



C4P50. STOCK DE CARBONO Y NITRÓGENO EN UN HAPLUSTOL ÉNTICO BAJO DIFERENTES USOS DEL SUELO EN CÓRDOBA

Ferrero, Marina R¹.; Basanta, María^{1,2} y Alvarez, Carolina³.

¹Instituto Ciencias Básicas y Aplicadas, Universidad Nacional de Villa María, Córdoba. Argentina. marinaritaferro@gmail.com

²INTA Rafaela, ³INTA Manfredi

RESUMEN

Los suelos cuando son sometidos a cambios de uso experimentan diversas alteraciones asociadas a los cambios en los aportes de residuos vegetales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de distintos usos del suelo sobre diversas variables edáficas asociadas al COS. El estudio se llevó a cabo en un establecimiento de la provincia de Córdoba (Argentina) en un suelo Haplustol éntico. Se evaluaron los usos de suelo: bosque nativo (BN) como situación prístina, uso agrícola (AP) y ganadero (GP) como situaciones productivas. Se midieron carbono orgánico total (%COT), stock de carbono orgánico del suelo (COS, Mg ha⁻¹), stock de nitrógeno (Nt, Mg ha⁻¹) estabilidad de agregados (%EA) y densidad aparente (DA, g cm⁻³). En %COT se observaron diferencias significativas entre tratamientos para las profundidades 0-10, 10-20 y 20-30 cm presentando AP valores significativamente menores en relación a BN y GP valores intermedios. En términos relativos al stock de COS en BN, GP y AP han perdido 14 y 35% de COS, respectivamente. La relación C/N marco claramente diferencias en las distintas situaciones de uso, obteniendo valores superiores en GP y AP respecto BN. Los contenidos Nt fueron mayores en BN respecto a GP y AP. Al analizar el stock de NT hasta los 30 cm de profundidad se observa que existió efecto significativo ($P < 0,05$) para el tratamiento BN en relación de GP y AP. La DA en los diferentes tipos de uso del suelo presentó una fuerte variación asociada al COS. En relación a la EA, el 34% de variación fue explicado por el COS a través de un modelo logarítmico. Si bien el suelo bajo ambos usos productivos presentó deterioro de las variables analizadas, GP se manifestó como un uso más sostenible que AP principalmente debido a su nivel de stock de COS.

Palabras claves: agrícola, ganadero, estabilidad de agregados, densidad aparente, relación C/N

INTRODUCCIÓN

La calidad de suelo (CS) se define como su capacidad para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat (Karlen *et al.*, 1997). Las propiedades físicas, químicas y biológicas pueden resultar buenos indicadores de CS, aunque podrían presentar variaciones en función del tipo de suelo, escala de estudio y ambiente (Shukla *et al.*, 2005)

En Argentina la conversión de ecosistemas naturales a agroecosistemas ha provocado un deterioro de la calidad del suelo causada por la disminución de los aportes de biomasa vegetal que se traduce en disminución de los contenidos de materia orgánica del suelo (MOS). Este cambio en el uso del suelo, llamado “agriculturización” se ha caracterizado por el aumento de la superficie bajo agricultura continua (sin rotaciones con pasturas) y por una alta proporción de soja en monocultivo (Caride *et al.*, 2012). Por otro lado, los sistemas ganaderos se han intensificado con elevadas extracciones de biomasa y muy escasa restitución de carbono al suelo (Basanta *et al.*, 2012). Luego de los cambios en el uso del suelo sobrevienen una serie de modificaciones de propiedades físicas y químicas que afectan su fertilidad y aumentan su susceptibilidad a la compactación y a la erosión (Neill, *et al.*, 1998). En varias regiones del mundo el carbono orgánico del suelo (COS) ha disminuido debido a la conversión de sistemas con vegetación nativa a sistemas cultivados, estabilizándose en contenidos de COS que varían entre 40 a 60% de su valor original. El valor de COS en el nuevo equilibrio dependerá de varios factores como el clima, las características físicas y químicas del suelo y de las prácticas de manejo de los cultivos (Robertson & Paul, 2000).

