



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

### **VARIACIÓN DE LAS FRACCIONES ORGÁNICAS RESISTENTES EN SUELOS DE LA REGIÓN PAMPEANA**

MARÍA ROSA LANDRISCINI<sup>1\*</sup>; JUAN ALBERTO GALANTINI<sup>2</sup> & MATÍAS EZEQUIEL DUVAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CONICET-CERZOS; <sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas- CERZOS; <sup>3</sup>Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

\* mlandris@criba.edu.ar

**Palabras clave:** Hidrólisis ácida, Carbono recalcitrante, Índice de Recalcitrancia

#### **Resumen**

El uso del suelo y la intensidad del manejo influyen en la estabilidad del carbono. En un suelo con labranza continua de la región semiárida pampeana y en otros cuatro con prácticas contrastantes de la región semiárida a húmeda pampeana, los objetivos fueron: evaluar los cambios de las fracciones orgánicas con distinto grado de recalcitrancia (carbono orgánico asociado a la fracción mineral, COM y recalcitrante, COR) y medir el Índice de Recalcitrancia ( $IR = COM/COR$ ). En el primer caso se usó un suelo con 23 años de labranza y uno de referencia, de la EEA Bordenave-INTA. En el segundo los suelos se ubicaron en Bengolea, Monte Buey, Pergamino y Viale, con diferente manejo agrícola (Buenas Prácticas y Malas Prácticas) y un Ambiente Natural. La hidrólisis ácida separó las fracciones lábiles y recalcitrantes (COM y COR) y se calculó el IR. En el primer caso, el monocultivo de trigo produjo pérdida de materiales orgánicos y aumento de las fracciones resistentes. La labranza no alteró las fracciones recalcitrantes, a diferencia de la fertilización. El IR cambió entre años. El carbono orgánico total no fue el mejor indicador de los cambios del uso del suelo y las labranzas contribuyeron al descenso del COM. En el segundo caso, las prácticas agrícolas disminuyeron el carbono respecto al ambiente natural. El carbono total fue más elevado en Viale que en Bengolea. Las mayores pérdidas se produjeron en Monte Buey y Pergamino, con menores diferencias entre Buenas y Malas Prácticas. En los 4 sitios, el carbono total y el COM, difirieron entre manejos, pero el COR no se alteró. El IR mostró los menores valores para el suelo natural y los mayores para las rotaciones con mayor proporción de soja. La fracción obtenida por hidrólisis ácida fue lo suficientemente recalcitrante como para no cambiar frente a la mayoría de los manejos contrastantes estudiados.

#### **Introducción**

El ciclado de la reserva de carbono orgánico del suelo (COS) está ligado a las características edáficas, las condiciones ambientales y el manejo agronómico. El uso de la tierra resulta en un rápido descenso del COS (Davidson & Ackerman, 1993) y estas pérdidas se han atribuido mayormente a la reducción de las entradas de materia



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

orgánica (MO), al aumento de la descomposición de residuos de cosecha y a la disminución de la protección física con las labranzas (Jiang et al., 2011). En el COS se pueden diferenciar dos fracciones: una fracción lábil y una fracción estable o resistente. La fracción lábil es fácilmente mineralizable, con rápido tiempo de renovación de meses a años (Krull et al., 2003), y la estable sería la persistente en el suelo en escala de decenas de años (Baisden & Amundson, 2003; Bruun et al., 2007). Esta fracción resistente se puede definir como la que se pierde lentamente luego del cultivo del suelo y que aumenta proporcionalmente a medida que el CO total disminuye.

Desde el punto de vista productivo y de la calidad del suelo, la dinámica de la MO total aporta poco para el estudio de los efectos de las prácticas agronómicas de corto plazo (Tan et al., 2007). Esto se debe a que las fracciones orgánicas más abundantes del suelo son las de ciclado más lento, y se necesita gran cantidad de años para observar diferencias. En cambio, las fracciones lábiles son más sensibles a los efectos del uso de la tierra, y pueden utilizarse como indicadores tempranos del efecto de la rotación de cultivos, de la fertilización o del sistema de labranza sobre la calidad del suelo (Haynes, 2000; Six et al., 2002).

