

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero  
Agrónomo

**Efecto del semi-incorporado de rastrojos sobre la materia  
orgánica del suelo**

Alumno: Bossio Nicolás Agustín

DNI: 35259616

Director: Prof. Américo Degioanni

Co-director: Prof. Marcos Bongiovanni

Río Cuarto - Córdoba

Noviembre/2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: Efecto del semi-incorporado de rastrojos sobre la materia orgánica del suelo

Autor: Bossio, Nicolás Agustín

DNI: 35.259.616

Director: Prof. Américo Degioanni

Co-Director: Prof. Marcos Bongiovanni

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión  
Evaluadora:

Carmen Cholaky \_\_\_\_\_

Ricardo Mattana \_\_\_\_\_

Fecha de Presentación: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer especialmente a:

Mi familia, por su apoyo a lo largo de esta etapa.

Director y Codirector de este proyecto, por su guía y enseñanza.

Universidad Nacional de Río Cuarto y su comunidad, por permitir formarme como profesional.

## Índice de Contenido

Resumen .....	5
Summary .....	6
Capítulo 1.1: Introducción.....	7
1.2: Antecedentes.....	8
1.3: Hipótesis y Objetivos.....	9
Capítulo 2: Materiales y métodos.....	10
Capítulo 3: Resultados y Discusión.....	12
Capítulo 4: Conclusiones.....	16
Bibliografía.....	17
Anexos.....	20

## Índice de Tablas

Tabla 1. Cantidad de rastrojo disponible para cada subparcela del estudio	12
Tabla 2. Fracciones de carbono en el horizonte A	14

## Índice de Figuras

Figura 1. Ciclo de carbono en un agrosistema	7
Figura 2. Esquema del experimento	10
Figura 3. Contenido de materia orgánica total a dos profundidades del horizonte A	13

## Resumen

La materia orgánica (MO) es un componente que desempeña importantes funciones físicas, químicas y físico-químicas en el suelo, que se alteran en la medida que disminuye el contenido de la misma. Por tanto, mantener o incrementar los niveles de carbono en el suelo debería ser un objetivo de todo sistema de producción agrícola. Este trabajo evalúa el efecto de la semi-incorporación de rastrojo de maíz sobre las fracciones y el contenido de MO del suelo en el horizonte A de un Haplustol típico de la zona de Adelia María, Córdoba. En un lote cubierto por rastrojo de maíz se diseñó un experimento en bloques completos al azar con 4 repeticiones y dos tratamientos: rastrojo semi-incorporado y no incorporado. Se midió MO total a dos profundidades (0-10 y 10-20 cm), MO Particulada (MOP) y MO Humificada (MOH) a la profundidad de 0-10 cm. Estas mediciones se efectuaron en dos momentos: presembrado y postcosecha de soja, con una diferencia de 250 días entre ellas. No hubo diferencias significativas entre tratamientos en los niveles de MO Total, MOP y MOH en horizonte A ( $p>0.05$ ). Estos resultados podrían atribuirse a la variabilidad intra-tratamientos, a la baja cantidad de rastrojos incorporados y al poco tiempo en el que se realizó el ensayo.

**Palabras clave:** Semi-incorporado de rastrojos; Carbono orgánico total; Materia orgánica particulada.

## **Summary**

Organic matter (OM) is a soil component which has important physical, chemical and physical-chemical functions. Those are highly sensitive to variations in OM levels in the soil. Hence, is important for any farming system to maintain or increase OM levels in the soil. In this work was tested the effect of stubble's semi-incorporation over the OM content in the A horizon of a Typic Hapludoll. The study consisted in randomize complete block design with 4 repetitions on a corn stubble with two treatments: semi-incorporation and no incorporation of the crop residues. For total organic matter, measurements were taken at two different depths: 0-10 and 10-20 cm. Meanwhile, particulate and humified organic matter (OMP and OMH, respectively) were measured between 0 and 10 cm depth. These measurements were done before planting and after soybean harvest, in a 250 days gap between both. Results did not show significant differences between treatments for OM, OMP and OMH ( $p>0.05$ ). These results can be due to variability inside treatments, low amount of incorporated stubble and short time of the study.

**Key words:** Stubble semi-incorporation; Total organic matter; Particulate organic matter; Humified organic carbon.

## Capítulo 1.1: Introducción

### Marco teórico e importancia del tema

La materia orgánica del suelo (MO) es un componente del mismo que posee funciones físicas y químicas entre las que se destacan: la participación en la organización de la estructura equilibrando la distribución del tamaño de poros (micro, meso y macro), reservorio de nutrientes, reguladora del intercambio catiónico, aumento en la capacidad de acumular de agua, etc. (Alvarez, 2006). También se la valora como un importante reservorio del C planetario (Lal y Follet, 2009).