El COS está conformado por fracciones de diferente labilidad, las cuales son consideradas como las más sensibles a los cambios de uso del suelo y de cultivo (Haynes, 2000; Six *et al.* 1999; Studdert & Echeverría 2000). Cualquier tipo de alteración en la dinámica de estas fracciones puede afectar a las propiedades químicas, físicas, y biológicas del suelo, siendo fundamental para la obtención de cultivos con niveles de producción elevados y estables (Christensen, 1987). Las propiedades físicas como la densidad del suelo y la estabilidad de su estructura son altamente dependientes del COS ya



que este es el principal agente estabilizador de la estructura del suelo. Los sistemas de manejo con bajo aporte de residuos vegetales se caracterizan por bajos contenidos de COS y por baja estabilidad de su estructura, disminuyendo la estabilidad del sistema de poros y por consiguiente favoreciendo la densificación del suelo (Ferrerías et al., 2007). Las reducciones en los aportes de masa vegetal y las alteraciones en las propiedades físicas afectarían significativamente la tasa de mineralización y los contenidos de COS (Schimel *et al.*, 1985) y en mayor grado la tasa de mineralización del N (Hassink *et al.*, 1993) condicionando significativamente la productividad de los cultivos.

En los establecimientos agropecuarios del centro y sudeste de Córdoba es común encontrar situaciones de uso puramente agrícolas con cultivos anuales para cosecha de granos coexistiendo con usos del suelo puramente ganaderos donde toda la biomasa producida se destina a la alimentación del ganado. Bajo la hipótesis de que diferentes usos del suelo provocan diferencias importantes en la cantidad de carbono aportado al suelo, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de distintos usos del suelo sobre diversas variables edáficas asociadas al COS.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el establecimiento agropecuario La Cenobia (Latitud 32° 28' 42,4" S, Longitud 63° 17' 39,6" O) ubicado en el Departamento General San Martín, en el sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina. El clima es semiárido con una precipitación media anual de 778 mm, con el 80% de las mismas concentrada en el periodo primavera-estival. La temperatura media anual de 16,5 °C, con promedio de 9,5 °C en el mes más frío y de 23,4 °C en el más cálido (Jarsun *et al.*, 1987). El suelo es un Haplustol éntico (Soil Service Staff, 2006), serie Oncativo, de textura franco limosa. El horizonte superficial A1, tiene 23 cm de espesor, de textura franco limosa (16,7 % arcilla, 68,7% limo y 14,6% arena) y estructura en bloques moderados, regularmente provisto de MO. Luego un horizonte transicional AC de 23 a 53 cm, de textura franco limosa, masivo sin estructura (Jarsun *et al.*, 1987).

El lugar de estudio se encuentra ubicado en la ecorregión del Espinal cuya vegetación prístina corresponde a un bosque xerófilo (Viglizzo *et al.*, 2011). El este de la provincia de Córdoba estaba cubierto por grandes extensiones de bosques pertenecientes al Espinal que fueron desapareciendo al expandirse el área agrícola hacia el oeste. Sin embargo, todavía se observan numerosos relictos, es decir, restos o reliquias de los mismos. Algunos de estos consisten en unos pocos árboles o pequeños bosquetes de unas pocas hectáreas, mientras que otros son bastante grandes y hasta pueden superar las cien hectáreas. Las especies predominantes son algarrobo (*Prosopis*, varias especies), espinillo (*Acacia caven*) y tala (*Celtis tala*). Algunos relictos se transformaron en fachinales (vegetaciones leñosas secundarias) al ser invadidos por chañares (*Geoffroea decorticans*) y por los renovales de otras especie (Lewis *et al.*, 2004). Esta última situación es la que se presenta en un lote de La Cenobia que fue considerado el tratamiento de referencia, denominado bosque nativo (BN). Los otros dos tratamientos evaluados fueron uso ganadero (GP) y uso agrícola (AP) siendo, en ambos usos, todos los cultivos sembrados en siembra directa (SD) desde el año 1997. En AP la secuencia de cultivos es trigo (*Triticum aestivum*) / soja (*Glycine max.*) - maíz (*Zea mays*, L) y todos los cultivos se destinan a cosecha. En GP se maneja una rotación de tres años de pastura de alfalfa (*Medicago sativa*) y un año de cultivos anuales (trigo/sorgo, trigo/soja/sorgo, trigo/soja o trigo/maíz/maíz). La alfalfa es para pastoreo directo de bovinos y los cultivos anuales se destinan a reservas forrajeras.

