

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

**Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero  
Agrónomo**

**Materia Orgánica total, lábil y estabilizada en un Hapludol  
típico del sur oeste de Córdoba con rotación agrícola-ganadera  
y distintos sistemas de labranza**

**Alumno: Mariano Raúl Ramassa**

**DNI: 36.759.645**

**Director: Carmen Cholaky**

**Co-director: Marcos Bongiovanni**

**Río Cuarto – Córdoba  
Febrero de 2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Materia Orgánica total, lábil y estabilizada en un Hapludol típico del sur  
oeste de Córdoba con rotación agrícola-ganadera y distintos sistemas de  
labranza

Autor: Ramassa Mariano Raúl  
DNI: 36759645

Director: Ing. Agr. M. Sc. Carmen Cholaky  
Co-director: Ing. Agr. M. Sc. Marcos Bongiovanni

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

Elena Bonadeo \_\_\_\_\_

Cabrera Soledad \_\_\_\_\_

Fecha de presentación: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida, a mi familia por el esfuerzo que realizaron y el apoyo que me brindaron, a mis directores Carmen y Marcos por su colaboración y enseñanza, a mis amigos y compañeros por transitar juntos estos años, y por último a la Universidad Nacional de Río Cuarto por la oportunidad de formarme profesionalmente.

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Presentación, fundamentación e importancia del trabajo.....	1
1.2 Antecedentes .....	4
1.3 Objetivos General y Específicos.....	6

### CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
2.1 Caracterización del área de estudio.....	7
2.2 Descripción de los tratamientos y diseño experimental.....	7
2.3 Evaluaciones.....	9
2.3.1 Muestreo.....	9
2.3.2 Determinaciones.....	9
2.3.2.1 Fraccionamiento físico de la materia orgánica del suelo.....	9
2.3.2.2 Determinación de la materia orgánica total y de sus fracciones siguiendo el método de Walkley y Black.....	10
2.3.2.3 Cálculo y expresión de los resultados.....	10
2.3.3 Balance de la materia orgánica.....	10
2.4 Análisis estadístico de los resultados.....	11

### CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
3.1 Efecto de los sistemas de labranza sobre el contenido de materia orgánica total.....	12
3.2 Efecto de la fertilización sobre el contenido de materia orgánica total.....	14
3.3 Efecto combinado de los sistemas de labranza y tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica total.....	15
3.4 Efecto de los sistemas de labranza sobre el contenido de materia orgánica en la fracción fina de suelo, comprendida entre 0-53 $\mu$ m.....	17
3.5 Efecto de los sistemas de labranza sobre el contenido de materia orgánica en la fracción media y gruesa del suelo, comprendida entre 53-2000 $\mu$ m.....	18
3.6 Efecto de los tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica en la fracción fina de suelo, comprendida entre 0-53 $\mu$ m.....	19
3.7 Efecto de los tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica en la fracción media y gruesa del suelo, comprendida entre 53-2000 $\mu$ m.....	20
3.8 Efecto combinado de los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica en la fracción fina de suelo, comprendida entre 0-53 $\mu$ m.....	21

3.9 Efecto combinado de los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica en la fracción media y gruesa de suelo, comprendida entre 53-2000 $\mu$ m.....	22
3.10 Comparación de los contenidos de Materia Orgánica total de la rotación agrícola ganadera con una rotación agrícola pura.....	23
3.11 Comparación de los contenidos de Materia Orgánica de la fracción fina (0-53 $\mu$ m) entre la rotación agrícola ganadera y una rotación agrícola pura.....	26
3.12 Comparación de los contenidos de Materia Orgánica de la fracción media (53-100 $\mu$ m) y gruesa (100-2000 $\mu$ m) de suelo en la rotación agrícola ganadera con una rotación agrícola.....	28
3.13 Comparación de los contenidos de Materia Orgánica de la rotación agrícola ganadera con una situación de mínimo disturbio.....	30
3.14 Evolución de la Materia Orgánica bajo un uso Agrícola-Ganadero.....	32
3.15 Modelo de balance de materia orgánica.....	34
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>CONCLUSIONES</b> .....	39
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	40
<b>ANEXO</b> .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

Tabla 1. Contenido de materia orgánica total de las capas superficiales del suelo para diferentes sistemas de labranza.....	12
Tabla 2. Contenido de materia orgánica total de las capas superficiales del suelo para diferentes tratamientos de fertilización.....	14
Tabla 3. Variación promedio anual de la materia orgánica en tratamientos de fertilización.....	15
Tabla 4. Contenido de materia orgánica total de las capas de 0-10 cm y 0-20 cm del suelo para diferentes sistemas de labranzas y tratamientos de fertilización.....	16
Tabla 5. Contenido de Materia orgánica fina de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes sistemas de labranza.....	18
Tabla 6. Contenido de Materia Orgánica media de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes sistemas de labranza.....	18
Tabla 7. Contenido de Materia Orgánica gruesa de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes sistemas de labranza.....	19
Tabla 8. Contenido de Materia orgánica fina de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes tratamientos de fertilización.....	19
Tabla 9. Contenido de Materia Orgánica media de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes tratamientos de fertilización.....	20
Tabla 10. Contenido de Materia Orgánica gruesa de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes tratamientos de fertilización.....	20
Tabla 11. Contenido de materia orgánica fina de las capas superficiales del suelo para diferentes sistemas de labranzas y tratamientos de fertilización.....	21
Tabla 12. Contenido de materia orgánica media de las capas superficiales del suelo para diferentes sistemas de labranzas y tratamientos de fertilización.....	22
Tabla 13. Contenido de materia orgánica gruesa de las capas superficiales del suelo para diferentes sistemas de labranzas y tratamientos de fertilización.....	23
Tabla 14. Contenido de materia orgánica total y de fracciones en diferentes usos y sistemas de labranza, para dos profundidades.....	30
Tabla 15. Niveles de materia orgánica obtenidos mediante análisis de suelo en el ensayo....	32
Tabla 16. Rendimientos de cultivos de grano y producción de biomasa en pastura por campaña y para tratamientos fertilizados .....	35
Tabla 17. Aportes de residuos de biomasa aérea, raíz y a través del bosteo de los animales en pastoreo .....	36
Tabla 18. Niveles de materia orgánica obtenidos mediante el modelo de simulación de Guerif (1945) ajustado para las condiciones del ensayo.....	37

Tabla 19. Variación de carbono orgánico determinado mediante el modelo de simulación de Guerif (1945) ajustado para las condiciones del ensayo.....	38
---	----

## **FIGURAS**

Figura 1. Contenido de Materia orgánica total de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes usos y tratamientos.....	24
Figura 2. Contenido de Materia orgánica total de la capa de 10 - 20 cm de suelo para diferentes usos y tratamientos.....	24
Figura 3. Contenido de materia orgánica fina de la capa de 0-10 cm del suelo para diferentes combinaciones de usos y tratamientos.....	27
Figura 4. Contenido de materia orgánica media de la capa de 0-10 cm del suelo para diferentes combinaciones de usos y tratamientos.....	28
Figura 5. Contenido de materia orgánica gruesa de la capa de 0-10 cm del suelo para diferentes combinaciones de usos y tratamientos.....	29
Figura 6. Contenido de materia orgánica total y de fracciones en diferentes usos y sistemas de labranza, para dos profundidades.....	30
Figura 7. Evolución de la materia orgánica en el sitio del ensayo según datos de análisis de suelo.....	33
Figura 8. Evolución de la materia orgánica en el sitio del ensayo según el modelo de simulación de Guerif (1945) .....	37

## **ANEXO**

Figura 1. Ubicación del sitio del ensayo en la región.....	49
Figura 2. Ubicación del sitio del ensayo en el campo experimental.....	49
Figura 3. Sitio del ensayo.....	50
Figura 4. Sitio del ensayo, rotación agrícola-ganadera.....	50
Figura 5. Sitio del ensayo, rotación agrícola.....	51
Figura 6. Situación de mínimo disturbio.....	51

## RESUMEN

La materia orgánica (MO) es el principal indicador de la calidad del suelo. Además cumple un rol importante en el funcionamiento del suelo porque interviene en la capacidad de almacenamiento de agua, estructuración, resistencia a la compactación y es un importante reservorio de nutrientes. En el presente trabajo se evaluó el efecto de la labranza y la rotación sobre la MO total, la fracción lábil y estabilizada en la capa de 0-20 cm de un Hapludol típico del Sur Oeste de Córdoba. El estudio comprendió una rotación agrícola-ganadera con tres sistemas de labranza: Siembra Directa (SD), Labranza Reducida (LR) y Labranza Convencional (LC); y dos tratamientos de fertilización: fertilizado (F) y no fertilizado (NF). Para considerar el efecto de la rotación se comparó con una situación agrícola pura, cuyos resultados fueron obtenidos en otro trabajo que se desarrolló simultáneamente. Además, los resultados se contrastaron con una situación de mínimo disturbio. Para obtener las fracciones se utilizó un método de fraccionamiento físico y la determinación de la materia orgánica se realizó por oxidación. Los resultados indican que el contenido de MO total fue superior en LR para 0-10 cm, mientras que para 10-20 cm fue superior en LC. Los tratamientos fertilizados incrementaron el valor de MO en todas las labranzas y de manera más significativa en SD. En la fracción estabilizada, de 0-10 cm, las labranzas conservacionistas (SD; LR) presentaron mayores niveles orgánicos, mientras que para la fracción lábil no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, pero sí la misma tendencia que en la fracción estabilizada. Al comparar niveles orgánicos en la rotación agrícola-ganadera con la agrícola pura no se observaron diferencias significativas. Por otra parte, la intervención antropica sobre suelos no disturbados, genera una importante caída en los niveles orgánicos. En el mediano y largo plazo, las labranzas conservacionistas tienden a incrementar los niveles de materia orgánica en los suelos, mientras que la LC tiende a mantener y/o disminuir estos niveles.

**Palabras claves:** Fracciones de la materia orgánica, sistemas de labranza, fertilización, rotación, mínimo disturbio.



## SUMMARY

Organic matter (OM) is the main indicator of soil quality. Moreover, it is something really important on proper soil functioning because it participates in water storage capacity, structuring, compacting resistance and it is a substantial nutrient reservoir. Here it was tested the cultivation of land effect and rotation on the total OM, the unsteady and steady area or fraction on the 0-20 cm layer of a typical Hapludol in the south west of Cordoba province. The study comprised an agricultural and live stock relation whit three farm work systems: direct sowing (DS), reduced tillage (RT) and conventional tillage (CT) and two fertilization treatments: fertilized and non fertilized. To evaluate the rotation effect it was compared with a pure agricultural situation which results were achieved in a different work carried out at the same time. Besides, the results were contrasted on conditions of minimum disturbance. To get the fractions a physical division method was used and organic matter determination was made through oxidation. The result point out that total OM content was higher on RT for 0-10 cm, but CT was higher for 10-20 cm. Fertilized treatments increased OM value on all farm-work and mainly in DS. On 0-10 cm steady or stabilized sections the conservationist farm works (DS, RT) give higher organic levels meanwhile on the unsteady section or fraction there were on significant differences among the treatments but keeping the same tendency as the stabilized fractions. When comparing organic levels on the agricultural and live stock rotation with the pure agricultural one no meaningful differences were watched. On the other hand, the anthropic intervention on non disturbed soils generates an important decrease on the organic levels. In the medium and long term, conservationist farm work tends to increase the levels of organic matter on the soils but CT tends to keep or decrease these levels.

**Keywords:** organic matter sections or fractions, farm work systems, fertilization, rotation, minimum disturbance.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PRESENTACIÓN, FUNDAMENTACIÓN E IMPORTANCIA DEL TRABAJO

El suelo es uno de los ecosistemas más complejos y diversos que existen en la naturaleza. Es un ambiente que combina las fases sólida, líquida y gaseosa formando una matriz tridimensional. La compleja naturaleza físico-química, su estructura porosa y el contenido de materia orgánica en diversas fases de descomposición y complejidad, proporcionan una heterogeneidad trófica y de hábitat que permite en él la coexistencia de una gran diversidad de organismos (Zerbino y Altier, 2006).

Un paso fundamental para poder cuantificar el costo ambiental de las unidades de producción es la utilización de indicadores de la calidad del suelo y la mayoría de los estudios coinciden en que la materia orgánica (MO) o carbono orgánico (58% de MO) es el principal indicador y evidentemente el que posee una influencia más trascendente sobre la calidad y productividad del suelo (Corbella *et al.*, 2006).

En nuestro país, a fines del siglo pasado comenzaron a intensificarse las actividades agrícolas dada la mayor rentabilidad que ofrecían, en comparación con actividades ganaderas. El área sur de Córdoba no es la excepción, habiendo una clara tendencia a la agriculturización, donde el 65% de la superficie es de uso agrícola (56% de esa superficie destinada a soja y 27% a maíz) (Cisneros *et al.*, 2008). En estas condiciones, los niveles de carbono orgánico (CO) se encuentran seriamente comprometidos, debido a que han incrementado las pérdidas, con la consecuente degradación de algunas propiedades fundamentales de los suelos, a niveles que son incompatibles con una productividad sustentable a mediano y largo plazo.

En orden de importancia, después de la pérdida de suelo por erosión, la pérdida de materia orgánica (MO) es uno de los procesos ambientales que más impacta negativamente sobre los sistemas de producción (Lal, 1997).

Un buen entendimiento de la dinámica de la MO es necesario para desarrollar estrategias que contribuyan a la mitigación del cambio climático y a llevar adelante prácticas de manejo y un uso sustentable del suelo (Lal, 2004). En tal sentido la dinámica evolutiva de la MO, en función de distintos cultivos, sistemas de labranza y rotaciones provee herramientas para la elección de adecuadas prácticas de manejo o sistemas productivos. Al utilizar la MO como indicador de la calidad y productividad de los suelos es preciso distinguir entre la materia orgánica total y sus fracciones como principales atributos para

evaluar la sustentabilidad a nivel de lote y de explotación. (Schwenke, 2003, citado por Mandolesi *et al.*, 2004).

Diversos modelos de fraccionamiento de la MO del suelo han sido propuestos. En base al modelo de Verbene *et al.* (1990) se reconocen 5 fracciones o pooles principales de MO: -Residuos orgánicos; -Biomasa microbiana; - MO activa, lábil o particulada; -MO humificada o estabilizada; -MO inerte.

Según Diovisalvi *et al.* (2008) la MO se podría dividir en una fracción particulada (MOP 53-2000  $\mu\text{m}$ ) y una fracción humificada (MOH < 53  $\mu\text{m}$ ). Las fracciones orgánicas del suelo integran un sistema donde la dinámica está gobernada principalmente por el aporte de residuos de diversa naturaleza y por la transformación continua a través de factores biológicos, químicos y físicos. Desde el punto de vista productivo y de la calidad del suelo, la MO total aporta poca información para el estudio de los efectos de las prácticas agronómicas a corto plazo, siendo la porción lábil o particulada la fracción más sensible a los cambios producidos por las técnicas de manejo de suelo y de cultivo (Albanesi y Anriquez, 2008).

La MO está íntimamente ligada a la conservación, productividad y funcionalidad de los suelos (Corbella *et al.*, 2004) y cumple un rol importante en el funcionamiento del mismo porque interviene en la definición de la capacidad de almacenamiento de agua, la estabilidad de los agregados y la resistencia a la compactación (Carter, 2002). Además, es un muy importante reservorio de nutrientes por lo cual cambios en las fracciones lábiles de la MO provocadas por las prácticas de manejo pueden proveer información valiosa acerca del patrón de liberación y disponibilidad para los cultivos de sus nutrientes asociados (Galantini *et al.*, 2004).

El contenido de MO del suelo, como se mencionó anteriormente, es muy dinámico y refleja la historia del balance entre las tasas de acumulación y mineralización, el cual es afectado por las labranzas, la secuencia de cultivos y la fertilización (Janzen, 2006).

Durante períodos agrícolas con labranzas convencionales, se produce una disminución de los niveles de materia orgánica, debido principalmente a que el laboreo acelera e incrementa su pérdida y oxidación. Esta disminución de MO, para el mismo tipo de suelo y condición climática, es variable con el tipo de cultivo incluido en la rotación y es mayor en los primeros años de agricultura por pérdidas en las formas más lábiles. Las fracciones remanentes de la MO, que son más estables que las anteriores, proveen una menor disponibilidad de nutrientes, con lo cual un período de agricultura prolongado pasaría a ser altamente dependiente de insumos externos al sistema (fertilizantes). La inclusión de pasturas en la rotación, provee un mayor aporte de biomasa aérea y radicular, permitiendo mejorar los niveles de MO (De Siervi *et al.*, 2013). La presencia de raíces, microorganismos y fauna del suelo, constituyen los componentes vivos que manejan las transformaciones del

nitrógeno y otros nutrientes. Restos de vegetales, animales y microorganismos, constituyen la mayor proporción de la MO y se los encuentra en distintos estados de descomposición hasta llegar al humus (Forján, 2002).

Si bien la inclusión de pasturas en la rotación mejora los niveles de CO<sub>2</sub>, esto está sujeto a la acción del pastoreo directo por el ganado, que algunas veces puede generar efecto negativo sobre las propiedades físico-químicas de los suelos a través del excesivo consumo de biomasa que se traduce en menor aporte orgánico al suelo y el efecto de compactación por pisoteo (Taboada, 2007).

Las labranzas rompen los macroagregados por acción física directa y provocan la pérdida de MO por exposición de las fracciones protegidas dentro de los mismos (Eiza *et al.*, 2006). A su vez aceleran la mineralización en los suelos debido a que proveen un medio muy activo para los microorganismos, con altas temperaturas y mayor aireación (Villanueva *et al.*, 2004). Bajo siembra directa (SD), la no remoción del suelo y el mantenimiento de los residuos de cosecha en superficie resultan en un mayor contenido de MO en las capas superficiales del suelo respecto de situaciones similares bajo labranza convencional (LC) con remoción. Este efecto se explica por la menor oxidación de los residuos aportados, la menor erosión y, eventualmente, por una mayor producción de residuos bajo SD debida a la mayor producción de materia seca (García, 2004).

La siembra directa y el pastoreo directo con animales son sistemas que generan como principal problemática la compactación superficial del suelo (Kiessling *et al.*, 2008). Para los suelos pampeanos la compactación es una de las causas más graves de degradación ya que está muy relacionada con la dinámica del agua, erosión, infiltración, transferencia de gases y también con el crecimiento y desarrollo radical. Si bien la compactación está relacionada fuertemente con la textura y la humedad, el efecto de la MO como atenuador de esta problemática es considerable (Pecorari, 1988).

La implementación de descompactadores subsuperficiales con corte vertical, surge como una alternativa de manejo a la problemática de la compactación tanto por pisoteo animal como por tránsito de maquinaria. La utilización de maquinarias de este tipo, como es el caso del cincel, no causan reducción en el contenido de materia orgánica de los primeros centímetros de suelo (Eiza *et al.*, 2006).

En el presente trabajo se pretende estudiar el efecto acumulado de rotaciones y labranzas sobre la materia orgánica total del suelo y las fracciones que la componen, en un suelo representativo del suroeste de Córdoba.