En el suelo existen diversas estructuras químicas carbonadas de la MO. Éstas son producto de la génesis del suelo y de la actual dinámica del C de éste. En general se reconoce una MO no transformada, transformada y humificada (Hampp, 2006).

La MO humificada se forma a partir de la condensación de largas cadenas o estructuras, entre las que se destacan núcleos aromáticos y cadenas alifáticas. No hay dos sustancias húmicas iguales, pero son similares en su función. Éstas pueden subdividirse en ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas estabilizadas. En los Haplustoles, predominan los ácidos húmicos y las huminas estabilizadas (Galantini *et al.*, 2002).

El componente orgánico del suelo está compuesto por MO no humificada y MO transformada. En la primera se reconocen los restos de los que proviene, mientras que en la segunda éstos no se reconocen, aunque todavía no han sido transformados en sustancias húmicas.

Es común en la actualidad clasificar a la MO en sólo dos fracciones: humificada o asociada a la fracción mineral (MOH) y joven o particulada (MOP). La primera se caracteriza por su mayor grado de transformación, menos dinámica y más activa en la formación de complejos órgano-minerales mientras que la otra es menos transformada y más dinámica, con activa participación en los ciclos de nutrientes (Galantini *et al.*, 2006).

Como se observa en la Figura 1, la cantidad de materia orgánica del suelo está sujeta a un flujo de C entre reservorios.

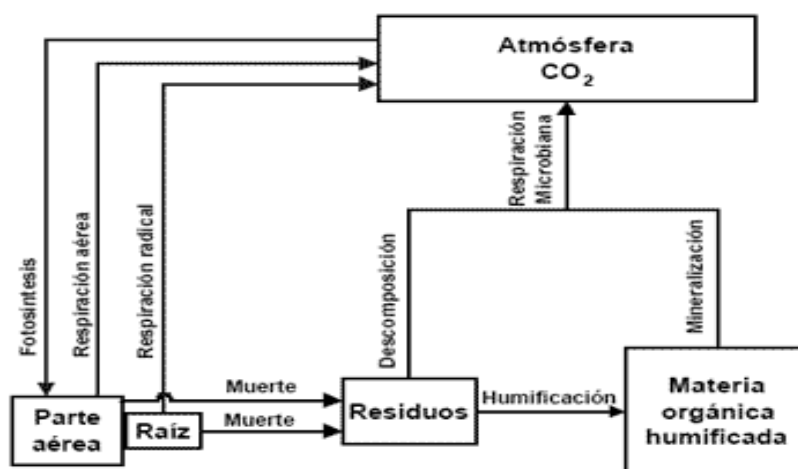


Figura 1. Ciclo de carbono en un agrosistema (Alvarez, 2006).

Se observa en la figura 1 que el carbono del suelo se mueve entre los reservorios suelo, atmósfera y cultivo, cuyas “llaves de paso” (válvulas) entre ellos son la mineralización, humificación, fotosíntesis y respiración (oxidación). Todo manejo agronómico que incremente el flujo hacia el reservorio suelo, favorece el incremento de la MO. Lo mismo ocurre con aquellos que reduzcan la salida de carbono desde el suelo.

Entre los factores que modifican la cantidad y calidad de la MO de los suelos bajo cultivo se encuentran las rotaciones de cultivo y el tipo de labranzas.

En este trabajo se evalúa el efecto de una labranza de semi-incorporación de rastrojo sobre el contenido de MO total y sus fracciones humificada y particulada.

## **1.2: Antecedentes**

### *La materia orgánica y las rotaciones de cultivos.*

Los monocultivos de soja no aportan suficiente C al suelo para compensar las pérdidas de mineralización, cualquiera sea el sistema de labranza (Andriulo *et al.*, 2005).

La cantidad de carbono orgánico mineralizada dependerá del nivel de MO del suelo y los aportes de residuos de la secuencia de cultivos. Así, suelos que presenten un alto contenido de C inicial, tendrán mayores pérdidas por mineralización que aquellos de contenido menor. Por otro lado, el rendimiento de los cultivos es un indicador directo del aporte de rastrojos que realizan. La fertilización incrementa los rendimientos, y con ellos el aporte de residuos hacia el suelo. Las rotaciones que dejan mayor cantidad de residuos, son aquellas con balances de carbono orgánico menos negativos (Alvarez, 2006).

Los cultivos de gramíneas tienen la capacidad de producir mayor cantidad de rastrojos que los demás, no sólo por su mayor biomasa, sino porque su relación C:N es alta, lo que hace que se pierda menos en el proceso de humificación. La soja tiene el menor aporte de C entre los cultivos frecuentes de la zona, y si se pretende disminuir las pérdidas de MO de los suelos debe pensarse en rotaciones con menor proporción de soja y más de gramíneas (Cordone *et al.*, 2005).