En las regiones semiáridas, con escasas e irregulares precipitaciones y alta evapotranspiración, se obtiene una baja producción de biomasa de los cultivos y por lo tanto a una limitada incorporación de residuos en el suelo. La separación del material orgánico menos transformado, sean residuos de cultivos o sus productos de transformación, se usa para cuantificar las fracciones más dinámicas de la MOS. Se observó que ellos eran responsables de la rápida caída de los contenidos de MO al cultivar los suelos vírgenes y que eran fácilmente afectados por el manejo agronómico. En este sentido, la combinación de métodos de fraccionamiento y la consideración de los diferentes mecanismos de protección de la MO en el suelo son elementos claves que modifican la velocidad de las transformaciones (Balesdent et al., 2000; Galantini et al., 2002).

Autores como Pandey et al. (2014) se refieren a la recalcitrancia química como la resistencia del suelo a las pérdidas bajo tratamientos químicos específicos. Uno de ellos, la hidrólisis ácida con HCl (Plante et al., 2006), es un procedimiento común para obtener las fracciones lábiles y recalcitrantes del suelo. El reflujo de las muestras en ácido clorhídrico 6 M remueve químicamente los materiales lábiles como proteínas, ácidos nucleicos y polisacáridos, dejando compuestos más resistentes como compuestos aromáticos, humificados o alifáticos de cadenas largas. Paul et al. (2006) mostraron que la cantidad de C de estas fracciones difiere significativamente y que su análisis puede ayudar a entender la contribución de distintas formas de C y sus respuestas a variables ambientales bajo diferentes prácticas de manejo. La fracción no hidrolizable representa la fracción recalcitrante y su tamaño respecto al C total del suelo se denomina “Índice de Recalcitrancia” (IR) (Rovira & Vallejo, 2002).



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

---

Los métodos de fraccionamiento físico separan fracciones orgánicas con diferente labilidad: muy lábiles como el Carbono Orgánico Particulado (COP) y el más resistente, que es el Carbono Orgánico asociado a la fracción Mineral (COM) (Galantini & Suñer, 2008). Esta última fracción puede tener compuestos lábiles aún sin descomponer. Por este motivo se planteó como hipótesis que los cambios del COM con el paso del tiempo y con diferentes prácticas de manejo, no van a ser iguales que los ocurridos con la fracción recalcitrante (COR).

En un suelo con dos manejos típicos de la región semiárida pampeana, muestreados a lo largo del tiempo, y en cuatro suelos con prácticas agrícolas contrastantes de la región húmeda y subhúmeda bonaerense, se planteó como objetivo: evaluar los cambios en el contenido de las fracciones orgánicas con distinto grado de recalcitrancia (COM y COR) y la variación del Índice de Recalcitrancia.

### **Materiales y Métodos**

El estudio se llevó a cabo en dos sitios experimentales:

El primero está ubicado en la Estación Experimental Bordenave del INTA(33-41° S; 61 a 66° W), y es representativo de la región pampeana semiárida de Argentina (Galantini et al., 2014). El diseño experimental fue de 3 bloques completos aleatorizados con Trigo continuo (*Triticum aestivum* L.) (TT). El ensayo se inició en 1983 sobre una pastura de 20 años de antigüedad, la que fue identificada como suelo de referencia (REF) bajo labranza convencional. El sistema de producción incluyó un tratamiento no fertilizado (nf) y uno fertilizado anualmente (f) con 16 kg P ha<sup>-1</sup> en forma de fosfato diamónico y 64 kg N ha<sup>-1</sup> como la urea aplicada a la siembra del trigo. En cada bloque se recogieron tres muestras compuestas a una profundidad de 0 a 20 cm durante la siembra en 1992 y 2006. El suelo REF se muestreó en 1983 en tres parcelas bajo vegetación natural cerca de cada bloque de tratamiento y a las mismas profundidades.