## 1.2 ANTECEDENTES

El siglo XX estuvo marcado por un fuerte proceso de “agriculturización” que se manifiesta por el uso creciente y continuo de las tierras para cultivos agrícolas en lugar de usos ganaderos o mixtos. Hacia fines del siglo, la agriculturización se asocia, en la región pampeana Argentina, a cambios tecnológicos, intensificación ganadera, expansión de la frontera agropecuaria hacia regiones extra-pampeanas y la tendencia de producciones orientadas al monocultivo, principalmente de soja (Zarrilli, 2008).

Este proceso de agriculturización, ha tenido diferentes niveles de impacto sobre los recursos naturales, particularmente sobre los suelos (SAGyP, 1995).

En base a la información presentada por Cabrini y Calcaterra (2009), es razonable considerar que mayores valores del índice de agriculturización están relacionados con mayor extracción de nutrientes, menores aportes de carbono orgánico y mayor pérdida de suelo por erosión hídrica.

Noellemeyer *et al.* (2008), trabajando en la región semiárida pampeana, concluyeron, que la consecuencia del cambio de uso del suelo de pasturas a cultivos agrícolas, fue la pérdida de macroagregados y carbono retenido en esos agregados.

Son varias las propiedades que dependen del carbono del suelo, principalmente de las fracciones lábiles, como la capacidad de intercambio catiónico, cantidad de nutrientes adsorbidos, grado y tipo de estructuración (Hepper *et al.*, 2004). En este sentido el sistema de labranza utilizado es una de las variables que puede modificar el contenido de materia orgánica (MO) del suelo y la relación entre las diferentes fracciones de la misma, así como puede afectar las propiedades del suelo, entre ellas, la porosidad. La labranza convencional (LC), con arados y rastras, genera porosidad a través del laboreo, en cambio en siembra directa (SD) la misma es producida por las raíces y microorganismos del suelo (Quiroga *et al.*, 1999).

La mineralización de la MO es un proceso esencialmente químico-biológico, llevado a cabo por diversos microorganismos y depende de una serie de factores que son afectados por los sistemas de labranza. Así, la LC acelera la mineralización de la MO en los suelos debido a que crea un medio muy activo con altas temperaturas (suelo descubierto) y bien aireado, mientras que bajo SD ocurre lo contrario (Villanueva *et al.*, 2004). Es por ello que en términos generales, en la región semiárida pampeana el sistema en siembra directa a largo plazo presenta mayor contenido de carbono y favorece la formación de macroagregados (Quiroga *et al.*, 1999).

Lardone *et al.* (2007) en un Hapludol típico, franco arenoso muy fino, con un clima subhúmedo templado en la región sudoeste de Córdoba, pudieron observar que para todos los sistemas de labranzas analizados (SD; labranza reducida (LR): arado de cincel y rastra

de discos y LC: arado de rejas y rastra de discos), el contenido de MO en el suelo disminuyó luego de varios años, pero con diferente magnitud entre las labranzas y sin diferencias significativas entre tratamientos fertilizados y no fertilizados. Lo que resulta llamativo es que sistemas de labranzas cero (SD) o reducidos como los utilizados en la zona, bajo rotaciones agrícolas estables (leguminosa – gramínea) y con fertilización, no muestran una tendencia clara de estabilizar el contenido de MO en los primeros 10 cm del suelo, sino más bien a disminuir el contenido de la misma.

De Siervi *et al.* (2013) en ensayos sobre suelos Haplustoles Udorténticos y Argiudoles típicos del este de Córdoba, con una rotación agrícola-pastura de 4 años, determinaron una disminución de la MO durante el ciclo agrícola y una recuperación de este componente en el período ganadero. No obstante, otros autores en experimentos de larga duración realizados en la Región Pampeana han mostrado que cuando la fase pastoril dura pocos años (2 a 4) no afecta el stock de carbono orgánico marcadamente (Casanovas *et al.*, 1995, Galantini, 2005).

La inadecuada rotación de cultivos e incorrecta adopción de sistemas de labranzas, pueden conducir a la degradación de los suelos. Es por ello que un correcto manejo de cultivos y sistemas de labranzas resultan necesarios para disminuir riesgos erosivos y maximizar la productividad de los suelos (Eiza *et al.*, 2006).

Luego de varios años de estudio sobre la materia orgánica del suelo se han arribado a interesantes conclusiones. Brichi *et al.* (2004) determinaron, luego de 5 años con agricultura, que el mayor contenido de carbono se observó en SD y LR no pastoreada y el menor, en LC con pastoreo del rastrojo de cosecha. En otro trabajo se arribó a la conclusión que luego de 16 años, en la rotación agrícola-ganadera, la implementación de pasturas perennes permite un incremento en el porcentaje de MO respecto a la rotación agrícola pura, aunque las diferencias no fueron significativas (Massobrio, 2012).

Debido a las diferentes conclusiones obtenidas acerca de la influencia del manejo del suelo sobre los niveles orgánicos, se realizó el presente trabajo, puntualizando que sucede luego de 19 años de una rotación agrícola-ganadera bajo diferentes sistemas de labranza y dos niveles de fertilización.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **General:**

- Evaluar el efecto acumulado en 19 años de una rotación agrícola-ganadera con diferentes sistemas de labranzas y manejo de nutrientes, sobre el contenido de materia orgánica total y de sus fracciones, en la capa superficial de un Hapludol típico del suroeste de Córdoba.

#### **Específicos:**

- Evaluar y comparar la materia orgánica total, la fracción lábil y la fracción estabilizada de la capa superficial de suelo entre los diferentes sistemas de labranza y para diferentes niveles de fertilización.
- Comparar los niveles de materia orgánica del presente trabajo, correspondiente a un uso agrícola-ganadero, con un trabajo correspondiente a un uso agrícola puro realizado en el mismo suelo de manera simultánea.
- Comparar niveles de materia orgánica total y de las fracciones de la misma, con una situación de mínimo disturbio.
- Analizar datos históricos obtenidos en este ensayo de larga duración en relación al efecto acumulado de la materia orgánica total y sus fracciones.
- Aplicar un modelo de simulación del balance de materia orgánica con los datos históricos de este ensayo de larga duración.

## CAPÍTULO 2

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se llevó a cabo en el campo de docencia y experimentación (CAMDOCEX) de la facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado en las cercanías del paraje La Aguada, Departamento Río Cuarto (32° 58' Lat. Sur, 64° 38' Long. Oeste). El ensayo se ubica, según la clasificación de Becerra *et al.* (1999), en la unidad ecológica homogénea de llanura con invierno seco.

El clima es templado subhúmedo, con régimen de precipitación monzónico (80% de las lluvias concentradas en el periodo Octubre-Abril) y con una precipitación media anual de 850 mm (Becerra *et al.* 1999). El balance hídrico presenta un déficit de entre 50 y 300 mm/año de acuerdo al régimen de lluvias. Las principales adversidades climáticas son: sequías, heladas extemporáneas, granizo y la elevada intensidad de las precipitaciones (Degioanni, 1998).

El área se caracteriza por presentar un relieve muy complejo, moderado a fuertemente ondulado determinando un conjunto de lomadas, cuya longitud oscila los 3.000 y los 6.000 metros, con un gradiente del 2 al 3%. Localmente se presentan pendientes más cortas pero de mayor gradiente (Becker *et al.*, 2001). En esta área predominan sedimentos de tipo loésicos franco-arenosos muy finos de la formación La Invernada (Cantú, 1992), con Hapludoles típicos de textura franco arenosa muy fina (Cantero *et al.* 1984).

#### 2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación de la UNRC, "Ajuste de tecnologías de producción agrícola edáfica/sustentable para la llanura bien drenada del sur de Córdoba". El ensayo comenzó en 1994 y el mismo incluye dos usos: agrícola (RA) y agrícola-ganadero (RAG); tres sistemas de labranza: Siembra Directa (SD), Labranza Reducida (LR) y Labranza Convencional (LC); y dos dosis de fertilización con nitrógeno y fósforo en los ciclos agrícolas y en la implantación de la pastura al inicio del ciclo ganadero. Además, se considero una situación natural de mínimo disturbio.

El diseño experimental del trabajo se dispone en bloques aleatorizados con 4 repeticiones.

En el tratamiento de siembra directa no se realiza laboreo del suelo y para la siembra se utiliza una sembradora neumática marca Bertini mod. 10000D, neumática, de 7 surcos a



70cm entre líneas de siembra. Para realizar la fertilización existe la posibilidad de adaptar un doble disco fertilizador al costado del kit de siembra. El control de malezas en este tratamiento se efectúa mediante el control químico, empleando glifosato durante el barbecho y herbicidas residuales en preemergencia del cultivo.

La labranza reducida consiste en una o dos labores de arado cincel a unos 20 cm de profundidad, al momento del barbecho, y posterior repaso del suelo con rastra de disco excéntrica, para luego realizar la siembra con la sembradora antes descrita. Con el arado cincel se realiza un corte vertical en el suelo, dejando aproximadamente el 70% de residuos en superficie. Está constituido por un chasis sobre el que van montados los arcos; que al momento de trabajo efectúan una acción vibratoria anterior-posterior, que es en definitiva la que logra un buen trabajo de roturación, la distancia a la que trabajan estos arcos en el terreno es 35 cm. A partir de 2007 esta doble labor fue sustituida por una única pasada de subsolador alado tipo “reja cero”.

Por último en labranza convencional se realiza una labor de arado de reja y vertedera, en el momento de barbecho con un repaso de rastra de disco excéntrica. Luego se realiza la siembra con la sembradora antes mencionada. En 2007 el arado de reja y vertedera fue suplantado por el arado cincel descrito precedentemente para LR.

En cuanto a la fertilización la misma se lleva a cabo con la sembradora de granos, adaptando el kit correspondiente para tal fin. Las dosis aplicadas corresponden a una dosis de “0” aplicación para todos los cultivos y una dosis de aplicación que depende del cultivo, siendo en el cultivo de maíz de 100-130 kg/ha de fosfato diamónico y 130 kg/ha de urea, mientras que en el cultivo de soja y la pastura se utiliza una dosis de 130 kg/ha de una mezcla entre fosfato diamónico y superfosfato simple.

Este trabajo se realizó en la rotación agrícola-ganadera que incluye alternancia de una pastura base alfalfa cada cuatro ciclos agrícolas con maíz-soja. El tercer ciclo ganadero se reinició al finalizar el tercer ciclo agrícola, en el año 2013 con la implantación de una pastura de alfalfa (*Medicago sativa L.*). El sistema de pastoreo se lleva a cabo mediante un pulso de pastoreo anual (2-3 días), con terneros, vacas y vaquillonas, es decir, un sistema de alta intensidad y alta carga instantánea, cosechándose en cada pastoreo el 75% del forraje disponible.

Los datos de MO obtenidos en los tratamientos, se contrastaron con los registrados en una situación de mínimo disturbio, sin antecedentes de intervenciones antrópicas en los últimos 30 años, esta situación corresponde a un monte de Eucaliptus y especies invasoras.

Finalmente para realizar la comparación entre la rotación agrícola-ganadera sobre la cual se realizaron las evaluaciones en el presente trabajo y la rotación agrícola pura, se consideraron los datos obtenidos en el trabajo final del estudiante *Alejandro Mores*, que se desarrolló de manera simultánea con el presente.

## **2.3 EVALUACIONES**

### **2.3.1 Muestreo**

En 2013, al finalizar el ciclo agrícola y antes de la roturación para la implantación de la pastura en el mes de Marzo, se tomó una muestra al azar de cada tratamiento, cada muestra estuvo compuesta por 7 submuestras, de la capa superficial del perfil de 0-10 cm y 10-20 cm. Las muestras se llevaron al laboratorio, rotularon y acondicionaron para permitir su análisis futuro.

### **2.3.2 Determinaciones**

#### **2.3.2.1 Fraccionamiento físico de la materia orgánica del suelo**

Para el fraccionamiento de la materia orgánica, se adoptó la técnica de fraccionamiento por tamizado en húmedo según lo planteado por Cambardella y Elliot (1994); Galantini *et al.* (1994); Bongioanni y Lobartini (2006).

Siguiendo esta técnica se colocó 30 gr de suelo seco al aire tamizado (2mm) en frasco con 60 ml de Calgon (hexametáfosfato de sodio en proporción de 5 gr/lit.) y 10 bolitas de vidrio. Se agitó la muestra durante 60 min y posteriormente se fraccionó haciéndola pasar por un tamiz de 0,1 mm de apertura de malla, lavando con agua destilada. Se obtuvieron 2 fracciones: una fracción menor a 100  $\mu\text{m}$ , en la que se encuentra la materia orgánica estabilizada o humificada, asociada a la arcilla, limo y arenas muy finas, y la fracción de 100 a 2000  $\mu\text{m}$  denominada “gruesa” en la que se encuentra la materia orgánica lábil o particulada asociada a las arenas.

A los fines de obtener mayor exactitud en el análisis, a la fracción comprendida entre 0-100  $\mu\text{m}$  se la hizo pasar nuevamente por un tamiz de 0,053 mm de apertura de malla, lavando nuevamente con agua destilada y colocando en estufa a 37°C hasta peso constante. Finalmente se obtuvieron de este modo 3 fracciones: una menor a 53  $\mu\text{m}$  denominada “fina”, una entre 53-100  $\mu\text{m}$  denominada “media” y la fracción “gruesa”.

### **2.3.2.2 Determinación de la materia orgánica total y de sus fracciones siguiendo el método de Walkley y Black (citado por Nelson y Sommers, 1982)**

El procedimiento consistió en homogenizar las muestras de las fracciones utilizando un mortero, luego estas muestras se colocaron en erlenmeyer (0,5 gr) se le añadió 5 ml de dicromato de potasio. Luego se colocó 10 ml de ácido sulfúrico, se agitó suavemente y se dejó reposar por 30 minutos. Simultáneamente se realizó un ensayo blanco (sin suelo) de la misma forma.

Para la valoración con retroceso se diluyó la disolución agregando agua destilada hasta completar 100 ml. Seguidamente se agregaron 4 gotas de indicador N-fenilntranílico y se mezcló. Finalmente se valoró esta disolución con sal de Mohr 0,1 N hasta el viraje de color.

### **2.3.2.3 Cálculo y expresión de los resultados**

Los resultados se calculan mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MO} = \text{ml de Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2 \times (1 - T/S) \times 1,34$$

S: ml de disolución ferrosa gastados en la valoración del ensayo en blanco

T: ml de disolución ferrosa gastados en la valoración de la muestra

Para 0,5 gr el factor 1,34 se lo deduce de:

$$\text{Normalidad del Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2 \times 12/4000 \times 1,72/0,77 \times 100/0,5 = 1,34$$

1,72: factor de transformación de carbono orgánico en materia orgánica

12/4000: peso en meq del C

0,77: factor de recuperación del método, ya que está comprobado que el 77% del carbono se oxida con dicromato.

### **2.3.3 Balance de la materia orgánica**

Para el cumplimiento del 5° objetivo específico del presente trabajo, se planteó la utilización del “Modelo de dos compartimientos de materia orgánica” según Guerif (1945), citado por Apezteguía (2006) donde:

$$\text{MO final} = \text{MO inicial} + (\text{MO aportada} \times F_h) - (\text{MO inicial} \times F_m)$$

Los aportes de materia orgánica son estimados a partir de la producción de materia seca (MS) de los cultivos. Para cultivos agrícolas los aportes se obtienen por medio del índice de cosecha y los rendimientos de los cultivos y en el caso de la pastura a través de valores medios de producción, considerando el remanente luego del pastoreo. A estos aportes se suman los aportes de MS de raíces, los cuales representan un 30% adicional al de la parte

aérea para cultivos y pasturas (Álvarez, 2006). Se utilizaron coeficientes de mineralización (fm) de 0,025 para Siembra Directa, 0,03 para Labranza Reducida y 0,04 para Labranza Convencional según Lucas y Vitosh (1978) y ajustados para cada labranza en particular a través de la comparación con datos reales de los niveles orgánicos según Massobrio *et al.* (2012). Coeficientes de humificación (fh) de 0,15% en cereales y 0,19% en leguminosas según Soltner (1990, citado por Saña *et al.*, 1996). Para expresar resultados en kg/ha se utilizaron valores de densidad aparente de la capa superficial del suelo en cada sistema de labranza.

La materia orgánica inicial es el valor obtenido en el año 1994, al principio del ensayo. Se utilizaron además valores de materia orgánica obtenidos en el mismo ensayo, en años anteriores al presente, para realizar una comparación con los datos provistos por el modelo.

## **2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS**

Para el análisis de datos y resultados se utilizó el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2011), con el que se realizaron ANOVA y comparaciones de medias entre los valores de MO de las fracciones obtenidas en los diferentes tratamientos de el sistema de labranza, fertilización y entre la rotación agrícola-ganadera y la rotación agrícola.

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Efecto de los sistemas de labranza sobre el contenido de materia orgánica total

El contenido de materia orgánica total mostró diferencias entre los sistemas de labranzas y para las diferentes profundidades. En el espesor comprendido entre 0-10 cm, se observó que la Labranza Reducida presentó los mayores contenidos de materia orgánica con respecto a los tratamientos de Siembra Directa y Labranza Convencional, con valores de 1,85%, 1,57% y 1,52 %, respectivamente, no registrándose diferencias significativas entre los dos últimos (Tabla 1). Para la profundidad de 10-20 cm los valores de materia orgánica total obtenidos fueron de 1,24%; 1,23% y 1,12% para Siembra Directa, Labranza Convencional y Labranza Reducida, respectivamente, observando diferencias significativas en el último valor respecto al resto (Tabla 1).

**Tabla 1. Contenido de materia orgánica total de las capas superficiales del suelo para diferentes sistemas de labranza**

<b>Materia Orgánica total (%)</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>0-10 cm</b>	<b>10-20 cm</b>
LR	1,85A	1,12B
SD	1,57B	1,24A
LC	1,52B	1,23A

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p>0,05$ ), para 0-10 cm y 10-20 cm.

La rotura de macro agregados en micro agregados incrementa la mineralización del carbono orgánico, los macro agregados ofrecen protección a la biodegradación porque ocultan en su interior materia orgánica lábil. Al destruirse los agregados, la materia orgánica lábil queda expuesta al ataque de los microorganismos (Balesdent *et al.*, 2000). Esto ocurre bajo Labranza Convencional y es lo que explicaría, por qué bajo este sistema de labranza se encuentra los menores valores de materia orgánica en la capa superficial de suelo. En lo que respecta a la capa sub superficial, los niveles de materia orgánica bajo Labranza Convencional tienden a amortiguar su caída, ya que al invertir el pan de tierra se incorporan restos de residuos en profundidad (Edward *et al.*, 1992). Este efecto no se produce bajo los demás sistemas de labranza.

El hecho de que sistemas de labranza vertical presenten mayores valores de materia orgánica que sistemas de siembra sin labranza podría ser explicado por el efecto de la compactación, al menos en la capa superficial del suelo. Al respecto, Vidal y Costa (1998) han observado incrementos en la resistencia mecánica o la densidad aparente de las capas superficiales del suelo bajo sistemas ganaderos, esto suele afectar la producción de biomasa de los cultivos y por ello los aportes orgánicos al suelo. Por otro lado, si se considera que en Siembra Directa los residuos quedan sobre la superficie del suelo y que esto produce una marcada estratificación de la materia orgánica del suelo, la cual se concentra en unos pocos centímetros superficiales (Taboada y Álvarez, 2008), la extracción de muestras de 0-10 cm podría haber diluido esta concentración de materia orgánica pudiendo explicar la diferencia significativa con Labranza Reducida y la similitud con Labranza Convencional.

Para un suelo Ustocrept údico de textura franca, Ferrary Laguzzi *et al.* (2014) encontraron resultados similares, es decir que hubo efecto significativo de los sistemas de labranzas sobre los contenidos de materia orgánica en la capa de 0-5 cm y en la de 0-20 cm. Los sistemas de labranzas mostraron que bajo mínima o nula labranza del suelo (Labranza Reducida y Siembra Directa) la acumulación de residuos vegetales en superficie produjo un incremento de la materia orgánica, respecto al valor al inicio de la experiencia en 1990 (1,6%) a 0-20 cm, alcanzando valores de 2,24% en Labranza Reducida y un 1,94% en Siembra Directa luego de 24 años. Arzeno y Corvalán (2001) en el mismo sitio, detectaron aumentos de materia orgánica en Labranza Reducida de 32% y en Siembra Directa de 18% a la profundidad de 0-20 cm. En Labranza Convencional, el laboreo intensivo del suelo aumenta la superficie específica del suelo que se expone al ataque microbiano, la aireación, la tasa de mineralización de la materia orgánica y el riesgo de erosión, lo que condujo a una disminución de la materia orgánica con valores de 1,32%, es decir una disminución del 19% respecto al valor inicial luego de 10 años.

Los resultados obtenidos en la capa de 10-20 cm podrían estar asociados a que tanto en Siembra Directa como en Labranza Reducida, el aporte de residuos orgánicos se concentra en los primeros centímetros del suelo con diferencia entre ellos, posiblemente debido a que en Labranza Reducida el suelo es aflojado al menos una vez cada cuatro años durante el ciclo de pastura y cada dos años durante el ciclo agrícola, con lo que se produciría una oxigenación en profundidad y fractura de agregados que exponen la materia orgánica, estimulando así las pérdidas por mineralización. En Siembra Directa en cambio, durante los años de duración del ensayo no se produjo remoción de suelo en dicho espesor. En el caso de la Labranza Convencional, la inversión del pan de tierra y con ello la introducción y mezcla de los residuos en capas subsuperficiales, podría explicar la magnitud del contenido de materia orgánica total que se presenta en el mencionado espesor, resultando además, la

condición en la que menos diferencia se observa entre valores de materia orgánica total correspondientes a los estratos de 0-10 cm y 10-20 cm. En este sentido, según Taboada y Álvarez (2008) la distribución del contenido de materia orgánica en un suelo con Labranza Convencional resulta más homogénea que en los sistemas conservacionistas.

### 3.2 Efecto de la fertilización sobre el contenido de materia orgánica total

El contenido de materia orgánica total mostró diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización, para la capa de suelo de 0-10 cm. Los mayores valores se dieron en el tratamiento fertilizado con 1,79% mientras que para el tratamiento no fertilizado la diferencia fué del orden del 16% inferior respecto del anterior, con valores medios de 1,5%. Para la profundidad de 10-20 cm si bien se observó la misma tendencia, la diferencia no fue significativa y su magnitud marcadamente inferior (Tabla 2).

**Tabla 2. Contenido de materia orgánica total de las capas superficiales del suelo para diferentes tratamientos de fertilización**

Materia Orgánica total (%)		
Tratamiento	0-10 cm	10-20 cm
F	1,79A	1,20A
NF	1,51B	1,19A

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p > 0,05$ ), para 0-10 cm y 10-20 cm.

Estos resultados son coincidentes con lo planteado por García (2003) cuanto a que cuando la fertilización balanceada cubre las demandas de los cultivos, se genera una mayor acumulación de materia seca y por lo tanto de residuos, permitiendo aportar una mayor cantidad de carbono al suelo que permite mantener y/o mejorar los niveles de materia orgánica. Las estrategias para incrementar el potencial de secuestro de carbono en un suelo son variadas e incluyen incrementar el tiempo bajo el cual el suelo es cubierto por vegetación, el retorno de materia orgánica al suelo y el incremento de la fertilidad (Mehdi *et al.*, 1998). Studdert y Echeverría (2002) determinan los efectos de la fertilización nitrogenada sobre la concentración de carbono orgánico del suelo para cuatro secuencias agrícolas en el sudeste de Buenos Aires; allí luego de 12 años se observó un aumento promedio del 6% en los niveles orgánicos. De acuerdo a García (2004), la aplicación de nutrientes vía fertilización y/o abonos orgánicos permite mantener y/o mejorar los niveles de materia orgánica y los aportes de carbono en los residuos. El mencionado autor, realizó la

estimación del carbono humificado para cuatro tratamientos de fertilización en el sudeste de Córdoba, observando que la mejora en la nutrición de los cultivos permite incrementar los rendimientos y acumular una mayor cantidad de residuos, culminando así en un mayor aporte de carbono para el suelo.

En el ensayo de la presente experiencia, en la situación sin fertilizar, el principal aporte de nutrientes (Nitrogeno) fue el realizado por las raíces a través de su fijación biológica, el remanente post pastoreo de la pastura y el aporte que realizan los animales a través del bosteo y la orina en casa pulso de pastoreo. En la situación fertilizada, además de este aporte, se realizó fertilización con fósforo y nitrógeno en cada año de los ciclos agrícolas y al momento de la implantación de la pastura en cada ciclo ganadero.

El mayor aporte de residuos que se generó en los tratamientos fertilizados durante el ensayo puede verse claramente al comparar la variación promedio anual de materia orgánica respecto de los tratamientos sin fertilizar (Tabla 3). Si bien en todos los casos los valores promedios fueron positivos, indicando una ganancia en el contenido de materia orgánica, las diferencias fueron muy marcadas.

**Tabla 3. Variación promedio anual de la materia orgánica en tratamientos de fertilización**

<b>Variación promedio anual Kg MO/ha</b>			
<b>Tratamiento</b>	<b>SD</b>	<b>LR</b>	<b>LC</b>
F	414	288	89
NF	258	190	25

### **3.3 Efecto combinado de los sistemas de labranza y tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica total**

Al combinar los sistemas de labranzas con los tratamientos de fertilización, el contenido de materia orgánica muestra importantes diferencias significativas ( $p=0,0014$ ) y se continúan manifestando las tendencias antes mencionadas, esto para la capa de 0-10 cm. Los sistemas de Labranza Reducida se muestran entre los máximos niveles, con valores de 1,91% y 1,79% para tratamientos fertilizados y no fertilizados, respectivamente, no siendo significativas estas diferencias. Los sistemas de Labranza Convencional se muestran entre los mínimos niveles con valores estadísticamente similares de 1,57% y 1,47% para tratamientos fertilizados y no fertilizados respectivamente. En Siembra Directa las diferencias entre fertilizado y no fertilizado son significativas con niveles máximos de 1,87% para tratamientos fertilizados y como valor mínimo de 1,28% para tratamiento sin fertilizar, demostrando el marcado efecto que tiene la fertilización en este sistemas de labranza (Tabla



4). Al respecto, numerosos trabajos indican que la fertilización permite mejorar el uso del agua, a través de un mejor desarrollo del cultivo y una mejor exploración del suelo, lo que culmina en una mayor producción de biomasa (Brueck, 2008).

Por otra parte, en la capa de 10-20 cm el comportamiento de los niveles orgánicos es un tanto diferente a lo observado para cada tratamiento por sí solo y en comparación a lo sucedido en la capa superior del suelo. Aquí se observa que no existe influencia de la fertilización y que si bien existen diferencias en los niveles de materia orgánica estos no son significativos, exceptuando el sistema de Labranza Reducida No fertilizado que presenta de manera significativa el mínimo valor, siendo de 1,04% (Tabla 4).

**Tabla 4. Contenido de materia orgánica total de las capas de 0-10 cm y 0-20 cm del suelo para diferentes sistemas de labranzas y tratamientos de fertilización**

<b>Materia Orgánica total (%)</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>0-10 cm</b>	<b>10-20 cm</b>
LR NF	1,79 A	1,04 B
LR F	1,91 A	1,21 A
SD NF	1,28 C	1,30 A
SD F	1,87 A	1,19 A
LC NF	1,47 B	1,24 A
LC F	1,57 B	1,22 A

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p > 0,05$ ), para 0-10 cm y 10-20 cm.

Según el análisis de los datos, al combinar los sistemas de labranzas con los tratamientos de fertilización queda en evidencia, para la capa superficial del suelo, que en los sistemas de labranzas donde se ejerce un laboreo con remoción del suelo, pierde gran significancia el efecto de la fertilización, esto debido a que el laboreo entremezcla con el suelo los residuos orgánicos favoreciendo su descomposición y permitiendo por un lado la liberación de los nutrientes, principalmente Nitrógeno proveniente tanto del residuo incorporado, como de la mineralización de la materia orgánica nativa del suelo, así como también que una parte del residuo incorporado pase a conformar compuestos precursores del humus del suelo, con lo que el balance de materia orgánica no resulta marcadamente diferente entre situaciones fertilizadas y no fertilizadas. Sin embargo, cuando se interviene con labranzas muy agresivas, como el caso de Labranza Convencional con arado de reja y vertedera, los residuos son incorporados en su totalidad en el suelo y se ponen en contacto con los microorganismos del suelo, lo cual acelera el ciclo del carbono. La descomposición de los residuos es más rápida bajo Labranza Convencional, y si bien como resultado una

parte puede formar humus, la materia orgánica nativa del suelo sufre una marcada mineralización con liberación del dióxido de carbono a la atmósfera, por lo tanto, el balance de materia orgánica entre los aportes y las pérdidas resulta negativo, con la consecuente disminución de la materia orgánica del suelo (Álvarez y Steinbach, 2006). Para el caso de Siembra Directa la situación es un tanto diferente, aquí si existe una marcada influencia de la fertilización, como pudieron comprobar además Carabaca *et al.* (2010) sobre un complejo de suelos Argiudol típico y Paleudol petrocálcico con menos de 2 % de pendiente y textura superficial franca de la región de Balcarce, donde bajo Labranza Convencional no hubo un efecto significativo de la fertilización nitrogenada sobre los niveles de carbono total, en cambio, bajo Siembra Directa los contenidos de carbono total no sólo fueron mayores a la Labranza Convencional, sino que además, fueron 17% más elevados en los tratamientos donde se realizó fertilización con 120kg/ha de aportes nítricos, respecto a tratamientos no fertilizados. Estos resultados no serían coincidentes con lo observado en el presente trabajo, ya que la Siembra Directa no fertilizado fue la condición que presentó menor materia orgánica que el resto de los tratamientos, incluso que la Labranza Convencional sin fertilizar.

#### **3.4 Efecto de los sistemas de labranza sobre el contenido de materia orgánica en la fracción fina de suelo, comprendida entre 0-53µm**

En el espesor superficial del suelo, hasta los 10 cm, el contenido de materia orgánica correspondiente a la fracción fina (0-53µm), comúnmente llamada fracción humificada o estabilizada, corresponde a la fracción con mayor participación sobre el contenido de materia orgánica total, con aproximadamente el 58%. Algunos trabajos atribuyen mayor participación de esta fracción sobre el porcentaje total, alcanzando hasta el 88% (Massobrio, 2012). Esta fracción generalmente presenta las menores variaciones del contenido orgánico en función de las labranzas, se observó en este trabajo que solo la Labranza Convencional se diferencio del resto, presentando un contenido 20% inferior respecto a la Labranza Reducida y la Siembra Directa, las cuales no manifestaron diferencias significativas en los niveles de materia orgánica (Tabla 5).

**Tabla 5. Contenido de materia orgánica fina de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes sistemas de labranza**

Materia Orgánica fina 0-10 cm (%)	
Tratamiento	0- 53 $\mu$ m
LR	1,03 A
SD	0,96 A
LC	0,81 B

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p>0,05$ ).

Un trabajo similar en el sudeste de Buenos Aires demuestra la influencia de la labranza sobre el contenido orgánico de esta fracción, la materia orgánica humificada correspondiente a la fracción fina, fue significativamente mayor en Siembra Directa que en Labranza Convencional para todas las profundidades analizadas en el espesor de 0-20 cm (Galantini *et al.*, 2011).

### **3.5 Efecto de los sistemas de labranza sobre el contenido de materia orgánica en la fracción media y gruesa del suelo, comprendida entre 53-2000 $\mu$ m**

En el espesor superficial del suelo comprendido entre los 0-10 cm, el contenido de materia orgánica correspondiente a la fracción media (53-100  $\mu$ m) (Tabla 6) y la fracción gruesa (100-2000  $\mu$ m) (Tabla 7) forman parte de la denominada fracción lábil, la cual corresponde al 42% de la materia orgánica total (25% media; 17% gruesa). Algunos trabajos demuestran una menor participación porcentual de estas fracciones sobre el total de la materia orgánica, de alrededor del 12% (Albanesi y Anriquez, 2008). Esta fracción debiera ser la más sensible a cambios en las técnicas de manejo, sin embargo a pesar de las diferencias observadas en los niveles de materia orgánica a favor de los sistemas conservacionistas, no se puede concluir en que estas diferencias sean significativas.

**Tabla 6. Contenido de materia orgánica media de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes sistemas de labranza**

Materia Orgánica media 0-10 cm (%)	
Tratamiento	53 - 100 $\mu$ m
LR	0,44 A
SD	0,40 A
LC	0,33 A

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p>0,05$ ).

**Tabla 7. Contenido de materia orgánica gruesa de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes sistemas de labranza**

<b>Materia Orgánica gruesa 0-10 cm (%)</b>	
<b>Tratamiento</b>	<b>100 - 2000 <math>\mu\text{m}</math></b>
LR	0,26 A
SD	0,26 A
LC	0,30 A

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p>0,05$ ).

Para la fracción lábil no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, resultados similares fueron obtenidos en el sudoeste de Buenos Aires sobre un Argiudo típico luego de un ensayo de 25 años, allí el carbono orgánico particulado grueso (100-2000  $\mu\text{m}$ ) no manifestó diferencias en la profundidad de 0-20 cm (Galantini *et al.*, 2011).

### **3.6 Efecto de los tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica en la fracción fina de suelo, comprendida entre 0-53 $\mu\text{m}$**

Para la capa superficial de suelo por encima de los 10 cm y considerando la fracción fina o humificada de la materia orgánica, no se observaron diferencias significativas en los niveles orgánicos cuando se aplicó un tratamiento de fertilización, aunque en este caso se puede observar un leve aumento en los niveles porcentuales de la materia orgánica para esta fracción (Tabla 8).

**Tabla 8. Contenido de materia orgánica fina de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes tratamientos de fertilización**

<b>Materia Orgánica fina 0-10 cm (%)</b>	
<b>Tratamiento</b>	<b>0- 53 <math>\mu\text{m}</math></b>
F	0,94 A
NF	0,92 A

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p>0,05$ ).

La materia orgánica fina está formada por compuestos orgánicos estabilizados, sustancias húmicas y no húmicas formadas en un largo periodo de tiempo Labrador *et al.* (1993). Por ello resulta difícil modificar, en el corto y mediano plazo, los niveles orgánicos de esta fracción con prácticas como la fertilización.

### 3.7 Efecto de los tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica en la fracción media y gruesa del suelo, comprendida entre 53-2000µm

En la porción de suelo comprendida entre 0-10 cm, analizando la fracción media (53-100µm) y gruesa (100-2000µm) de suelo, correspondientes a la fracción lábil, se puede observar que se presentan variaciones significativas en los niveles de materia orgánica al variar el tratamiento de fertilización (Tabla 9). Al fertilizar se incrementan los niveles orgánicos en orden del 30%, esto para la fracción media la cual se considera más sensible. Para la fracción gruesa si bien existe la misma tendencia que para la anterior, aquí las diferencias no presentan significancia estadística (Tabla 10).

**Tabla 9. Contenido de materia orgánica media de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes tratamientos de fertilización**

Materia Orgánica media 0-10 cm (%)	
Tratamiento	53 -100 µm
F	0,44 A
NF	0,34 B

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p>0,05$ ).

**Tabla 10. Contenido de materia orgánica gruesa de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes tratamientos de fertilización**

Materia Orgánica gruesa 0-10 cm (%)	
Tratamiento	100 -2000 µm
F	0,29 A
NF	0,26 A

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p>0,05$ ).

La diferencia significativa en la fracción media y la tendencia observada en la fracción gruesa hacia el aumento de los niveles orgánicos en tratamientos fertilizados, indican la importancia de conocer la dinámica de estas fracciones ya que resulta indispensable para mejorar la eficiencia en el uso de los nutrientes del suelo y realizar un adecuado ajuste de las dosis de fertilizantes necesarias de aplicar (Galantini *et al.*, 2007).

### 3.8 Efecto combinado de los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica en la fracción fina de suelo, comprendida entre 0-53µm

El efecto combinado de labranza y fertilización permite observar diferencias, del orden del 20% a favor de las labranzas conservacionistas, analizando la fracción humificada de la materia orgánica para el espesor de 0-10 cm de suelo. El primer efecto que se puede apreciar es que hay un salto importante en los niveles orgánicos al comparar Labranza Convencional contra Siembra Directa y Labranza Reducida; estas dos últimas por su parte presentan valores similares entre sí. Lo segundo que se puede apreciar es el débil efecto de la fertilización, que si bien incrementa los niveles de materia orgánica no es significativo desde el punto de vista estadístico (Tabla 11).

**Tabla 11. Contenido de materia orgánica fina de las capas superficiales del suelo para diferentes sistemas de labranzas y tratamientos de fertilización**

<b>Materia Orgánica fina 0-10 cm (%)</b>	
<b>Tratamiento</b>	<b>0- 53 µm</b>
LR NF	1,00 A
LR F	1,06 A
SD NF	0,95 A
SD F	0,97 A
LC NF	0,82 B
LC F	0,80 B

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p>0,05$ ).

Sobre el mismo ensayo, Massobrio (2012) determino que la fracción estabilizada (0-53µm) no mostró diferencias en los tratamientos de labranzas para ninguna profundidad, analizando la capa de 0-10 cm y la de 10-20 cm luego de un ciclo de pasturas de 4 años. A pesar de esto, los valores que obtuvieron muestran una tendencia de aumento hacia las labranzas conservacionistas. El hecho de observar tendencias sin marcar grandes diferencias luego de un ciclo de pastura puede estar asociado a la ausencia de tratamientos de labranzas durante 4 años. Luego de un ciclo agrícola, los resultados del presente trabajo indicarían que otra vez con la adopción de las labranzas anuales y los cultivos agrícolas, estas tendencias se manifiestan con diferencias significativas, poniendo en evidencia la caída en los niveles orgánicos, incluso de la fracción estabilizada, que produce la Labranza Convencional.

### 3.9 Efecto combinado de los sistemas de labranza y los tratamientos de fertilización sobre el contenido de materia orgánica en la fracción media y gruesa de suelo, comprendida entre 53-2000µm

Para el espesor superficial de suelo hasta los 10 cm y para la fracción lábil de la materia orgánica, se pueden observar dos situaciones particulares. La primera, para la fracción media (53-100µm) que corresponde a la mayor parte dentro de la fracción lábil (60%), aquí la única diferencia significativa que se observa es para la Labranza Convencional sin fertilizar donde los niveles de materia orgánica son muy bajos, del orden del 40% inferior al resto de los tratamientos, los cuales no manifiestan diferencias significativas entre ellos pero si una tendencia creciente en los niveles orgánicos hacia las labranzas reducidas y los tratamientos con fertilización (Tabla 12). La segunda situación corresponde a la fracción gruesa (100-2000µm), que presenta la menor parte dentro de la fracción lábil (40%); aquí no se manifiesta el mismo comportamiento que en los casos analizados con anterioridad, sino que es la siembra directa en tratamiento sin fertilizar quien manifiesta los menores niveles de materia orgánica, los cuales son del orden del 30% inferior al del resto de los tratamientos (Tabla 13).

**Tabla 12. Contenido de materia orgánica media de las capas superficiales del suelo para diferentes sistemas de labranzas y tratamientos de fertilización**

<b>Materia Orgánica media 0-10 cm (%)</b>	
<b>Tratamiento</b>	<b>53 - 100 µm</b>
LR NF	0,41 A
LR F	0,47 A
SD NF	0,37 A
SD F	0,42 A
LC NF	0,25 B
LC F	0,42 A

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 13. Contenido de materia orgánica gruesa de las capas superficiales del suelo para diferentes sistemas de labranzas y tratamientos de fertilización**

<b>Materia Orgánica gruesa 0-10 cm (%)</b>	
<b>Tratamiento</b>	<b>100 - 2000 <math>\mu</math>m</b>
LR NF	0,24 A
LR F	0,28 A
SD NF	0,20 B
SD F	0,31 A
LC NF	0,33 A
LC F	0,27 A

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p > 0,05$ ).

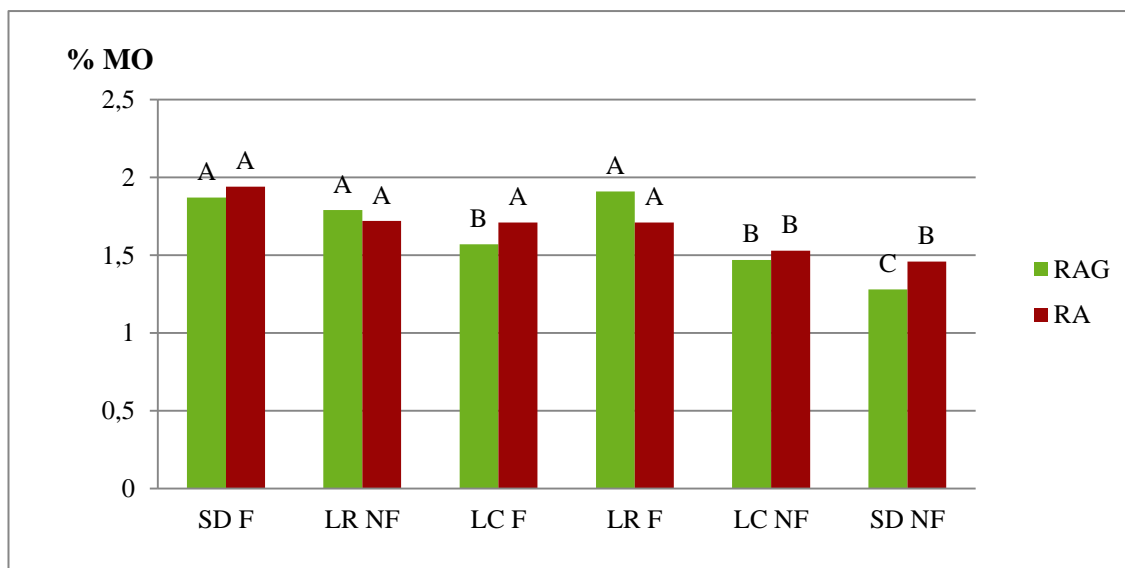
El comportamiento observado en estas fracciones no corresponde con lo observado por otros autores como López *et al.* (2013) quienes trabajando sobre un Hapludol ustico determinaron que el carbono orgánico correspondiente a la fracción lábil presentó los mayores cambios debidos al uso del suelo, tanto de 0-10 cm como de 10-20 cm, con diferencias entre sistemas de labranza. En Siembra Directa la no remoción del suelo y la acumulación superficial de residuos provocó mayores contenidos de carbono en esta fracción en relación a Labranza Reducida de 0-10 cm, mientras que de 10-20 cm, el efecto de la incorporación de los residuos de cosecha en Labranza Reducida favoreció el incremento de esta fracción en la profundidad de labor. En experiencias anteriores realizadas en el mismo ensayo que el del presente trabajo, no se encontraron diferencias en los niveles orgánicos de la fracción lábil para la profundidad de 0-10 cm y al analizar la profundidad de 10-20 cm se observó un incremento a favor de la Siembra Directa (Massobrio, 2012). Todo esto demuestra la gran variabilidad del contenido orgánico en esta fracción por influencia ambiental, de los sistemas de labranzas, los niveles de fertilización y las rotaciones.

### **3.10 Comparación de los contenidos de Materia Orgánica total de la rotación agrícola ganadera con una rotación agrícola pura**

El análisis comparativo entre la rotación agrícola ganadera y una rotación agrícola pura, considerando los niveles de materia orgánica total, manifiesta diferencias en la profundidad de 0-10 cm (Figura 1). Para la profundidad de 10-20 cm no se observan diferencias significativas en los niveles orgánicos (Figura 2). En la capa superior del suelo se puede apreciar que los tratamientos de Labranza Convencional, en ambas rotaciones, difieren significativamente del resto de los tratamientos, pero con valores medios ya que el mínimo nivel de materia orgánica se manifiesta en Siembra Directa sin fertilizar y para la rotación

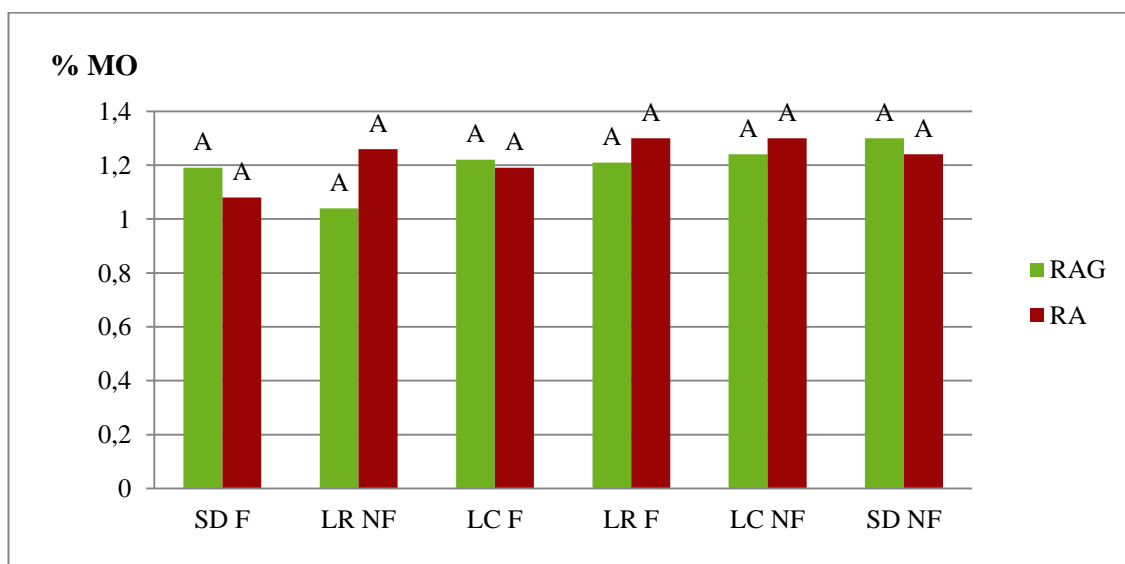


agrícola ganadera, mientras que en la rotación agrícola no difiere de Labranza Convencional (Figura 1).



En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p > 0,05$ ), para RAG y RA.

**Figura 1. Contenido de materia orgánica total de la capa de 0-10 cm de suelo para diferentes usos y tratamientos**



En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p > 0,05$ ), para RAG y RA.

**Figura 2. Contenido de materia orgánica total de la capa de 10 - 20 cm de suelo para diferentes usos y tratamientos**

El análisis del comportamiento orgánico en la capa superficial del suelo hasta los 10 cm muestra a la Siembra Directa y a la Labranza Reducida, en ambas rotaciones con uso de fertilizante, generando los máximos niveles orgánicos. La gran actividad biológica que genera la Siembra Directa es la que produce en el tiempo la materia orgánica, la cual es fundamental en la estructuración del suelo e incrementa la capacidad de retención del agua en el perfil, pero para ello hay que alimentar continuamente a toda esta fauna biológica y la mejor manera de hacerlo es a través de la maximización de la producción de restos orgánicos (Belloso, 2002). La no remoción del suelo y el mantenimiento de los residuos de cosecha en superficie bajo siembra directa resultan en un mayor contenido de materia orgánica en las capas superficiales del suelo respecto de situaciones similares bajo Labranza Convencional. Este efecto se explica por la menor oxidación de la materia orgánica nativa y de los residuos aportados, la menor erosión y, eventualmente, por una mayor producción de residuos bajo Siembra Directa, debida a la mayor producción de materia seca, que bajo Labranza Convencional (Studdert y Echeverría, 2002).

Sin embargo, al tratarse de siembra directa sin aplicación de fertilizantes los valores de materia orgánica son los mínimos para ambos usos, esto se explica por el efecto positivo que genera la fertilización al aumentar la producción de biomasa. Además, al no fertilizar existe un bajo nivel de nutrientes en suelos bajo Siembra Directa debido a la no incorporación de los restos orgánicos y la escasa mineralización de la materia orgánica del suelo. Massobrio (2012) para la misma profundidad, sobre el mismo ensayo, encontró que en la rotación agrícola – ganadera la materia orgánica fue mayor que en la rotación agrícola pura, confirmando que la inclusión de pastura permite un aumento en el aporte de restos orgánicos vegetales y la no remoción de los suelos contribuye a una menor mineralización de la materia orgánica nativa (Álvarez y Steinbach, 2006). A diferencia, los valores obtenidos en el presente trabajo, indican que no existe influencia del uso, esto podría deberse a que durante este ensayo las muestras fueron obtenidas luego de 3 años de agricultura. Dentro de los valores mínimos también se encuentran los sistemas de Labranza Convencional, para ambos usos. Estos resultados coinciden con lo observado por Peralta (2011) quien determinó que en este tipo de labranzas, donde se produce una mayor remoción del suelo, se produce también un mayor deterioro de la estructura, impactando negativamente sobre la distribución del tamaño de agregados estables al agua y sobre el diámetro medio ponderal, variable indicadora que guarda una estrecha relación con el contenido de materia orgánica total y con sus fracciones.

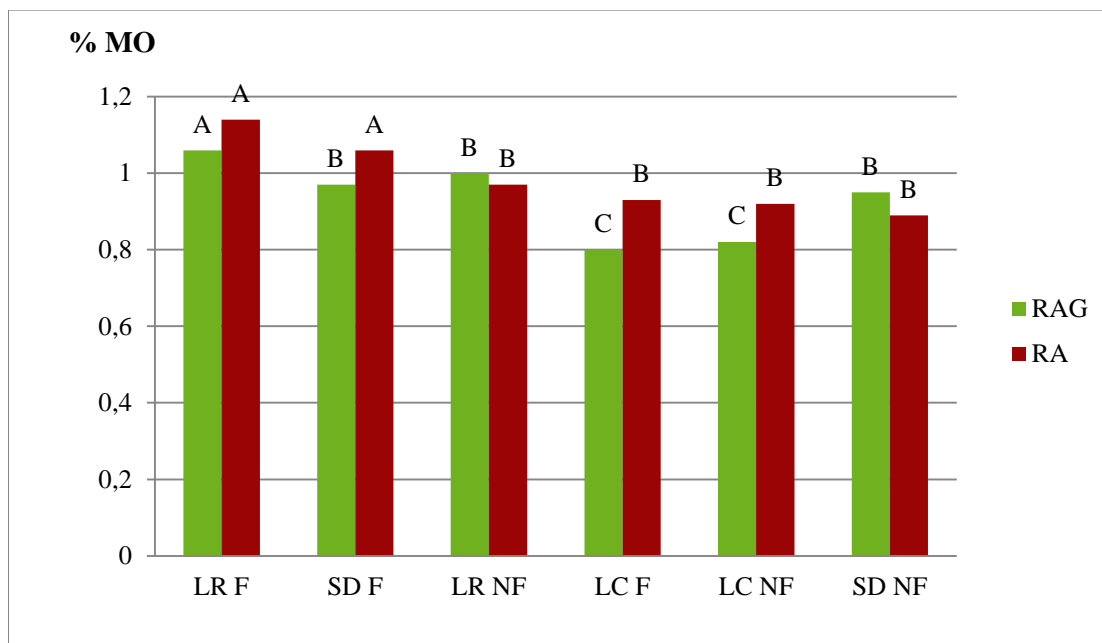
En el análisis del comportamiento orgánico de la capa de suelo entre 10-20 cm los valores mostraron mayor uniformidad entre tratamientos de labranza, rotaciones y fertilización, posiblemente debido a que tanto los aportes y pérdidas de materiales orgánicos

como así también la actividad de los microorganismos se concentran en la capa superficial del suelo, y a mayor profundidad se atenúan los efectos de las labranzas y de la rotación sobre los contenidos de materia orgánica. Estos resultados indicarían que no basta con dejar de arar para que el balance de carbono se modifique, sino que es sumamente importante maximizar el aporte de carbono a través de las rotaciones de cultivos y sus rastrojos, considerando de manera especial aquellos cultivos con mayor contenido de lignina para aumentar la fracción de materia orgánica humificada. En tal sentido, las rotaciones deben ser capaces de generar un balance positivo en la acumulación de carbono orgánico en el suelo (Fogante, 2001).

Para ambos usos, los resultados coinciden con lo expuesto por Andriulo *et al.* (2008) en cuanto a la no diferenciación entre Siembra Directa y Labranza Reducida mediante los contenidos de carbono orgánico en un período largo de tiempo. Estos autores plantean que hay un equilibrio dado por el menor ingreso de residuos al interior del suelo en la Siembra Directa respecto a la Labranza Reducida, siendo esto compensado por una menor tasa de mineralización en el suelo no removido. Otro ensayo conducido en condiciones edáficas y climáticas similares a las del presente trabajo, por Bongiovanni *et al.* (2012) sobre un campo ubicado al sudeste de Córdoba, en el que se incluyeron tres rotaciones: agrícola (soja y maíz), ganadera (verdeos de inviernos y soja en rotación) y gramíneas (pasturas de gramíneas por más de 20 años), encontraron que los mayores contenidos de carbono orgánicos se dieron en la situación de pastura de gramíneas perennes, no existiendo diferencias significativas en las rotaciones agrícola y ganadera. En el presente trabajo, las diferencias halladas se observaron en la profundidad de 0-10 cm, debido a la acumulación tanto de broza remanente como a lo aportado por las raíces.

### **3.11 Comparación de los contenidos de materia orgánica de la fracción fina (0-53 $\mu\text{m}$ ) entre la rotación agrícola ganadera y una rotación agrícola pura**

El análisis comparativo entre la rotación agrícola ganadera y una rotación agrícola pura considerando los niveles de materia orgánica de la fracción fina o humificada muestran un efecto significativo del uso y los tratamientos de manejo sobre los niveles de materia orgánica. Los tratamientos de Labranza Reducida con fertilización en ambos usos, acompañados de la Siembra Directa con fertilización para el uso agrícola, presentaron valores significativamente superiores al resto. Por otro lado la Labranza Convencional, independientemente de la fertilización y para el uso agrícola ganadero, fue quien presentó con significancia estadística los menores niveles de materia orgánica (Figura 3).



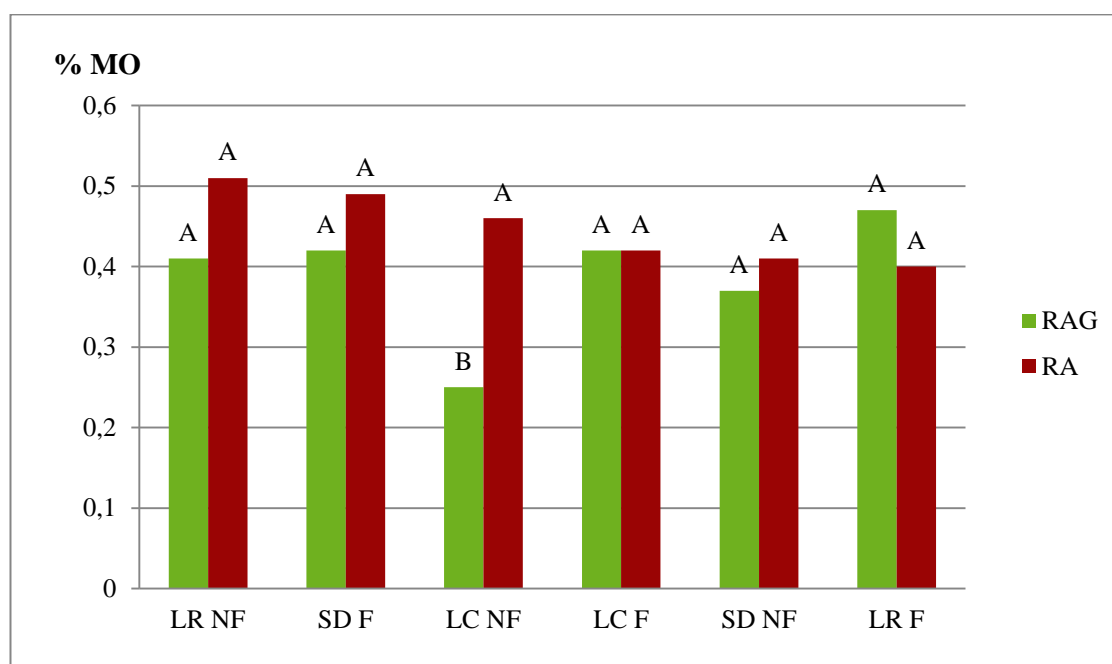
En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p > 0,05$ ), para RAG y RA.

**Figura 3. Contenido de materia orgánica fina de la capa de 0-10 cm del suelo para diferentes combinaciones de usos y tratamientos**

Al comparar los valores obtenidos en el presente trabajo con valores obtenidos por Massobrio (2012) se observan las mismas tendencias, si bien este autor no encontró diferencias estadísticamente significativas, por lo que considera que las variaciones en los contenidos orgánicos no fue consecuencia del efecto de las rotaciones y las labranzas. En el presente trabajo, las diferencias observadas podrían ser atribuibles a las labranzas y además de estas, es de gran importancia el efecto de la fertilización, sobre todo en Siembra Directa, pudiendo atribuirlo a variaciones en el aporte de residuos y en la intensidad de remoción del suelo. Se podría sostener entonces, que luego de aproximadamente 20 años de ensayo, los manejos conservacionistas del suelo como Labranza Reducida y Siembra Directa, permitieron incrementar la porción de materia orgánica estabilizada del suelo en comparación con la Labranza Convencional. Esto tiene una notoria importancia debido a que esta fracción es la que interviene en procesos de estabilización tipo permanentes de la estructura superficial de los suelos, lo cual tiene un impacto directo en la resistencia del suelo a los agentes de erosión. Por otro lado es esta fracción la que mejora la capacidad de retención de agua, la condición físico-química a través del incremento en la capacidad de intercambio catiónico y en su capacidad buffer de pH (Martínez *et al.*, 2008).

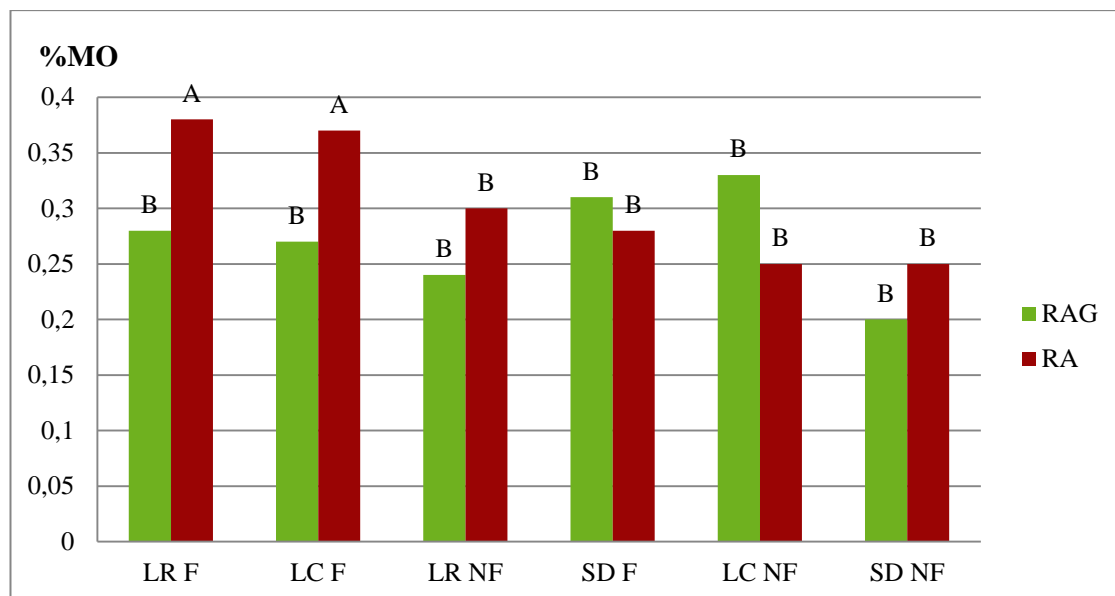
### 3.12 Comparación de los contenidos de materia orgánica de la fracción media (53-100µm) y gruesa (100-2000µm) de suelo en la rotación agrícola ganadera con una rotación agrícola

El análisis comparativo entre la rotación agrícola ganadera y una rotación agrícola pura considerando los niveles de materia orgánica de la fracción lábil (53-2000µm) muestra efecto significativo del uso y el manejo sobre los niveles orgánicos. Para la materia orgánica media (53-100µm) que representa el mayor porcentaje dentro de la lábil se puede observar que en Labranza Convencional no fertilizado y para un uso agrícola ganadero es donde se obtienen los niveles inferiores de materia orgánica, de manera estadísticamente significativa por debajo del resto de los tratamientos (Figura 4). Para la fracción gruesa (100-2000µm), que representa el 40% de la fracción lábil, la situación es un tanto diferente, aquí los tratamientos fertilizados de las labranzas con remoción del suelo, Labranza Reducida y Convencional en un uso agrícola fueron quienes manifestaron de manera significativa y por sobre el resto de los tratamientos los mayores valores de materia orgánica (Figura 5).



En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p > 0,05$ ), para RAG y RA.

**Figura 4.** Contenido de materia orgánica media de la capa de 0-10 cm del suelo para diferentes combinaciones de usos y tratamientos



En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p > 0,05$ ), para RAG y RA.

**Figura 5. Contenido de materia orgánica gruesa de la capa de 0-10 cm del suelo para diferentes combinaciones de usos y tratamientos**

En la fracción lábil, la materia orgánica correspondiente a la porción gruesa presenta un comportamiento diferente al resto de las fracciones, aquí el laboreo del suelo genera los mayores niveles de materia orgánica. Galantini *et al.* (2011) en un suelo Argiudol típico del sudoeste de Buenos Aires encontraron el mismo comportamiento, en la capa de suelo entre 5-10 cm fue mayor el contenido de materia orgánica bajo Labranza Convencional. Esta fracción es más dependiente de la incorporación de los residuos por labranzas y dependiente de las características meteorológicas (Galantini *et al.*, 2007) que prevalecen. En esta fracción y para la misma profundidad Massobrio (2012) no encontró diferencias entre tratamientos, si para la profundidad de 10-20 cm observó diferencias significativas a favor de la rotación agrícola ganadera. En el caso de la rotación agrícola, los tratamientos de Labranza Convencional superaron el resto de los tratamientos.

Las grandes variaciones encontradas en el comportamiento de la materia orgánica de la fracción lábil según diferentes trabajos indican lo expresado por Cambardella y Elliott (1992) quienes comprobaron que generalmente los cambios en el contenido orgánico de los suelos al ser cultivados ocurren en mayor parte sobre la fracción lábil.

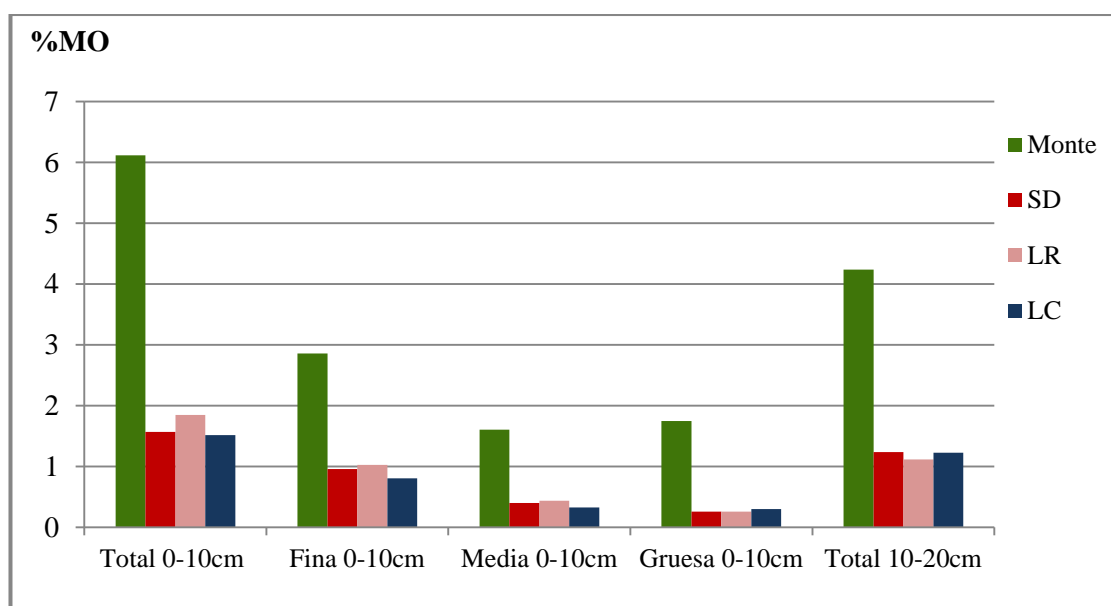
### 3.13 Comparación de los contenidos de materia orgánica de la rotación agrícola ganadera con una situación de mínimo disturbio

La situación de mínimo disturbio se localiza en la proximidad de la situación donde se lleva adelante la explotación agrícola ganadera, por ende, es preciso hablar de un mismo ambiente con diferente sistema de manejo. Esta situación de mínimo disturbio corresponde a un monte de Eucaliptus y otras especies invasoras de menor porte, donde no hay antecedentes de intervenciones antrópicas en los últimos 33 años. Los resultados obtenidos muestran que el uso agropecuario y por ende los sistemas de labranzas y de manejo causan una gran variación en los niveles de materia orgánica, los cuales disminuyen marcadamente su valor (Tabla 14) (Figura 6).

**Tabla 14. Contenido de materia orgánica total y de fracciones en diferentes usos y sistemas de labranza, para dos profundidades**

Materia Orgánica (%)					
Tratamiento	Total (0-10cm)	Fracciones (0-10 cm)			Total (10-20cm)
		Fina (0-53µm)	Media(53-100µm)	Gruesa(100-2000µm)	
Monte	6,12 A	2,86 A	1,61 A	1,75 A	4,24 A
SD	1,57 B	0,96 B	0,40 B	0,26 B	1,24 B
LR	1,85 B	1,03 B	0,44 B	0,26 B	1,12 B
LC	1,52 B	0,81 C	0,33 B	0,30 B	1,23 B

En columnas, letras mayúsculas indican diferencias significativas entre tratamientos, según test de comparación de medias DGS ( $p>0,05$ ), para total 0-10 cm, fina, media, gruesa y total 10-20 cm.



**Figura 6. Contenido de materia orgánica total y de fracciones en diferentes usos y sistemas de labranza, para dos profundidades**

Tomando la situación de mínimo disturbio como referencia, se puede decir que tanto para la profundidad de 0–10 cm como la de 10–20 cm los niveles de materia orgánica total disminuyeron en el orden del 73% y 72%, respectivamente. Dentro de esta disminución hubo diferencias según la labranza utilizada, siendo las labranzas conservacionistas las que menor disminución ocasionaron, pero aun así de manera no significativa si se compara con la Labranza Convencional, que manifestó las mayores caídas en los niveles de materia orgánica total. Para la profundidad de 0–10 cm, si se comparan las fracciones de materia orgánica, se puede decir que es en la fracción gruesa comprendida entre los 100-2000 $\mu$ m donde se observa la mayor disminución de los niveles orgánicos, con caídas del 84 %, esta fracción es muy sensible a la degradación cuando se alteran los sistemas y de esta forma su ciclado aumenta más que el de las fracciones física o químicamente protegidas (Galantini *et al.*, 2004). La fracción fina de 0-53 $\mu$ m y la fracción media de 53-100 $\mu$ m manifestaron caídas en los niveles orgánicos del orden de 67% y 76%, respectivamente.

El incremento de la actividad agrícola produce cambios en la condición original del suelo, puesto que la introducción de un cultivo implica la aceleración de la mineralización y una disminución exponencial en el contenido de materia orgánica (Rasmussen y Collins, 1991; citado por Martínez Uncal *et al.*, 2008). Esta disminución en los contenidos de materia orgánica no solo afecta a esta propiedad como tal sino que también afecta la fertilidad del suelo y produce modificaciones en otras propiedades físicas de los mismos. Por su parte toda herramienta de labranza produce una aceleración de los procesos de descomposición del carbono orgánico, lo que ciertamente mejora de manera transitoria la productividad de los suelos. Este proceso artificial está basado en la oxidación prematura de la materia orgánica lo que finalmente significará una paulatina disminución de su potencial productivo (Crovetto Lamarca, 2002)

Sobre el mismo ensayo, Massobrio (2012) determinó que la materia orgánica total de la situación con mínimo disturbio fue muy superior a la de los tratamientos de labranzas, donde se observaron reducciones de 76,1% en Siembra Directa, 79% en Labranza Reducida y 80,6% en Labranza Convencional. Bongiovanni *et al.* (2000) observaron en un ensayo en el que se comparaba una situación no disturbada de monte natural con otra disturbada por la realización de cultivos durante más de 40 años, entre ellos cultivos como maní, maíz y soja bajo Labranza Convencional, una disminución en el contenido de carbono orgánico en la capa superficial del suelo de casi tres veces, desde 2,82% en suelo no disturbado a 1,07% en suelo disturbado. Michelena (2012) realizando trabajo para la estación experimental del INTA Manfredi, sobre un suelo Haplustol típico de la Serie Oncativo en la provincia de Córdoba, muestra la evolución de la materia orgánica y de la fertilidad de los suelos de la



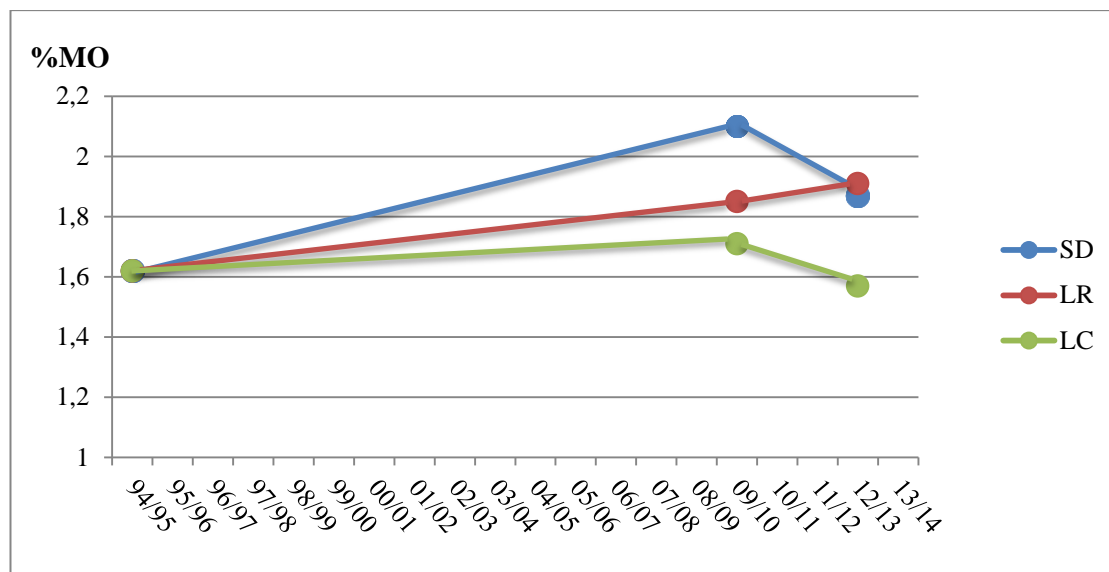
región, al comparar la condición original de los suelos determina para dicha condición valores de 5,65 % de materia orgánica, a los 20 años de uso estos valores caen a 3,19% y a los 40 años a 2,05% es decir una caída del orden del 63,7% en el transcurso de 40 años. Estos resultados serían coincidentes con los del presente trabajo, considerando que al inicio del ensayo el valor de materia orgánica del espesor superficial del suelo era próximo al del tratamiento Labranza Convencional no fertilizado. Entonces se podría sostener que luego de 20 años los sistemas de labranza conservacionistas incrementaron los valores de materia orgánica lábil, tendiendo a recuperar los valores perdidos a lo largo de algo más de 100 años de uso continuo. Resultados similares fueron encontrados por Apezteguía, (2005) trabajando en suelos de textura finas de las localidades de Piquillin y Las Vaquillas en la provincia de Córdoba donde luego de 40 años de cultivos tradicionales hubo pérdidas cercanas al 50% de carbono orgánico, y lo más interesante de este trabajo es que en promedio para ambas localidades las pérdidas luego del primer año con uso de cultivos son del orden de 21%, es decir un tercio de las pérdidas totales.

### 3.14 Evolución de la materia orgánica bajo un uso Agrícola-Ganadero

En la Tabla 15, se pueden observar los niveles de materia orgánica obtenidos en el ensayo mediante análisis de suelo. En el año 1981 se tienen los primeros registros y hasta el año 1994 no comienzan a realizarse los tratamientos. En el inicio de los tratamientos, los niveles orgánicos se encontraban en el orden de 1,62% y la tendencia hasta ese momento era decreciente. Con la incorporación de las labranzas y el uso agrícola ganadero se llega luego de 16 años y la sucesión de 2 ciclos agrícolas y 2 ciclos ganaderos, a elevar los niveles orgánicos un 30% en Siembra Directa, 14% en Labranza Reducida y un 6% en Labranza Convencional. Sin embargo a los 19 años de comenzado el ensayo y al finalizar el tercer ciclo agrícola se determina que únicamente en Labranza Reducida los niveles de materia orgánica se mantenían en aumento y que en los demás tratamientos (SD y LC) estos niveles habían decrecido. En Labranza Convencional se habrían reducido a valores inferiores a los del año 1994, cuando comenzó el ensayo (Figura 7).

**Tabla 15. Niveles de materia orgánica obtenidos mediante análisis de suelo en el ensayo**

Tratamiento	% MO (0-10cm)			
	1981	1994	2010	2013
SD	1,85	1,62	2,1	1,87
LR	1,85	1,62	1,85	1,91
LC	1,85	1,62	1,71	1,57



**Figura 7. Evolución de la materia orgánica en el sitio del ensayo según datos de análisis de suelo**

La evolución de los niveles orgánicos tiene un quiebre del sentido ascendente para disminuir al pasar de un ciclo de pasturas a un ciclo agrícola, esto en Siembra Directa y en Labranza Convencional. En este último sistema de labranza, son muchos los trabajos que avalan tal comportamiento. La remoción del suelo producida bajo Labranza Convencional genera disminución en los niveles de carbono del suelo (Studdert *et al.* 1997). La intensificación del uso agrícola de los suelos con laboreos agresivos como la labranza convencional afecta la fertilidad y la resistencia a la erosión a través de la disminución del contenido de materia orgánica (Echeverría y Ferrari, 1993; Studdert y Echeverría, 2000).

Sin embargo otros autores consideran que bajo determinadas circunstancias el laboreo de los suelos no produce efectos perjudiciales en los niveles orgánicos. Varvel (1994) y Dominguez y Studdert (2006) concluyen que a través de la combinación cuidadosa de cultivos y de su manejo se puede mantener niveles sustentables de materia orgánica en suelos molisoles de clima templado húmedo, aún bajo Labranza Convencional.

La disminución de la materia orgánica que se produce bajo efecto de la Siembra Directa en la rotación agrícola ganadera durante un ciclo agrícola es poco observada habitualmente. Al respecto, el carbono edáfico en el área centro sur de la provincia de Santa Fé (Cordone y Martinez, 2005) muestra una pérdida constante. Asumiendo un valor inicial promedio del 2,5 % de materia orgánica en los suelos, en rotación agrícola con un manejo en Siembra Directa continua y para una secuencia regional de 10 años, constituida por 7 años de soja de primera, 2 años del doble cultivo trigo/soja de segunda y 1 año de maíz, se habrían perdido 500 Kg de carbono/ha/año. La secuencia de cultivos realizó un aporte insuficiente de rastrojos como para mantener el nivel de materia orgánica, la razón de este resultado es la alta participación de la soja cuyo aporte no alcanza para compensar las pérdidas, el bajo

rendimiento del trigo en la zona y la poca presencia de maíz. La adopción de la Siembra Directa no invierte el sentido negativo de su balance, el carbono no puede comprarse en el mercado y aplicarse en el lote, al menos en cultivos extensivos debe “fabricarse in situ” produciendo rastrojos, y para ello es necesario primero contar con un plan de rotación de cultivos, que fije la mayor cantidad de carbono en sus tejidos y luego, mediante un manejo conservacionista, permitir que llegue a humificarse para compensar las pérdidas naturales por mineralización (Cardone y Martinez, 2005).

Studdert y Echeverría (2002) determinaron en el sudeste de Buenos Aires, en un ensayo de 6 años de duración, que se producían caídas en los niveles de la materia orgánica del orden del 12% cuando sucedía un ciclo agrícola de tres años en Siembra Directa, luego bajo un ciclo de pastura de 3 años se reconstituía el equilibrio y se alcanzaban los niveles originales. Analizando en el mismo ensayo la situación bajo Labranza Convencional, observaron que al suceder un ciclo agrícola se manifestaba el mismo comportamiento siendo las caídas en los niveles orgánicos del orden del 16%, pero aquí a diferencia de lo anterior una vez finalizado el próximo ciclo pastoril no se lograba restituir los niveles originales de materia orgánica.

En base a los valores de materia orgánica obtenidos en trabajos anteriores, analizados hasta el momento y considerando lo obtenido por el presente, se considera que las variaciones observadas en los últimos 3 años, correspondientes al último ciclo agrícola, son variaciones que se han venido manifestando en ciclos anteriores y que se han de seguir manifestando. Acompañando la secuencia del uso, se presentan ciclos de ganancias de materia orgánica correspondientes con ciclos pastoriles y ciclos de pérdidas correspondientes con ciclos agrícolas. Este efecto de “onda” en la evolución de la materia orgánica, depende de la resistencia y resiliencia del suelo y conllevan a la formación de un nuevo estado, donde las condiciones del ambiente y las prácticas de manejo definen los nuevos niveles orgánicos.

### **3.15 Modelo de balance de materia orgánica**

En el año 1994 comenzó el ensayo de rotaciones, labranzas y fertilización donde se realizó la presente experiencia. El rendimiento de los cultivos (Tabla 16) tanto en producción de grano como de biomasa se toma como valor de entrada para operar el modelo del balance de Materia Orgánica propuesto por Guerif (1945) citado por Apezteguia (2006), ya que a partir de él y el índice de cosecha de los cultivos, se puede obtener el aporte de materia seca aérea. Si a estos aportes se les suma además, los aportes realizados por las raíces y en el caso de los pulsos de pastoreo se tiene en cuenta el aporte que realizan los animales a través del bosteo se obtienen los aportes totales de residuos (Tabla 17).

**Tabla 16. Rendimientos de cultivos de grano y producción de biomasa en pastura por campaña y para tratamientos fertilizados**

Campaña	Cultivo	Rendimientos Kg/ha		
		SD	LR	LC
94/95	Maíz	5753	5275	5467
95/96	Maíz	5762	4910	4927
96/97	Girasol	2025	2217	2089
97/98	Maíz	5378	4885	4684
98/99	Girasol	1564	1675	1465
99/00	Alfalfa	5200	7900	8000
00/01	Alfalfa	6400	6500	6700
01/02	Alfalfa	5500	5600	5500
02/03	Maíz	6010	6120	5661
03/04	Soja	2458	2127	2444
04/05	Maíz	8586	7747	9159
05/06	Soja	3183	3050	3312
06/07	Alfalfa	7223	6474	5965
07/08	Alfalfa	4841	4452	5045
08/09	Alfalfa	7068	5577	6843
09/10	Alfalfa	9089	8867	7609
10/11	Maíz	5924	6435	6231
11/12	Soja	2916	2538	1949
12/13	Maíz	7407	8305	7890
13/14	Alfalfa	10480	10443	10396

Fuente: Cátedra de Producción de Cereales; Cátedra de Manejo de Pasturas, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

El modelo de balance opera con variables que son necesarias ajustar, de acuerdo a las características del ambiente y del manejo que se realice. Para este caso se tuvieron en cuenta:

- Densidad aparente del espesor de 0-10 cm de suelo de 1,33 – 1,38 – 1,43 t.m<sup>3</sup> de suelo para Siembra Directa, Labranza Reducida y Labranza Convencional, respectivamente (Gómez, 2011).
- Índices de cosecha de 0,45 – 0,29 – 0,37 para maíz, girasol y soja, respectivamente (Andrade y Sadras 2002).
- Bosteo de los animales: 28 kg/cab/día y un consumo de materia seca del 3% del peso vivo (Baguet *et al.*, 2001).
- Carga animal de 2,4 animales/ha y un índice de consumo del 75% del forraje, lo que determina un remanente del 25% de la pastura luego de la salida de los animales,

según datos provistos por la Cátedra de Producción de Forrajes y Manejo de Pasturas, Facultad de Agronomía y Veterinaria UNRC.

- Coeficientes de mineralización de 0,025 para Siembra Directa, 0,03 para Labranza Reducida y 0,04 para Labranza Convencional según Lucas y Vitosh (1978) y ajustados para cada labranza en particular a través de la comparación con datos reales de los niveles orgánicos según Massobrio (2012).
- Coeficientes de humificación de 0,15% en cereales y 0,19% en leguminosas según Soltner (1990) citado por Saña *et al.* (1996).
- Aporte de materia seca por raíces del 30% de la materia seca aérea total (Álvarez, 2006).

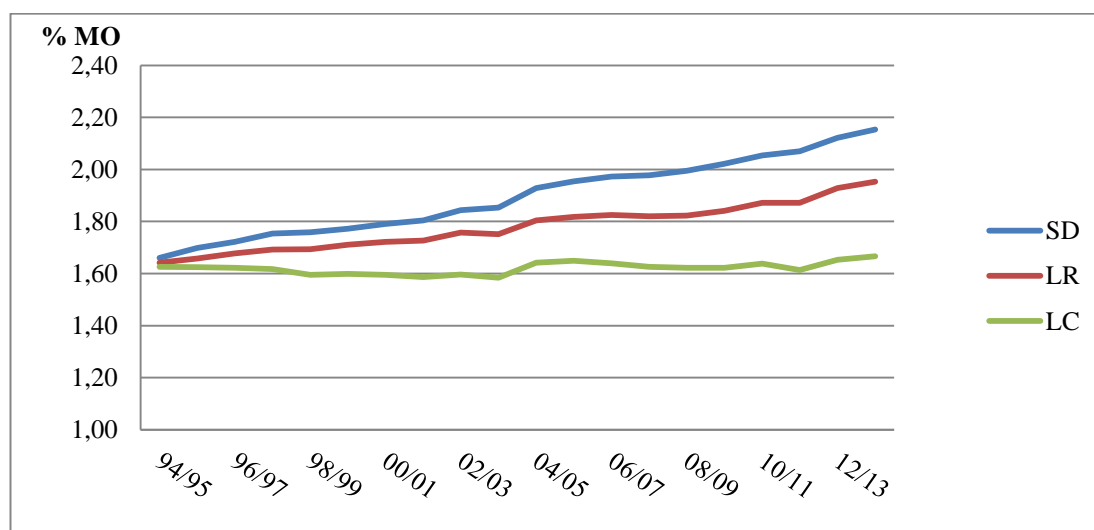
**Tabla 17. Aportes de residuos de biomasa aérea, raíz y a través del bosteo de los animales en pastoreo**

Campaña	Cultivo	Total residuos aportados Kg ms/ha		
		SD	LR	LC
94/95	Maíz	10865	9963	10326
95/96	Maíz	10882	9274	9306
96/97	Girasol	7053	7721	7275
97/98	Maíz	10157	9227	8848
98/99	Girasol	5447	5832	5102
99/00	Alfalfa	6193	7678	7733
00/01	Alfalfa	6853	6908	7018
01/02	Alfalfa	6358	6413	6358
02/03	Maíz	11352	11560	10693
03/04	Soja	6176	5347	6142
04/05	Maíz	16216	14632	17299
05/06	Soja	8001	7667	8325
06/07	Alfalfa	7306	6894	6614
07/08	Alfalfa	5996	5782	6108
08/09	Alfalfa	7221	6401	7097
09/10	Alfalfa	8332	8210	7518
10/11	Maíz	11190	12155	11769
11/12	Soja	7329	6378	4898
12/13	Maíz	13991	15687	14904
13/14	Alfalfa	9097	9077	9051

En la Tabla 18 se muestran los valores de materia orgánica en la capa de 0-10 cm de suelo, obtenidos mediante el modelo de simulación. La Figura 8 muestra las tendencias observadas por el modelo, donde los sistemas de labranzas conservacionistas en la rotación agrícola ganadera tenderían a aumentar los niveles orgánicos en el largo plazo.

**Tabla 18. Niveles de materia orgánica obtenidos mediante el modelo de simulación de Guerif (1945) ajustado para las condiciones del ensayo**

Campaña	Cultivo	%MO		
		SD	LR	LC
94/95	Maíz	1,66	1,64	1,63
95/96	Maíz	1,70	1,66	1,62
96/97	Girasol	1,72	1,68	1,62
97/98	Maíz	1,75	1,69	1,62
98/99	Girasol	1,76	1,69	1,60
99/00	Alfalfa	1,77	1,71	1,60
00/01	Alfalfa	1,79	1,72	1,60
01/02	Alfalfa	1,80	1,73	1,59
02/03	Maíz	1,84	1,76	1,60
03/04	Soja	1,85	1,75	1,58
04/05	Maíz	1,93	1,80	1,64
05/06	Soja	1,95	1,82	1,65
06/07	Alfalfa	1,97	1,82	1,64
07/08	Alfalfa	1,98	1,82	1,63
08/09	Alfalfa	1,99	1,82	1,62
09/10	Alfalfa	2,02	1,84	1,62
10/11	Maíz	2,05	1,87	1,64
11/12	Soja	2,07	1,87	1,61
12/13	Maíz	2,12	1,93	1,65
13/14	Alfalfa	2,15	1,95	1,67



**Figura 8. Evolución de la materia orgánica en el sitio del ensayo según el modelo de simulación de Guerif (1945)**

Analizando los resultados anteriores y a través de los datos de densidad aparente obtenidos por Gómez (2010), se puede observar una ganancia de carbono anual promedio del orden de 240kg/ha en Siembra Directa, 167kg/ha en Labranza Reducida y 51kg/ha en Labranza Convencional en la capa de 0-10 cm de suelo (Tabla 19). Esto deja en evidencia lo difícil y lento que resulta aumentar los niveles de materia orgánica en los suelos.

**Tabla 19. Variación de carbono orgánico determinado mediante el modelo de simulación de Guerif (1945) ajustado para las condiciones del ensayo**

Campaña	Cultivo	Variación Kg/ha CO		
		SD	LR	LC
94/95	Maíz	339,5	208,8	82,1
95/96	Maíz	332,8	162,1	18,9
96/97	Girasol	208,3	188,6	14,0
97/98	Maíz	277,4	150,7	-7,3
98/99	Girasol	75,8	36,8	-148,8
99/00	Alfalfa	131,4	177,0	58,4
00/01	Alfalfa	179,1	114,1	3,0
01/02	Alfalfa	137,8	74,1	-46,0
02/03	Maíz	333,1	279,1	115,4
03/04	Soja	114,0	-15,5	-62,7
04/05	Maíz	615,6	457,5	512,2
05/06	Soja	236,2	149,6	87,8
06/07	Alfalfa	178,3	87,4	-44,4
07/08	Alfalfa	75,2	1,3	-79,8
08/09	Alfalfa	167,3	49,4	-0,1
09/10	Alfalfa	248,5	186,4	33,2
10/11	Maíz	281,4	287,2	167,9
11/12	Soja	161,0	35,1	-171,4
12/13	Maíz	440,3	491,6	358,7
13/14	Alfalfa	282,3	226,7	139,4

## CAPÍTULO 4

### CONCLUSIONES

Luego de 19 años, para las condiciones de clima, suelo, cultivo, uso y manejo estudiadas en el presente trabajo se concluye lo siguiente:

- La implementación de un sistema de Labranza Reducida, de corte vertical permite alcanzar los mayores niveles de materia orgánica.
- En la fracción estabilizada de la materia orgánica, las labranzas conservacionistas presentan mayores niveles orgánicos, mientras que para la fracción lábil no se observan diferencias significativas pero si la misma tendencia.
- La fertilización produce un efecto positivo en los niveles de materia orgánica del suelo, independientemente del sistema de labranza adoptado, sin embargo este efecto es más significativo en sistemas de Siembra Directa.
- No existen marcadas diferencias al comparar los niveles de materia orgánica total de la rotación agrícola-ganadera (RAG) con la rotación agrícola (RA), para el espesor de 0-10 cm de suelo, aunque las tendencias indican que bajo Labranza Reducida los mayores valores se obtienen en la RAG mientras que bajo Siembra Directa y Labranza Convencional se obtienen en la RA.
- En general, al comparar los valores de materia orgánica de la fracción estabilizada y la fracción lábil del suelo, se observa que bajo la rotación agrícola se obtuvieron los mayores valores para ambas fracciones.
- La intervención antropica sobre suelos no disturbados, para uso agrícola y/o ganadero, genera una importante caída en los niveles de materia orgánica de estos suelos.
- Al comparar la situación real del contenido porcentual de materia orgánica en el suelo, con una situación modelada (modelo de Guerif, 1945), ajustando las variables intervinientes, se observan las mismas tendencias aunque con diferencias en los valores absolutos.
- En el mediano y largo plazo, las labranzas conservacionistas (Labranza Reducida; Siembra Directa) tienden a incrementar los niveles de materia orgánica en los suelos mientras que la Labranza Convencional tiende a mantener e incluso disminuir estos niveles.



## BIBLIOGRAFÍA

- ALBANESI A., A. ANRIQUEZ. 2008. La Cantidad total y el fraccionamiento del carbono orgánico como indicadores de calidad de sitios en agroecosistemas de la región chaqueña. FAyA (UNSE) – Cátedras de Ecología y Micro biología Agrícola. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Argentina.
- ÁLVEREZ R. 2006. Balance de carbono en los suelos. Información técnica de trigo campaña 2006. Publicación miscelánea N° 105. EEA. Rafaela-INTA.
- ÁLVAREZ R., y. STEINBACH. 2006. Factores climáticos y edáficos reguladores del nivel de materia orgánica. En Alvarez R. (Coordinador). Materia Orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos. Editorial Facultad de Agronomía. UBA. Buenos Aires, Argentina. 205 pp.
- ANDRADE F. H., SADRAS V. O., 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. E.E.E. INTA Balcarce – F.C.A. U.N.M.P. Cap 3, pag 75.
- ANDRIULO A., M. C. SASAL, A. B. IRIZAR, S. B. RESTOVICH, F. RIMATORI. 2008. Efecto de diferentes sistemas de labranza, secuencias de cultivo y de la fertilización nitrogenada sobre los stocks de C y N edáficos. En: Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la Argentina. Ed: Galantini J.A. (EdiUNS). Argentina. 117-126 pp.
- APEZTEGUIA H. P. 2005. Dinámica de la materia orgánica de los suelos de la región semiárida central de Córdoba (Argentina). Tesis de Doctorado presentada ante la Escuela para Graduados. FCA. Universidad Nacional de Córdoba.
- APEZTEGUÍA H. 2006. Dinámica de la materia orgánica de los suelos de la región semiárida central de Córdoba (Argentina). Tesis doctoral. Inédita.
- ARZENO J. L. y E.R. CORVALÁN. 2001. Experiencia de largo plazo (1990 -2000) con cuatro sistemas de labranza en Salta. Actas XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis, Argentina. CD 6 pp.
- BAGUET H. A., BAVERA G. A. 2001. Relación suelo-planta-animal. Producción Bovina de Carne, FAV UNRC.
- BALESDENT J., C. CHENU, M. BALABANE. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. Soil Tillage Res. 53: 215-230.

- BECERRA V., G. CIMADEVILLA, J. DE PRADA, A. GEYMONAT, H. GIL, J. J. MIRAS, G. CALVI, D. CEDRIANI 1999. Plan Director. ADESUR (Asociación interinstitucional para el desarrollo del sur de Córdoba). Edición: Depto. Prensa y Publicaciones Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. Argentina.
- BECKER A. R., M. P. CANTU, H. F. SCHIAVO, J. I. OSANA. 2001. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la región pedemontana del suroeste de Córdoba, Argentina. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. CD. Trabajo VII-41, 4 págs.
- BELLOSO C. 2002. El Maíz, la rotación en siembra directa y su aporte a la sustentabilidad. Guía Dekalb del cultivo de Maíz, Monsanto, Buenos Aires, pág. 284.
- BONGIOVANNI M. D., J. C. LOBARTINI, G. A. ORIOLI. 2000. Cambios en las sustancias húmicas y agregados del suelo provocados por labranzas. XVII Congreso Argentino de Ciencias del Suelo. Mar del Plata, Argentina.
- BONGIOVANNI M. D. y J. C. LOBARTINI. 2006. Particulate organic matter, carbohydrate, humic acid contents in soil macro- and microaggregates as affected by cultivation. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto. Córdoba. Argentina. Geoderma 136 (2006) 660-665.
- BONGIOVANNI M. D., A. DEGIOANNI. 2012. Materia Orgánica total y particulada en suelos con diferentes usos del sudeste de Córdoba. XXIII Congreso Argentino de Ciencias del Suelo. Mar del Plata. Argentina.
- BRICCHI E., F. FORMIA., G. ESPOSITO, L. RIVERI, H. AQUINO 2004. The effect of topography, tillage and stubble grazing on soil structure and organic carbon levels. Spanish Journal of agricultural research (2004) 2 (3) 409-418.
- BRUECK H. 2008. Effects of nitrogen supply on water-use efficiency of higher plants. J. Plant Nutr. Soil Sci. 171, 210–219
- CABRINI, S.M. y C.P. CALCATERRA 2009. “Sistemas de Producción en el Partido de Pergamino. Valoración Económica del Impacto sobre la Capacidad Productiva de los Suelos” Publicación INTA ISSN 1851-6955, No. 12.
- CAMBARDELLA C. A. y E. T. ELLIOTT. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil. Sci. Soc. Am. J., 56: 777-783.
- CAMBARDELLA C. A. y E. T. ELLIOTT 1994. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 58:123-130.

- CANTERO A., E. BRICCHI, V. BECERRA, J. CISNEROS y H. GIL 1984. Zonificación y descripción de las tierras del Depto. Río Cuarto. Talleres gráficos de la UNRC, adhesión del bicentenario de la fundación de la ciudad de Río Cuarto. Argentina.
- CANTÚ, M. P. 1992 Holoceno de la Provincia de Córdoba. Manual: Holoceno de la Republica Argentina. Tomo I. Ed. Doctor Martin Iriondo. Simposio internacional sobre el holoceno en América del sur. Paraná, Argentina.
- CARABACA J.C., M.C. ZAGAME, G.A. STUDDERT, G.F. DOMINGUEZ .2010. Variación estacional de la materia orgánica particulada bajo dos sistemas de labranza, Fac. Ciencias Agrarias (UNMDP), Unidad integrada Balcarce; C.C. 276; (7620) Balcarce, Buenos Aires; Trabajo Presentado en el XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario, Santa Fe, 31 de mayo al 4 de junio de 2010.
- CARTER, M. R, 2002. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy Journal*. 94: 38-47. En [http://soilquality.org/resources/tech\\_references.html](http://soilquality.org/resources/tech_references.html). Consultado: 20-10-2014.
- CASANOVAS, E.M.; G.A. SUDDERT y H.E. ECHEVERRIA. 1995. Materia orgánica del suelo bajo rotaciones de cultivos. I Contenido total y de distintas fracciones. *Ciencia del Suelo*13: 16-20.
- CISNEROS J., CANTERO A., DEGIOANNI A, BECERRA V., M. ZUBRZYCKI. 2008. Producción, uso y manejo de las tierras. Cap 3. pp. 31-46. de Prada J. y J. Penna. (ed.) Percepción económica y visión de productores agropecuarios de los problemas ambientales en el sur de Córdoba, Argentina. INTA. Buenos Aires Argentina. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Argentina.
- CORBELLA R. D., G. A. SANZANO, J. R. GARCIA, A. M. PLASENCIA, G. S. FADDA, M. MORIANDINI 2004. Descomposición de rastrojo y su influencia sobre la fertilidad química en un haplustol típico con diferentes manejos. XIX congreso Argentino de ciencias del Suelo. Paraná, Argentina.
- CORBELLA, R. D; J. R. GARCIA; G. A. SANZANO, A. M. PLASENCIA, J. FERNANDEZ de ULIVARRI. 2006. Diferentes fracciones de carbono orgánico como indicadores de calidad de suelos del este tucumano. Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta-Jujuy, 19 al 22 de septiembre de 2006. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Argentina.

- CORDONE G y MARTÍNEZ F. 2005. Avance en el manejo de la fertilización de cultivos y fertilidad de suelos en el Sur de Santa Fé. INPOFOS, Simposio Fertilidad 2005, pág. 1:8.
- CROVETTO LAMARCA C. 2002. Cero Labranza; Los rastrojos, la nutrición del suelo y su relación con la fertilidad de las plantas. Ed. Trama Impresores, 1° Edición, Talcahuano, pág. 225.
- DEGIOANNI, A. J. 1998 Organización territorial de la producción agraria en la región de Río Cuarto (Argentina). Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá de Henares. Departamento de geografía. Alcalá de Henares, España.
- DE SIERVI, M.; GRANDOLI, I.; GEORGIADIS ROLANDI, P., 2013. Evaluación de calidad de suelos en lotes bajo producción agrícola ganadera orgánica extensiva. Cátedra de Química Analítica, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires; Fundación Rachel & Pamela Schile
- DIOVISALVI, N.V; G.A. STUDDERT; G.F. DOMINGUEZ, M.J. EIZA. 2008. Fracciones de Carbono y Nitrógeno orgánicos y Nitrógeno anaeróbico bajo agricultura continua con dos sistemas de labranza– Unidad Integrada Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP) – EEA INTA Balcarce, Argentina. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Argentina.
- DI RIENZO J. A., M. BALZARINI, L. GONZALEZ, F. CASANOVES, M. TABLADA, C. ROBLEDO 2011. Software estadístico. Registro Dirección Nac. Derecho de Autor, obra de software, N° 960318. Córdoba, Argentina.
- DOMÍNGUEZ G.F. y G. A. STUDDERT. 2006. Balance de carbono en un Molisol bajo labranza convencional. Fac. Ciencias Agrarias-UNMdP – INTA Balcarce, Buenos Aires, Argentina - Trabajo Presentado en el XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta.
- ECHEVERRIA H. E., FERRARI J. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. Boletín Técnico N° 112. INTA, CERBAS, EEA. Balcarce.
- EDWARD J. H., WOOD C. W. THURLOW D. L., RUF M. E., 1992. Tillage an crop rotation effects on fertility status of a hapludolt soild. Soild Science Society of America Journal, 56. 1577-1582.
- EIZA M. J., G. A. STUDDERT, G. F. DOMINGUEZ 2006. Dinámica de la Materia Orgánica del suelo bajo rotaciones mixtas: I. Materia Orgánica total. XX Congreso Argentino de Ciencias del Suelo. Salta, Argentina.

- FERRARY LAGUZZI F., R. OSINAGA, J. L. ARZENO, A. R. BECKER, T. RODRIGUEZ, 2014. Fraccionamiento y mineralización de la materia orgánica en distintos sistemas de labranza en un inceptisol de Salta; Cienc. Suelo vol.32 no.1 Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- FOGANTE R. 2001. Sistema de Producción como Sistema de Producción. Sitio oficial de Aapresid, En: [www.aapresid.org.ar](http://www.aapresid.org.ar)
- FORJÁN. 2002. Rotaciones en sistemas mixtos. Convenio INTA-Ministerio de Asuntos Agrarios y Producción, Pcia. Bs.As. En: [http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/13rotaciones\\_sistemas\\_mixtos.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/13rotaciones_sistemas_mixtos.pdf). Consultado: 20-10-2014.
- GALANTINI, J. A., ROSELL R. A. y J. O. IGLESIAS. 1994. Determinacion de la materia organica empleando el método de Walkley Black en fracciones granulométricas del suelo. Ciencias del suelo. 12:81 – 83.
- GALANTINI, J. A; N. SENSI; G. BRUNETI, R. ROSELL, 2004. Influence of texture on organic matter distribution and quality and Nitrogen and Sulphur status in semiarid Pampean grassland soils of Argentina. Geoderma 123:143-152.
- GALANTINI J. 2005. Calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en sistemas naturales y cultivados. Jornadas Materia Orgánica y Sustancias Húmicas. Argentina. Pp. 6.
- GALANTINI J. A., IGLESIAS J. O. 2007. Capacidad de secuestro de carbono y efecto de las prácticas agronómicas en suelos de la región Pampeana de Argentina. En: —Captura de Carbono en Ecosistemas Terrestres de Iberoamérica Ed. Juan Gallardo Lancho. Págs. 169-182. ISBN: 978-84-611-9622-7.
- GALANTINI J. A., LANDRISCINI M., IGLESIAS J., MINOLDO G., FERNANDEZ R. 2007. Las fracciones orgánicas como herramienta de diagnóstico. En —La siembra directa en los sistemas productivos del S y SO Bonaerense, Revista Técnica Especial AAPRESID, CIC, CERZOS y UNS. Eds. Galantini et al. 46-49.
- GALANTINI J. A., M. DUVAL, J. IGLESIAS, J. M. MARTINEZ, 2011. Efectos de largo plazo de la siembra directa en el SO Bonaerense: Dinámica y balance de carbono Comisión de Investigaciones Científicas (CIC, Bs.As.)
- GARCIA F. O. 2003. Balance de fósforo en los suelos de la Región Pampeana. INPOFOS Cono Sur. En [www.inpofos.org.ar](http://www.inpofos.org.ar)

- GARCIA F.O., 2004. Agricultura Sustentable y Materia Orgánica del Suelo: siembra directa, rotaciones y fertilidad. En el III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. INPOFOS Cono Sur, Buenos Aires.
- GOMEZ M. 2011. Efecto de una labor superficial sobre el almacenamiento de agua en un Hapludol típico del sur cordobés. Tesis. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Córdoba. Argentina.
- HEPPER, E. N, D. E. BUSCHIAZZO, G. G. HEVIA, A. URIOSTE, L. FERRAMOLES 2004. Superficie específica y capacidad de intercambio catiónico de suelos loesicos de la Región Semiárida Argentina. XIX Congreso Argentino de Ciencias del Suelo. Paraná, Argentina.
- JANZEN, H. H. 2006. The soil carbon dilemma: shall we hoard it or use it?. *Soil Biol. Biochem.* 38: 419-424.
- KIESSLING R. J., J. A. GALANTINI, J. O. IGLESIAS, H. KRUGER, S. VENANZI 2008. Efecto del pisoteo animal sobre la porosidad del suelo en lotes bajo siembra directa continúa. XXI Congreso Argentino de Ciencias del Suelo. San Luis, Argentina.
- LABRADOR J. M., A. G. CABANILLAS., L. LOPEZ BENITEZ., J. L. REYES PABLOS. 1993. La Materia Orgánica en los sistemas agrícolas, Manejo y utilización. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid. España. Num. 9/93.
- LARDRONE, A., E. BRICCHI y A. DEGIOANNI, 2007. Efecto del sistema de labranza sobre el contenido de materia orgánica total en Hapludoles típicos. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- LAL R. 1997. Agronomic impact of soil degradation pp 459-475. En: Kal R. Blum W. Valentine & B Stewart *Methods for assessment of soil degradation. Advances in soil science.* CRC Press Boca Raton.
- LAL, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* 123:1-22 XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca, Argentina.
- LÓPEZ F. M., M. DUVAL, J. A. GALANTINI, J. M. MARTINEZ. 2013 Comparación del contenido de carbono en un Hapludol ustico con diferentes manejos., Dpto. de Agronomía - Universidad Nacional del Sur.
- LUCAS R. E. y M. L. VITOSH 1978. *Soil Organic Matter Dynamics.* Michigan state University. Agricultural Experiment Station East Lansing., Michigan.

- MANDOLESI M. E., M. M. RON, P. E. VIDAL, H. J. FORJAN 2004. Carbono organico y sus fracciones según uso del suelo en un argiudol típico del centro sur bonaerense. XIX Congreso argentino de ciencias del suelo. Paraná, Argentina.
- MARTINEZ UNCAL M. C., S. AIMAR, H. M. MARTINEZ, R. HEVIA 2008. Estudio de materia orgánica y estabilidad en un Haplustol del cardenal, con distintos manejos. XX Congreso Argentino de Ciencias del Suelo. Salta, Argentina.
- MARTÍNEZ E. H., FUENTES J. P. E., ACEVEDO H. E. 2008. Carbono Organico y Propiedades del Suelo. R.C. Suelo Nutr. Veg. v.8 n.1 Temuco 2008. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola. Casilla 1004. Santiago de Chile.
- MASSOBRIO N. J., CHOLAKY C., MORENO I. 2012. Materia Orgánica total y lábil en un Hapludol típico del sur oeste de la provincia de Córdoba en una rotación agrícola ganadera con tres sistemas de labranza. Tesis de grado. Facultad De Agronomía y Veterinaria, UNRC, Rio Cuarto, Argentina. 28P.
- MEHDI B., ZAN C., GIROUARD P., SAMSON R. 1998. Soil organic carbon sequestration under two dedicated perennial bioenergy crops. Canada. En: [www.reap.ca/Reports/C%20sequestration%20paper.htm](http://www.reap.ca/Reports/C%20sequestration%20paper.htm)
- MICHELENA IRUTIA. 2012. Índices para conocer el estado de degradación y salud de los suelos. PROCAMPO, N°68, pág. 11:15.
- NELSON D. W. y SOMMERS L. E. 1982. Total carbón Organic Carbon and organic matter, en Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and Microbiological properties, Agronomy monographs, no. 9, second edition, ASA SSSA, pp 539.577
- NOELLEMEYER, E., FRANK, F., ALVAREZ, C., MORAZZO, G., QUIROGA, A. 2008. Carbon contents and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of central Argentina. Soil & Till. Res. 99, 179-190.
- PECORARI C., 1988. Inestabilidad estructural de los suelos de la pampa húmeda. INTA, E.E.A. Pergamino. Informe técnico N° 216,16p.
- PERALTA C.M. 2011. Estabilidad estructural superficial de un Hapludol típico del sur oeste de Córdoba en una rotación agrícola ganadera con tres sistemas de labranzas. Tesis. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional De Rio Cuarto. Córdoba. Argentina.

- QUIROGA, A; D BUSCHIAZZO; N PEINEMANN. 1999. Soil compaction is related to management practices in the semi-arid Argentine pampas. *Soil Till. Res.* 52: 21–28.
- SAGyP, Consejo Federal Agropecuario. 1995. Deterioro de las tierras en la República Argentina: alerta amarillo. SAG y P. Buenos Aires, 287 pp.
- SAÑA J., J. C. MORE, A. COHI 1996. La gestión de la fertilidad de los suelos. MAPA. Madrid. 277pp.
- STUDDERT G.A., ECHEVERRÍA H. E., CASANOVAS E. M. 1997. Crop-pasture rotation for sustaining the quality and productivity of a Typic Argiudoll. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1466-1472.
- STUDDERT G. y H. ECHEVERRÍA. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1496-1503.
- STUDDERT G. y H. ECHEVERRÍA. 2002. Agricultura continua, labranzas y carbono orgánico en la capa arable en el sudeste bonaerense. En *Jornada de Actualización Técnica para Profesionales “Fertilidad 2002”*. INFOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 52 pág.
- TABOADA M. A. 2007. Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. 4º Simposio de Ganadería en Siembra Directa, Aapresid, Potrero de los Funes, San Luis, 71-83.
- TABOADA M. A. y ÁLVAREZ C. R. 2008. Fertilidad física de los suelos. 237p.
- VARVEL G. E. 1994, Rotation and nitrogen fertilization effects on changes in soil carbon and nitrogen, *Agron, J.* 86:319-325.
- VERBENE, E. L. J., J. HASSINK, P. de WILLIGEN, J. GROOT, J. VAN VEEN. 1990. Modelling organic matter dynamics in different soils. *Netherlands Journal of Agriculture Science* 38:221-238.
- VILLANUEVA, G. H; R.G OSINAGA; A. P CHÁVEZ. 2004. Manual “El Uso Sustentable de los Suelos” (Tecnología de los suelos agrícolas). Facultad de Ciencias Naturales – Escuela de Agronomía – UNSa – Salta, Argentina.
- VIDAL C. y J. COSTA. 1998. Evaluación de algunas propiedades físicas en sistemas de labranza reducida y siembra directa. En: AACS (ed.). *Actas XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.* (211- 212). V. Carlos Paz, Córdoba.



ZARRILLI A., 2008. El proceso de agriculturización en las regiones extra pampeanas argentinas: insostenibilidad y límites de un modelo de transformación. XXI Congreso de historia agraria. Córdoba. Sección I.

ZERBINO, S. y N. ALTIER. 2006. La Biodiversidad del suelo. 8-9. En: Suplemento Tecnológico. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), La Estanzuela. Uruguay.

## ANEXO



Figura 1. Ubicación del sitio del ensayo en la región



Figura 2. Ubicación del sitio del ensayo en el campo experimental



**Figura 3. Sitio del ensayo**



**Figura 4. Sitio del ensayo, rotación agrícola-ganadera**





**Figura 5. Sitio del ensayo, rotación agrícola**



**Figura 6. Situación de mínimo disturbio**

## Planillas y gráficos – salidas del programa estadístico INFOSTAT

### Análisis de la varianza

#### MOO-10cm

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MOO-10cm	24	0,81	0,76	7,76

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,28	5	0,26	15,58	<0,0001
Labran	0,51	2	0,26	15,64	0,0001
Fertiliz	0,45	1	0,45	27,37	0,0001
Labran*Fertiliz	0,32	2	0,16	9,63	0,0014
Error	0,29	18	0,02		
Total	1,57	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1394

Error: 0,0164 gl: 18

Labran	Medias	n	E.E.	
LC	1,52	8	0,05	A
SD	1,57	8	0,05	A
LR	1,85	8	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1084

Error: 0,0164 gl: 18

Fertiliz	Medias	n	E.E.	
NF	1,51	12	0,04	A
F	1,79	12	0,04	B

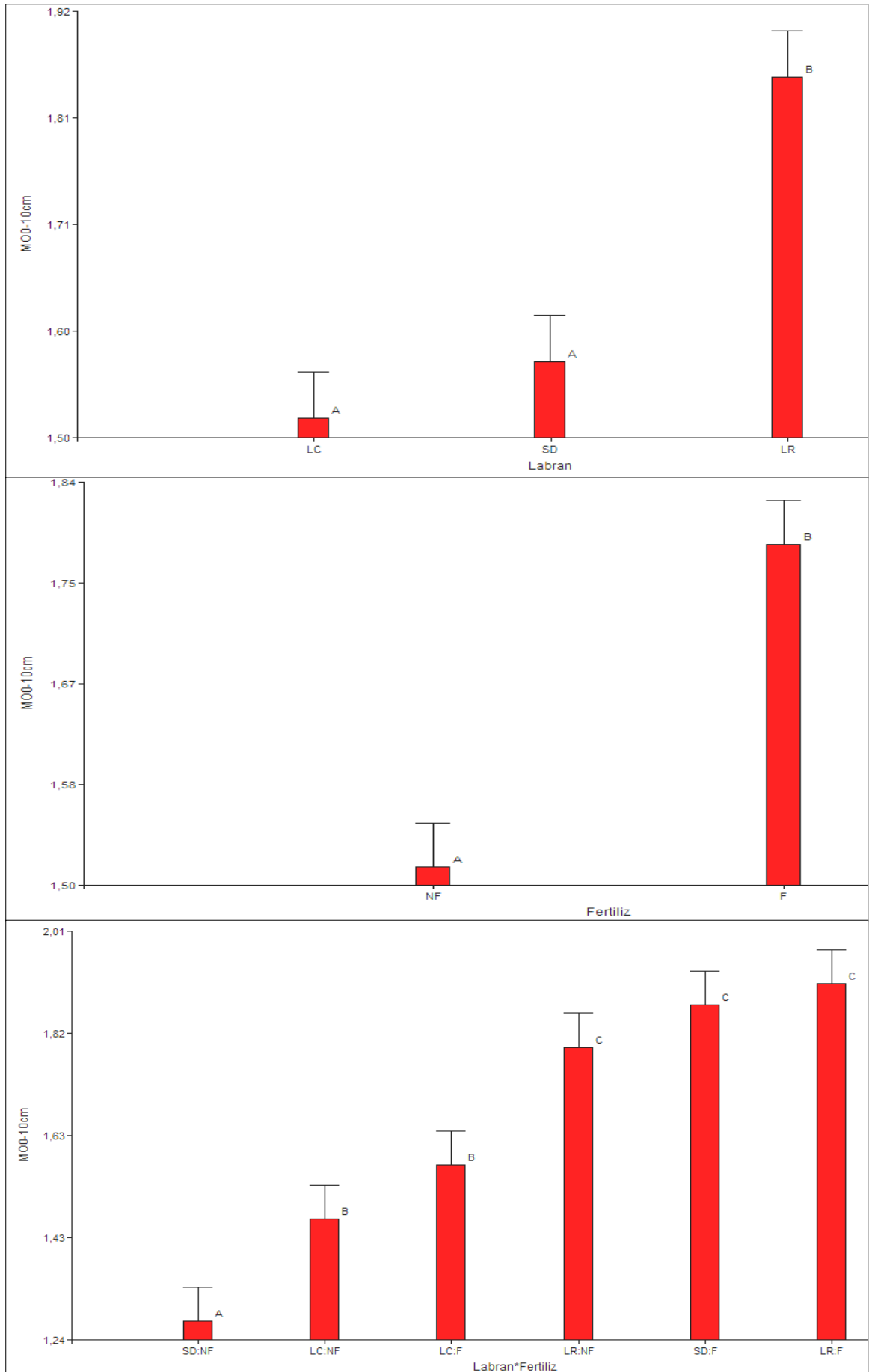
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,2037

Error: 0,0164 gl: 18

Labran	Fertiliz	Medias	n	E.E.	
SD	NF	1,28	4	0,06	A
LC	NF	1,47	4	0,06	B
LC	F	1,57	4	0,06	B
LR	NF	1,79	4	0,06	C
SD	F	1,87	4	0,06	C
LR	F	1,91	4	0,06	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)



MOFina&F

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MOFina&F	24	0,68	0,59	8,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,21	5	0,04	7,50	0,0006
Labran	0,20	2	0,10	18,00	0,0001
Fertiliz	3,3E-03	1	3,3E-03	0,58	0,4576
Labran*Fertiliz	0,01	2	2,6E-03	0,46	0,6362
Error	0,10	18	0,01		
Total	0,31	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0820

Error: 0,0057 gl: 18

Labran	Medias	n	E.E.
LC	0,81	8	0,03 A
SD	0,96	8	0,03 B
LR	1,03	8	0,03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0637

Error: 0,0057 gl: 18

Fertiliz	Medias	n	E.E.
NF	0,92	12	0,02 A
F	0,94	12	0,02 A

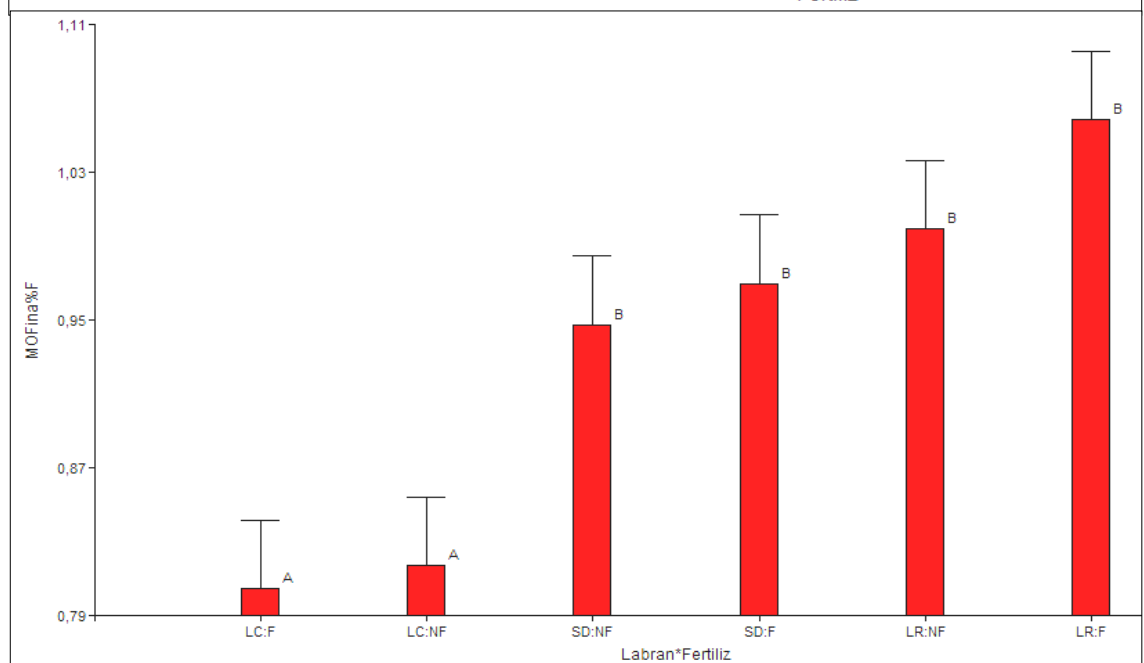
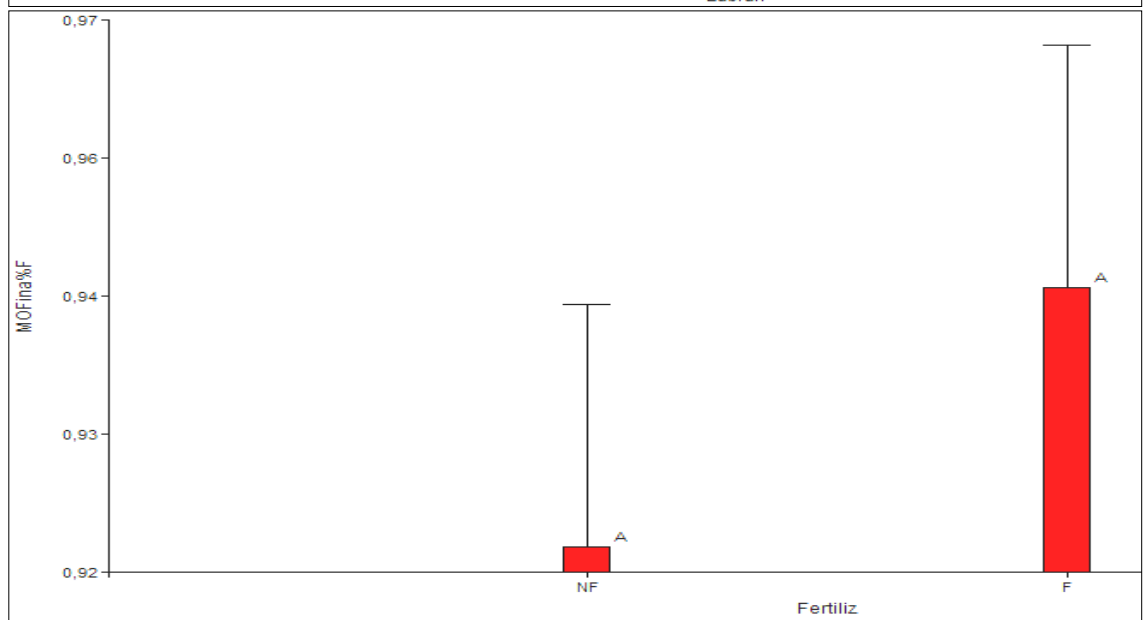
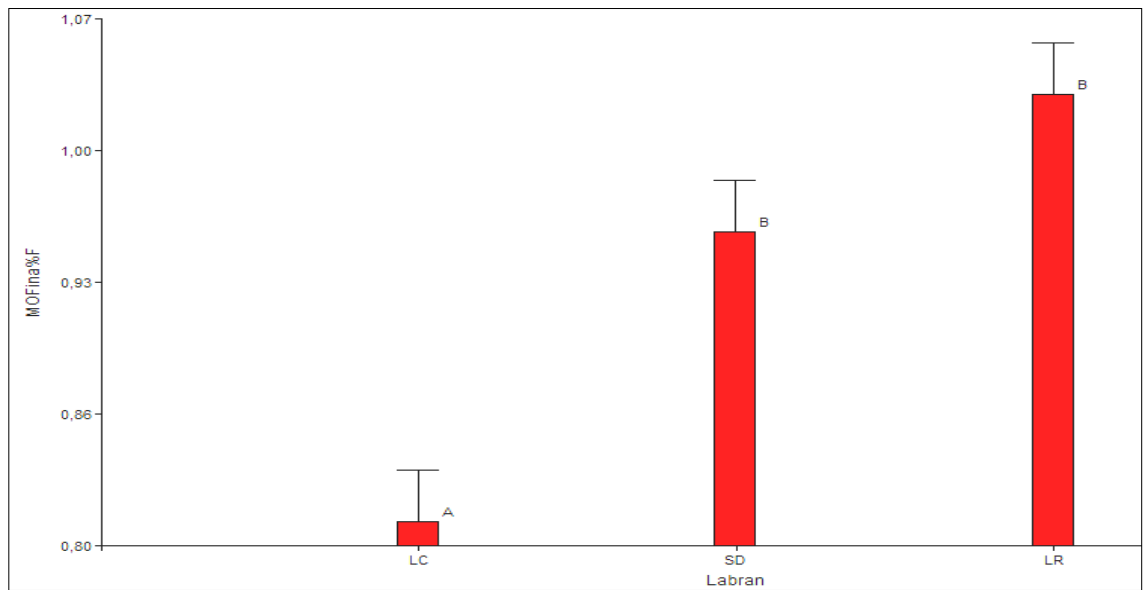
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1199

Error: 0,0057 gl: 18

Labran	Fertiliz	Medias	n	E.E.
LC	F	0,80	4	0,04 A
LC	NF	0,82	4	0,04 A
SD	NF	0,95	4	0,04 B
SD	F	0,97	4	0,04 B
LR	NF	1,00	4	0,04 B
LR	F	1,06	4	0,04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)





MOMedia%F

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MOMedia%F	24	0,47	0,33	21,69

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,12	5	0,02	3,23	0,0297
Labran	0,05	2	0,02	3,37	0,0573
Fertiliz	0,05	1	0,05	6,94	0,0169
Labran*Fertiliz	0,02	2	0,01	1,24	0,3138
Error	0,13	18	0,01		
Total	0,24	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0920

Error: 0,0071 gl: 18

Labran	Medias	n	E.E.
LC	0,33	8	0,03 A
SD	0,40	8	0,03 A
LR	0,44	8	0,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0715

Error: 0,0071 gl: 18

Fertiliz	Medias	n	E.E.
NF	0,34	12	0,02 A
F	0,44	12	0,02 B

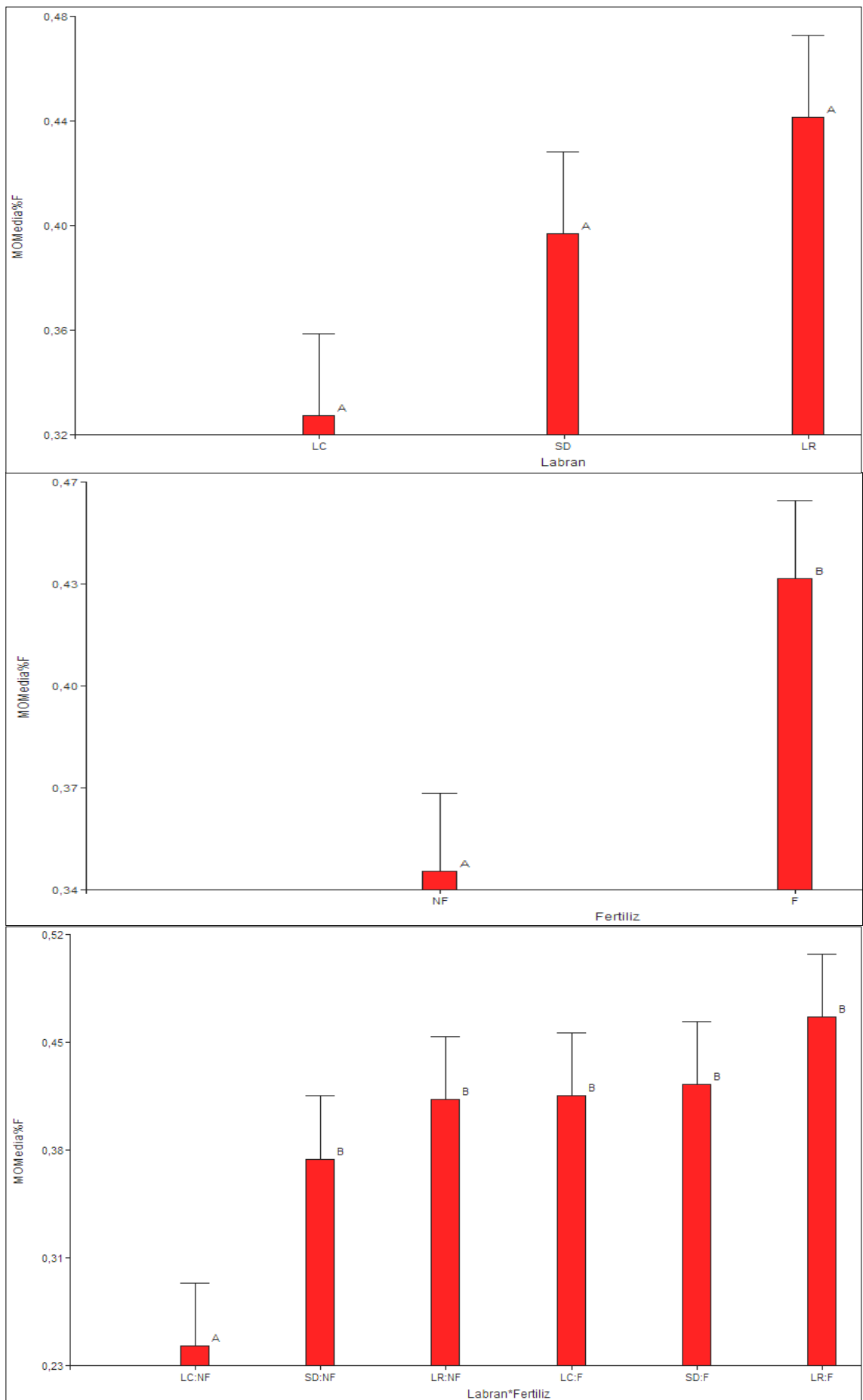
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1345

Error: 0,0071 gl: 18

Labran	Fertiliz	Medias	n	E.E.
LC	NF	0,25	4	0,04 A
SD	NF	0,37	4	0,04 B
LR	NF	0,41	4	0,04 B
LC	F	0,42	4	0,04 B
SD	F	0,42	4	0,04 B
LR	F	0,47	4	0,04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)



MOGruesa\F

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MOGruesa\F	24	0,60	0,49	14,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,04	5	0,01	5,38	0,0034
Labran	0,01	2	4,6E-03	2,83	0,0857
Fertiliz	4,5E-03	1	4,5E-03	2,79	0,1119
Labran*Fertiliz	0,03	2	0,01	9,22	0,0018
Error	0,03	18	1,6E-03		
Total	0,07	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0439

Error: 0,0016 gl: 18

Labran Medias n E.E.

SD	0,26	8	0,01	A
LR	0,26	8	0,01	A
LC	0,30	8	0,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0341

Error: 0,0016 gl: 18

Fertiliz Medias n E.E.

NF	0,26	12	0,01	A
F	0,29	12	0,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

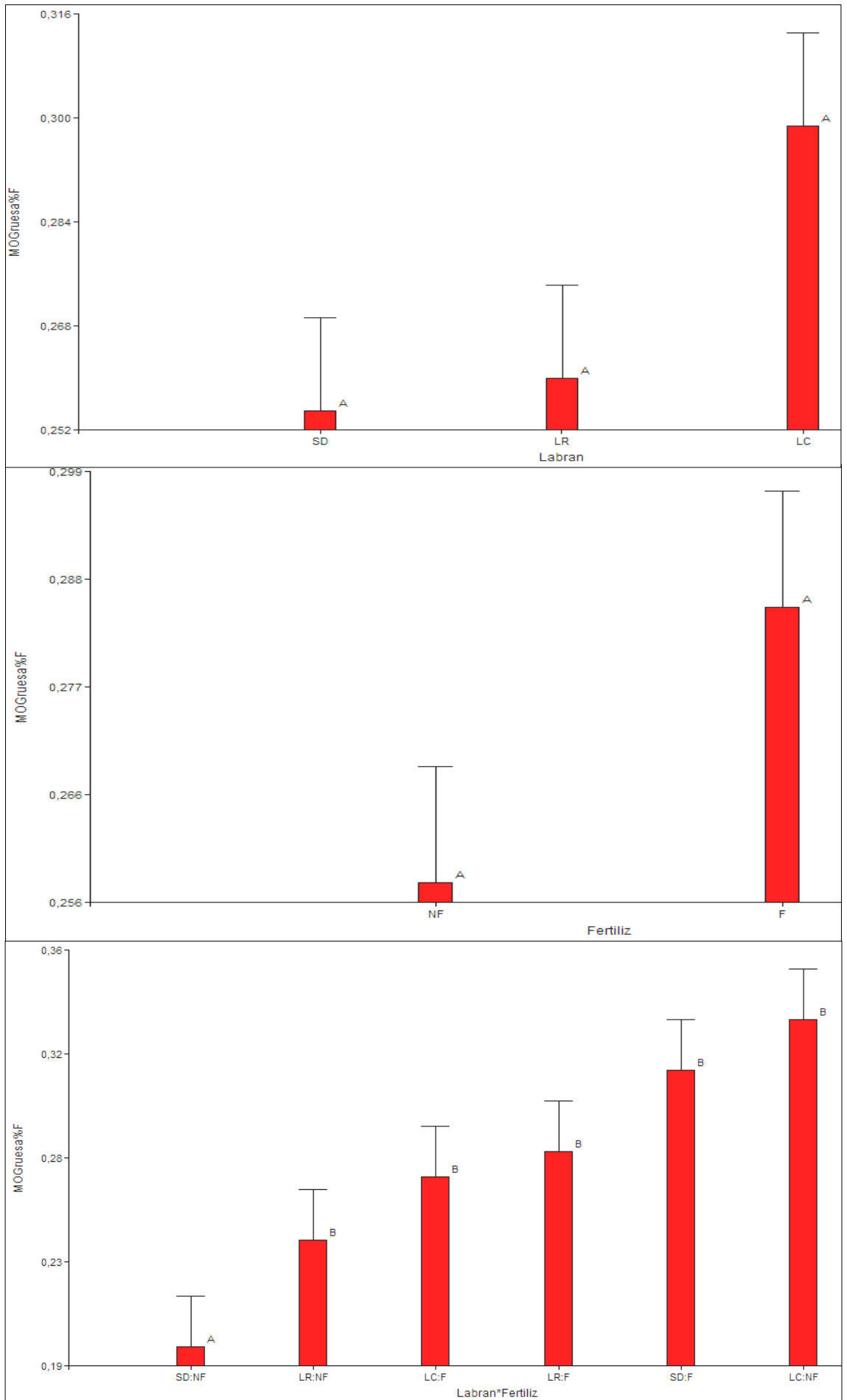
Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0641

Error: 0,0016 gl: 18

Labran Fertiliz Medias n E.E.

SD	NF	0,20	4	0,02	A
LR	NF	0,24	4	0,02	B
LC	F	0,27	4	0,02	B
LR	F	0,28	4	0,02	B
SD	F	0,31	4	0,02	B
LC	NF	0,33	4	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)



MO10-20cm

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO10-20cm	24	0,62	0,51	5,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,15	5	0,03	5,79	0,0023
Labran	0,07	2	0,03	6,66	0,0068
Fertiliz	5,0E-04	1	5,0E-04	0,10	0,7572
Labran*Fertiliz	0,08	2	0,04	7,78	0,0037
Error	0,09	18	0,01		
Total	0,24	23			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0779

Error: 0,0051 gl: 18

Labran Medias n E.E.

LR	1,12	8	0,03	A
LC	1,23	8	0,03	B
SD	1,24	8	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,0606

Error: 0,0051 gl: 18

Fertiliz Medias n E.E.

NF	1,19	12	0,02	A
F	1,20	12	0,02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=0,1139

Error: 0,0051 gl: 18

Labran Fertiliz Medias n E.E.

LR	NF	1,04	4	0,04	A
SD	F	1,19	4	0,04	B
LR	F	1,21	4	0,04	B
LC	F	1,22	4	0,04	B
LC	NF	1,24	4	0,04	B
SD	NF	1,30	4	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