Puede decirse entonces que el predominio del cultivo de soja provoca la falta de fuente carbonada para introducir al suelo. Para la región centro sur de Córdoba se ha comprobado la siguiente relación: por cada hectárea de maíz se cultivan dos hectáreas de soja y por cada hectárea de pastura natural o cultivada se cultivan cuatro hectáreas de soja (Cisneros *et al.*, 2008).

### *La materia orgánica y los tipos de labranza.*

Existen numerosas investigaciones que demuestran que las labranzas reducidas, en especial la siembra directa, aumenta el carbono orgánico total (COT) (Six *et al.*, 1999), (Morón y Díaz Roselló, 2001), (Franzluebbers, 2002), (Al-Kaisi *et al.*, 2005 a). Sin embargo (Carter, 2005) indica que no siempre las labranzas reducidas o cero incrementan el COT en relación a la labranza convencional bajo iguales condiciones de cantidad y calidad de fuentes carbonadas, aunque sostiene que las labranzas no



convencionales, en condiciones semiáridas, pueden incrementar la cantidad de MOP. Por otra parte, está demostrado que la siembra directa, por un lado incrementa la densidad del suelo (Apezteguía y Sereno, 2002), aspecto que favorece el escurrimiento superficial con arrastre de los rastrojos y por otro, produce una estratificación en la distribución de MO acumulándose la mayor cantidad en los primeros 5 cm (Alvarez, 2006), (Kay y VandenBygaart, 2002) quedando más expuesta al factor de mineralización climática (Papadakis, 1980 citado por Imbellone *et al*, 2010). A estos aspectos contraproducentes de la siembra directa hay que añadir la pérdida de rastrojos por efecto del viento.

Las labranzas tienen un efecto decisivo en la transformación de los rastrojos (materia orgánica fresca) hacia las formas más estables de la misma. Esto es debido a que la transformación de la MO fresca en humus es un proceso complejo que requiere de la intervención de microorganismos. Éstos se encargan de descomponer los residuos que ingresan al suelo y de su resíntesis en moléculas más complejas. Al poner los residuos en contacto con el suelo, se favorece la actividad microbiana por efecto del microambiente al que son sometidos. Esto se explica por el mayor contacto suelo rastrojo, la mayor humedad del residuo y del suelo, la mayor disponibilidad de nitrógeno para los microorganismos y las menores fluctuaciones en la temperatura. La siembra directa, al dejar los rastrojos en la superficie, dificulta la descomposición de éstos al hacer desfavorables las condiciones para los microorganismos encargados de este proceso. Este manejo de los residuos de cosecha produce ritmos de descomposición más lentos y promueve altos niveles de inmovilización del nitrógeno del suelo (Morón y Díaz Roselló, 2001).

### Capítulo 1.3 Hipótesis y Objetivos

**Hipótesis:** El semi-incorporado de rastrojo favorece el incremento del MO del suelo.

**Objetivo General:** Evaluar el efecto del semi-incorporado de rastrojo de maíz sobre la cantidad y fraccionamiento de MO en un horizonte A de un Haplustol típico bajo uso agrícola.

**Objetivo específico:**

Evaluar el efecto del semi-incorporado de rastrojo de maíz sobre el contenido total de MO del horizonte A.

Evaluar el efecto del semi-incorporado de rastrojo en el fraccionamiento de la MO en los primeros 10 cm del horizonte A.

## Capítulo 2: Materiales y métodos

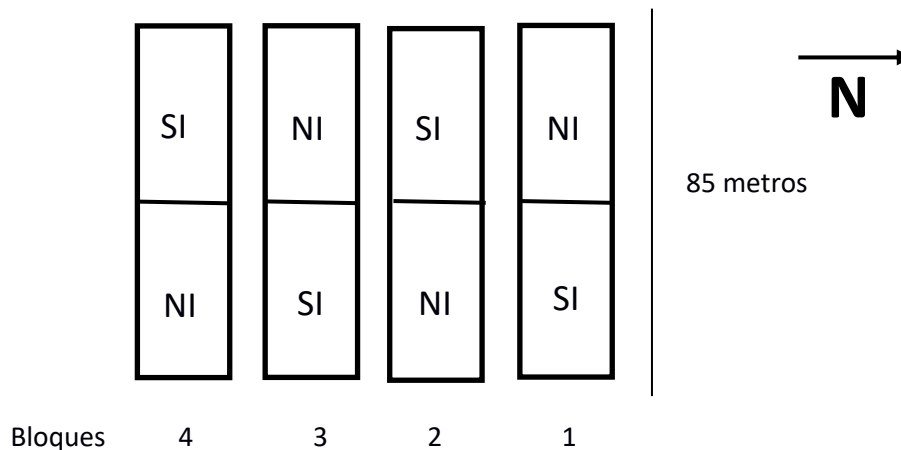
### Caracterización del área bajo estudio