El período de muestreo del suelo fue de julio de 2015 a febrero de 2016. Para carbono orgánico total (%COT) se tomaron tres muestras compuestas a las profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm y el %COT se determinó por oxidación según Walkley y Black (1934). Además, en las muestras de 0-5 y 5-10 cm de profundidad se realizó el fraccionamiento físico por tamaño de partícula según metodología adaptada de Feller (1979), obteniéndose la fracción de tamaño mayor a 53 micras denominada fracción particulada. En dicha fracción se determinó el carbono orgánico también por oxidación, obteniéndose el carbono orgánico particulado (COP, mg g⁻¹). El contenido de nitrógeno total se determinó por medio del método Kjeldahl, en las profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm. El contenido de nitrógeno total se determinó por medio del método Kjeldahl, en las profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm. Para evaluar la condición física del suelo se determinó estabilidad de agregados (%EA) mediante la técnica de Kemper & Rosenau (1986) en las profundidades de 0-5 y 5-10 cm y la densidad aparente (DA, g cm⁻³) por el método del cilindro (Blake & Hartge, 1986) en 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm. Con los datos de %COT y DA se calculó el stock de carbono orgánico del suelo (COS, Mg ha⁻¹) a 0-30 cm.

El efecto del uso de suelo sobre las variables estudiadas fue evaluado a través de análisis de variancia utilizando un modelo mixto (MM). Para esto las situaciones de uso fueron consideradas como efectos fijos y las repeticiones como efectos aleatorios. En todos los casos, cuando hubo diferencias significativas (p<0,05) las medias se compararon con el test LSD Fisher. Se utilizó el programa estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016) con su interfaz en R. Las relaciones entre variables se evaluaron a través de análisis de regresión.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Stock de COS y N

Al analizar el carbono del suelo en términos de stock de COS se observó que existen diferencias significativas entre BN y AP, y que GP presentó valores intermedios (Figura 1). En términos relativos al stock de COS en BN, GP y AP han perdido 14 y 35% de COS, respectivamente. Estos valores son muy similares a los reportados por Andriulo *et al.* (2012) para suelos de Córdoba donde la situación prístina presentó valores promedios de COS de 66 Mg ha^{-1} y el uso agrícola de 38 Mg ha^{-1} . Además, la disminución de 35% de COS en AP se acerca al promedio de 40% de pérdida en suelos de similar textura de la Región pampeana reportado por Milesi Delaye *et al.* (2013).

