



# Universidad Nacional de Río Cuarto Facultad de Agronomía y Veterinaria

Trabajo final  
Para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo

## **Título:**

**Evaluación de propiedades del suelo en un ensayo de rotaciones y labranzas en sistemas de producción maniseros del área de General Cabrera. (Córdoba)**

**Por: Navarro, Germán Maximiliano**

**DNI: 31.707.540**

**Director: Cisneros, José Manuel.**

**Río Cuarto – Córdoba**

**Diciembre 2011**



## **DEDICATORIA**

Una dedicatoria muy especial a mis queridos padres, hermana, abuelos, tía Chochi, mi gran amigo Marcelo y a mi amada novia Paula.

A todos ellos les dedico esta tesis, por haberme brindado su gran amor, apoyo incondicional, confianza y porque me dieron las fuerzas necesarias en los momentos más difíciles.



## **AGRADECIMIENTOS**

Este apartado de agradecimientos se lo dedico a todas aquellas personas que de forma directa e indirecta me apoyaron una vez más, para que pueda culminar este gran sueño que anhele desde muy chico.

Especialmente quiero darles las gracias a mis queridos padres por su confianza, fuerzas y apoyo incondicional, también porque nunca dudaron de mi capacidad para culminar con esta etapa de mi vida.

Por otro lado, agradecerle a mi director y amigo José Manuel Cisneros por su excelente predisposición, apoyo y por brindarme claridad y herramientas necesarias para concluir mi tesis.

A mis queridos amigos Gonzalo Salas, Matías Pezzini y Walter Córdoba quienes me ayudaron y brindaron su apoyo en cada momento que los necesite para la finalización del trabajo final.

Al Ing. Pedelini quien me permitió poder realizar este trabajo en su ensayo, que se corresponde al modulo experimental del INTA de General Cabrera y la vez por haberme aportado los datos de rendimiento, ya que sin su aporte no podría haber realizado la integración final de rendimiento con las respectivas propiedades de suelo.

Al Ing. Giayetto por haberme brindado los datos necesarios y enseñado la metodología para la determinación de rendimiento energético.

Al Ing. Renaudo por haberme brindado su confianza y permitirme realizar la práctica profesional en la empresa Merlo y Manavella S.A.



## **INDICE GENERAL**

RESUMEN .....	5
SUMMARY .....	6
PRESENTACION.....	7
ANTECEDENTES .....	9
HIPOTESIS.....	19
OBJETIVOS .....	20
MATERIALES Y METODOS .....	21
RESULTADOS Y DISCUSION .....	27
CONCLUSIONES .....	42
LINEAS DE INVESTIGACION FUTURA .....	43
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	44

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Ubicación geográfica del suelo muestreado en la región centro- sur de la Provincia de Córdoba. ....	22
Figura 2: Resistencia Mecánica (MPa) a distintas profundidades de suelos y bajo rotación maní cada 3 años (1x3) y maní cada 4 años (1x4). ....	30
Figura 3: Resistencia Mecánica (MPa) a distintas profundidades de suelos y bajo dos sistemas de labranzas. ....	35

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Rendimiento energético de las componentes del grano. ....	25
Tabla 2: Proporción de diferentes compuestos y rendimiento energético de los cultivos. (HC=hidratos de carbono, Prot.= proteínas) ....	26
Tabla 3: Densidad aparente (tn.m <sup>-3</sup> ) de los suelos, bajo rotación maní cada 3 años (1x3) y maní cada 4 años (1x4) para tres profundidades de suelo. ....	27
Tabla 4: Resistencia mecánica ( MPa) de los suelos, bajo rotación maní cada 3 años (1x3) y maní cada 4 años (1x4) para siete profundidades de suelo. ....	29
Tabla 5: Materia orgánica (%) de los suelos, bajo rotación maní cada 3 años (1x3) y maní cada 4 años (1x4) para tres profundidades de suelo. ....	31
Tabla 6: Densidad aparente (tn.m <sup>-3</sup> ) de los suelos, bajo siembra directa y labranza mínima para tres profundidades de suelo. ....	33
Tabla 7: Resistencia mecánica (MPa) a distintas profundidades de suelo y bajo dos sistemas de labranzas. ....	35
Tabla 8: Materia orgánica (%) de los suelos, bajo siembra directa y labranza mínima para tres profundidades de suelo. ....	37
Tabla 9: Rendimiento energético (Mcal/ha) de los cultivos en rotaciones agrícolas en la región central de la provincia de Córdoba. Datos de cuatro ciclos de producción (2007/2008-2010/2011). ....	39
Tabla 10: Rendimiento energético ( Mcal/ha) de los cultivos bajo dos sistema de labranzas en la región central de la provincia de córdoba .Datos de cuatro ciclos de producción(2007/2008-2010/2011). ....	40

## RESUMEN

La intensiva explotación del recurso suelo en los últimos años, en áreas con tradición manisera, produce cambios en las propiedades físico-químicas de los mismos originando problemas de degradación y disminución de su productividad, los cuales se verían reflejados en los rendimientos. La rotación de cultivos, la labranza mínima (MV) y la siembra directa (SD), se han propuesto como técnicas para mejorar las propiedades físico-químicas del suelo. La rotación a través de su efecto en el balance de materia orgánica, la labranza mínima en tanto produce una cierta remoción del suelo con disminución de la resistencia mecánica y densidad aparente y aumento de la mineralización de la materia orgánica y la siembra directa que ayuda a mantener los rastrojos, protegiendo la superficie. El objetivo del trabajo es evaluar variables biológicas y físicas de un suelo en diferentes esquemas de rotación con distinta proporción de maní en la misma: 1 vez cada 3 y 1 vez cada 4 años, teniendo como los otros cultivos integrantes de la rotación, al maíz y la soja y bajo dos sistemas de labranza: siembra directa y mínima labranza, en un suelo representativo de la zona núcleo manisera de Córdoba. Para el análisis de las propiedades biológicas se determinó el porcentaje de materia orgánica (MO) en tres profundidades del suelo. Las propiedades físicas determinadas fueron: densidad aparente (DAP) en tres profundidades (0-10; 10-20; 20-30 cm) con el método del cilindro. La resistencia mecánica (RMP) se realizó con penetrógrafo hasta 80cm y paralelamente se muestreó el suelo para determinar el porcentaje de humedad. Los resultados muestran que para el efecto sistema de labranza se encontraron diferencias significativas en la DAP para la profundidad de 0-10 y 10-20cm y en la RMP para la profundidad de 5-10 y 15-20cm, donde la MV presentó los valores más bajos. Para el efecto rotación no hay diferencias significativas para ninguna de las variables en estudio. En cuanto a la productividad de los cultivos los resultados muestran que no se encontraron diferencias significativas entre los distintos esquemas de rotaciones y labranzas.

**Palabras claves:** Maní, labranzas, rotaciones, densidad aparente.

## SUMMARY

The intensive exploitation of soil resources in last years in areas with peanuts tradition is changing its physical and chemical properties. Having degradation problems and lost productivity causing fewer yields. The crop rotation, the minimum tillage and direct seeding could make better the physical and chemical properties of the soil. Crop rotation makes a balance effect in organic material and the minimum tillage produce a few removal of soil making less mechanical resistance and bulk density and transforms more organic material in mineral and the planting helps to support the stubble which protect the surface. The objective of this work is testing the biological and physical variables of the soil in different rotation schemes with different proportion of peanut crop: 1 time each 3 years and 1 time each 4 years, having corn and soybean an integral planting rotation. Beside two tillage systems were used: direct seeding and minimum tillage in a representative land of the main area of peanuts in Cordoba province. To analyze a biological property, soil organic matter in three different soil depths were evaluated. Two soil physical properties were evaluated: a) bulk density in three different depths (0 to 10, 10 to 20 and 20 to 30 cm) using the cylindrical techniques and b) mechanical resistance evaluated by penetrometer in the first 80 cms, and soil percentage of humidity. The crop production also were studied. The results show differences in the soil bulk density from 0 to 10 cm and 10 to 20 cm, with low values in minimum tillage. In the case of mechanical resistance we found differences only in 5 to 10 cm and 15 to 20 cm, with low values in minimum tillage. But we didn't find statistical differences in the rotation effect in any variables of study. In terms of crop productivity the results doesn't show any significant differences between the different rotations and tillage patterns.

**Keywords:** Peanuts, tillage, rotations, bulk density.

## PRESENTACION

El suelo es el asiento básico de la producción agrícola mundial y es esencial el mantenimiento de sus cualidades productivas para el desarrollo sustentable del sector agropecuario en general y de la economía.

La producción de cultivos se basa inicialmente en la gran fertilidad natural de los suelos, posteriormente asumieron importancia distintas prácticas de manejo como rotación de cultivos, rotación agrícola-ganadera, abonos verdes, etc.

En el área central de Córdoba se encuentra el núcleo de producción de maní, con un régimen de uso predominantemente agrícola, en donde la intensidad de laboreo sobre materiales de baja susceptibilidad, debido a la alta proporción de arena fina y limo, define una alta susceptibilidad al deterioro físico (Cisneros et al., 1992; Bricchi, 1993 citado por Cisneros et al., 1997) y estos suelos presentan una alta degradación de sus propiedades físicas, las que se encuentran cercanas a la máxima posible (Cisneros et al., 1996 citado por Cisneros et al., 1998 b).

Uno de los principales aspectos condicionantes de las potencialidades agrícolas de la región está referido al mantenimiento y mejora de las cualidades de las tierras, y sometidas a este uso intensivo ponen en serio riesgo las posibilidades del desarrollo regional (de Prada et al., 1994, citado por Cisneros et al., 1998 b).

La formación de panes endurecidos (Pisos de rastra y arado) también son limitantes comunes de observar en los suelos sometidos a laboreos convencionales y más recientemente en los suelos sometidos a la siembra directa continua. Los tratamientos de laboreo mínimo con subsolado o labranzas sub-superficiales (cincel, cincel modificado) permiten la fracturación de las densificaciones de alta frecuencia en la región de General Cabrera, ocasionando mejora en características del suelo como en densidad aparente, la infiltración y la resistencia a la penetración de raíces de los cultivos. (Cisneros et al., 2006)



Este trabajo de tesis se orienta a estudiar los efectos de dos sistemas de labranzas combinados con tres esquemas de rotaciones en un suelo representativo del área núcleo manisera, a través de la evaluación de variables físicas, biológicas y productivas.

## ANTECEDENTES

### I. CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO EN LA REGIÓN CENTRAL DEL PAÍS.

En la región centro oeste de la Provincia de Córdoba, alrededor de 1890 se iniciaron las actividades agropecuarias, con reemplazo de la vegetación natural, modificando el estado natural de los suelos, los cuales son principalmente esqueléticos y presentan bajos niveles de arcilla y materia orgánica. Esta situación produjo la mineralización de los compuestos orgánicos y, sin la adecuada reposición, se originaron pérdidas que oscilan entre 66 y 80% de los mismos (Bricchi et al., 2000 citado por Bricchi et al., 2004).

El avance de la agriculturización en la región central del país ha generado un incremento en la mecanización, un aumento en el peso de los implementos utilizados y un mayor tránsito sobre el suelo, que se asocia con un deterioro físico con encostramiento, sellado, compactaciones superficiales y subsuperficiales y formación de pisos de labranzas (Bricchi y Cisneros, 1998).

Cisneros et al. (1997), trabajó sobre un suelo Haplustol típico de la Serie General Cabrera bajo agricultura continua con predominancia del cultivo de maní evaluando el grado de deterioro físico de este suelo en comparación con una situación de suelo no alterado (monte) con valores de Densidad aparente (DAP) de 1,12-1,14 Mg.m<sup>-3</sup>, a los fines de establecer un marco de referencia orientativo de las decisiones de uso y manejo. En las situaciones comparadas se encontraron diferencias altamente significativas en DAP para las distintas profundidades (7-15; 20-30 cm) también se encontró una destacada zona de incremento de RMP entre los 15 y 20 cm debido a la presencia de pisos de labor que han sido modificados por labranzas y tránsito de maquinaria (Bricchi, 1993 citado por Cisneros et al. 1997). Por otro lado, en los primeros 7-10 cm, se encontraron menores valores de Resistencia mecánica (RMP), ya que es una capa muy dinámica a los efectos de labranza, los cuales contrastan con los mayores valores obtenidos a esa misma

profundidad en la situación monte, asociada probablemente a pasadas densificaciones por pisoteo.