El sitio elegido está ubicado 20 km al Sur de la localidad de Adelia María (30° 48' 30'' S; 63° 58' 50'' W) y está bajo uso agrícola desde 1996. El suelo es un Haplustol típico (Gorgas y Tassile, 2006), presenta textura franco-arenosa, es bien drenado, sin influencia de napa, salinidad ni alcalinidad. El relieve es normal, con una ligera pendiente hacia el sudeste. El clima es templado, con un periodo libre de heladas de 233 días, desde mediados de septiembre hasta mediados de mayo. Las precipitaciones responden a un régimen monzónico, estando concentradas en la época estival. Sus registros medios son de 737 mm anuales (INTA, 1987). El uso actual y de los últimos 15 años es netamente agrícola, siguiéndose la rotación soja-soja-maíz bajo siembra directa.

### Tratamientos y diseño de experimento

Para la realización del proyecto fue necesario utilizar una rastra de doble acción, elementos de muestreo de suelo, pruebas de laboratorio para realizar análisis de contenido de materia orgánica total y una balanza de laboratorio.

El experimento fue llevado a cabo en un lote con rastrojo de maíz, en el cual el productor sembró soja. El diseño experimental fue en bloques completos al azar. Ver figura 2.



**Figura 2.** Esquema del experimento. SI: semi-incorporado. NI: no incorporado

Se realizaron cuatro bloques completos al azar de 85 metros y se dividieron por la mitad. En la mitad de cada bloque se incorporó el rastrojo de maíz dos meses antes de la siembra con una rastra de doble acción a una profundidad de labor de 10 cm. La otra mitad de cada bloque se dejó con el rastrojo completamente en superficie. Al momento de la labor, el suelo tenía un contenido de humedad gravimétrica de 13,6%.

El 3 de diciembre se sembró soja a 52,5 cm entre hileras en todo el lote en el que se encontraba el ensayo. El sistema de labranza utilizado fue siembra directa.

### *Variables medidas*

- a) En el rastrojo: se tomaron 2 muestras dentro cada subparcela utilizando un aro de 0,25 m<sup>2</sup> al momento de realizar la labor (dos meses antes de la siembra). Las muestras fueron pesadas para determinar la cantidad inicial de rastrojo en superficie. Estas mediciones no contemplan la materia aportada por las raíces del cultivo anterior. Por ello se les agrega un 20% más (Alvarez, 2006). La humedad del rastrojo no fue determinada. No se midió la cantidad de rastrojo en superficie posterior a la labranza, por lo que no se cuantificó la proporción del rastrojo inicial efectivamente incorporada.
- b) En el suelo: Se tomó una muestra compuesta (12-15 pinchazos) del horizonte A del suelo de cada subparcela en presiembra y tras la cosecha del cultivo de soja, en todos los casos a las profundidades de 0-10 y 10-20 cm. Cada muestra de suelo fue secada al aire.  
Las muestras compuestas fueron tamizadas con malla de 2 mm. Luego se tomaron alícuotas de cada una para medir contenido total de MO. Esta determinación se llevó a cabo por el Método de Mebius modificado (Nelson y Sommers, 1982).  
El carbono particulado y el humificado se determinaron por separación de la fracción entre 0,1 y 2 mm, la cual se obtuvo a través del tamizado en húmedo con malla de 0,1 mm de abertura (Galantini *et al.*, 1994). Estas fracciones separadas fueron medidas por el mismo método que el carbono orgánico total.  
Los muestreos de suelo se realizaron en dos momentos: presiembra y postcosecha, con un tiempo transcurrido entre mediciones de 250 días.
- c) Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

## Capítulo 3: Resultados y Discusión

### 3.1 – Cantidad de rastrojo disponible.

Las cantidades de rastrojo disponible al inicio del ensayo para incorporar al suelo se presentan en la tabla 1.

Tratamiento	Rastrojos (kg)
Semi Incorporado	3940 A
No Incorporado	4685 A

**Tabla 1.** Cantidad de rastrojo disponible para cada subparcela del estudio. Letras iguales no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

Para probar que no hay diferencias estadísticamente significativas entre la cantidad inicial de rastrojos se realizó análisis de la varianza y test de separación de medias LSD Fisher (Di Rienzo *et al.*, 2013). Se realizó el mismo tipo de análisis para evaluar el efecto bloque, el cual también arrojó que no hay diferencias entre ellos. Ver anexo 1.

