1900) La Plata. Buenos Aires; 221-4236758 Int 537. [barbinovillo@gmail.com](mailto:barbinovillo@gmail.com)

**Palabras clave:** rastrojo; cultivo de verano; cultivo de invierno.

### Resumen

El contenido de Carbono orgánico del suelo (COs) es dinámico y se ve afectado por las labranzas y la secuencia de cultivos y fertilización. El objetivo fue analizar el efecto de diferentes rotaciones de cultivos sobre el COs y el carbono particulado de un *Argiudol típico* del partido de La Plata. Los tratamientos fueron: *secuencia 1* trigo/soja 2º-maíz-soja 1º-trigo; *secuencia 2* cebada/soja 2º-maíz-soja 1º-trigo; *secuencia 3* avena/soja 2º-maíz-girasol-trigo; y *secuencia 4* colza/soja 2º-maíz-sorgo-trigo. Se condujo con nivel de tecnología: media y alta. Muestreo de 0-20 cm el 11/2013 posterior a la cosecha del maíz, y el 5/2015 luego de la cosecha del trigo. Se determinó COs y carbono orgánico particulado en dos fracciones granulométricas, una gruesa: < 2000 µm y > a 106 µm y una fracción fina entre 53 y 106 µm (COPg y COPf). En el análisis estadístico del carbono orgánico no se encontró diferencia entre las rotaciones analizadas, solo hubo diferencia significativa entre años de muestreo. El CO promedio fue 28,8 g kg<sup>-1</sup> en el 2015 y de 22,07 g kg<sup>-1</sup> en el 2013. Tanto el particulado grueso como la relación (COPg + COPf)/COs disminuyeron en función de los años de agricultura. En la fracción fina del particulado se encontró diferencia significativa entre la secuencia 1 -promedio 2 g kg<sup>-1</sup>- y las secuencia 3 y 4 (1,73-1,69 g kg<sup>-1</sup>). La secuencias 2 no se diferenciaron de las restantes. Fue el único indicador que manifestó diferencia de las rotaciones analizadas, esto denota mayor sensibilidad, por tal motivo justifica el cambio de la técnica original que sólo valoraba el particulado mayor a 100 µm. La incorporación de rastrojo no se vio reflejado en los contenidos de carbono orgánico del suelo de las diferentes rotaciones pero trajo aparejado un aumento del carbono orgánico oxidable en el último muestreo.

### Introducción

La alternancia de diferentes cultivos en el tiempo y en el espacio presenta ventajas desde el punto de vista agronómico y empresarial. Las rotaciones tienen efecto inhibitorio sobre muchos patógenos. Es decir, que el agente causal de enfermedad al no encontrar el hospedante adecuado ve interrumpido su ciclo y no tiene oportunidad de prosperar, disminuyendo la cantidad de inóculo presente en el lote (Ventimiglia y Carta, 2005; Forján

y Manso, 2010; Krupinsky et al., 2002). Con las malezas y los insectos ocurre algo similar. Al ir modificando anualmente el ambiente estos organismos no encuentran un nicho estable que permita un aumento importante de su densidad poblacional, en consecuencia, malezas y plagas se mantienen en niveles que no comprometen el éxito del cultivo con un manejo integrado.

Las rotaciones también influyen en las condiciones físicas de los suelos. Los distintos sistemas radiculares de los cultivos exploran diferentes estratos del perfil, permitiendo una colonización del suelo con raíces de diferentes arquitecturas. Debido a esto cada tipo de raíz genera una clase determinada de poros, los cuales, según su tamaño tendrán funciones de aireación, ingreso del agua al perfil, almacenamiento o funciones mixtas. El cultivo de trigo desarrolla un sistema radical en cabellera, ocupando principalmente la superficie del suelo. El cultivo de maíz o sorgo tienen también raíces en cabellera pero mucho más agresivas y profundas. Al descomponerse las raíces por actividad de los microorganismos quedan formados poros, los cuales presentan alta estabilidad y continuidad espacial, favoreciendo una buena dinámica del aire y del agua (Belloso, 2002; Forján y Manso, 2010).