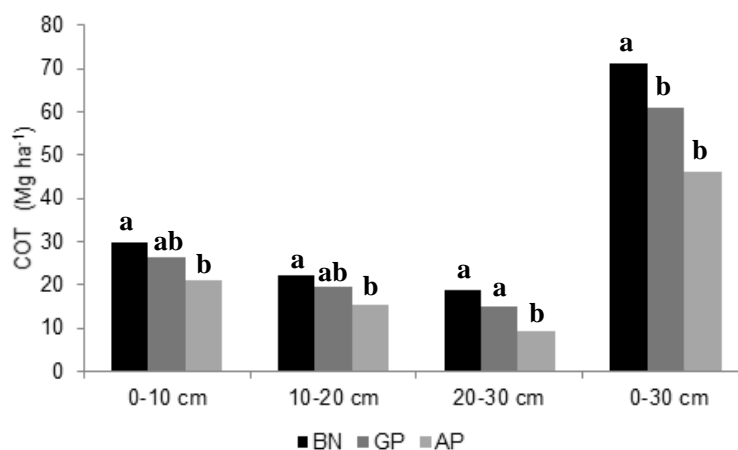


Figura 1. Stock de carbono (COT, Mg ha^{-1}) y en los distintos usos del suelo según profundidades evaluadas. BN: bosque nativo; GP: uso ganadero; AP: uso agrícola. Letras distintas indican diferencias significativas (Fisher $p < 0,05$) entre tratamientos dentro de cada profundidad.

En la Figura 2 se observan los valores de NT en las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm. Los contenidos NT fueron mayores en BN y con diferencias significativas ($P < 0,05$) respecto a GP y AP, presentando tendencias similares que la variable COT. Tanto GP y AP no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí. Al analizar el stock de NT hasta los 30 cm de profundidad se observa que existió efecto significativo ($P < 0,05$) para el tratamiento BN en relación de GP y AP. Estas dos últimas situaciones de uso manifestaron pérdidas del 39% y 48,2% respectivamente.

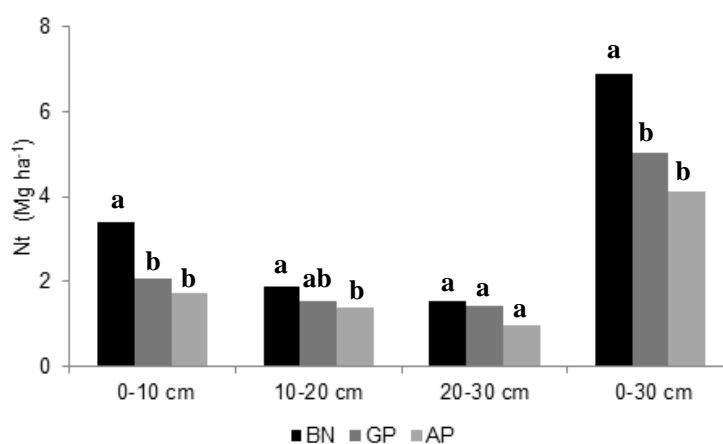


Figura 2. Stock de nitrógeno (Nt, Mg ha^{-1}) en los distintos usos del suelo según profundidades evaluadas. BN: bosque nativo; GP: uso ganadero; AP: uso agrícola. Letras distintas indican diferencias significativas (Fisher $p < 0,05$) entre tratamientos dentro de cada profundidad.

La relación C/N presentó valores promedio similares a los reportados por Galantini *et al.* (2002) para suelos Haplustoles énticos. La relación C/N marco claramente diferencias en las distintas situaciones de uso (Figura 3),



obteniendo valores superiores en AP y GP respecto al suelo de referencia (BN). En profundidad se puede observar una disminución de la C/N llegando a valores promedio de 10,13 a partir de los 20 cm en GP y AP. Los resultados obtenidos, pueden explicarse debido a que en las situaciones de uso GP y AP, el suelo estuvo cultivado con leguminosas, lo que se deduce que existió un enriquecimiento en nitrógeno que se reflejó en las relaciones C/N.