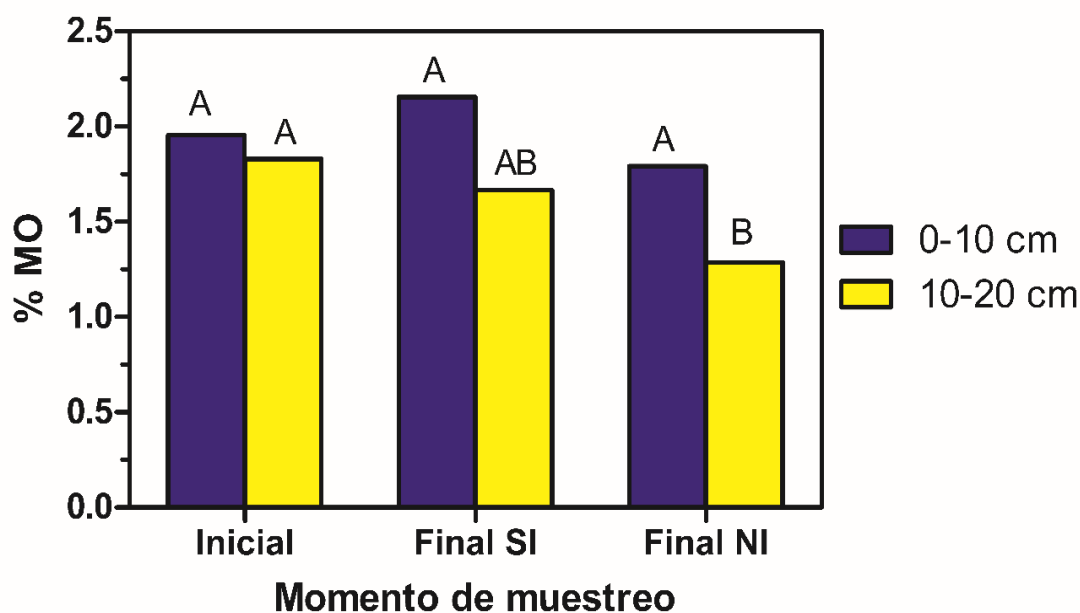
Los cambios en el carbono orgánico del suelo tienen estrecha relación con el aporte de residuos de cosecha, donde a mayor cantidad de rastrojos aportados, mayor acumulación de MO (Smil, 1999; Sá *et al.*, 2001 citado por Garcia, 2016).

Las cantidades disponibles para el estudio son relativamente bajas si se comparan con otros estudios en los que utilizan el aporte de residuos de maíz (Al-Kaisi *et al.*, 2005 a; Al-Kaisi *et al.*, 2005 b; Richmond y Rillo, 2007) en los que la cantidad es al menos el doble de los residuos trabajados en este ensayo. Blanco-Canqui y Lal (2007) realizaron un estudio de efecto de residuos en cultivos de siembra directa durante 10 años comparando 0, 8 y 16 t\*ha<sup>-1</sup> de residuos. No encontraron efecto estadísticamente significativo por debajo de 5 cm de profundidad dejando 8 t\*ha<sup>-1</sup> de residuos sin incorporar durante 10 años.

Sin embargo, Galantini y Rosell, (2006) citado por Galantini *et al.* (2006) en un experimento llevado a cabo durante 14 años, sugieren que los cambios en el suelo estarían mucho más influenciados por cambios en los factores que regulan la descomposición más que por las diferencias en los aportes de material orgánico.

### 3.2 – Variación del contenido de materia orgánica del horizonte A.

Se presentan los resultados de las mediciones realizadas al inicio (presembrado) y fin (cosecha) de la experiencia para los dos tratamientos sin (NI) y con semi-incorporado (SI). Entre ambos momentos transcurrieron 250 días (desde septiembre a mayo).



**Figura 3.** Contenido de Materia Orgánica total a dos profundidades del horizonte A. SI= Semi-Incorporado NI= No Incorporado. Barras azules profundidad 0-10 cm y amarillas 10-20 cm. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ).

El análisis muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas para el contenido de MO entre 0-10 cm entre los tratamientos ni entre los momentos evaluados. El cotejo fue realizado para una misma profundidad. Las comparaciones de medias fueron hechas con test LSD Fisher (Di Rienzo *et al.*, 2013). A la profundidad de 10-20 cm hay diferencias estadísticamente significativas entre el contenido inicial y el contenido a cosecha del tratamiento sin incorporación de rastrojos (Ver anexo 2). Este último resultado no era esperable de encontrar, pues no es alcanzado por la labranza y por lo tanto no hay incorporación de rastrojo. El mismo podría ser atribuido a un error en la toma de la muestra o en la medición de materia orgánica.

Kay y VandenBygaart, (2002) no encontraron diferencias por debajo de 5 cm de profundidad tras 22 años de estudio comparando entre siembra directa y labranza convencional. En su artículo, ellos afirman que los resultados obtenidos por diferentes investigadores fueron más consistentes cuando las mediciones fueron hechas con más de 15 años desde el inicio del estudio.