La cantidad y calidad del rastrojo que es aportado al suelo está ligada por un lado al tipo de cultivo empleado en la secuencia y por otro a la producción de biomasa alcanzada, parámetro que se ve incrementado con la fertilización y tecnología utilizada.

La relación Carbono/Nitrógeno de los rastrojos determina la tasa de descomposición, variable que incide directamente en el aporte a la humificación y posterior reposición de los niveles de Materia Orgánica al suelo (Studdert y Echeverría, 2000; Studdert et al., 2000; Alvarez, 2004). Es conocido que las características del cultivo de trigo y de los otros cereales de invierno (distribución del peso de la materia seca entre sus distintos órganos, distancia entre hileras) traen como consecuencia una distribución más uniforme de ese residuo sobre el suelo. En el caso de las oleaginosas el elevado contenido de N y carbohidratos solubles de sus residuos, particularmente en soja, aceleran la tasa de descomposición, por lo que resulta relativamente bajo su aporte de Carbono al sistema. No obstante los residuos de soja y girasol se descomponen rápidamente y suministran nutrientes durante los primeros estadios del cultivo siguiente.

El Carbono orgánico (CO) del suelo está formado por una fracción lábil o activa, componente más dinámico que contribuye a la liberación de nutrientes y una fracción recalcitrante generalmente asociada a la fracción mineral. El contenido de CO es dinámico y refleja la historia del balance entre las tasas de acumulación y la de mineralización, el cual es afectado por las labranzas y la secuencia de cultivos y fertilización (aporte de C de los residuos) (Janzen, 2006).

El objetivo del trabajo fue analizar el efecto de diferentes rotaciones de cultivos sobre el contenido de carbono orgánico oxidable y el carbono particulado sobre un *Argiudol típico* del partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

## **Materiales y métodos**

El ensayo se realizó sobre un *Argiudol típico* (USDA 2010) de la Estación Experimental J. Hirschhorn dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP (34° 52´

LS, 57° 58' LO). Los tratamientos fueron diferentes secuencias de cultivos, *secuencia 1*: trigo/soja de segunda, maíz, soja de primera y trigo; *secuencia 2*: cebada/soja de segunda, maíz, soja de primera y trigo; *secuencia 3*: avena/ soja de segunda, maíz, girasol y trigo; y *secuencia 4*: colza/soja de segunda, maíz, sorgo y trigo. Se condujo con 2 niveles de tecnología (media y alta, implementados a través de diferentes aplicaciones de fertilizantes y fungicidas).

El diseño experimental fue en bloques al azar con 4 repeticiones y parcela dividida, correspondiendo la parcela principal a la secuencia de cultivos y la sub-parcela al nivel de tecnología.

Se realizó un primer muestreo de 0-20 cm en noviembre de 2013 posterior a la cosecha del maíz, y un segundo muestreo luego de la cosecha del trigo en mayo de 2015, muestras compuestas de 10 submuestras por tratamiento. Se determinó carbono orgánico del suelo (COs) por Walkey-Black modificado (PROMAR 1991) y carbono orgánico particulado en dos fracciones granulométricas, una fina mayor a 53  $\mu\text{m}$  y menor a 106  $\mu\text{m}$ , y una fracción gruesa mayor 2000  $\mu\text{m}$  y menor a 106  $\mu\text{m}$  (COPf y COPg) por Galantini (2005) modificado por el autor (comunicación personal, 2014).

Se contó con los valores de rastrojo de los cultivos de verano y del trigo entre los dos muestreos.

Los resultados se procesaron por el análisis de la varianza y se usó el test de LSD Fisher para la comparación de medias ( $P < 0,05$ ).

## **Resultados y discusión**

En el análisis estadístico del carbono orgánico no se encontró diferencia entre las rotaciones analizadas, sólo hubo diferencia significativa entre años de muestreo. El CO promedio fue 28,8  $\text{g kg}^{-1}$  en el 2015 y de 22,07  $\text{g kg}^{-1}$  en el 2013 (Figura 1). No presentó diferencia entre niveles tecnológicos utilizados. La falta de diferenciación entre secuencias es concordante con analizado por Moron & Sawchik (2002); Zagal & Córdova (2005); Galantini & Suñer (2008); Laguzzi et al. (2014); quienes indican que CO del suelo es de ciclado lento, de baja actividad biológica, por lo que necesitan periodos de tiempo muy largos para detectar diferencias por efecto de los sistemas de labranza y cultivos

Analizando la cantidad rastrojo de los cultivos de verano y el rastrojo total incorporado al 2015 se encontró interacción Secuencia  $\times$  Nivel tecnológico (Figuras 2 y 3). Esta diferenciación no se vio reflejada en los valores de CO de las distintas secuencias en el 2015. El rastrojo de trigo no presentó diferencia para secuencia ni nivel tecnológico.

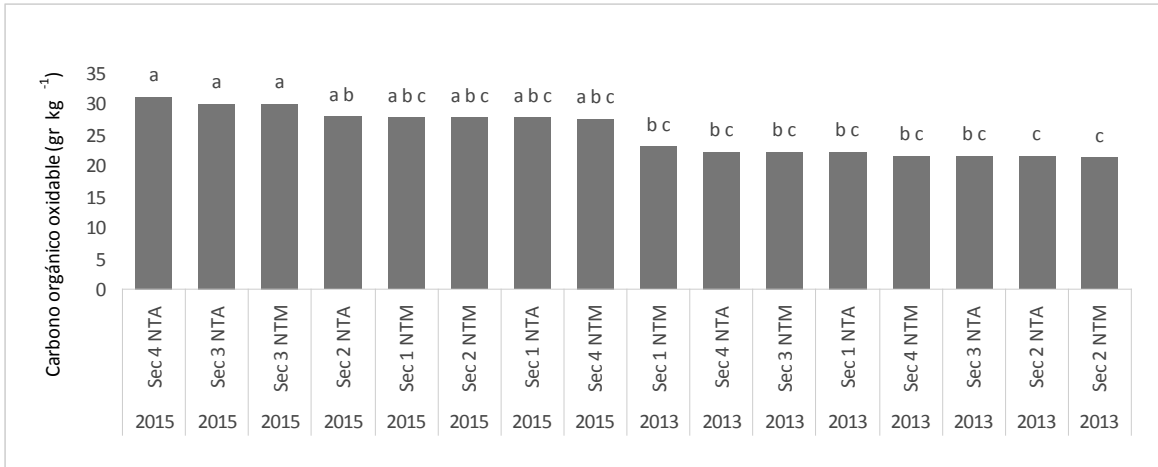


Figura 1. Contenido de Carbono orgánico del suelo según año de muestreo 2013 y 2015 por secuencia de cultivo 1 (trigo/soja de segunda, maíz, soja de primera y trigo); secuencia 2 (cebada/soja de segunda, maíz, soja de primera y trigo); secuencia 3 (avena/ soja de segunda, maíz, girasol y trigo); y secuencia 4 (colza/soja de segunda, maíz, sorgo y trigo) y nivel tecnológico alto (NTA) – nivel tecnológico medio (NTM)

El carbono particulado grueso presentó diferencia entre años. Se diferenciaron estadísticamente las muestras del 2013 con valores promedio de 2,01 g kg<sup>-1</sup> respecto a las del 2015 con promedio de 1,36 g kg<sup>-1</sup> (Figura 4). Este resultado es coincidente con lo señalado por Casanovas et al. (1995) y Conti et al. (1990) quienes observaron que los años de agricultura disminuyen el contenido de la fracción lábil. El nivel tecnológico no arrojó diferencia.

El comportamiento de la relación de la suma de los carbonos particulados/COs tuvo similar comportamiento que COPg (Figura 5).