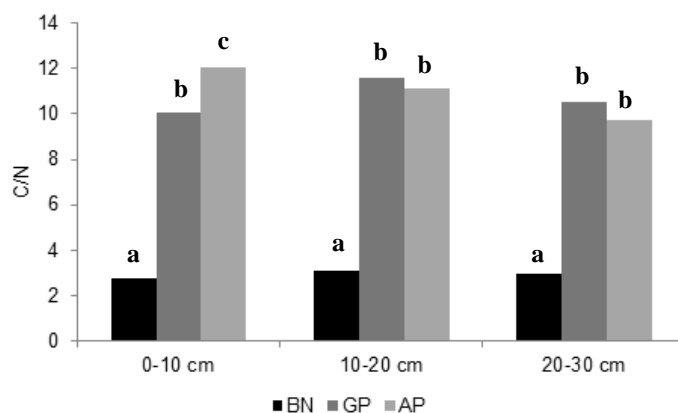


Figura 3. Relación C/N hasta los 30 cm de profundidad en los distintos usos del suelo según profundidades evaluadas. BN: bosque nativo; GP: uso ganadero; AP: uso agrícola. Letras distintas indican diferencias significativas (Fisher $p < 0,05$) entre tratamientos dentro de cada profundidad.

Relaciones de la densidad aparente y la estabilidad de agregados con el carbono orgánico

La DA en los diferentes tipos de uso del suelo presentó valores mínimos de $0,66 \text{ g cm}^{-3}$ y máximos de $1,55 \text{ g cm}^{-3}$. Dicha variación está fuertemente asociada con el COS. En este sentido la DA se reduce $0,19 \text{ g cm}^{-3}$ a medida que el COS aumenta (Figura 4). Los máximos valores obtenidos, son indicadores de compactación (Gupta & Allmaras, 1987), la cual puede ser producto de la disminución del COS y/o de la falta de laboreo del suelo bajo siembra directa. Resultados similares fueron obtenidos por Aoki *et al.* (2014) en suelos Haplustoles énticos de Córdoba, donde bajos contenidos de COS estuvieron asociados a mayor susceptibilidad a la compactación. Por tal motivo, es posible considerar que la DA es una variable sensible a los cambios de uso en los suelos Haplustoles de esta región. Al analizar la EA, el 34% de variación fue explicado por el COS a través de un modelo logarítmico (Figura 5). El rango registrado para la EA fue de 48% y 94% respectivamente.

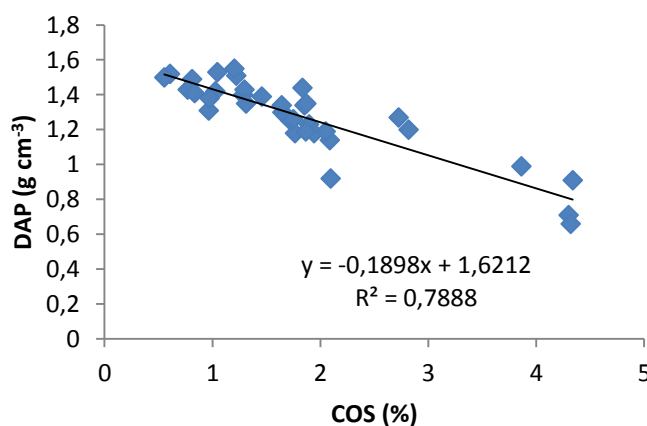


Figura 4. Relación entre DAP (g cm^{-3}) y COS (%) en los distintos usos del suelo de todas las muestras evaluadas independientemente de la profundidad y el tratamiento aplicado.

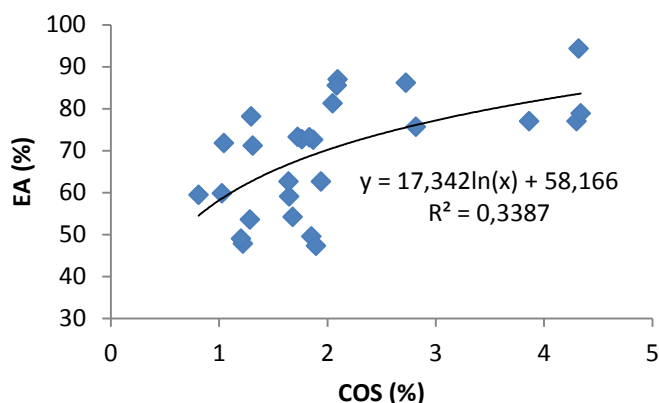


Figura 5. Relación entre la EA (%) y COS (%) en los distintos usos del suelo de todas las muestras evaluadas independientemente de la profundidad y el tratamiento aplicado.

Se sabe que los compuestos orgánicos actúan como cementantes en la agregación de las partículas del suelo (Tisdall & Oades, 1982; Six *et al.*, 2000). Los factores de agregación han sido cuantificados a través de varios indicadores, tales como los relacionados a la actividad microbiana (glomalinas, carbohidratos totales) y aquellos que dependen de la materia orgánica del suelo (carbono total, carbono particulado) (Carrizo *et al.*, 2014, Six *et al.*, 2000; Annabi *et al.*, 2007). En este sentido, la relación hallada en este trabajo entre EA y COS permitió explicar las diferencias en EA entre los usos del suelo.

CONCLUSIONES

La concentración (COT) y el stock (COS) de carbono orgánico fueron sensibles al cambio de uso del suelo y reflejaron diferencias significativas entre BN, AP y GP. Los contenidos de Nt y el stock (Nt) presentaron tendencias similares que la variable COT. La relación C/N marco claramente diferencias en las distintas situaciones de uso, obteniendo valores superiores en GP y AP respecto al suelo de referencia (BN). La densidad aparente (DA) fue la variable física que mejor respondió a los cambios de uso. El cambio de uso del suelo afectó los contenidos de COS teniendo una marcada incidencia en la EA. Si bien el suelo bajo ambos usos productivos presentó deterioro de las variables analizadas con respecto a BN, GP se manifestó como un uso más sostenible que AP principalmente debido a su nivel de stock de COS.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto de Calidad de Suelos del Instituto de Ciencias Básicas y Aplicadas de la Universidad Nacional de Villa María y por el proyecto PNSUELO1134042 de INTA.

BIBLIOGRAFÍA

- Andriulo A.E.; JA Galantini; G Studdert ; MC Sasal ; M Wilson; M. Basanta; MC Sánchez; V Gudelj; A Irizar & S Restovich. 2012. Existencias de carbono orgánico edáfico bajo diferentes usos y tipos de suelos. XXIII Congreso Argentino y XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata (Argentina).
- Annabi M.; S Houot; C Francou; M Poitrenaud & Y Le Bissonnais. 2007. Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Science Society of America Journal* 71: 413-423.
- Aoki A.M.; MR Ateca & H Apezteguía . 2014. Indicadores de calidad de suelo en el centro-norte de Córdoba. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía blanca. Buenos Aires. (Argentina).
- Basanta M.V.; VS Faggioli; LS Peirone; C Milán; ML Ghiotti; C Cesaretti; E Bonadeo & MB Aimetta. 2012. Intensificación de los sistemas de producción lechera y sus efectos sobre el suelo. XXIII Congreso Argentino y XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata (Argentina).
- Blake G.R. & KH Hartge . 1986. *Methods of soil analysis*. Series Agronomy of the Am. Soc. of Agron. Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison (Wisconsin). p. 363-375.
- Caride C.; G Piñeiro & JM Paruelo. 2012. How does agricultural management modify ecosystem services in the Argentine Pampas? The effects on soil C dynamics. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 154, 23–33.



- Carrizo, M.E.; CA Alesso; D Cosentino & S Imhoff. 2015. Aggregation agents and structural stability in soils with different texture and organic carbon contents. *Sci. Agric.* 72 (1), p.75-82.
- Christensen B. T. 1987. Use of particle size fractions in soil organic matter studies. *INTECOL Bulletin*. 15:113-123.
- Di Rienzo J.A.; F Casanoves; MG Balzarini M.G; L Gonzalez; M Tablada M. & CW Robledo . InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Feller C. 1979. Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Application aux sols tropicaux, á textures grossières, très pauvres en humus. *Cah. ORSTOM, sèr. Pèdol.*, vol. XVII, 4:339-346.
- Ferreras L.; G Magra & P Besson. 2007. Indicadores de la calidad física en suelos de la Región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. *Ciencia de Suelo* 25 (2) 159-172.
- Galantini, J. A.; RA Rosell; G Brunetti & N Senesi. (2002). Dinámica y calidad de las fracciones orgánicas de un Haplustol durante la rotación trigo-leguminosas. *Ciencia del Suelo*, 20(1), 17-26.
- Gupta S.C.& RR Allmaras. 1987. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. *Adv. Soil Sci.* 6: 65-100.
- Hassink, J.; LA Bouwman; KB Zwart; J Bloem & L Brussaard. 1993. Relationships between soil texture, physical protection of organic matter, soil biota, and C and N mineralization in grassland soils. In *Soil Structure/Soil Biota Interrelationships* (pp. 105-128).
- Haynes R.J. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. *Adv. Agr.* 85: 221-268.
- Jarsun B.; H Bosnero H. & E Lover. 1987. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3163-32 Oncativo. Plan Mapa de suelos. INTA, 82 p. (Argentina).
- Karlen, D. L.; MJ Mausbach; JW Doran; RG Cline; RF Harris & GE Schuman. 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), 4-10.
- Kemper W & R Rosenau . 1986. Aggregate stability and size distribution. En: Klute A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis: part I. Physical and Mineralogical Methods*, 2 nd ed. Agron. Monogr., vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, p 425 – 442.
- Lewis J.P; S Noetinger; D Prado & I Barberis. 2004. Woody vegetation structure and composition of the last relicts of Espinal vegetation in subtropical Argentina. *Biodivers Conserv* 18:3615–3628.
- Milesi Delaye LA, Irizar AB, Andriulo AE, Mary B. 2013. Effect of continuous agriculture of grassland soils of the Argentine Rolling Pampa on soil organic carbon and nitrogen. *Appl Environ Soil Sci* 2013; 17p.
- Neill C., Cerri C.C., Melillo, J. M., Feigl B. J., Steudler P. A., Moraes F. L., Piccolo M. C. 1998. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondonia. p. 9-28. In: R. Lal, J. M. Kimble, R. F. Follet, and B. A. Stewart (eds.). *Soil processes and the carbon cycle*. Adv. Soil Sci. CRC. Boca Raton, FL, USA.
- Robertson G.P & EA Paul. 2000. Decomposition and soil organic matter dynamics. In: Osvaldo, E.S., Jackson, R.B., Mooney, H.A., Howarth, R.W. (Eds.), *Methods in Ecosystem Science*. Springer Verlag, New York, p. 104–116.
- Schimel, D. S.; DC Coleman & KA Horton. 1985. Soil organic matter dynamics in paired rangeland and cropland toposequences in North Dakota. *Geoderma*, 36(3-4), 201-214.
- Shukla, M. K., & R Lal. 2005. Erosional effects on soil physical properties in an on-farm study on alfisols in west central Ohio. *Soil science*, 170(6), 445-456.
- Six J.; E Elliott & K Paustian . 2000. Soil structure and soil organic matter: II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Science Society of America Journal* 64: 1042- 1049.
- Soil Survey Staff. 2006. *Key to Soil Taxonomy*. USDA Tenth Edition. Washington DC. 341 Pp.
- Studdert, G. A.; LS Carabaca & HE Echeverría. 2000. Estimación del nitrógeno mineralizado para un cultivo de trigo en distintas secuencias de cultivos. *Ciencia del suelo*, 18(1), 17-27.
- Tisdall, J.M.& JM Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33: 141-163
- Viglizzo E.F.; FC Frank; LV Carreño; EG Jobbágy; H Pereyra; J Clatt; D Pincé & MF Ricard. 2011. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology* 17,959–973.
- Walkley A. & IA Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37(1): 29-38.