En general, los resultados de las mediciones del contenido total de materia orgánica presentan alta variabilidad dentro de los tratamientos, lo que podría ocultar diferencias entre ellos. Otros estudios han encontrado también alta variabilidad en sus resultados. Estas variaciones ocultaron diferencias cuando se compararon cortos períodos de tiempo, de un año o menos (Galantini *et al.*, 2006). Por otra parte, estos estudios se realizan durante 15 años o más antes de arribar a resultados definitivos (Chan *et al.*, 2002; Galantini *et al.*, 2006; McVay *et al.*, 2006).

Por otro lado, (Hernanz *et al.*, 2002) encontraron diferencias significativas en el contenido total de C para la profundidad de 0-10 cm comparando entre siembra directa, labranza mínima y convencional, donde la primera tenía mayor contenido que las demás. Sin embargo, no encontraron diferencias estadísticamente significativas a mayores profundidades.

### 3.3 – Fracciones de C en el horizonte A

Los resultados de las distintas fracciones de C medidas entre 0 y 10 cm de profundidad se presentan en la tabla 2.

	MO total (%)	MO humificada (%)	MO particulada (%)
Inicial	1.96 A	1.54 A	0.5 A
SI final	2.16 A	1.23 A	0.42 A
NI final	1.79 A	1.84 A	0.43 A

**Tabla 2.** Fracciones de carbono en el horizonte A. Contenidos de materia orgánica total, humificada y particulada a la profundidad de 0 a 10 cm. SI= Semi-Incorporado NI= No Incorporado. Letras iguales no difieren de manera estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

En cuanto a la materia orgánica total, como ya se mencionó antes, no existen diferencias significativas entre los tratamientos. La materia orgánica humificada es la que presenta mayor diferencia entre tratamientos, aunque ésta no es estadísticamente significativa, siendo el tratamiento de no incorporado el que mayor contenido de esta fracción tiene. No se observan diferencias en el contenido de materia orgánica particulada.

Estos resultados coinciden con Galantini *et al.* (2006), quienes no encontraron diferencias en el contenido de carbono orgánico particulado comparando entre siembra directa y labranza convencional, pero sí hallaron diferencias en su distribución. Además, el mencionado trabajo encontró que la materia orgánica humificada seguía una tendencia similar a la materia orgánica total.

La falta de variaciones en la materia orgánica particulada en esta experiencia no coincide con Bremen *et al.*, (1995) quienes en sus experiencias realizadas en Canadá durante más de 40 años muestran a esta fracción como la más sensible a cambios en el contenido orgánico del suelo, aun cuando el carbono orgánico total o la fracción humificada no muestran variaciones significativas. En su trabajo ellos indican que el C orgánico alcanza un nuevo estado estacionario tras 10 o 20 años de un cambio en el manejo del suelo.

Respecto a las fracciones de carbono Apezteguía y Sereno, (2002) hallaron la misma cantidad de carbono particulado comparando siembra directa con labranza vertical, pero menor contenido de la fracción estable (humificado) en labranza vertical que en siembra directa. Ellos atribuyeron este fenómeno a que la labranza vertical y la siembra directa mantienen una menor temperatura del suelo respecto a labranza convencional, pero que la primera rompe los agregados del suelo en forma similar a la convencional, lo que provoca exposición de la materia orgánica humificada y su posterior mineralización.

La falta de diferencias estadísticamente significativas dentro del contenido de carbono humificado coincide con Diovisalvi *et al.* (2008), quienes tampoco encontraron diferencias significativas en esta fracción al comparar entre labranza convencional y siembra directa. Los autores atribuyen este resultado a la baja labilidad de la materia orgánica humificada, la que no debería ser muy diferente entre suelos

bajo diferentes prácticas de manejo (Cambardella y Elliott, 1992; Domínguez, 2004; Eiza *et al.*, 2005; citados por Diovisalvi *et al.* 2008).

Por otro lado, Bonel *et al.* (2005) no encontraron diferencias importantes en cantidad y calidad de carbono orgánico comparando siembra directa y labranza reducida trabajando en un Argiudol de Marcos Juárez. Atribuyeron esta similitud al microambiente en cada tipo de labranza, lo que por diferentes motivos arrojaría resultados similares.

## Capítulo 4: Conclusiones

- a) La cantidad de rastrojo incorporado no presentó diferencias estadísticamente significativas para ambos tratamientos
- b) No hay efecto del semi-incorporado de rastrojos sobre el contenido de MO total en el corto plazo.
- c) Tampoco hay efecto de esta labranza sobre las fracciones de MO humificada y particulada en el corto plazo.
- d) Acorde a los resultados logrados para los objetivos planteados se refuta la hipótesis formulada para las condiciones experimentales y metodológicas de este trabajo.