Para el segundo sitio se seleccionaron cuatro lugares con historia documentada de siembra directa, los cuales formaron parte del proyecto BIOSPAS (Biología del Suelo y Producción Agropecuaria Sostenible, [www.biospas.org](http://www.biospas.org)). Los sitios de estudio se encuentran en Bengolea (Córdoba; latitud 33°10' 32,9" S, longitud 63° 37' 36,4" W), Monte Buey (Córdoba; latitud 32° 58' 17" S, longitud 62° 27' 2,4" W), Pergamino (Buenos Aires; latitud 33° 56' 42,6" S, longitud 60° 33' 35,6" W) y Viale (Entre Ríos; latitud 31° 52' 42,2" S longitud 59° 41' 16,2" W) (Duval et al., 2013). El suelo en Bengolea es un Haplustol Éntico de textura franco arenosa donde la principal limitante es climática con baja capacidad de retención de agua debido a la textura gruesa. El suelo en Monte Buey es un Argiudol Típico de textura franco limosa y moderadamente desarrollado. En Pergamino el suelo es Argiudol Típico con textura franco limosa en los horizontes superficiales y relieve suavemente ondulado. Por último el suelo en Viale es un Hapludert Vértico, con textura franco arcilloso limosa, es el sitio con las mayores



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*"Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo"*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

precipitaciones con un sistema de drenaje bien desarrollado. Los tratamientos estudiados fueron diferentes situaciones en cada lugar de muestreo: "Buenas Prácticas Agrícolas" (BP): manejo agrícola sostenible bajo Siembra Directa, con rotación intensiva de cultivos de invierno (trigo y cebada) y de verano (soja, maíz o sorgo), incluyendo cultivos de cobertura. El reemplazo de nutrientes se realiza en base a las necesidades del cultivo minimizando el uso de agroquímicos (herbicidas, insecticidas y fungicidas). "Malas Prácticas Agrícolas" (MP): manejo agrícola no sostenible bajo Siembra Directa, con mínima rotación o monocultivo de soja, baja reposición de nutrientes y alto uso de agroquímicos (insecticidas, herbicidas y fungicidas). "Ambiente Natural" (AN): situación sin uso antrópico, suelo sin cultivo como situación de referencia cerca de las parcelas cultivadas. Las muestras edáficas fueron extraídas en febrero de 2010 (verano). En cada situación se seleccionaron 3 submuestras que se localizaron mediante GPS para los muestreos posteriores.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire y tamizadas por 2 mm. A partir de éstas se realizó el fraccionamiento por tamaño de partícula (Duval et al., 2013). En cada fracción de suelo y en el suelo entero, se determinó el CO total (COT), el Carbono orgánico particulado (COP) y el Carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM), por el método de combustión seca (1500°C, con analizador automático LECO C Analyser).

El suelo de la fracción fina (FF) se sometió a hidrólisis ácida de acuerdo al método descrito por Paul et al. (1997). Se sometieron a reflujo 2 g de muestra de fracción de suelo a 118°C durante 18 horas, con 20 ml de HCl 6 M (relación 1:10). Después del reflujo, la suspensión selavó y centrifugó tres veces con agua destilada. El residuo se secó en estufa a 60°C y se pesó. Se asumió que esta fracción contiene solamente la porción recalcitrante del suelo. La fracción que quedó en suspensión se filtró y constituyó la fracción no hidrolizada.

El grado de recalcitrancia se expresó como Índice de Recalcitrancia,

$$IR (\%) = C \text{ no hidrolizado (COR)}/COM * 100$$

El contenido de C de cada fracción se determinó por combustión seca por el método antes descripto. Las diferentes fracciones de C obtenidas se denominaron: Carbono orgánico recalcitrante (COR) y carbono orgánico hidrolizado (COHi). En el mismo residuo no hidrolizado, se determinó el Nitrógeno total recalcitrante (NR) por el método semimicro Kjeldahl (Bremner, 1996).

El efecto de las variables año, sitio y tratamiento y sus interacciones, se evaluaron mediante ANOVA. Cuando existieron diferencias entre tratamientos, se calculó la diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de probabilidad de  $p < 0,05$ . Los

## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

análisis se realizaron utilizando el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2013).

### Resultados y Discusión

En el ensayo de Bordenave, tomando como dato de partida el suelo REF, se observaron cambios en el COT, COR y COHi, debidos a los 23 años de trigo con laboreo (Tabla 1).

Para todas las variables analizadas, a excepción del COT, la interacción entre año y tratamiento, no mostró efecto significativo, por lo que el análisis estadístico en el tiempo, se realizó para todos los datos en conjunto. Para el caso del COT, el efecto del análisis en el tiempo se realizó para cada manejo por separado. La concentración de COT en los tratamientos con agricultura fue inferior a la observada en el suelo REF, mientras que no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos ni en los años. Factores que provocan disturbios en la protección física del suelo, tales como la labranza serían responsables de la ruptura de los agregados del suelo exponiendo las moléculas orgánicas al ataque biológico, produciendo el descenso del COT. En trabajos previos se observó que el COT puede variar a lo largo de los años, dependiendo de la disponibilidad de agua durante el barbecho (por la descomposición del COT) y durante el ciclo del cultivo (por la producción de materia seca y aporte de C al suelo) (Galantini et al., 2002).

Tabla 1. Fracciones de Carbono y Nitrógeno en un suelo de referencia y en dos manejos de la región semiárida pampeana.

AÑO	COT %	COM %	COR%	COHi %	IR	NR %	C:N
<b>Suelo Referencia</b>							
1983	1,50	1,03	0,68	0,35	66,5	0,037	18,5
<b>Trigo Continuo fertilizado</b>							
1992	1,06	0,90	0,61	0,29	68,0	0,034	17,8
2006	1,03	0,80	0,59	0,21	73,7	0,031	19,3
<b>Trigo Continuo sin fertilizar</b>							
1992	0,84	0,70	0,50	0,21	71,4	0,029	17,3
2006	0,89	0,67	0,58	0,08	86,5	0,032	18,3
<b>ANOVA p&lt;0,05</b>							
Año	ns	*	ns	*	*	ns	ns
Tratam.	ns	***	*	*	ns	ns	ns
AñoxTratam.	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Si bien se observó una tendencia a mayores valores de COT en el suelo fertilizado, esta no alcanzó a ser significativamente diferente, mientras que la semejanza entre los



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

valores observados luego de 14 años puso en evidencia que el sistema llegó a cierta estabilidad. Este resultado concuerda con aquellos que concluyen que el COT no es el mejor indicador de los cambios que ocurren como consecuencia del uso del suelo y que es conveniente analizar las fracciones orgánicas.

A diferencia del COT, el COM mostró diferencias entre los años (\*) y entre los manejos (\*\*), tal lo expresado sobre la mayor sensibilidad de las fracciones orgánicas con los manejos de corto o largo plazo. La fracción más resistente del COM, el COR, mostró un comportamiento distinto, se observó un ligero cambio debido al manejo (\*) pero no cambios en el tiempo. Esto confirma que esta fracción estaría formada por moléculas orgánicas más resistentes a la degradación, las que resultan estables en el tiempo y pueden ser consideradas como la mínima cantidad de carbono que puede almacenar el suelo.

Los cambios en el COHi, siguieron una tendencia diferente al COR, ya que representan la fracción más fácil de degradar dentro del COM. En este sentido, se encontraron diferencias significativas por el manejo y el paso de los años.

El IR aumentó respecto al suelo sin laborear y con el paso del tiempo. Este índice pondría en evidencia que durante la degradación de los materiales orgánicos debido al manejo, se acumulan materiales cada vez más resistentes. Es decir, el monocultivo de trigo produciría una pérdida de materiales orgánicos y un aumento relativo de las fracciones resistentes. Esto es especialmente importante cuando se asocia el contenido de COT con la fertilidad potencial de un suelo. Para valores semejantes de COT el aporte va a ser menor cuanto mayor sea el IR. Los suelos sin fertilizar (TTnf) serían menos resistentes a la degradación o sea más susceptibles a las pérdidas de C comparado con el suelo de referencia. La mayor biomasa producida por la fertilización continua y la incorporación de residuos sería responsable de la protección de las pérdidas de C del suelo. El NR no presentó cambios estadísticos igual que la relación C:N.

En el segundo caso experimental, todas las variables analizadas mostraron diferencias estadísticamente diferentes, tanto entre los sitios de muestreo, como entre las situaciones de manejo, a excepción del COR, el cual no varió entre sitios y tratamientos. La interacción entre variables no fue significativa, lo que indicó que en cada lugar estudiado y para cada situación de manejo, el comportamiento de las mismas fue similar.

En los ambientes no cultivados, el nivel del COT fue más elevado en Viale que en Bengolea, siguiendo el gradiente de lluvias (Este-Oeste). Las prácticas agrícolas continuas produjeron un descenso en los valores del COT, respecto al ambiente natural. La magnitud de la disminución del COT por efecto del uso productivo del suelo, varió en los diferentes sitios. Las mayores pérdidas se produjeron en Monte Buey y Pergamino



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

(alrededor del 40%), con menores diferencias entre BP y MP. La bibliografía muestra tendencias similares en suelos de la Pampa Ondulada (Andriulo & Cordone, 1998).

Los contenidos de limo más arcilla, mostraron asociación con las fracciones orgánicas del suelo, siendo más estrecha en la fracción más recalcitrante que en las lábiles. Nuevamente Viale presentó mayores valores de COM y COR, y Bengolea los menores. En todos los sitios el AN mostró valores de COM superiores y estadísticamente diferentes entre prácticas de manejo. Para el caso de la fracción orgánica más recalcitrante, COR, las prácticas agrícolas no mostraron diferencias estadísticas, siendo Viale el sitio con mayor acumulación. Estos resultados estarían indicando que los cambios en el COM no son iguales a los ocurridos con el COR. De acuerdo a esta hipótesis, las prácticas de manejo con diferentes secuencias agrícolas no estarían alterando el equilibrio en las fracciones orgánicas más estables. El NR también mostró diferencias entre sitios y entre manejos.

El IR fue mayor en MP, indicando que la mayor proporción de soja, respecto a maíz (4:1) de este manejo, podría estar afectando la estabilidad de los materiales recalcitrantes, mostrando que las menores acumulaciones de COR, podrían asociarse a una mayor susceptibilidad a la degradación química.

## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

Tabla 2. Fracciones de Carbono y Nitrógeno en suelos de la región pampeana húmeda y subhúmeda bajo diferentes tratamientos.

SITIO	COT %	COM %	COR%	COHi %	IR	NR %	C:N
<b>Ambiente Natural</b>							
<b>Bengolea</b>	1,33	0,93	0,61	0,31	65,2	0,034	17,7
<b>Monte Buey</b>	2,42	2,13	1,45	0,68	68,0	0,090	16,1
<b>Pergamino</b>	2,18	1,75	1,01	0,74	57,4	0,063	16,0
<b>Viale</b>	2,73	2,44	1,73	0,71	69,7	0,073	24,1
<b>Buenas Prácticas Agrícolas</b>							
<b>Bengolea</b>	1,21	1,08	0,82	0,26	75,8	0,039	20,9
<b>Monte Buey</b>	1,54	1,59	1,39	0,14	87,4	0,064	21,8
<b>Pergamino</b>	1,39	1,33	0,97	0,33	72,0	0,060	35,7
<b>Viale</b>	2,90	2,86	2,10	0,76	72,6	0,047	20,3
<b>Malas Prácticas Agrícolas</b>							
<b>Bengolea</b>	0,99	0,17	0,55	0,16	77,8	0,024	22,7
<b>Monte Buey</b>	1,40	1,29	1,33	0,02	103,2	0,061	21,8
<b>Pergamino</b>	1,31	1,04	0,72	0,32	69,5	0,038	19,1
<b>Viale</b>	2,00	2,19	1,61	0,58	73,9	0,074	22,1
<b>ANOVA p&lt;0,05</b>							
Sitio	***	***	***	*	***	***	*
Tratam.	***	***	ns	*	***	***	*
AñoxTratam.	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

### Conclusiones

En Bordenave, la labranza continua no alteró las fracciones recalcitrantes del C y del N, pero el manejo con fertilizantes sí produjo cambios estadísticos. El Índice de recalcitrancia, mostró diferencias entre los años independientemente del manejo, siguiendo el comportamiento del carbono de la fracción fina del suelo. El menor grado de recalcitrancia, en términos de descenso del IR, se encontró en el suelo de referencia. En los 4 sitios incluidos en el proyecto BIOSPAS, tanto el COT, como el COM, mostraron diferencias entre manejos y sitios, pero el COR no se vio alterado por las prácticas de manejo agrícolas. El IR mostró los menores valores para el suelo no alterado (AN) con mayores valores en el caso de prácticas de manejo que tuvieron mayor proporción de soja en las rotaciones. La fracción obtenida por hidrólisis ácida fue lo suficientemente recalcitrante como para no cambiar frente a la mayoría de los manejos contrastantes estudiados.





## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

### **Bibliografía**

Andriulo, A.E. & G. Cordone. 1998. Impacto de labranzas y rotaciones sobre la materia orgánica del suelo en la Región Pampeana Húmeda. En: Panigatti, J.L.; H. Marelli; D. Buschiazzo & R. Gil (Eds.). Siembra directa. Hemisferio Sur, Bs. As., Arg., p: 65-96.

Baisden, W.T. & R. Amundson. 2003. An analytical approach to ecosystem biogeochemistry modeling. *Ecol. Applic.*, 13: 649–663.

Balesdent, J.; C. Chenu & M. Balabane. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Tillage Res.*, 53 215–230.

Bremner, J.M. 1996. Nitrogen Total. In: D.L. Sparks (ed.). *Methods of Soil Analysis. Chemical Methods. Part 3.* American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin, USA. p. 1085-1123.

Bruun, S.; I.K. Thomsen; B.T. Christensen & L.S. Jensen. 2007. In search of stable soil organic carbon fractions: a comparison of methods applied to soils labeled with <sup>14</sup>C for 40 days or 40 years. *Eur. J. Soil Sci.*, 59: 247–256.

Davidson, E.A. & L. Ackerman. 1993. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. *Biogeochemistry*, 20: 161–193.

Di Rienzo, J.A.; F. Casanoves; M.G. Balzarini; L. González; M. Tablada & C.W. Robledo. 2013. *InfoStat versión 2013.* Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Duval, M.E.; J.A. Galantini; J.O. Iglesias; S. Canelo; J.M. Martínez & L. Wall. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Tillage Res.*, 131: 11–19.

Galantini, J.A.; R.A. Rosell; G. Brunetti & N. Senesi. 2002. Dinámica y calidad de las fracciones orgánicas de un Haplustol durante la rotación trigo-leguminosa. *Ci. Suelo*, 20: 17-26.

Galantini, J.A. & L.G. Suñer. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis de los suelos de Argentina. *Agriscientia*, 25: 41-55.

Galantini, J.A.; M.E. Duval; J.O. Iglesias & H. Krüger. 2014. Continuous wheat in semiarid regions. Long-term Effects on Stock and Quality of Soil Organic Carbon. *Soil Sci.*, 179: 284–292.

Haynes, R.J. 2000. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. *Soil Biology & Biochemistry*, 32: 211–219.



## XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

*“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”*

*Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016*

---

Jiang, X.; A.L. Wright; J. Wang & Z. Li. 2011. Long-term tillage effects on the distribution patterns of microbial biomass and activities within soil aggregates. *Catena*, 87: 276–280.

Krull, E.S.; J.A. Baldock & J.O. Skjemstad. 2003. Importance of the analyses for modelling carbon turnover. *Funct. Plant Biol.*, 30: 207–222.

Pandey, D.; M. Agrawal; J.S. Bohra; T.K. Adhya & P. Bhattacharyya. 2014. Recalcitrant and labile carbon pools in a sub-humid tropical soil under different tillage combinations: A case study of rice–wheat system. *Soil Tillage Res.*, 143: 116–122.

Paul, E.A.; R.F. Follett; S.W. Leavitt; A. Halvorson; G.A. Peterson & D.J. Lyon. 1997. Radiocarbon dating for determination of soil organic matter pool sizes and dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61: 1058–1067.

Paul, E.A.; S.J. Morris; R.T. Conant & A.F. Plante. 2006. Does the acid hydrolysis incubation method measure meaningful soil organic matter pools. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70: 1023–1035.

Plante, A.F.; R.T. Conant; E.A. Paul; K. Paustian & J. Six. 2006. Acid hydrolysis of easily dispersed and microaggregate- derived silt- and clay-sized fractions to isolate resistant soil organic matter. *Eur. J. Soil Sci.*, 57: 456–467.

Rovira, P. & V.R. Vallejo. 2002. Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: an acid hydrolysis approach. *Geoderma*, 107: 109–141.

Six, J.; R.T. Conant; E.A. Paul & K. Paustian. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant Soil*, 241: 155–176.

Tan, Z.; R. Lal; L. Owens & R.C. Izaurralde. 2007. Distribution of light and heavy fractions of soil organic carbon as related to land uses and tillage practice. *Soil Tillage Res.*, 92: 53–59.