Tittonell, (2004), en un suelo Haplustol típico de la localidad de General Cabrera para una situación de pastizal natural en claros y abras del monte en pastoreo, encontró valores de materia orgánica de 3,21% para los primeros 21 cm del perfil del suelo y comparándolo con valores de distintas situaciones de uso y manejo se podría establecer un marco de referencia orientativo de la degradación de sus propiedades biológicas.

## **II. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE MANÍ.**

El maní es uno de los cultivos regionales de Argentina, localizado en el centro-sur de la provincia de Córdoba, donde se concentra casi el 96% de la producción primaria nacional y la totalidad del proceso transformador o industrial de la misma. Ambos aspectos impactan económica y socialmente en la provincia, ya sea directa o indirectamente, no solo por la generación de divisas por la exportación de sus productos; sino también por la generación de trabajo a nivel predial e industrial (Fernández y Giayetto, 2006).

El maní en Argentina tiene como destino principal el consumo humano, puede ser directo (maní de confitería), a través de productos elaborados a base de maní o para la extracción de aceite (Fernández y Giayetto, 2006).

El cultivo de maní en la provincia de Córdoba posee una superficie sembrada de aproximadamente 198.000 has. que representan el 95,67% del área sembrada en el país en la campaña 04/05 (SAGPyA, 2006).

Los principales países productores de maní son China, India y los Estados Unidos en ese contexto, la Argentina es un importante referente en el mercado externo, en términos de formador de precios, por los altos volúmenes exportables debido al bajo consumo, ya que apenas el 6%, aproximadamente, de la producción nacional se destina

a abastecer el consumo domestico por la reconocida calidad comercial del producto. Estos factores (capacidad exportadora y calidad del producto) hacen de la Argentina uno de los principales competidores a nivel internacional. Como resultado de este comercio mundial de productos y derivados, ingresan al país una importante cantidad de divisas, así como también su producción ejerce una gran influencia en el desarrollo de la microrregión centro-sur de la provincia de Córdoba (Benencia, 2006).

El maní argentino está considerado como uno de los de mayor calidad a nivel mundial y ocupa el segundo lugar en el volumen de exportación, precediendo a China y relegando un tercer puesto a los Estados Unidos. El liderazgo de nuestro país, se explica porque se exporta más del 90% de la producción nacional con un mercado domestico escasamente desarrollado y la producción manisera es de alta calidad y buena sanidad. El principal destino de las exportaciones argentinas de maní confitería es la Unión Europea, que demanda la más alta calidad de maní del mundo. En este sentido, el producto argentino es apreciado en el viejo continente por su sabor y por ser una interesante opción para la obtención de maní fresco en contra estación con la producción procedente de China y Estados Unidos., puesto que, mientras Argentina cosecha en mayo, los otros países lo hacen en noviembre (Agüero, 2006).

A mediados de la década de los ´90, continúa la migración de la producción de maní hacia el sur provincial, en razón de un creciente deterioro físico y biológico de los suelos (Cisneros et al., 1997) y de la fuerte expansión de la soja como cultivo de menores costos, mayor seguridad de cosecha y menor incidencia de las enfermedades del suelo (Cisneros et al., 2006). A su vez esta agriculturización a causa de la soja experimentada en las dos últimas décadas, ha contribuido a disminuir el aporte del sustrato orgánico esencial para el incremento de las poblaciones de microorganismos antagonistas o competidores, que al enriquecer la diversidad biológica del suelo, contribuyen a disminuir las poblaciones de patógenos (Vargas Gil et al., 2003 citado por Marinelli et al., 2006).

### **III. EFECTOS DE ROTACIONES Y LABRANZAS EN EL COMPORTAMIENTO DEL SUELO.**

#### **III.1-Efecto sobre las propiedades biológicas (M.O):**

La materia orgánica total es considerada una de las propiedades biológicas del suelo, y un indicador importante de su calidad (NRCS-USDA, 2011).

Numerosos estudios y autores han reportado incrementos de la materia orgánica (MO) en la capa arable, principalmente entre los 2,5 y 5cm. de profundidad, en sistemas conservacionistas (SD), debido fundamentalmente, a la cantidad de rastrojos en superficie en comparación con labranzas convencionales. (Buschiazzo y Panigatti, 1996; Díaz Zorita, 1999; Marelli y Arce, 2000).

Cuando se incrementa el nivel de materia orgánica se comprueba una mejora del estado estructural y una menor susceptibilidad a la compactación de los suelos pampeanos (Quiroga et al., 1996). También se encontraron mejoras en el almacenaje del agua y en el rendimiento de la soja, comparadas con el laboreo convencional (Sánchez et al., 1998 citado por Sanzano et al., 2004).

Havlin et al. (1990) encontraron, en sus estudios, que los sistemas de labranza alteran la dinámica de la MO del suelo a través de la incorporación de residuos y su efecto sobre la descomposición de los residuos de cosecha como así también en la exposición a la acción de los microorganismos del suelo de fracciones protegidas de la MO, es decir que laboreos agresivos como labranza convencional (LC) crean condiciones para que se produzca una rápida descomposición de los residuos de cosecha y de la MO nativa, en cambio, bajo siembra directa (SD), ocurre lo contrario, produciéndose una acumulación de MO o una reducción de la tasa de pérdida en los primeros centímetros del perfil (Lamb et al., 1985 citado por Domínguez et al., 2004).

Schmidt et al. (2008) encontraron que la aplicación de la SD continua no contribuyó a incrementar el contenido de carbono orgánico (CO) en el suelo, mientras que la labranza reducida (LR)

redundó en un aumento medio del 16% del carbono orgánico (CO) en el epipedón.

Reicosky, (2008) recomienda la implementación de la siembra directa por el mantenimiento de cobertura vegetal sobre la superficie del suelo y la no remoción de la capa superficial, lo que contribuiría a la conservación y mejora de la calidad de los suelos.

Todas las acciones que, a lo largo de una rotación, incrementan la cantidad de C devuelto al suelo (alta frecuencia de cultivos con gran volumen de rastrojo y/o sistema radical, fertilización, riego, etc.) hacen que la tasa de caída de MO sea menor (Studdert y Echeverría, 2000 citado por Domínguez et al., 2004).

El incremento en la producción de residuos junto con la reducción de las labranzas permiten mantener y/o aumentar el nivel de MO del suelo (Halvorson et al., 2002 citado por Galantini et al., 2004).

La MO es uno de los componentes del suelo más alterado por las prácticas de manejo y la disminución de su contenido se asocia a la alteración de importantes propiedades del suelo (fertilidad, estabilidad estructural, resistencia a la erosión, etc.) (Allmaras et al., 2000 citado por Álvarez et al., 2008).

La implementación de la siembra directa (SD) ha demostrado que esta práctica, realiza un adecuado retorno de substratos orgánicos que sirven como material de partida para la formación de la MO del suelo y el mantenimiento del stock de C (Andriulo et al., 2001 citado por Álvarez et al., 2008).

### **III.2-Efecto sobre las propiedades físicas:**

Las labranzas modifican algunas propiedades físicas, como la estructura, la densidad aparente (DAP), la resistencia mecánica a la penetración (RMP) (Taboada y Micucci, 2002 citado por Manso et al., 2008), en donde la siembra directa producen aumentos significativos de la densidad aparente y resistencia a la penetración y los sistemas con remoción del suelo (labranza reducida) presentan una menor

compactación (Quiroga et al., 1996; Apezteguía, 2005; Schmidt et al., 2006; Taboada et al., 2008).

Andriulo y Rosell, (1988), en su experiencia pusieron en evidencia procesos de degradación física de los suelos bajo siembra directa continua manifestados por formación de estructura laminar superficial, con agregados delgados y planos orientados en paralelo a la superficie del suelo.

Taboada (1998), menciona en sus estudios que, una de las posibilidades para atender la problemática de la densificación, es el empleo de herramientas de corte vertical y de acción profunda (cincelado y subsolado), debido a que los sistemas de labranza conservacionista tienden a reducir las pérdidas de agua y suelo preservando la estructura edáfica (Maroni y Medera, 1989 citado por Introcaso et al., 2008).

La siembra directa en comparación con los suelos arados, genera densidades y resistencias a la penetración mayores en las capas superficiales del suelo, debido fundamentalmente, a la falta de labranzas (Vivas, 1984; Sánchez et al., 1998 citado por Sanzano et al., 2004; Álvarez et al., 2004), lo que no afecta necesariamente el rendimiento, ya que luego de algunos años, en general, aumenta el número de poros y grietas verticales continuas (Davies y Payne, 1992).

Frecuentemente, en los suelos bajo siembra directa, es mayor la densidad aparente y la resistencia a la penetración y menor la macroporosidad y conductividad hidráulica en la zona de labranza (0-10cm), registrándose un comportamiento inverso en la capa subsuperficial (Quiroga y Monsalvo, 1989 citado por Buschiazzo et al., 2001)

A menudo, en los sistemas de producción que adoptan la SD como única herramienta de manejo, se revelan problemas de deterioro de la fertilidad física en superficie (Díaz Zorita et al., 2002).

Taboada (1998) afirma que la SD en forma continua presenta una baja formación de macro-poros por compactaciones subsuperficiales debido al pasaje de maquinarias.

(Siri-Prieto et al., 2003 y 2005 citado por Cisneros et al., 2006) evaluaron modificaciones del perfil de resistencia a la penetración (RP) con tres sistemas de laboreo: siembra directa + paratill; cincel + disco y siembra directa estricta. Concluyeron que los sistemas de labranza afectan significativamente el perfil de resistencia. El paratill redujo la resistencia a la penetración hasta los 30cm, mientras que el arado cincel lo hizo solo hasta los 10cm. Por otra parte, observaron un efecto residual de la labor por más de 1 año de duración.

Green et al. (2005), en su experiencia encontraron que el suelo bajo siembra directa tiene menor Dap de 0-5 cm que los suelos bajo labranza vertical y bajo cultivo orgánico con arado de rejas.

Blanco-Canqui et al. (2006), encontraron que la Dap (0-6 cm) disminuye a medida que se incrementa el volumen de rastrojo de maíz.

Sainju et al. (2005), en sus estudios no encontraron diferencias en la Dap en las profundidades 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 y 90-120 cm, entre los tratamientos labranza vertical y siembra directa.

Algunos suelos manejados en siembra directa (SD) suelen desarrollar compactación superficial, debido a una combinación de factores naturales (textura, mineralogía, materia orgánica) y antrópicos (ausencia de remoción mecánica) (Botta et al., 2004).

El efecto de las labranzas, aparentemente, es la destrucción de los macroagregados, causando una modificación en la distribución del tamaño de los agregados, afectando de esta manera la densidad aparente del suelo y el sistema poroso (Castro Filho et al., 2002).

(Dardanelli y Gil ,1997 citado por Manso et al., 2008) y Blanco Canqui et al. (2007) observaron en sus experiencias, valores de DAP menores en siembra directa comparados con los de labranza convencional, lo que atribuyeron a la posible recomposición de las propiedades físicas del suelo debido a la acumulación de carbono orgánico, ausencia de remoción y al aumento de la actividad biológica.

A los 5 años de implementada la siembra directa, la densidad aparente se incrementó significativamente desde valores entre  $1.18 \text{ Mg.m}^{-3}$  (0 a 6 cm) y  $1.39 \text{ Mg.m}^{-3}$  (18- 24 cm) hasta  $1.37$  a  $1.45 \text{ Mg.m}^{-3}$  (Garay et al., 1992 citado por Ramírez et al., 2004).

La compactación del suelo es generalmente cuantificada a través de la medición de densidad aparente o de la resistencia mecánica (Amato y Ritchie, 2002 citado por Manso et al., 2008), algunos autores citan a la RMP como más sensible que la DAP para detectar efectos de labranzas (Hammel, 1989 citado por Manso et al., 2008), se considera a esta última como una medición más estable que la resistencia a la penetración, ya que es menos afectada por el contenido de agua del perfil (Vepraskas, 1988 citado por Manso et al., 2008).

Cisneros et al. (2006) encontraron que la ruptura de densificaciones mejora algunas características importantes del suelo como la densidad, la infiltración y la resistencia a la penetración de raíces del cultivo, especialmente evidente en condiciones de bajo contenido de agua en el suelo.