## Limitaciones del Estudio

- a) En lo químico-biológico
    - Escaso volumen de rastrojo disponible para incorporar y transformar en MO humificada.
    - Ensayo de corta duración entre la incorporación y la medición final.
  - b) En lo metodológico:
    - Para mediciones de la variación del C es aconsejable expresar los resultados en valores absolutos de MO ( $t \cdot ha^{-1}$ ) ya que son más reales y sensibles para evaluar cambios de stock.
    - Los datos medidos de C tuvieron una gran variabilidad lo que dificultó los análisis estadísticos.
- En consecuencia, no debe ser tomada como concluyente la demostración de la hipótesis. Es necesario realizar nuevos ensayos controlando estas limitaciones para revisar la misma.



## Bibliografía

- AL-KAISI, M.M., X. YIN y M.A. LICHT. 2005 a. Soil carbon and nitrogen changes as affected by tillage system and crop biomass in a corn–soybean rotation. *Applied Soil Ecology* 30, 174–191.
- AL-KAISI, M.M., X. YIN y M.A. LICHT. 2005 b. Soil carbon and nitrogen changes as influenced by tillage and cropping systems in some Iowa soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105, pp.635–647.
- ALVAREZ, R. 2006. Materia orgánica: Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. Capítulos 2; 3; 4; 5 y 6. Páginas 13-78. Buenos Aires Editorial Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- ANDRIULO, A.E., M.C. SASAL, A.B. IRIZAR, S.B. RESTOVICH, F. RIMATORI y J. GALANTINI. 2005. Efecto de diferentes sistemas de labranza y secuencias de cultivo y de la fertilización nitrogenada sobre los stocks de C y N edáficos. Jornadas Nacionales “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas”. 2 y 3 de junio de 2005. Bahía Blanca. Argentina.
- APEZTEGUÍA, H. y R. SERENO. 2002. Influencia de los sistemas de labranza sobre la cantidad y calidad del carbono orgánico del suelo. *Agricultura Técnica* 62, 418–426.
- BLANCO-CANQUI, H. y R. LAL, 2007. Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. *Soil and Tillage Research*, 95(1-2), pp.240–254.
- BONEL, B.A., H. MORRAS y V. BISARO, 2005. Modificaciones de la microestructura y la materia orgánica en un Argiudol bajo distintas condiciones de cultivo y conservación. *Ciencia del suelo*, 23(1), pp.1–12.
- BREMER, E., B.H. ELLERT y H. H. JANZEN. 1995. Total and light-fraction carbon dynamics during four decades after cropping changes. *Soil Science Society of America Journal*, 59(5), pp.1398-1403.
- CARTER, M. R., 2005. Long-term tillage effects on cool-season soybean in rotation with barley, soil properties and carbon and nitrogen storage for fine sandy loams in the humid climate of Atlantic Canada. *Soil and Tillage Research*, 81(1), 109-120.
- CHAN, K.Y., D.P. HEENAN y A. OATES. 2002. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. *Soil and Tillage Research* 63, pp.133–139.
- CISNEROS, J., A. CANTERO, A. DEGIOANNI, V. BECERRA y M. ZUBRZYCKI, 2008. Producción, Uso y Manejo de las Tierras. Capítulo 3. Percepción Económica y Visión de los Productores Agropecuarios de los Problemas Ambientales en el Sur de Córdoba, Argentina. Editores: de Prada J. D. y J.A. Penna. Ediciones INTA.
- CORDONE, G., F. MARTÍNEZ, A. ANDRIULO y H. GHIO, 2005. El balance de carbono del suelo. Revista AAPRESID N° 76. Conociendo El Suelo. Marzo 2005. Rosario, Santa Fe, Argentina. 9–12.

- DI RIENZO J.A., F. CASANOVES, M.G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA, C.W. ROBLEDO. INFOSTAT versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DIOVISALVI, N. V., G. STUDDERT, G. DOMINGUEZ, M. EIZA. 2008. Fracciones de carbono y nitrógeno orgánicos y nitrógeno anaeróbico bajo agricultura continua con dos sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo*, 26(1), pp.1–11.
- FRANZLUEBBERS, A., 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research* 66, páginas 197–205.
- GALANTINI, J.A., R.A. ROSELL y J.O. IGLESIAS, 1994. Determinación de materia orgánica empleando el método de Walkley y Black en fracciones granulométricas del suelo. *Ciencia Suelo* 12, 81–83.
- GALANTINI, J. A, R. A. ROSELL, G. BRUNETTI, y 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.
- GALANTINI, J.A., J.O. IGLESIAS, C. MANEIRO, L. SANTIAGO y C. KLEINE, 2006. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. Efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. *Revista Investigaciones Agropecuarias RIA-INTA* 35, 15–30.
- GARCIA, F. 2016. Agricultura Sustentable y Materia Orgánica del Suelo : Siembra Directa , Rotaciones y Fertilidad. **3° Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo**. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- GORGAS, J. y J. TASSILE, 2006. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba: Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1: 500.000. INTA y MAGyP. Argentina.
- HAMPP, E. 2006. Fracción Orgánica de los Suelos. Capítulo 8. Sistema Suelo. Su origen y propiedades fundamentales. Editorial Fundación UNRC. Río Cuarto, Argentina. 230 páginas.
- HERNANZ, J.L., R. LOPEZ, L. NAVARRETE, V. SANCHEZ-GIRON.2002. Long-term effects of tillage systems and rotations on soil structural stability and organic carbon stratification in semiarid central Spain. *Soil and Tillage Research*, 66(2), pp.129–141.
- IMBELLONE, P., GIMÉNEZ, J., y PANIGATTI, J. L. 2010. Suelos de la Región Pampeana. Procesos de formación. *Buenos Aires: Ediciones INTA*, 631.48. Argentina.
- INTA, 1987. Plan mapa de suelos. Hoja 3563-3, Laboulaye. Carta de suelos de la República Argentina. 72 p. INTA y SMAGyRR, Córdoba, Argentina.
- KAY, B. y A. VANDENBYGAART.2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research* 66, 107–118.
- LAL, R. y R.F. FOLLET. 2009. *Soil carbon sequestration and the greenhouse effect*. 2<sup>da</sup> ed. SSSA special publication 57. 413 páginas.
- MCVAY, K., J. BUDDE, K. FABRIZZI, M. MIKHA, C. RICE, A. SCHLEGEL, D. PETERSON, D. SWEENEY, C. THOMPSON. 2006. Management Effects on Soil Physical Properties in Long-Term Tillage Studies in Kansas. *Soil Science Society of America Journal*, 70(2), p.434.