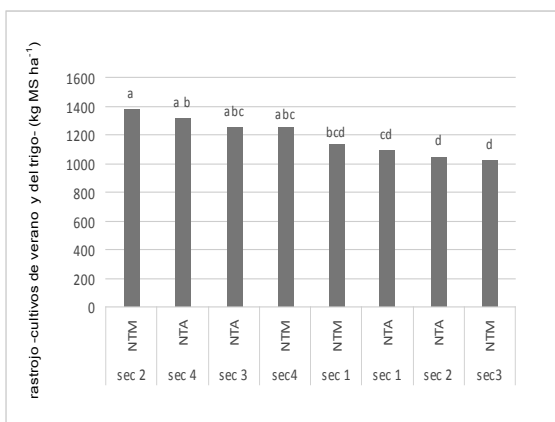
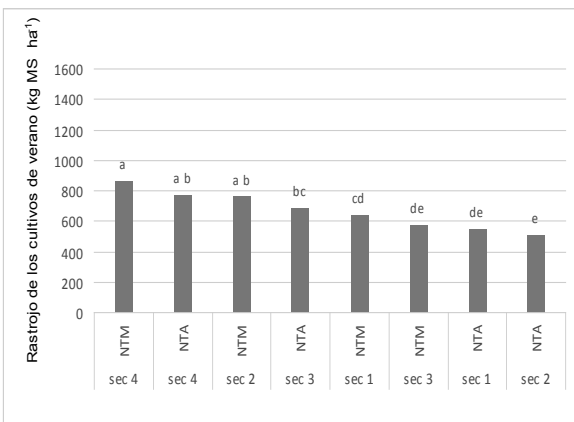


Figura 2. Rastrojo de cultivos de verano (kg Ms ha<sup>-1</sup>)      Figura 3. Rastrojo total (kg Ms ha<sup>-1</sup>)



Figura 4. Contenido de Carbono particulado fracción gruesa mayor a 106  $\mu\text{m}$  y menor de 2000  $\mu\text{m}$  según año de muestreo 2013 y 2015 por secuencia de cultivo 1 (trigo/soja de segunda, maíz, soja de primera y trigo); secuencia 2 (cebada/soja de segunda, maíz, soja de primera y trigo); secuencia 3 (avena/ soja de segunda, maíz, girasol y trigo); y secuencia 4 (colza/soja de segunda, maíz, sorgo y trigo).

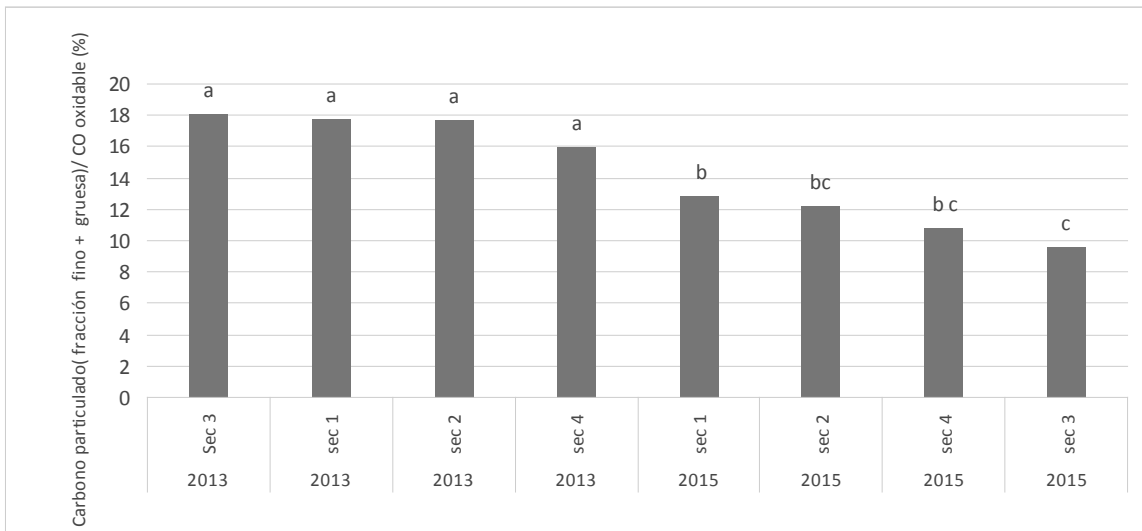


Figura 5. Relación de suma de las fracciones particuladas sobre el contenido de Carbono orgánico del suelo según año de muestreo 2013 y 2015 por secuencia de cultivo 1 (trigo/soja de segunda, maíz, soja de primera y trigo); secuencia 2 (cebada/soja de segunda, maíz, soja de primera y trigo); secuencia 3 (avena/ soja de segunda, maíz, girasol y trigo); y secuencia 4 (colza/soja de segunda, maíz, sorgo y trigo).

En la fracción fina del particulado se encontró diferencia significativa entre secuencias. La secuencia 1 promedió 2 g kg<sup>-1</sup> y se distinguió de la secuencia 3 y 4 (1,73 -1,69 g kg<sup>-1</sup>). La secuencia 2 no se diferenció de las restantes. Fue el único indicador que manifestó diferencia para las secuencias analizadas, esto denota mayor sensibilidad. Por tal motivo justifica el cambio de la técnica original que sólo valoraba el particulado mayor a 100  $\mu\text{m}$ .

## Conclusiones

La incorporación de rastrojo entre los dos años analizados trajo aparejado un aumento del carbono orgánico oxidable en el último muestreo.

La incorporación de rastrojo no se vio reflejada en los contenidos de carbono orgánico oxidable de las diferentes rotaciones.

El particulado grueso y la relación (COPg + COPf)/COs presentaron el mismo comportamiento disminuyendo en función de los años de agricultura.

El particulado fino denotó diferencias entre las rotaciones, pudiéndose considerar como el indicador analizado más sensible.

## Bibliografía

- Álvarez R. 2004. Análisis del impacto de la fertilidad del suelo y el manejo sobre los rendimientos de trigo y maíz en La Pampa Ondulada. En: Actas de XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos, 23-25 de junio de 2004. En CD.
- Belloso C. 2002. El maíz, la rotación en Siembra Directa y su aporte a la sustentabilidad. Guía Dekalb del c. Monsanto, Argentina. cultivo de maíz:78-80.
- Casanovas, E., Echeverría, H., & Studdert, G. 1995. Materia orgánica del suelo bajo rotaciones de cultivos. Contenido total y de distintas fracciones. Ciencia del Suelo, 13(1), 16-20.
- Conti, M. E., Palma, R. M., González, M. G., & Giardina, E. B 1990. Influencia de dos sistemas de manejo sobre algunas variables orgánicas de suelos de la Provincia de Buenos Aires. Revista de la Facultad de Agronomía. 1-6
- Forján, H. & Manso, L. 2010. Los cereales de invierno en la secuencia de cultivos. Su aporte a la sustentabilidad del sistema de producción. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Chacra Experimental Integrada Barrow, Convenio INTA – MAA Convenio INTA – Ministerio de Asuntos Agrarios - Pcia. de Buenos Aires.
- 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) AACCS. Capitulo IV parte 2, 95-106.
- Galantini, J. A., & Suñer, L. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. Agriscientia 25(1), 41-55.
- Galantini, J. A.; R.A. Rosell & J.O. Iglesias. 1994. Determinación de materia orgánica empleando el método de Walkley y Black en fracciones granulométricas del suelo. Ciencia del Suelo 12:81-83.
- Janzen, HH. 2006. The soil carbon dilemma: shall we hoard it or use it? Soil Biol Biochem. 38: 419-424.
- Krupinsky JM, KL Bailey, MP McMullen, BD Gossen & TK Turkington. 2002. Managing plant disease risks in diversified cropping systems. Agronomy Journal 94 (2):198-209

- Moron & Sawchik. 2002. Soil quality indicators in a longterm crop-pasture rotation experiment in Uruguay. En Symposium n° 32 paper 1327. 17 th World Congress of Soil Science, Thailand. CD
- PROMAR (Programa de métodos analíticos de referencia). 1991. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo - Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca. Carbono, Materia orgánica. pp. 25.
- Studdert, GA & HE Echeverría. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:1496-1503.
- Studdert, GA; LS Carabaca & HE Echeverría. 2000. Estimación del nitrógeno mineralizado para un cultivo de trigo en distintas secuencias de cultivo. Ciencia del suelo 18:17-27.
- Ventimiglia LA, HG Carta & SN Rillo 2000. Exportaciones de nutrientes en campos agrícolas. INPOFOS Cono Sur. Buenos Aires. Informaciones Agronómicas 7:11-12.
- Zagal, E., & Córdova, C. 2005. Indicadores de calidad de la materia orgánica del suelo en un Andisol cultivado. Agricultura Técnica, 65(2), 186-197.