#### **IV. EFECTOS DE ROTACIONES Y LABRANZAS EN EL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE MANÍ.**

(Bonadeo et al., 2003 citado por Cisneros et al., 2006) estudiaron el comportamiento de las raíces de maní bajo tres situaciones de compactación en un suelo Hapludol típico y concluyeron que el cultivo es muy sensible a la densificación del suelo, obteniendo rendimientos significativamente diferentes para cada uno de los niveles de compactación, producto de una mayor concentración de raíces en superficie, en las situaciones de menor compactación.

(Giayetto et al., 1996 y 1998 citado por Fernández y Giayetto, 2006), estudiaron los resultados productivos de maní demostrando que la rotación gramínea-leguminosa superó a leguminosa-leguminosa en todas las campañas, donde se verificó que la inclusión

de una gramínea en un sistema agrícola puro de alternancia anual, proporciona un mejor ajuste cultivo-ambiente por su doble efecto de aportar materia orgánica (rastrojo) y ofrecer protección al suelo.

Cisneros et al. (1998 a) encontraron que las secuencias de cultivo que incluyen una gramínea en alternancia anual con una oleaginosa (soja o maní) tienden a producir una recuperación más efectiva de la condición estructural, es decir, que tienden a producir menores valores de resistencia mecánica (RMP) que aquella de oleaginosa continua. Por otro lado, encontraron que la siembra directa sin labor profundo, no muestran signos apreciables de recuperación física, contrariamente, los sistemas que combinan labores profundas, con remoción superficial o no, muestran efectos más beneficiosos en términos de una mayor profundidad de fácil enraizamiento, a su vez encontraron que dentro de los tratamientos con subsolado, el prototipo reja-cero (cincel modificado con prototipo de subsolador alado), comparado con el cincel convencional, es más eficiente en la ruptura de densificación para ambas secuencias de cultivos: rotación oleaginosa-oleaginosa(soja/maní/girasol) y gramínea-oleaginosa (sorgo/maní-soja), debido a que este prototipo mostró reducciones altamente significativas de RMP para las capas de 5 y 30 cm y mientras que el cincel solo lo hizo hasta los 20cm de profundidad.

Cisneros et al. (1998 b), en sus estudio en suelos Hapludoles típicos del área manisera de Córdoba, encontraron una reducción de la resistencia a la penetración entre los 7 y los 25cm de profundidad por acción del prototipo reja-cero nombrado anteriormente, ya que en esa zona los valores no superan los 0,6 Mpa, mientras que en la siembra directa las resistencias fluctuaron entre 1,6 y 2,4 Mpa, en especial en los pisos de rastra (10-17cm) y de arado(17-27cm), estos valores estarían indicando que el sistema radical tendría problemas para crecer óptimamente ya que los valores por encima de 2,5Mpa se han reportado críticos para el desarrollo radical (Hakansson, 1992 citado por Cisneros et al.,1998 b). También encontraron diferencias significativas en DAP para la profundidad del piso del arado (16-24cm) encontrando valores de 1,65Mg.m<sup>-3</sup> para la siembra directa y

1,41Mg.m<sup>-3</sup> para el efecto del prototipo reja-cero. Trabajos anteriores (Cisneros et al., 1996 citado por Cisneros et al., 1998 b) evaluaron la condición inicial de estos suelos indicando que se encontraban entre un 85 y 95% de su capacidad de compactación máxima evaluada por la prueba PROCTOR, alcanzando valores de 1,66 y 1,70 Mg.m<sup>-3</sup> para pisos de rastra y arado respectivamente. Debido a estos resultados por el uso de la técnica de subsolado, luego de 4 años de siembra directa, revelaron un incremento de la porosidad total por efecto de ruptura de agregados beneficiando positivamente la exploración de las raíces y la circulación del agua especialmente en los pisos de arado. (Debajo de los 15cm).

En el área de General Cabrera no está claro aun, cuál es la secuencia óptima de maní en la rotación y cómo afecta la rotación en las propiedades del suelo y en la productividad.

## **HIPOTESIS**

La mínima labranza con uso de descompactadores mejora las propiedades físicas del suelo disminuyendo la resistencia a la penetración, y la densidad aparente en relación al sistema de siembra directa.

La siembra directa mejora las propiedades biológicas del suelo por un aumento en el contenido de materia orgánica total en las capas superficiales.

Las rotaciones con mayor proporción de maní reducen el contenido de materia orgánica superficial.

La mínima labranza, con uso de descompactadores, genera incrementos en los rendimientos de los cultivos al mejorar la condición física del perfil.



## OBJETIVOS

### **GENERAL:**

Evaluar indicadores biológicos y físicos de los suelos y la producción de los cultivos en diferentes esquemas de rotaciones, bajo dos sistemas de labranza: siembra directa y mínima labranza, en un suelo representativo del área núcleo manisera.

### **ESPECIFICOS:**

Evaluar la resistencia a la penetración en los sistemas de labranzas y rotaciones.

Evaluar la densidad aparente en los dos sistemas de labranzas y rotaciones.

Evaluar cambios de la materia orgánica del suelo en los diferentes esquemas de rotaciones y labranzas.

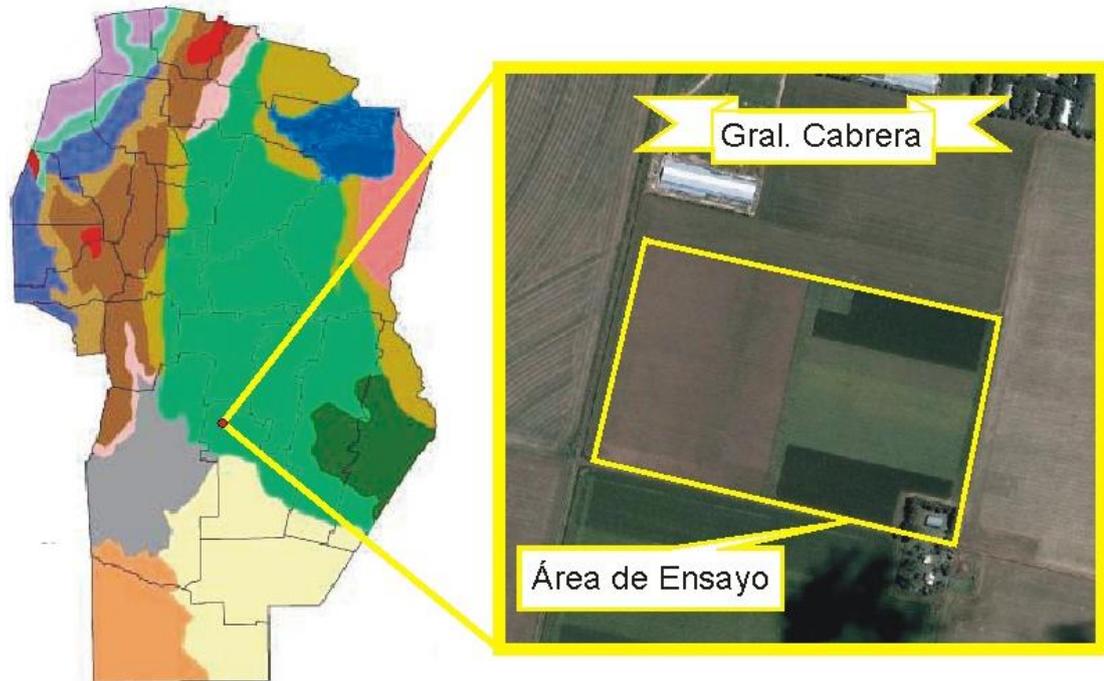
Evaluar el efecto del esquema de rotación y sistemas de labranzas en la producción energética de los cultivos.

## MATERIALES Y METODOS

### **I- AREA DE ESTUDIO:**

Se realizó una experiencia a campo en un módulo experimental, llevado adelante por el INTA de General Cabrera y la Fundación Maní Argentino (Figura 1). El sitio experimental pertenece a la serie General Cabrera (Haplustol éntico) y se caracteriza por ser profundo, algo excesivamente drenado y desarrollado a partir de sedimentos eólicos de textura franco arenoso vinculados a lomas extendidas casi planas.

Los suelos de esta serie muestran una ligera susceptibilidad a la erosión eólica, debido a la baja estabilidad de los agregados y al escaso contenido de materia orgánica. En cuanto al régimen de lluvias, es de notar que las precipitaciones poseen una mayor concentración estival, tendiendo a un régimen de tipo monzónico. La época de heladas como fecha media de comienzo de las mismas es el 21 de mayo extendiéndose hasta el 11 de septiembre. Estas fechas varían anticipándose o retrasándose en 15 o 20 días (INTA, 1991).

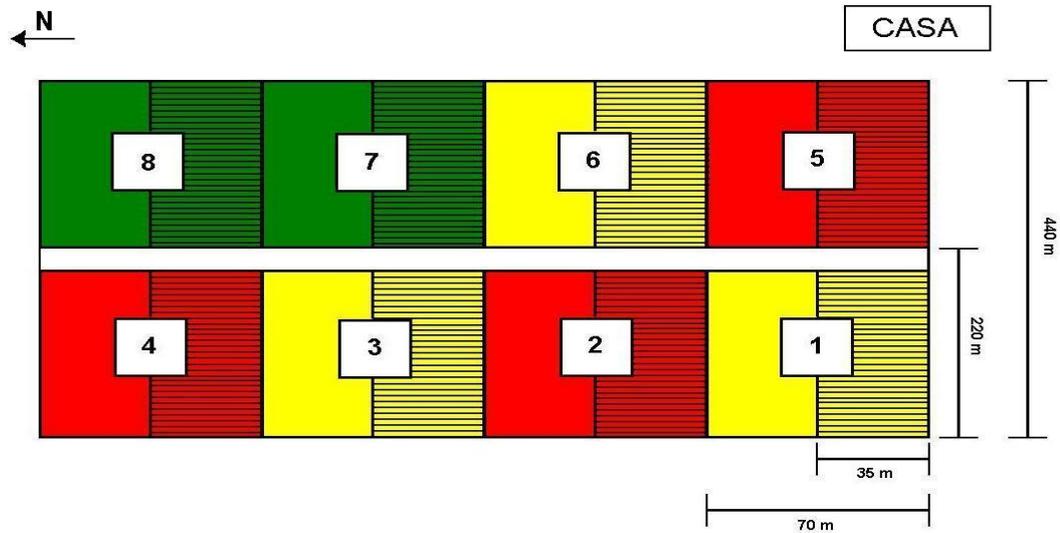


**Figura 1: Ubicación geográfica del suelo muestreado en la región centro- sur de la Provincia de Córdoba.**

## **II- DISEÑO EXPERIMENTAL Y TRATAMIENTOS:**

El diseño experimental utilizado es completamente al azar. El tratamiento principal es la rotación de cultivos, con 2 esquemas de rotaciones, con diferente proporción de maní en la misma: 1 vez cada 3 y 1 vez cada 4 años, teniendo como los otros cultivos integrantes de la rotación, al maíz y la soja. Como subtratamiento se emplearon dos sistemas de labranza: labranza mínima vertical (MV) y siembra directa (SD). Todos ellos con 3 repeticiones.

En el siguiente esquema se indica la distribución de los tratamientos en el espacio, y las dimensiones de las parcelas.



#### REFERENCIAS

##### Labranzas



Reducida



Directa

##### Cultivo



Maní



Maíz



Soja

Con respecto a la labranza mínima vertical, la misma se realizó con paratill sumado al puercoespín y el rolo para lograr obtener una buena cama de siembra y a la vez mejorar la condición física del suelo. Por otra parte, en la siembra directa, el trabajo se basó en aplicar glifosato dos meses antes de la siembra de maíz, soja y maní.

Cada muestreo se realizó en cada una de la parcela donde se correspondía a un sistema de labranza con su respectiva rotación, la misma se realizó a distintas profundidades (0-10; 10-20; 20-30cm).

### III- DETERMINACIONES

#### **III. 1- Densidad aparente (DAP):**

La densidad aparente se determinó mediante el método del cilindro (Klute y Dirksen, 1986), por duplicado, es decir, con dos repeticiones en tres profundidades (0-10cm; 10-20cm; 20-30cm).

En tres puntos al azar se tomó un volumen de suelo sin disturbar por medio de un cilindro de tamaño conocido.

La medición de DAP se basó en determinar el peso del suelo seco y el volumen de dicho cilindro, es importante que esta medición sea exacta para disminuir el error del muestreo.

Finalmente en laboratorio, una vez seca la muestra, se procedió a calcular la relación “masa-volumen” a fin de obtener su densidad aparente.

### **III. 2- Resistencia mecánica (RMP):**

Se determinó mediante un penetrógrafo computarizado (Eijkelkamp, 1995) con 10 mediciones por tratamiento y sistema de labranza, hasta los 80 cm, con determinaciones centimétricas.

Paralelamente a esta medición se realizó un muestreo compuesto (por triplicado) cada 10cms de profundidad desde la superficie del suelo hasta los 80cm que mide el penetrógrafo. Cerca de la medición del penetrógrafo se procuró hacer este muestreo para determinar el porcentaje de humedad, ya que RMP depende del porcentaje de humedad, es decir que a menor humedad mayor RMP.

El porcentaje de humedad se determinó por diferencia entre peso de la muestra húmeda y muestra seca secado en una estufa a 105°C.en cada profundidad. Además para este cálculo fue necesario conocer el peso de tara.

### **III. 3- Materia orgánica del suelo (MO):**

Para los tres horizontes de muestreo de densidad aparente se determinó MO mediante el método tradicional (Walkley y Black, en Nelson y Sommers, 1982) en donde se pesó 1 gr. de suelo, debido a que tiene menos del 1,5 % de M0 y disminuye el margen de error.

Cada muestra obtenida con barreno fue manualmente desagregada y ubicada en bolsa a fin de facilitar el secado. Las muestras secas al aire fueron molidas y tamizadas por malla de 2 mm. En estas muestras se determinó el contenido de C-orgánico mediante

la oxidación con una mezcla de dicromato de potasio y ácido sulfúrico y posterior valoración del exceso del primero con una sal de Mohor (sulfato ferroso amónico) hasta el cambio de color al verde brillante. Como el C-orgánico es del 58 % de la MO, los valores de Carbono se transformaron en MO multiplicándolos por un factor convencional de 1,7241 para las distintas profundidades.

#### IV. 4- Rendimiento energético de los cultivos:

Se utilizó el rendimiento energético global de los cultivos, como una variable asociada al rendimiento físico, que permitiera comparar rotaciones con distintos componentes (Santa et al. 2005, citado por Cisneros et al., 2006).

Los datos de producción fueron provistos por el Ing. Pedelini, director técnico del ensayo, que se corresponde al modulo experimental de General Cabrera, llevado adelante por el INTA de dicha localidad y la Fundación Maní Argentino.

La producción energética se realizó en base a 4 ciclos de producción, cuyos datos de rendimientos estaban expresados en qq/ha, por otro lado se utilizó los datos de energía que contiene 1 gr de hidrato de carbono, proteína y aceite expresado en cal/gr, luego se consideró el porcentaje de cada componente nombrado anteriormente para cultivo en cuestión (maíz-maní-soja), y finalmente con los datos anteriores, se determinó el rendimiento energético de cada cultivo con la información de las Tablas 1 y 2 y las ecuaciones siguientes (Giayetto, comunicación personal):

Tabla 1: Rendimiento energético de las componentes del grano.

<b>Hidratos de Carbono</b>		3,90	cal/g
<b>Proteinas</b>		5,75	cal/g
<b>Aceite</b>		9,20	cal/g

Tabla 2: Proporción de diferentes compuestos y rendimiento energético de los cultivos. (HC=hidratos de carbono, Prot.= proteínas)

	HC	Prot.	Aceite	HC	Prot.	Aceite	Total	cal/kg
	%			cal/100 g				
<b>Maíz</b>	78,5	12,5	5,0	306,15	71,88	46,00	424,03	<b>4240,25</b>
<b>Maní</b>	20,0	26,0	50,0	78,00	149,50	460,00	687,50	<b>6875,00</b>
<b>Soja</b>	34,0	40,0	21,0	132,60	230,00	193,20	555,80	<b>5558,00</b>

$$(\text{Mcal/ha}) = \text{Rendimiento } \mathbf{maíz} \text{ (Kg/ha)} * (4240,25 \text{ cal/Kg}) / 1000000$$

$$(\text{Mcal/ha}) = \text{Rendimiento } \mathbf{maní} \text{ (Kg/ha)} * (6875,00 \text{ cal/Kg}) / 1000000$$

$$(\text{Mcal/ha}) = \text{Rendimiento } \mathbf{soja} \text{ (Kg/ha)} * (5558,00 \text{ cal/Kg}) / 1000000$$

Luego se realizó la sumatoria del rendimiento energético de cada ciclo de producción y en base a estos datos se evaluó la producción de los cultivos, en respuesta a los efectos de rotaciones y labranzas y los mismos fueron expresados en rendimientos energéticos.

#### V. 5-Análisis estadístico de los datos:

Para el tratamiento estadístico de los datos se utilizó estadística descriptiva, análisis de varianza para labranzas y rotaciones de cada una de las variables medidas.

A los resultados se les realizó el análisis de varianza y fueron sometidos a comparaciones de medias por el test a posteriori (Fisher) para verificar la existencia de diferencias en las variables (DAP, RMP y MO) entre tratamientos para cada profundidad en estudio. Cuando se hace referencia a diferencias estadísticamente significativas o no significativas el valor p resultará menor o mayor a 0,05 respectivamente.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa InfoStat (Grupo Infostat, 2011).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### I- Efecto rotación:

En el tratamiento rotación se estudiaron las variables MO, RMP y DAP en distintas profundidades. Los resultados se muestran más adelante en varios cuadros comparativos con sus respectivos análisis estadísticos, para poder apreciar si existieron o no, diferencias en los valores de cada variable en estudio.

#### **I.1- Densidad Aparente:**

Al comparar los sistemas de rotación de maní cada 3 y 4 años (Tabla 3) no se observaron diferencias estadísticamente significativas para la variable DAP.

Tabla 3: Densidad aparente (tn.m<sup>-3</sup>) de los suelos, bajo rotación maní cada 3 años (1x3) y maní cada 4 años (1x4) para tres profundidades de suelo.

Rotación	Profundidad (cm)	DAP	Rotación	DAP
		Promedio		Promedio
1x3	0-10	1,26 a	1x4	1,28 a
	10-20	1,42 a		1,42 a
	20-30	1,39 a		1,42 a

**Letras diferente en distinta columna indican diferencias significativas (P<0.05)**

Cisneros et al. (1997), trabajaron sobre un suelo Haplustol típico de la Serie General Cabrera bajo agricultura continua durante los últimos 80 años con predominancia del cultivo de maní evaluando el grado de deterioro físico de este suelo en comparación con una situación de suelo no alterado (monte) a los fines de establecer un marco de referencia orientativo de las decisiones de uso y manejo. En las situaciones comparadas se encontraron diferencias altamente significativas en DAP para las distintas profundidades (7-15; 20-30 cm) debido a que el perfil del suelo ha sido modificado por labranzas y transito de maquinaria (Bricchi, 1993). Esta experiencia indicaría

que los resultados encontrados en este trabajo se debieron a que el suelo estudiado mostraba una alta degradación en sus propiedades físicas y químicas producto de una larga historia agrícola manisera (Cisneros et al., 2006) debido a que los valores de DAP encontrados en este este trabajo para similares profundidades (10-20 y 20-30cm) son más altos, en comparación con la situación natural (monte) que presenta valores más bajos de DAP de  $1,12-1,14\text{gr.cm}^{-3}$ .

Por otro lado, los valores hallados de DAP en este trabajo para las profundidades (0-10;10-20cm), están muy próximos a la compactación máxima posible, debido a que estos resultados son similares a los encontrados por (Cisneros et al., 1996 citado por Cisneros et al., 1998 b) ya que evaluaron la condición inicial de estos suelos, indicando que se encontraban entre un 85 y 95% de su capacidad de compactación máxima evaluada por la prueba PROCTOR, alcanzando valores de  $1,66$  y  $1,70\text{ Mg.m}^{-3}$  para pisos de rastra (7-15cm) y arado (20-30cm) respectivamente.

## **I.2- Resistencia mecánica:**

Si bien en los distintos esquemas de rotación no presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a RMP (Tabla 4), esto podría deberse a que la condición inicial del suelo mostraba una alta degradación en sus propiedades físicas producto de una larga historia agrícola manisera.(Cisneros et al., 2006).

Sin embargo, analizando los valores de media, se observa que la rotación maní cada 4 años presenta mayor RMP en todo el perfil del suelo muestreado, este resultado era de esperar ya que el suelo permanece por más tiempo estabilizado y predispuesto a mayor tránsito de maquinaria el cual con el tiempo produce mayores valores de RMP por disminución de la macroporosidad del suelo (Taboada,1998), por otra parte, mirando estos valores, se puede inferir que en la profundidad de 10-20cm existe una compactación sub-superficial. Estos resultados son consistentes con Cisneros et al. (1997) debido a que encontraron una clara compactación sub-superficial a la misma profundidad pero con valores más altos de

RMP cercanos a 5MPa, mientras que en este trabajo para la misma profundidad los valores rondaron próximos a 2,5MPa aproximadamente. (Tabla 4)

Tabla 4: Resistencia mecánica (MPa) de los suelos, bajo rotación maní cada 3 años (1x3) y maní cada 4 años (1x4) para siete profundidades de suelo.

Rotación	Profundidad (cm)	RMP	Rotación	RMP
		Promedio		Promedio
1x3	0 - 5	0,8 a	1x4	1,04 a
	5 - 10	1,65 a		1,65 a
	10 - 15	2,26 a		2,71 a
	15 - 20	2,4 a		2,43 a
	20 - 25	1,8 a		1,97 a
	25 - 30	1,35 a		1,42 a
	30 - 35	1,12 a		1,16 a
	35 - 40	0,97 a		0,99 a

Letras diferente en distinta columna indican diferencias significativas (P<0.05)

En la Figura 2 se muestran los valores de RMP por cm, en el se puede visualizar la zona de mayor compactación y las diferencias entre los tratamientos. Los datos indican que en el esquema de rotación maní cada 4 años existe una mayor RMP en todo el perfil del suelo, pero puede observarse que la RMP crítica se da a la profundidad de 10-20 cm aproximadamente (Figura 2), arrojando valores próximos a 3 MPa para la profundidades analizada y con condiciones de humedad similares en ambas rotaciones.

Estos resultados podrían estar indicando que la menor frecuencia de maní, es decir 1 vez maní cada 4 años en la rotación, no mejoraría las propiedades físicas de los suelos, ya que el valor crítico de resistencia mecánica a la penetración que impide la elongación radical de los cultivos, es muy discutida, variando entre 0,9 y 3 MPa, aunque en general se asume el valor de 2 MPa (Taylor, 1966).

Por otra parte, estos resultados parecerían indicar una baja eficacia de la labor de descompactación realizada, la cual no logra homogeneizar la RMP en el perfil del suelo.

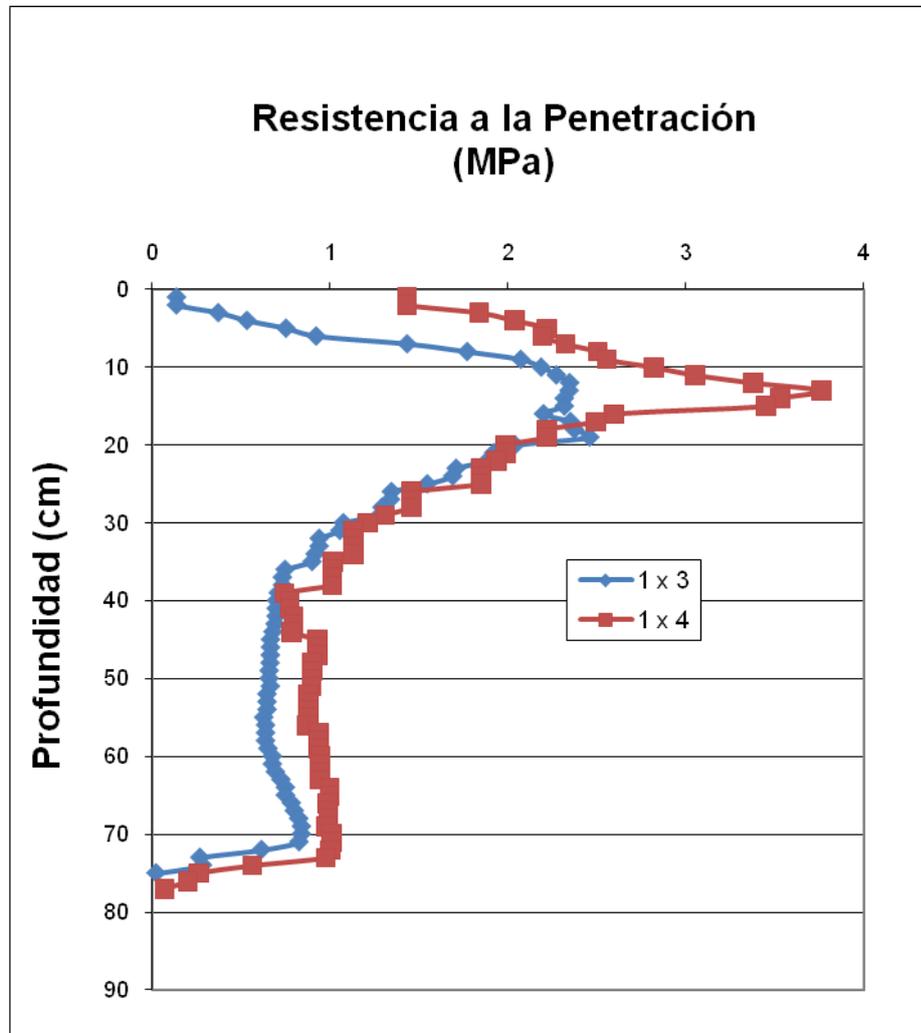


Figura 2: Resistencia Mecánica (MPa) a distintas profundidades de suelos y bajo rotación maní cada 3 años (1x3) y maní cada 4 años (1x4).

### I.3- Materia orgánica:

Los distintos esquemas de rotación no presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a MO. (Tabla 5).

Tabla 5: Materia orgánica (%) de los suelos, bajo rotación maní cada 3 años (1x3) y maní cada 4 años (1x4) para tres profundidades de suelo.

Rotación	Profundidad (cm)	MO	Rotación	MO
		Promedio		Promedio
1x3	0-10	1,41 a	1x4	1.51 a
	10-20	0,80 a		0.93 a
	20-30	0,96 a		1.01 a

Letras diferente en distinta columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ )

Estos resultados encontrados podrían deberse a que los suelos estudiados presentan una alta degradación de las propiedades biológicas, ya que el autor Tiftonell, (2004), en un suelo Haplustol típico de la localidad de General Cabrera, para una situación de pastizal natural en claros y abras del monte en pastoreo, encontró valores de materia orgánica de 3,21% para los primeros 21 cm del perfil del suelo, y comparándolo con los obtenidos en esta experiencia que rondan entre 1-1,5% aproximadamente, se podría establecer un marco de referencia orientativo de la degradación de sus propiedades biológicas, a su vez, estos resultados, son consistentes con lo reportado por (Cantu, 1998 citado por Musso et al., 2004) quien encontró que en perfiles correspondientes a la condición natural de los Hapludoles típicos evidencian una fuerte degradación en los contenidos de materia orgánica: 4% frente al 1% - 2% de las condiciones disturbadas.

Por otro lado, analizando los valores de media, observamos que la rotación 1x3, es decir maní cada tres años, hay una tendencia que, cuanto mayor es la frecuencia de maní, menor es el porcentaje de materia orgánica en los horizontes más superficiales, esto podría deberse, probablemente, al efecto de la operación de arrancado de maní y su bajo aporte orgánico (Cisneros et al., 2006) (Tabla 5).

Por otra parte, puede observarse que la rotación 1x4, presenta mayores valores de medias en todas las profundidades en comparación con 1x3, esto podría ocurrir gracias a una mayor proporción de maíz en el esquema de rotación, que produce un efecto de mayor aporte de materia orgánica (rastreo), incrementando la

cantidad de carbono( C) devuelto al suelo, haciendo que la tasa de caída de MO sea menor (Studdert y Echeverría, 2000 citado por Domínguez et al., 2004), estos resultados coinciden con (Cisneros et al. 1998 citado por Fernández y Giayetto, 2006), debido a que encontraron que la rotación que incluye gramíneas en mayor proporción, es la que mejor recuperación muestra en el contenido de materia orgánica del suelo, debido al aporte de rastrojo en suelos de la serie General Cabrera, en donde la Comisión Nacional del Maní (CONAMA) junto con el INTA, UNRC y la Fundación Maní Argentino en 1999, se evaluaron propiedades físicas y biológicas en cinco esquemas de rotación con maní en proporción (1:2, 1:3 y 1:4; año por medio, cada 2 años, cada 3 años respectivamente) y tres sistemas de labranza (LC, MV, SD).

Por otro lado, (Giayetto et al. 1996 y 1998 citado por Fernández y Giayetto, 2006) encontraron que la secuencia gramínea-leguminosa superó a la rotación leguminosa-leguminosa en todas las campañas agrícolas por su doble efecto de aportar materia orgánica (rastrojo) y ofrecer protección al suelo. A su vez, Fernández y Giayetto, (2006) indica, en referencia a las rotaciones con monocultivo de maní, o el monocultivo de leguminosas (soja, maní), que no es una práctica viable, ya que provoca una degradación de las condiciones físicas y biológicas del suelo, incompatible con una producción sustentable.

## **II- Efecto labranza:**

### **II.1 - Densidad Aparente:**

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en DAP para las profundidades de 0-10 y 10-20cm, coincidiendo con la mayor resistencia a la penetración que presenta la labranza bajo siembra directa con respecto a labranza mínima vertical (Tabla 6).

Tabla 6: Densidad aparente ( $\text{tn.m}^{-3}$ ) de los suelos, bajo siembra directa y labranza mínima para tres profundidades de suelo.

Labranza	Profundidad (cm)	DAP	Labranza	DAP
		Promedio		Promedio
SD	0-10	1,31 a	MV	1,22 b
	10-20	1,43 a		1,41 b
	20-30	1,41 a		1,40 a

Letras diferente en distinta columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ )

Los resultados de esta experiencia son similares a los encontrados por distintos autores (Vivas, 1984; Alvarez et al., 2004; Tuda et al., 2006; Introcaso et al., 2008; Sanzano et al., 2008) quienes encontraron diferencias significativas en DAP respecto de la labranza vertical con uso de paratill, donde SD presenta los mayores valores de DAP en las dos profundidades estudiadas (0-10 y 10-20 cm) debido fundamentalmente a la falta de labranzas.

Por otro lado, los resultados de este trabajo, coinciden parcialmente con los autores (Quiroga y Monsalvo, 1989 citado por Buschiazzo et al., 2001) ya que encontraron que en la siembra directa es mayor la densidad aparente y la resistencia a la penetración, por menor macroporosidad, únicamente en la zona de labranza (0-10cm) registrándose un comportamiento inverso en la capa sub-superficial, en cambio en esta experiencia, se encontró también, una mayor densidad aparente para la profundidad de 10-20cm para DAP y 15-20cm en RMP.

Por otra parte, en discrepancia con lo encontrado en esta experiencia, varios autores (Costa y Aparicio, 2006; Barrios et al., 2008) no encontraron diferencias significativas en DAP para las dos profundidades analizadas (0-10 y 10-20 cm.) entre los tres sistemas de labranza (SD, MV, Labranza convencional) donde la posible diferencia de estos resultados se deban al tipo de suelo. Los resultados de los autores Green et al. (2005), no son consistentes con los de este trabajo, ya que en su experiencia encontraron que el suelo bajo siembra directa tenía menor DAP en la profundidad de 0-5 cm en comparación con suelos bajo labranza vertical y bajo cultivo

orgánico con arado de rejas, esta diferencia puede deberse a que los primeros 7cm de suelo son una capa muy dinámica al efecto de la labranza (Cisneros et al.,1997) o bien se le puede atribuir a este resultado una posible recomposición de las propiedades físicas por el aumento de la actividad biológica por acumulación de carbono orgánico (Blanco Canqui et al.,2007).

## **II. 2 - Resistencia mecánica:**

En los tratamientos de labranza, para la variable RMP, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las profundidades de 5-10 y 15-20cm, presentando mayor resistencia a la penetración el sistema bajo siembra directa (Tabla 7). Esto indicaría que el sistema bajo siembra directa produciría una compactación sub-superficial mayor que la labranza mínima vertical, debido a la menor remoción del suelo fundamentalmente por falta de labranzas (Vivas, 1984; Sánchez et al., 1998 citado Sanzano et al., 2004; Álvarez et al., 2004). También podemos apreciar como el efecto del paratill tuvo efecto sobre el endurecimiento sub-superficial, entre los 5 y 15 cm, lográndose una disminución de la resistencia de 1 MPa para los 5 cm y 0.35 Mpa para los 15 cm de profundidad, debido a que pasó de 2,14 a valores de 1,15MPa en SD en la profundidad de 5cm y de 2,31 a 1,97 MPa en la profundidad de 15cm. (Tabla 7).

Al momento de medir RMP, la humedad gravimétrica no difirió entre labranzas en ninguna de las profundidades analizadas, por lo que las diferencias halladas no serían atribuibles a diferentes contenidos de agua en el perfil.

Tabla 7: Resistencia mecánica (MPa) a distintas profundidades de suelo y bajo dos sistemas de labranzas.

Labranza	Profundidad (cm)	RMP	Labranza	RMP
		Promedio		Promedio
SD	0 - 5	1,14 a	MV	0,7 a
	5 - 10	2,14 a		1,15 b
	10 - 15	2,71 a		2,26 a
	15 - 20	2,31 a		1,97 b
	20 - 25	1,82 a		1,95 a
	25 - 30	1,33 a		1,44 a
	30 - 35	1,11 a		1,17 a
	35 - 40	0,97 a		0,99 a

Letras diferente en distinta columna indican diferencias significativas (P<0.05)

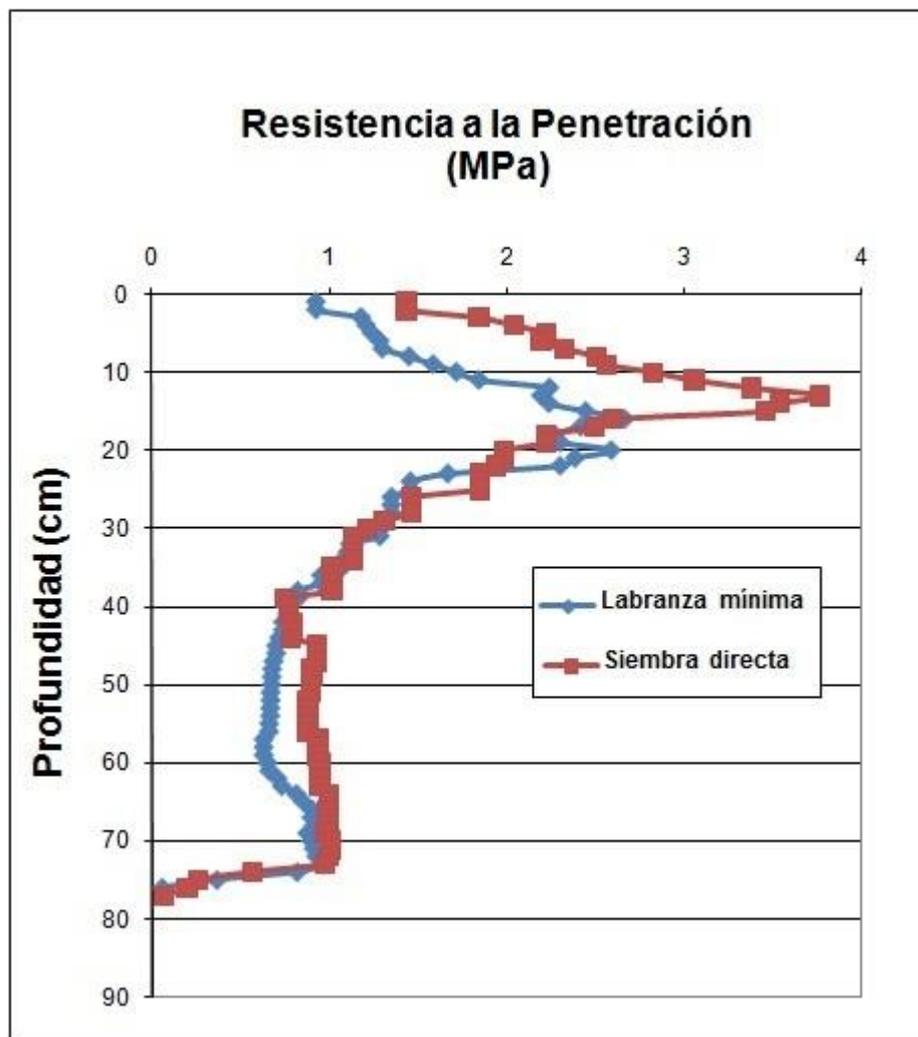


Figura 3: Resistencia Mecánica (MPa) a distintas profundidades de suelos y bajo dos sistemas de labranzas.

Los resultados de esta experiencia coinciden parcialmente con los autores (Chagas et al., 1994) quienes han podido observar en sistemas bajo siembra directa, que existe un efecto de resistencia mecánica a la penetración a profundidades entre 10 y 15cm, en comparación con sistemas bajo laboreo en forma convencional o vertical, esta mayor resistencia mecánica se explica por el pie de arado cuando estos suelos entraron al sistema de siembra directa (Siri-Prieto et al., 2003 y 2005 citado por Cisneros et al., 2006). A su vez, estos autores observaron que el paratill redujo la resistencia a la penetración hasta los 30cms, mientras que el arado cincel lo hizo solo hasta los 10cm, además se vio un efecto residual de la labor por más de 1 año de duración (Sanzano et al., 2008).

En cambio, los resultados de los autores Aparicio et al. (2002), no son consistentes con los hallados en esta experiencia, debido a que ellos observaron que los valores de RMP fueron superiores bajo SD comparado con labranza vertical (LV) y labranza convencional (LC), solamente hasta los 12.5 cm de profundidad en la siembra del cultivo de maíz en la campaña 1998/99.

A causa de lo expuesto anteriormente, los autores Cisneros et al. (2006), encontraron que la ruptura de densificaciones mejora algunas características importantes del suelo como la densidad, la infiltración y la resistencia a la penetración de raíces del cultivo, especialmente evidente en condiciones de bajo contenido de agua en el suelo.

### **II. 3 - Materia orgánica:**

Si bien las diferencias entre sistemas de labranza para MO no fueron estadísticamente significativas (Tabla 8), es posible que este resultado observado en los suelos de General Cabrera se deban a que el suelo estudiado presenta altas condiciones de degradación por la intensa historia agrícola previa (predominancia del cultivo de maní), el cual ha producido un alto deterioro tanto físico como biológico, como así también quedó más susceptible a una alta erosión eólica (Cisneros et al., 1997). Por otro lado los cambios en la materia

orgánica total del suelo se producen en el largo plazo, haciéndose difícil la determinación de variaciones de corto plazo en esta variable (Lucas y Vitosh, 1978; Jenkinson, 2005).

Tabla 8: Materia orgánica (%) de los suelos, bajo siembra directa y labranza mínima para tres profundidades de suelo.

Labranza	Profundidad (cm)	MO	Labranza	MO
		Promedio		Promedio
SD	0-10	1,37 a	MV	1,52 a
	10-20	0,84 a		0,86 a
	20-30	0,99 a		0,96 a

Letras diferente en distinta columna indican diferencias significativas (P<0.05)

A su vez, los resultados encontrados en esta experiencia, coinciden con los autores Arzeno et al. (2010), quienes no encontraron diferencias significativas en materia orgánica en los sistema de labranza vertical y siembra directa para las profundidades estudiadas (0-5; 0-20cm), pero si encontraron diferencias significativas en comparación con labranza convencional al igual que diversos autores (Buschiazzo y Panigatti, 1996 ; Díaz Zorita, 1999; Marelli y Arce, 2000) debido fundamentalmente a la mayor cantidad de rastrojo en superficie (2,5-5cm), a su vez ellos afirman, una vez más, según estos resultados, del enriquecimiento de la capa superficial del suelo por efecto de la SD o las mínimas labranzas verticales con coberturas vegetales superiores al 70 % respecto a labranza convencional. En cambio Studdert et al. (2006) no encontraron diferencias en el contenido de MO entre sistemas de labranza (Labranza convencional y SD) a 20 cm de profundidad.

Por otro lado, se apreciaron en los datos de medias, que para las profundidades (0-10; 10-20cm) en el sistema labranza minina vertical presentan valores superiores de porcentaje de materia orgánica que en el sistema bajo siembra directa (Tabla 8). Estos valores son consistentes con el autor Schmidt et al. (2008) debido a que encontraron que la aplicación de la SD continua no contribuyó a incrementar el contenido de carbono orgánico (CO) en el suelo,

mientras que la labranza reducida (LR) redundó en un aumento medio del 16% del carbono orgánico (CO) en el epipedón.

En discrepancia con los valores de medias de este trabajo, los autores (Uberto et al., 2002 citado por Fernández y Giayetto, 2006), encontraron mejoras significativas en contenido de materia orgánica en los tratamientos con siembra directa, en comparación a labranza mínima vertical y siembra convencional en los suelos de la serie General Cabrera. Tampoco los resultados de esta experiencia, son coincidentes con los encontrados por los autores Sanzano et al. (2008) en suelos Haplustoles típicos de la localidad de Tucumán que evaluaron el efecto del paratill sobre materia orgánica en distintos sistemas de labranza: siembra directa (SD) y siembra directa mas paratill y encontraron que los menores valores de materia orgánica superficial se determinaron en manejos con uso de paratill en donde encontraron un doble efecto: mayor descomposición en superficie y enterrada hacia las capas subsuperficiales.

### **III. - Efecto relativo del esquema de rotación y sistema de labranzas sobre propiedades del suelo:**

Al comparar el esquema de rotación y el de sistema de labranzas en un suelo representativo de la zona núcleo manisera, se puede apreciar que el sistema de labranza, en comparación con el esquema de rotación, tuvo más efecto en las variables evaluadas, es decir, que solo se encontraron diferencias significativas en DAP y RMP, coincidiendo con el piso de labor encontrado por Cisneros et al. (1997) en un suelo Haplustol típico de la zona de General Cabrera. Debido a estos resultados, se puede inferir que los diferentes esquemas de rotación con maní, cada 3 y 4 años, no parecen tener una influencia tan marcada en las propiedades físicas como los sistemas de labranzas, por lo que la implementación de labranza mínima vertical mejoraría la ruptura de densificaciones mejorando algunas propiedades del suelo como densidad, la resistencia a la penetración de raíces de cultivo, especialmente evidente en condiciones de bajo contenido de humedad (Cisneros et al., 2006). Por otro lado, en el esquema de rotación, no se

encontraron diferencias significativas para las variables en estudio debido, probablemente a la fuerte degradación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en estudio, ya que el mismo proviene desde hace 80 años de agriculturas continuas (Cisneros et al., 1997), evidenciadas por las diferencias encontradas con una situación natural.

#### **IV- Efecto del esquema de rotación y sistema de labranzas en la producción energética de los cultivos:**

Si bien no se encontraron diferencias significativas entre los dos esquemas de rotaciones, se puede apreciar en los valores de medias del rendimiento energético (Tabla 9) que la rotación maní 1 vez cada 3 años superó a maní cada 4 años. En discrepancia con este resultado, Cisneros et al. (2006), encontraron en su trabajo que la baja frecuencia maní, es decir maní cada 4 años, producen los mejores resultados globales en comparación con el esquema de rotación 1 vez maní cada 2 y 3 años.

Por otro lado, el autor (Pedelini, 2004 citado por Fernández y Giayetto, 2006), concluye en sus estudios que la secuencia óptima de maní en la rotación con soja y maíz, es aquella con una periodicidad de maní no menor a 1 vez cada 3 años, debido a que permite lograr los mayores rendimientos.

Tabla 9: Rendimiento energético (Mcal/ha) de los cultivos en rotaciones agrícolas en la región central de la provincia de Córdoba. Datos de cuatro ciclos de producción (2007/2008-2010/2011).

Rotación	RTO ENERGETICO	Rotación	RTO ENERGETICO
	Promedio		Promedio
1x3	19,3 a	1x4	18,06 a

Letras diferente en distinta columna indican diferencias significativas (P<0.05)

Por otro lado, analizando los efectos de los dos sistemas de labranzas sobre el rendimiento energético, tampoco se encontraron diferencias significativas (Tabla 10), pero estos resultados son consistentes con el autor (Pedelini, 2004 citado por Fernández y Giayetto, 2006) que tampoco encontró en sus estudios, diferencias significativas entre distintos sistemas de laboreo (convencional con arado, mínima labranza con cincel y siembra directa).

Tabla 10: Rendimiento energético (Mcal/ha) de los cultivos bajo dos sistema de labranzas en la región central de la provincia de Córdoba. Datos de cuatro ciclos de producción (2007/2008-2010/2011).

Labranza	RTO ENERGETICO	Labranza	RTO ENERGETICO
	Promedio		Promedio
SD	19,17 a	MV	18,62 a

**Letras diferente en distinta columna indican diferencias significativas (P<0.05)**

Sin embargo, si observamos los valores de medias (Tabla 10) se puede apreciar que el sistema bajo siembra directa superó a la labranza mínima vertical en rendimientos energéticos globales. En discrepancia con estos resultado, los autores Giayetto et al. (1998), encontraron que las labranzas mínimas con uso de cincel o cincel modificado con prototipo subsolador alado, produjeron rendimientos significativamente mayores que el sistema labranza convencional y de siembra directa por la ruptura de densificaciones subsuperficiales (pisos de rastra y de arado) de alta frecuencia en estos sistemas agrícolas.

Por otro lado, se puede concretar para la zona núcleo manisera de la importancia de la ruptura de las pisos de arado y rastra en el cultivo de maní, ya que los autores (Bonadeo et al., 2003 citado por Cisneros et al., 2006), concluyeron que el maní es muy sensible a la densificación del suelo, obteniendo rendimientos significativamente diferentes para cada uno de los niveles de compactación, producto de una mayor concentración de raíces en superficie, en las situaciones menos compactadas.

En base a lo expuesto anteriormente, se puede inferir de la importancia de incorporar labranzas conservacionistas como labranza



mínima o siembra directa, debido a que por las características del cultivo de maní, su bajo aporte orgánico, la operación de arrancado y la tradición de realizarlo con laboreos convencionales, implican riesgos de degradación de los suelos, los cuales deben tenerse en cuenta a la hora de analizar su viabilidad a largo plazo. (Cisneros et al., 2006).

## CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los indicadores físicos analizados, se concluye que, el efecto de la siembra directa sobre la compactación sub-superficial es mayor a nivel de DAP y RMP en comparación con la labranza mínima vertical.

Estos resultados validarían la hipótesis que postulaba que la mínima labranza, con uso de descompactadores, mejora las propiedades físicas del suelo, disminuyendo la resistencia a la penetración y la densidad aparente, en relación al sistema de siembra directa.

2. Por otro lado, se concluye, que los resultados no validarían la hipótesis de que cuanto mayor es la frecuencia de maní, menor es el porcentaje de materia orgánica en los horizontes superficiales.

3. El efecto de siembra directa sobre la materia orgánica no presento mejoras en los horizontes superficiales, por el cual, no pudo validarse la hipótesis de que la siembra directa mejora las propiedades químicas del suelo por un aumento en el contenido de materia orgánica.

4. Se concluye que la mínima labranza no generó incrementos en los rendimientos por ruptura de densificaciones, motivo por el cual no se pudo validar la hipótesis que la mínima labranza aumenta los rendimientos al mejorar la condición física del perfil.

## **LINEAS DE INVESTIGACION FUTURA**

Es necesaria más investigación sobre la temática esquemas de rotación, así nos permite facilitar la toma de decisiones sobre cual es la secuencia optima de rotación de maní sobre la productividad y el comportamiento de las propiedades físicas y biológicas de estos suelos. Sería necesario para estos ensayos a campo realizar rotaciones, con incorporación de maní en un plazo mayor, es decir, incorporando maní 1 vez cada 6 años contra 1 vez maní cada 4, para analizar si existen resultados mas significativos acerca de cuál es la secuencia optima de maní en la rotación para luego realizar recomendaciones a los productores maniseros.

Por otro lado sería interesante estudiar mas sobre rendimientos energéticos a modo de poder ir visualizando sobre que sistema de labranza y junto a que esquema de rotación incrementa la productividad global del sistema y principalmente de maní, sin dejar de lado el efecto sobre las propiedades del suelo a modo de realizar una producción sustentable.

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGÜERO, D. 2006. Mercado internacional y nacional del maní. En: Fernández, E y Giayetto, O (Comp.). El cultivo de maní en Córdoba. Pág.259-279.

ÁLVAREZ C R, GUTIERREZ BOEM F H, TABOADA M A, PRYSTUPA P, OCAMPO J F, FERNANDEZ P L, MOULIN M, VACCARO H. 2004. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo distintos manejos en el norte de Buenos Aires. Resúmenes del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del suelo, Paraná (Entre Ríos): p. 238.

ÁLVAREZ, C., SCIANCA, C., BARRACO, M. y M. DIAZ-ZORITA. 2008. Impacto de diferentes secuencias de cultivos en siembra directa sobre propiedades edáficas en Hapludoles de la pampa arenosa. XXI Congreso argentino de la ciencia del suelo, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina, 2008. Actas.

ANDRIULO, A.E. & R.A. ROSSEL. 1988. Propiedades físicas edáficas en dos sistemas de labranza. Turrialba 38: 365-375.

APARICIO, V .J. L. COSTA, H. ECHEVERRIA O. CAVIGLIA. 2002. Evaluación de propiedades edáficas y crecimiento del maíz bajo diferentes sistemas de labranza en cuatro sitios del sudeste bonaerense. RIA 31:55-71.

APEZTEGUIA HP. 2005. Dinámica de la materia orgánica de los suelos de la región semiárida central de Córdoba. Tesis de Doctorado, Escuela para Graduados FCA-UN Córdoba.

ARZENO, J.L.; OSINAGA, R.; FERRARY LAGUZZI, F.; CORVALAN, E. y T. RODRIGUEZ. 2010. Relación de la MO entre: 0-5 y 0-20(% Remo 5/20), como indicador de calidad de suelos en

parcelas de largo plazo de Salta. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario, Argentina, 2010. Actas.

BARRIOS, M. B; BUJAN, A., BOZZO, A.; DEBELIS, S.P.; De GRAZIA, J., LOPEZ, S.; RODRIGUEZ, H.A.; ANDRADA, H.I. y F. FERNANDEZ. 2008. Variables físicas bajo diferentes sistemas de labranza. XXI Congreso argentino de la ciencia del suelo, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina, 2008. Actas.

BENENCIA, R. 2006. Cambios territoriales, tecnológicos-productivos y laborales en la producción de maní en la provincia de Córdoba. En: Fernández, E y Giayetto, O (Comp.). El cultivo de maní en Córdoba. Pág. 239-257.

BLANCO-CANQUI H, & R. LAL. 2007. Soil structure and organic carbon relationships following 10 years of wheat straw management in no-till. Soil and Tillage Research 95:240-254.

BLANCO-CANQUI H; R Lal; WM POST; RC IZAURRALDE; & LB OWENS. 2006. Corn stover impacts on near surface soil properties of no-till corn in Ohio. Soil Sci. Soc. Am. J., 70: 266-278.

BOTTA, GF; D JORAJURIA; R BALBUENA &, H ROSATTO. 2004. Mechanical and cropping behaviour of direct drilled soil under different traffic intensities: effect of soybean (*Glycine max L.*) yields. Soil Till. Res. 78: 53-78.

BRICCHI, E. 1993. Cambios en la organización morfológica del suelo por efectos culturales. XIX Congreso argentino de la ciencia del suelo, Mendoza, Argentina, 1993. Actas: 306

BRICCHI, E Y CISNEROS J. 1998. Modificaciones de la porosidad producidas por compactación. Aceptado para su presentación en el Congreso Internacional de la Ciencia del Suelo, Montpellier Francia.

BRICCHI, E; BALTAZAR, P; FORMIA, F Y L.VERRI.2004.Efecto del uso y las labranzas sobre la susceptibilidad a la compactación de un Hapludol típico.XIX Congreso Argentino de la Ciencia del suelo, Paraná (Entre Ríos).Actas.

BUSCHIAZZO, D & J PANIGATTI. 1996. Labranzas en la región semiárida Argentina. E.E.A. INTA G. Covas. La Pampa. 126 p.

BUSCHIAZZO, D., H. MARELLI y J.L. PANIGATTI 2001. Siembra Directa II. Pág. 223-263 y 371-373.

CASTRO FILHO C, A LOURENCO, M GUIMARAES, I Fonseca 2002. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Parana, Brazil. Soil & Till Res 65 (45-51).

CHAGAS, C. I.; H. J, MARELLI y O. J, SANTANOTOGLIA. 1994. Propiedades físicas y contenido hídrico de un Argiudol Típico bajo tres sistemas de labranza. Ciencias de Suelo 12:11-16.

CISNEROS.J.M., CHOLAKY, C., BRICCHI, E., GIAYETTO, O. y J.J.CANTERO.1997.Efectos del uso Agrícola sobre las propiedades físicas de un suelo Haplustol Típico del centro de Córdoba. Revista UNRC 17(1): 13-22,1997.

CISNEROS, J. M., C. CHOLAKY, O. GIAYETTO, E. BRICCHI, J. MARCOS, G. CERIONI. 1998. Homogeneidad física, resistencia a la penetración y humedad del suelo en sistemas agrícolas maniseros de Córdoba. En: Balbuena, R. H., Benez, S. H. y Jorajuría D. (Eds.) Ingeniería Rural y Mecanización Agrícola en el ámbito Latinoamericano. ISBN 950-34-0125-9. Publicado por Editorial de la UNLP, 120-127.

CISNEROS, J. M., A. CANTERO G., J. MARCOS, A. DEGIOANNI, BRICCHI, E., GIAYETTO, O., CHOLAKY, C., BONADEO, E., CERIONI, G., UBERTO, M. 1998. Comportamiento de un subsolador

alado, adaptable a implementos de uso común. En: Balbuena, R. H., Benez, S. H. y Jorajuría D. (Eds.) Ingeniería Rural y Mecanización Agrícola en el ámbito Latinoamericano. ISBN 950-34-0125-9. Publicado por Editorial de la UNLP, 128-136.

CISNEROS, J.M., GIAYETTO, O., CHOLAKY, C., CERIONI, G.A., CANTERO GUTIERREZ, A., UBERTO, M. 2006. Suelos, rotaciones y labranzas .En: Fernández, E y Giayetto, O (Comp.). El cultivo del maní en Córdoba. Pág. 127-144.

COSTA, J.L y V. APARICIO. 2006. Propiedades físicas los suelos y rendimiento de cultivos en 7 años de ensayos de rotaciones en campo de productores en el sudeste bonaerense. XX Congreso argentino de la ciencia del suelo, provincia de Salta y Jujuy, Argentina, 2006. Actas.

DAVIES, D.B., y D. PAYNE. 1992. Manejo de las propiedades físicas del suelo. En: Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. Pp. 431-470.

DIAZ ZORITA, M. 1999. Efectos de seis años de labranzas en un Hapludol del noroeste de Buenos Aires, Argentina. Ciencia del Suelo 17 (1): 31-36.

DIAZ ZORITA M., G.A. DUARTE Et J.H. GROVE. 2002. - A review of no-till systems and soil managment for sustainable crop production in the subhumid and semiarid Pampas of Argentina. - Soil and Tillage Research 65: 1-18.

DOMINGUEZ, G.F., STUDDERT, G.A., ECHEVERRIA, H.E.y G. LORENZ. 2004. Efecto de dos sistemas de labranza sobre materia orgánica total y particulada en un Molisol de Balcarce. XIX Congreso argentino de la ciencia del suelo, Paraná, Santa Fe, Argentina, 2004. Actas.



EIJKELKAMP AGRISEARCH EQUIPMENT. 1995. Penetrologger. Manual de usuario, 28 pags.

FERNANDEZ, E.M Y O.GIAYETTO.2006.El cultivo de maní en Córdoba.Pag.19-144.

GALANTINI, J.A., IGLESIAS, J.O., CUTINI, L., KRUGER, H. y S. VENANZI.2004. Sistema de labranzas: Efecto sobre las fracciones orgánicas. XIX Congreso argentino de la ciencia del suelo, Paraná, Santa Fe, Argentina, 2004. Actas.

GIAYETTO, O., CISNEROS, J.M., GIAYETTO, O., CERIONI, G.A Y C.CHOLAKY. 1998. Rotaciones y labranzas en sistemas agrícolas del centro de Argentina. Producción de cultivos. Congreso Latinoamericano de Ingeniería Rural, La Plata, Argentina.

GREEN VS; MA CAVIGELLI; TH DAO; & DC FLANAGAN. 2005. Soil physical properties and aggregate-associated C, N and P distributions in organic and conventional cropping systems. Soil Science, 170: 822-831.

GRUPOINFOSTAT.2011.InfoStat/Estudiantil 2011e.<http://www.infostat.com.ar> Acceso 19/05/2011.

HAVLIN, JL; DE KISSEL; LD MADDUX; MM CLAASEN & JH LONG. 1990. Crop rotation and tillage effects on soil organic carbon and nitrogen. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:448-452.

INTA 1991-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3363-14 General Cabrera. Fundación Banco de la Provincia de Córdoba.

INTROCASO R.M., GUECAIMBURU, J.M., TORELLA, J.L., FAITA, E.C., WASINGER, E. y C.B IRURTIA.2008. Acción de la descompactación en siembra directa sobre indicadores físicos de



suelo. XXI Congreso argentino de la ciencia del suelo, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina, 2008. Actas.

JENKINSON, L. 2005. Rothamsted Carbon Model, User Guide. En [www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/carbon/mod26\\_3\\_win.pdf](http://www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/aen/carbon/mod26_3_win.pdf)

KLUTE, A. and C. DIRKSEN 1986 Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods En: KLUTE, A. Ed. Methods of soil analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods- Agronomy Monograph no. 9 (2nd Edition).

LUCAS, R.E., and M.L. VITOSH. 1978. Soil Organic Matter Dynamics. Michigan State University. Agricultural Experiment Station East Lansing., Michigan.

MANSO M.L., FORJAN, H., STUDDERT, G.A., ZAMORA, M. y R. BERGH .2008. Evolución de variables físicas bajo dos sistemas de labranza. .XXI Congreso argentino de la ciencia del suelo, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina, 2008. Actas.

MARELLI H, ARCE J. 2000. 25 años del cultivo trigo/soja bajo siembra directa. Informe técnico del área suelos y producción vegetal. INTA Marcos Juárez 128: 315.

MARINELLI, A; MARCH, G y S. LENARDON. 2006. Enfermedades del maní. En: Fernández, E y Giayetto,O(Comp.). El cultivo de maní en Córdoba. Pág.179-208.

MUSSO, T.B., CANTU, M. P. y A.BECKER.2004. Efecto de distintos sistemas de labranza y de la fertilización sobre el contenido de carbono orgánico, N total y el pH de un Hapludol típico del sur de Córdoba, Argentina. XIX Congreso argentino de la ciencia del suelo, Paraná, Santa Fe, Argentina, 2004. Actas.



NELSON D.L. y L.E. SOMMERS 1982 Total Organic Carbon and Organic Matter. En: A. L. Page (De.) Part II Methods of soil analysis. Monograph no.9. ASA and Sssa, Madison, Wi, USA.

NRCS,USDA.2011.SoilQualityAssessment.<http://soils.usda.gov/sqi/assessment.html>). Acceso 10/11/2011.

QUIROGA AR, M MONSALVO, DE BUSCHIAZZO y E ADEMA. 1996. Labranzas en la Región Semiárida Pampeana Central. En Buschiazzo, JL Panigatti y FJ Babinec (eds.) Labranzas en la región semiárida Argentina. INTA y SAPyA: 81-92.

RAMIREZ PISCO, R. TABOADA, M.A., R. GIL. 2004. Efecto a largo plazo de la labranza convencional y la siembra directa sobre las propiedades físicas de un Argiudol típico. XIX Congreso argentino de la ciencia del suelo, Paraná, Santa Fe, Argentina, 2004. Actas.

REICOSKY, D. 2008. Carbon sequestration and environmental benefits from no-till systems.Pp. 43-58 en: Goddard, T; Zoebisch, M; Gan, Y; Ellis, W; Watson, A; Sombatpanit, S. (ed.).No-Till Farming Systems. Special Publication N° 3. World Association of Soil and Water Conservation, 544 pp.

SAGPyA, 2006. Mani, zona de producción. [www.sagpya.gov.ar](http://www.sagpya.gov.ar). Consultado: 20/9/11.

SAINJU UM: BP SING & WF WHITEHEAD.2005.Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization effects on cotton and sorghum biomass, carbon and nitrogen. Agron.J.97: 1279-1290.

SANZANO G. A., CORBELLA, R .GARCIA, J. y G. FADDA.2004. La degradación física de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. XIX Congreso argentino de la ciencia del suelo, Paraná, Santa Fe, Argentina, 2004. Actas.

SANZANO, G. A., SOSA, F.; HASAN, A. J.; HERNANDEZ, C. F.; MORANDI NI, M.; ROJAS QUINTEROS, H. y W. RODRIGUEZ. 2008. Efecto del paratill en las propiedades físicas de los suelos en siembra directa con monocultivo de soja y rotación soja-maíz. . XXI Congreso argentino de la ciencia del suelo, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina, 2008. Actas.

SCHMIDT, E; N AMIOTTI & O BRAVO. 2006. Indicadores de pérdida de calidad de suelos bajo siembra directa continua en la pampa semiárida. En Actas XX CACS. Salta. Editado en CD-R.

SCHMIDT, E; N AMIOTTI & O BRAVO. 2008. Comportamiento de indicadores químicos y biológicos de calidad de suelos bajo labranza reducida y siembra directa continua en la región semiárida sur. En Actas XXI CACS. San Luis. Editado en CD-R.

STUDDERT, G. A.; DIOVISALVI, V; DOMINGUEZ, G. F y M. J. EIZA. 2006. Materia orgánica total y particulada en un Molisol de Balcarce bajo dos sistemas de labranza. XX Congreso argentino de la ciencia del suelo, provincia de Salta y Jujuy, Argentina, 2006. Actas.

TABOADA, M. A. 1998. Compactación superficial causada por la siembra directa y regeneración estructural en suelos franco limosos pampeanos. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Carlos Paz, Argentina. 423 pp.

TABOADA, M. A., C. R. ALVAREZ, C. CHENU, D. J. CONSENTINO, F. DAMIANO, F. G. MICUCCI. 2008 – Fertilidad Física de los Suelos – Editorial Facultad de Agronomía, UBA, Buenos Aires. 2° Ed. 237p.

TAYLOR, H. M., G. M. ROBERTSON and J. J. PARKER 1966. Soil strength-root penetration relations for medium to coarse-textured soil materials. Soil Sci. 102: 18-22.



TITTONELL, P .2004.El carbono orgánico de los suelos de la región central de Argentina. Derivando indicadores de sustentabilidad a partir de su evolución y estado de equilibrio actual.Tesis.Magister en Ciencias Agropecuarias.UNRC.

TUDA, J.I; DIAZ, D.H y H.P. APEZTEGUIA.2006. Evolución de la densidad aparente en un ensayo de labranzas de larga duración. XX Congreso argentino de la ciencia del suelo, provincia de Salta y Jujuy, Argentina, 2006. Actas.

VIVAS, H.S. 1984. Las labranzas y su efecto sobre las propiedades físicas de la serie Wymore. Ciencia del Suelo, 2, 179-186.

## **ANEXO:**

### **Análisis Estadístico. Infostat**

#### **Tratamiento rotación:**

##### **DAP 0-10cm**

###### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAP	6	0,43	0,29	1,17

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,8E-04	1	6,8E-04	3,07	0,1545
Rotación	6,8E-04	1	6,8E-04	3,07	0,1545
Error	8,9E-04	4	2,2E-04		
Total	1,6E-03	5			

##### **DAP 10-20cm**

###### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAP	6	0,01	0,00	0,51

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,7E-06	1	2,7E-06	0,05	0,8333
Rotacion	2,7E-06	1	2,7E-06	0,05	0,8333
Error	2,1E-04	4	5,3E-05		
Total	2,1E-04	5			

##### **DAP 20-30cm**

###### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAP	6	0,01	0,00	0,90

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,2E-06	1	8,2E-06	0,05	0,8357
Rotacion	8,2E-06	1	8,2E-06	0,05	0,8357
Error	6,7E-04	4	1,7E-04		
Total	6,7E-04	5			



## MO 0-10cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO	16	0,02	0,00	26,07

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	1	0,04	0,29	0,5990
Rotación	0,04	1	0,04	0,29	0,5990
Error	2,00	14	0,14		
Total	2,04	15			

## MO 10-20cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO	12	0,14	0,06	19,76

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	1	0,05	1,64	0,2290
Rotación	0,05	1	0,05	1,64	0,2290
Error	0,29	10	0,03		
Total	0,34	11			

## MO 20-30cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO	16	0,01	0,00	31,56

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	1	0,01	0,10	0,7509
Rotación	0,01	1	0,01	0,10	0,7509
Error	1,34	14	0,10		
Total	1,35	15			



## RMP 0-5cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,22	0,00	33,52

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	1	0,06	0,58	0,5267
ROTACION	0,06	1	0,06	0,58	0,5267
Error	0,19	2	0,10		
Total	0,25	3			

## RMP 5-10cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	9,1E-06	0,00	42,53

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9,0E-06	1	9,0E-06	1,8E-05	0,9970
ROT	9,0E-06	1	9,0E-06	1,8E-05	0,9970
Error	0,99	2	0,49		
Total	0,99	3			

## RMP 10-15cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,50	0,24	12,71

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	1	0,20	1,97	0,2960
ROT	0,20	1	0,20	1,97	0,2960
Error	0,20	2	0,10		
Total	0,40	3			



## RMP 15-20cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,02	0,00	6,02

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,4E-04	1	8,4E-04	0,04	0,8604
ROT	8,4E-04	1	8,4E-04	0,04	0,8604
Error	0,04	2	0,02		
Total	0,04	3			

## RMP 20-25cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,42	0,13	7,68

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	1	0,03	1,44	0,3529
ROTA	0,03	1	0,03	1,44	0,3529
Error	0,04	2	0,02		
Total	0,07	3			

## RMP 25-30cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,20	0,00	6,38

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,9E-03	1	3,9E-03	0,50	0,5542
ROT	3,9E-03	1	3,9E-03	0,50	0,5542
Error	0,02	2	0,01		
Total	0,02	3			



## RMP 30-35cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,30	0,00	3,89

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,7E-03	1	1,7E-03	0,87	0,4504
ROTACION	1,7E-03	1	1,7E-03	0,87	0,4504
Error	4,0E-03	2	2,0E-03		
Total	0,01	3			

## RMP 35-40cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,45	0,17	1,74

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,8E-04	1	4,8E-04	1,63	0,3296
ROT	4,8E-04	1	4,8E-04	1,63	0,3296
Error	5,9E-04	2	3,0E-04		
Total	1,1E-03	3			

## Tratamiento labranza:

## DAP 0-10cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAP	6	0,93	0,92	1,19

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	1	0,01	56,30	0,0017
Labranza	0,01	1	0,01	56,30	0,0017
Error	9,0E-04	4	2,3E-04		
Total	0,01	5			



**Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=0,05645**

Error: 0,0002 gl: 4

Labranza	Medias	n	
MV	1,22	3	A
SD	1,31	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,01$ )

## DAP 10-20cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAP	6	0,85	0,81	0,58

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,5E-03	1	1,5E-03	22,59	0,0090
Labranza	1,5E-03	1	1,5E-03	22,59	0,0090
Error	2,7E-04	4	6,8E-05		
Total	1,8E-03	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=0,03100**

Error: 0,0001 gl: 4

Labranza	Medias	n	
MV	1,41	3	A
SD	1,44	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,01$ )

## DAP 20-30cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAP	6	0,34	0,17	0,75

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,3E-04	1	2,3E-04	2,05	0,2252
Labranza	2,3E-04	1	2,3E-04	2,05	0,2252
Error	4,4E-04	4	1,1E-04		
Total	6,7E-04	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=0,03964**

Error: 0,0001 gl: 4

Labranza	Medias	n	
MV	1,40	3	A
SD	1,41	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,01$ )



## MO 0-10cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO	16	0,04	0,00	25,76

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	1	0,09	0,63	0,4389
Labranza	0,09	1	0,09	0,63	0,4389
Error	1,95	14	0,14		
Total	2,04	15			

### Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=0,55581

Error: 0,1394 gl: 14

Labranza	Medias	n
SD	1,38	8
MV	1,52	8

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,01$ )

## MO 10-20cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO	13	4,7E-03	0,00	20,93

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,7E-03	1	1,7E-03	0,05	0,8242
Labranza	1,7E-03	1	1,7E-03	0,05	0,8242
Error	0,35	11	0,03		
Total	0,35	12			

### Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=0,30831

Error: 0,0319 gl: 11

Labranza	Medias	n
SD	0,84	6
MV	0,86	7

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,01$ )

## MO 20-30cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MO	16	2,0E-03	0,00	31,65

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,8E-03	1	2,8E-03	0,03	0,8679
Labranza	2,8E-03	1	2,8E-03	0,03	0,8679



Error	1,34	14	0,10
Total	1,35	15	

**Test:LSD Fisher Alfa=0,01 DMS=0,46130**

Error: 0,0961 gl: 14

Labranza	Medias	n	
MV	0,97	8	A
SD	0,99	8	A

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,01$ )

## RMP 0-5cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,77	0,65	18,34

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,19	1	0,19	6,61	0,1238
LABRANZA	0,19	1	0,19	6,61	0,1238
Error	0,06	2	0,03		
Total	0,25	3			

## RMP 5-10cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,99	0,99	3,64

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,98	1	0,98	270,97	0,0037
LABRANZA	0,98	1	0,98	270,97	0,0037
Error	0,01	2	3,6E-03		
Total	0,99	3			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,25877**

Error: 0,0036 gl: 2

LABRANZA	Medias	n	E.E.	
SD	2,15	2	0,04	A
MV	1,16	2	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )



## RMP 10-15cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,50	0,24	12,71

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,20	1	0,20	1,97	0,2960
LAB.	0,20	1	0,20	1,97	0,2960
Error	0,20	2	0,10		
Total	0,40	3			

## RMP 15-20cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,94	0,90	1,54

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	1	0,04	29,10	0,0327
LAB	0,04	1	0,04	29,10	0,0327
Error	2,8E-03	2	1,4E-03		
Total	0,04	3			

### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,16033

Error: 0,0014 gl: 2

LAB	Medias	n	E.E.	
SD	2,52	2	0,03	A
MV	2,32	2	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

## RMP 20-25cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,23	0,00	8,85

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	1	0,02	0,59	0,5235
LABRANZA	0,02	1	0,02	0,59	0,5235
Error	0,06	2	0,03		
Total	0,07	3			



## RMP 25-30cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,56	0,33	4,75

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	1	0,01	2,50	0,2546
LAB.	0,01	1	0,01	2,50	0,2546
Error	0,01	2	4,4E-03		
Total	0,02	3			

## RMP 30-35cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,69	0,53	2,61

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,9E-03	1	3,9E-03	4,35	0,1722
LABRANZA	3,9E-03	1	3,9E-03	4,35	0,1722
Error	1,8E-03	2	9,0E-04		
Total	0,01	3			

## RMP 35-40cm

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RMP	4	0,49	0,24	1,67

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,3E-04	1	5,3E-04	1,93	0,2992
LABRANZA	5,3E-04	1	5,3E-04	1,93	0,2992
Error	5,5E-04	2	2,7E-04		
Total	1,1E-03	3			

## Efecto del esquema de rotación y sistema de labranzas en la producción energética de los cultivos:

### Tratamiento labranza:

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RTO ENERGETICO	8	0,01	0,00	28,58

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,09	1	1,09	0,04	0,8524
LABRANZA	1,09	1	1,09	0,04	0,8524
Error	173,06	6	28,84		
Total	174,15	7			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,29238

Error: 28,8435 gl: 6

LABRANZA	Medias	n	E.E.
SD	19,16	4	2,69 A
MV	18,43	4	2,69 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

### Tratamiento rotación:

#### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Columna2	8	0,02	0,00	28,53

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,08	1	3,08	0,11	0,7534
Columna1	3,08	1	3,08	0,11	0,7534
Error	170,51	6	28,42		
Total	173,58	7			

#### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,22361

Error: 28,4181 gl: 6

Columnal	Medias	n	E.E.
3	19,30	4	2,67 A
4	18,06	4	2,67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