- MORÓN, A. y R. DÍAZ ROSELLÓ, 2001. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. Siembra Directa En El Cono Sur PROCISUR Montevideo Uruguay 387–405.
- NELSON, D.W. y L.E. SOMMERS, 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter 1. *Methods Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological properties*. Agronomy monographies 539–579. Purdue University. Indiana, Estados Unidos.
- RICHMOND, P. y S. RILLO.2007. Caracterización de la dinámica de incorporación de residuos de cosecha al suelo en un sistema agrícola en siembra directa en el centro-oeste de Buenos Aires. *Informaciones Agronomicas #43*, p.22.
- SIX, J., E. ELLIOTT, y K. PAUSTIAN, 1999. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 1350–1358.
- SMIL, V., 1999. Crop Residues : Agriculture ' s Largest Harvest phytomass agricultural. *Oxford Journals, Bioscience*, volumen 49 edicion 4 páginas 299–308.

## Anexos

### Anexo 1

#### Análisis de la varianza para la cantidad de rastrojo inicial

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg rastrojo	8	0.09	0.00	31.74

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1110050.00	1	1110050.00	0.59	0.4706
Tratamiento	1110050.00	1	1110050.00	0.59	0.4706
Error	11238700.00	6	1873116.67		
Total	12348750.00	7			

#### Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2368.02154

Error: 1873116.6667 gl: 6

Tratamiento	Medias n	E.E.
NI	4685.00	4 684.31 A
SI	3940.00	4 684.31 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Análisis de la varianza para la comparación de cantidad inicial de rastrojo entre bloques del ensayo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rastrojo (kg/ha)	8	0.70	0.47	22.48

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8587750.00	3	2862583.33	3.04	0.1551
Bloque	8587750.00	3	2862583.33	3.04	0.1551
Error	3761000.00	4	940250.00		
Total	12348750.00	7			

#### Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2692.22080

Error: 940250.0000 gl: 4

Bloque	Medias n	E.E.
1.00	5460.00	2 685.66 A
3.00	5230.00	2 685.66 A
2.00	3320.00	2 685.66 A
4.00	3240.00	2 685.66 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Análisis de la varianza para las cantidades de rastrojo al inicio del estudio. Letras iguales no difieren estadísticamente ( $p=0,05$ ).

## Anexo 2

### Análisis de la varianza para la comparación entre tratamientos de contenido total de MO de 0 a 10 cm de profundidad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO 0-10	12	0.15	0.00	20.66

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.26	2	0.13	0.80	0.4797
Momento	0.26	2	0.13	0.80	0.4797
Error	1.49	9	0.17		
Total	1.75	11			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.65030**

Error: 0.1653 gl: 9

Momento	Medias	n	E.E.
Final SI	2.16	4	0.20 A
Inicial	1.96	4	0.20 A
Final NI	1.79	4	0.20 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Análisis de la varianza para la comparación entre tratamientos de contenido total de MO de 10 a 20 cm de profundidad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO 10-20	12	0.53	0.43	15.42

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.62	2	0.31	5.12	0.0328
Momento	0.62	2	0.31	5.12	0.0328
Error	0.54	9	0.06		
Total	1.16	11			

**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.39326**

Error: 0.0604 gl: 9

Momento	Medias	n	E.E.
Inicial	1.83	4	0.12 A
Final SI	1.67	4	0.12 A B
Final NI	1.29	4	0.12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )