



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO**  
Facultad de Agronomía y Veterinaria

Trabajo final presentado para optar al grado de Ingeniero Agrónomo

**CONSUMO DE AGUA EN SOJA BAJO SISTEMA DE SIEMBRA  
DIRECTA CON Y SIN DESCOMPACTACION PROFUNDA.**

**Malatini, Franco**  
**DNI: 32.899.336**

**Director:**  
**Ing. Agrónomo Dr. Esposito, Gabriel Pablo**

**Co-director:**  
**Ing. Agrónomo Cholaky, Carmen**

**Río Cuarto – Córdoba**  
**Agosto 2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: **CONSUMO DE AGUA EN SOJA BAJO SISTEMA DE SIEMBRA DIRECTA CON Y SIN DESCOMPACTACION PROFUNDA**

Autor: Malatini Franco  
DNI: 32.899.336

Director: Ing Agr. Dr. Espósito, Gabriel Pablo.  
Co-Director: Ing Agr. Cholaky, Carmen.

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

Ing. Agr. Dr. Elenea Fernadez \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Cecilia Cerliani \_\_\_\_\_

Ing. Agr. Dr. Espósito, Gabriel \_\_\_\_\_

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

Aprobado por Secretaría Académica \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Jorge y Ana por acompañarme, aconsejarme y hacerme elegir el buen camino para formarme como persona y darme la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mis Hermanos Martín, Sebastián y Hernán por el apoyo incondicional siempre que los necesite.

A mi novia Florencia que me acompañó durante la mayoría de la carrera, en todos los momentos, siendo un pilar importante en mí. Además por ayudarme con los muestreos de Tesis en el campo.

A mis abuelos que me acompañan cada uno desde su lugar.

A Juan Salera, por ayudarme con los muestreos a campo.

A mis amigos que me otorgo el periodo universitario (Javier Salvatore, Horacio Moretti, Luis Chapado) armando un grupo de estudio maravilloso. Son amigos que me quedan para siempre.

A Cecilia Cerleani que me brindo tiempo, dedicación y ayuda para la realización de la Tesis.

A la Universidad Nacional de Rio Cuarto.

## INDICE

RESUMEN.....	VII
SUMMARY .....	VIII
1-INTRODUCCIÓN .....	1
1.2-Hipotesis.....	7
1.3- Objetivo General.....	7
1.4- Objetivo Específico .....	7
2-MATERIALES Y MÉTODOS .....	8
2.1- Sitio experimental .....	8
2.2- Mediciones .....	11
2.2a-Clima .....	11
2.2b-Determinaciones de Suelo.....	11
Grado de cobertura con rastrojo en superficie.....	11
Peso específico aparente.....	11
Humedad Gravimetrica .....	12
Lamina de Agua .....	12
Agua Util.....	12
2.2c-Del Cultivo .....	12
Fenologia .....	12
Materia seca total aerea .....	12
Cobertura Vegetal .....	13
Eficiencia del uso de agua.....	13
Rendimiento y sus componentes .....	14
2.3-Analisis de datos.....	14
3-RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	14
3.1-Descripción meteorológica .....	14
3.2-Cobertura del suelo previo a la descompactación.....	17
3.3- Fenologia.....	18
3.4- Contenido de agua util y lámina de agua en el perfil del suelo .....	19
3.5-Materia seca particionada.....	22
3.6-Cobertura vegetal.....	23
3.7-Rendimiento y sus componentes .....	24
3.8-Transpiración, evapotranspiración y eficiencia en el uso del agua .....	25
4-CONCLUSIONES .....	29
5- BIBLIOGRAFÍA .....	30
6-ANEXO .....	38
6.1-Fotos Ilustrativa .....	38
6.2-Tablas de ANAVA .....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la localidad de General Deheza y del sitio experimental.....	8
<b>Figura 2.</b> Resistencia mecánica (MPa) obtenida a través del penetrómetro de impacto en las distintas parcelas.....	10
<b>Figura 3.</b> Temperaturas máximas (línea azul) y mínimas (línea roja) y temperaturas medias máximas (línea verde) y mínimas (línea violeta) para la zona de General Deheza .....	15
<b>Figura 4.</b> Precipitaciones decádicas durante el periodo de crecimiento del cultivo (barras azules) y precipitaciones decádicas medias para la zona de General Deheza (línea roja). .....	16
<b>Figura 5.</b> Radiación fotosintéticamente activa incidente durante el periodo de crecimiento del cultivo (barras azules) y radiación fotosintéticamente activa incidente promedio de la zona de General Deheza (línea roja).....	17
<b>Figura 6.</b> Contenido volumétrico de agua del suelo a capacidad de campo (línea azul) y punto de marchitez permanente (línea roja), a distintas profundidades, para el suelo bajo estudio.....	19
<b>Figura 7.</b> Lámina de agua (mm) al momento de la siembra para el tratamiento descompactado (Des) y sin descompactar (S/Des) y Lámina de agua en el PMP (línea verde).....	20
<b>Figura 8.</b> Agua útil al momento de la siembra (mm) para los tratamiento descompactado (Desc.) y sin descompactar (S/Desc.).....	20
<b>Figura 9.</b> Transpiración acumulada desde R1 a R7 en el tratamiento descompactado (barra azul) y sin descompactar (barra roja) .....	26
<b>Figura 10.</b> ETP acumulada desde siembra a R7 en el tratamiento descompactado (barra azul) y sin descompactar (barra roja) .....	26

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Descripción del perfil de suelo típico de la serie General Deheza, donde fue realizada la experiencia.....	9
<b>Cuadro 2.</b> Grado de cobertura de suelo (%), posterior a la labor, en los diferentes tratamientos evaluados.....	18
<b>Cuadro 3</b> Estadios fenológicos, fecha de ocurrencia, días entre cada periodo y duración total del ciclo del cultivo de soja .....	18
<b>Cuadro 4.</b> Lámina de agua en distintos momentos del cultivo, para las distintas profundidades.....	21
<b>Cuadro 5.</b> Agua útil en distintos momentos del cultivo, para las distintas profundidades.....	21
<b>Cuadro 6.</b> Producción de materia seca (kg MS ha <sup>-1</sup> ), en los distintos órganos de la planta para los estadios fenológicos de R1, R5 y R7.....	22
<b>Cuadro 7.</b> Cobertura vegetal (%) en distintos estadios de soja con y sin descompación subsuperficial.....	23
<b>Cuadro 8.</b> Rendimiento y sus componentes para ambos tratamientos.....	24
<b>Cuadro 9.</b> Eficiencia de uso del agua transpirada (EUA T <sup>-1</sup> ) y eficiencia de uso del agua evapotranspirada (EUA ET <sup>-1</sup> ) para la producción de granos, en los distintos tratamientos.....	27
<b>Cuadro 10.</b> Eficiencia de uso del agua transpirada (EUA T <sup>-1</sup> ) y eficiencia de uso del agua evapotranspirada (EUA ET <sup>-1</sup> ) para la producción de biomasa aérea, en los distintos tratamientos.....	27

## RESUMEN

La década del '70 marco el despegue de la soja en el país, incrementándose paulatinamente la superficie del área sembrada, reemplazando a otros cultivos como el maíz, sorgo y girasol, hasta alcanzar su máximo desarrollo en los últimos años favorecida por los altos precios internacionales, el bajo costo de producción y la aparición de nuevos genotipos resistentes al herbicida glifosato. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la descompactación sobre la eficiencia del uso del agua en materia seca y rendimiento en soja. Se realizó un estudio en el departamento Juárez Celman, durante el ciclo agrícola 2010/11. El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con 2 repeticiones por tratamiento. Se cuantificó materia seca aérea en estadios de R<sub>1</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>7</sub>. Se evaluó el rendimiento y sus componentes directos (número y peso de granos). Se determinó la Eficiencia del uso de agua transpirada para biomasa total y para biomasa de granos. La materia seca aérea fue afectada por los tratamientos, en el estadio fenológico de R<sub>1</sub> no se observan diferencias en cuanto a la producción de hojas, pero sí de tallo. En los estadios fenológicos R<sub>5</sub> y R<sub>7</sub> la diferencia tanto en materia seca de hoja y tallo es a favor del tratamiento con descompactación agregando para el último estadio una mayor producción en materia seca de vainas producida. El rendimiento fue mayor para el tratamiento con descompactación profunda. La eficiencia de uso de agua fue modificada por el tratamiento con descompactación profunda.

**Palabras Claves:** Descompactación – Eficiencia del uso de agua – Rendimiento

## SUMMARY

The '70s marked the launch of soybeans in the country, gradually increasing the surface area planted, replacing other crops such as maize, sorghum and sunflower, reaching its peak in recent years benefited from high international prices the low cost of production and the emergence of new genotypes resistant to the herbicide glyphosate. The aim of this study was to evaluate the effect of subsoiling on water use efficiency and dry matter yield in soybeans. A study was conducted in the department Celman, during the season 2010/11. The experimental design was a randomized complete block design with 2 replications per treatment. Aerial dry matter was quantified in stages R1, R5 and R7. Direct yield and its components (number and weight of grains) was evaluated. Efficiency of the use of water transpired to total biomass and grain biomass was determined. Aerial dry matter was affected by the treatments in the phenological stage R1 no differences in leaf production was observed, but in regards to stem. In the phenological stages R5 and R7 difference in dry matter of both leaf and stem is in favor of treatment with descompactación adding to the last stage production increased pod dry matter produced. The yield was higher with deep decompaction. The water use efficiency was modified by treatment with deep decompaction.

**Key Words:** Decompacting - water use efficiency - Performance



## 1. INTRODUCCION

La región centro sur de la provincia de Córdoba pertenecía a un latifundio ganadero hasta mediados del siglo XX, cuando se produce una gran subdivisión de la tierra con la colonización del sector y la incorporación de la agricultura invernada (trigo, avena, lino y centeno). Posteriormente se incorporó el maíz que desplazó a los cultivos de invierno; en la década del '60 se introduce el girasol y en el '70 la soja (Cantú, 1998).

La década del 70 marcó el despegue del cultivo de soja en el país, debido a que comienzan a superarse de manera ininterrumpida los rendimientos de campañas sucesivas, así como también la superficie sembrada. Como consecuencia de este fenómeno se produce el auge exportador del complejo sojero. Entre los años 1977/1997 se presentó una etapa de creciente y sostenido desarrollo, favorecido por el aumento de la superficie cultivada, incorporación paulatina de tecnologías apropiadas (cultivares adaptados a cada ambiente particular, manejo cultural, mayor conocimiento de la fisiología del cultivo, manejo de plagas, etc.) que se obtuvieron como resultado de una constante investigación y transferencia de resultados por parte del sector investigador (Da Veiga, 2005).

Otro evento que ayudó a definir el establecimiento del cultivo de soja fue la aprobación en Argentina de la producción comercial de soja transgénica resistente a un herbicida, en 1996, y el desarrollo de nuevas técnicas de manejo de los cultivos, tal como la siembra directa. Estos acontecimientos fueron el motor de la expansión de la frontera agrícola, la que puede llamarse como la última “agriculturización” del campo argentino (SENASA, 2013).

Durante la campaña 2012/13 el cultivo de soja ocupó la mayor superficie sembrada del país superando las 20.000.000 ha, con una producción de 49,3 millones de toneladas. En la provincia de Córdoba durante la campaña 12/13 la superficie sembrada fue de 5.349.312 has con un rendimiento promedio de 2.489 kg ha<sup>-1</sup>, donde la misma representa 13 millones de toneladas de la producción nacional (BCCBA, 2014).

Inicialmente la expansión del cultivo de soja se realizó con sistemas de labranza convencionales, que dejaban el suelo descubierto y refinado, esto aceleró la degradación física y química de los suelos e incrementó las pérdidas por erosión. Posteriormente, fueron apareciendo técnicas de laboreo conservacionistas (labranza reducida, siembra directa, etc.) que remplazaron a las tradicionales (laboreo convencional), disminuyendo la degradación física y química de los suelos, aun en áreas con alta susceptibilidad a la erosión y/o degradación. Siendo el agua edáfica disponible el principal factor limitante de la producción de soja en la región, las normales o

frecuentes deficiencias hídricas se agravan en el caso de no emplearse sistemas de labranza reducida o conservacionista (Marelli, 1997).

Gudelj y Maseiro (2000) han encontrado que la utilización del sistema de siembra directa continua durante un periodo prolongado de tiempo, incrementa la densidad aparente del suelo en los primeros años, pero luego, los efectos tienden a revertirse debido probablemente a los incrementos de materia orgánica en esos primeros centímetros y a la actividad biológica que produce macroporosidad continua en este sistema.

Una de las principales causas de la compactación en el sistema de siembra directa es el tránsito de maquinarias. Después de evaluar el impacto de equipos de cosecha en condiciones de saturación hídrica, Indelangelo, *et al.* (2008) y Glamuzina (2008) encontraron que los contenidos hídricos elevados, sobre todo en suelos de textura fina, magnifican los efectos del tránsito. Además, estos autores concluyeron que al momento de realizarse el tránsito, a medida que aumenta el contenido hídrico del suelo, aumenta la densidad aparente (DAP) y la resistencia mecánica del suelo, pudiendo alcanzar valores restrictivos para el crecimiento de las raíces.

La compactación excesiva causada por el tránsito de maquinarias pesadas constituye un problema importante en suelos agrícolas de diversas regiones del mundo (Gupta y Allmaras, 1987; Hamza y Anderson, 2003; Spoor, 2006). La preocupación sobre el impacto negativo de la compactación excesiva se ha visto incrementada en los últimos años en la Argentina, en consonancia con la intensificación agrícola y la expansión geográfica de la siembra directa (Senigagliesi y Ferrari, 1993; Sasal *et al.*, 2006; Botta *et al.*, 2004; Álvarez *et al.*, 2009).

La Argentina ocupa el tercer lugar en el mundo en superficie (18 Mha) manejada bajo siembra directa (Derpsch, 2005). En este sistema de manejo, la compactación del suelo es causada por la alta intensidad de tránsito resultante del pasaje de los tractores utilizados en la protección de los cultivos y en la cosecha. Ello ocurre especialmente cuando estas operaciones son realizadas con el suelo húmedo y con alta presión en los neumáticos (Botta *et al.*, 2004).

En este sentido, los suelos Haplustoles de Córdoba con agricultura continua bajo siembra directa presentan fenómenos de compactación subsuperficial, con una disminución de conductividad hidráulica saturada (Ks) y debido a ello es conveniente emplear labores verticales profundas (paratill) que tiendan a la homogeneización del horizonte superficial (Rollan y Bachmeier, 2006).

En estudios llevados a cabo en la estación experimental del INTA Manfredi, en los cuales se establecieron curvas de agua infiltrada al suelo, se encontró una mayor precipitación efectiva

en la labranza mínima que en la convencional, comprobándose que está relacionado con el estado físico del suelo. Por otro lado, estudios realizados en la estación experimental del INTA Marcos Juárez sobre infiltración en distintos sistemas de labranza y cantidad de rastrojo permiten concluir que, en suelos descubiertos luego de una precipitación, la infiltración de agua es rápidamente limitada por el encostramiento superficial, por lo que las cubiertas de residuos son muy efectivas para mantener elevado el nivel de infiltración, lo que redundaría en un mayor porcentaje de humedad almacenada en el perfil del suelo, reduciendo las pérdidas por escurrimiento y evaporación. Estas mejoras en la captación y conservación del agua de lluvia permiten que al momento de la siembra se acumule una mayor humedad en el perfil (Marelli, 1997).

Alvarez *et al.* (2006) reportaron un importante efecto de la descompactación a 30 cm de profundidad (utilizando paratill) sobre la velocidad de infiltración del agua al momento de la siembra en suelos Argiudoles típicos con 6 años de siembra directa continua, aunque este efecto luego desapareció en el momento de cosecha de maíz por reconsolidación de las capas compactadas debido al tránsito de las maquinarias. Estos autores también encontraron que la disminución en la resistencia a la penetración se mantuvo hasta cosecha en el orden de un 41 %, y se observó un incremento en el rendimiento del 6,5 %.

Estudios realizados durante 14 años sobre el efecto de la rotación, las labranzas, el pastoreo de rastrojos y la fertilización sobre el suelo y la productividad agropecuaria de un suelo Hapludol típico, permitieron concluir que la distribución de poros por tamaño y la porosidad total se modifican en el tiempo hacia un nuevo estado de equilibrio, ya que a los 4 años no se observaron diferencias independientemente del rastrojo presente (Esposito, 2002), mientras que a los 7 años, se observó una disminución en los primeros cm del perfil (0-10cm), principalmente en rotación con pasturas y cuando se pastorean los rastrojos, donde dicho efecto estaría relacionado con el pisoteo (Parra, 2004). Comparando la conductividad hidráulica saturada ( $K_s$ ) a los 5 y a los 10 años de estudio entre las profundidades de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm en cada labranza permite mostrar que, en siembra directa se presentó un leve aumento; en labranza reducida el incremento es superior y en labranza convencional disminuyó. Si bien la conducción de agua en labranza reducida es más uniforme entre profundidades que la siembra directa y labranza convencional, no se ha observado, luego de 10 años de estudio, que los incrementos sean significativos entre los 10 y 20 cm de profundidad, lo que evidencia que no se ha logrado cambiar el estado de equilibrio del piso de labor inicial (Díaz, 2006).

Ensayos en maíz sobre la descompactación con escarificadoras tipo paratill en suelos Hapludoles y Argiudoles bajo siembra directa demostraron un aumento del 100 % de la

infiltración, sin embargo el rendimiento no se incrementó en todos los sitios (en 3 sitios de 6) donde se realizaron los ensayos (Bustingorri *et al.*, 2006).

El consumo de agua varía de acuerdo al sistema de labranza utilizado, en este sentido Oviedo (2005) determinó que en sistemas de labranza convencional con fertilización (LC) el consumo acumulado de agua a lo largo de todo el ciclo del cultivo es mayor que en la siembra directa, siendo también este sistema donde la soja alcanzó el mayor desarrollo del área foliar; Andriani (1997) sostuvo que casi toda el agua transpirada por un cultivo de soja pasa a través de los estomas ubicados en las superficies de las hojas, de manera que a medida que aumenta el área foliar, aumenta linealmente el consumo de agua por el cultivo para una misma demanda atmosférica.

El consumo o necesidad de agua del cultivo de soja depende de la demanda atmosférica (relacionado con la temperatura, radiación incidente, humedad relativa del aire y velocidad del viento), de la duración del ciclo del cultivo (a medida que el cultivo se alarga en su ciclo, aumenta la cantidad total de agua consumida) y del área foliar (aumentando el consumo de agua a medida que esta aumenta). Para la región de estudio las necesidades de agua de los cultivos de soja de primera y segunda varían entre 450 a 600 mm y entre 300 a 500 mm, respectivamente (Andriani, 2003).

Existe un periodo denominado crítico para la determinación del rendimiento durante el cual el estrés hídrico generado en este afecta marcadamente el rendimiento del cultivo (Andrade *et al.*, 1994). Ante el estrés hídrico las plantas de soja retrasan la floración, y las vainas generadas a partir de flores tardías tienen una mayor posibilidad de aborto (Sorlino *et al.*, 1995).

Cuando el estrés hídrico se produce durante la etapa fenológica de formación de vainas (R3 – R5), se afectan principalmente los procesos de generación y mortandad de frutos, mientras que ante un estrés hídrico en etapa fenológica tardía (R5 – R8), los componentes afectados son el número de vainas y el peso de los granos, siendo su efecto más notorio sobre el rendimiento (Kantolic *et al.*, 1995).

La intensificación agrícola ocurrida en la Argentina en los últimos años favoreció los procesos de degradación de los suelos, frecuentemente evidenciado en la compactación de los horizontes sub superficiales. En estas condiciones, las plantas poseen menor cantidad de raíces secundarias y menor materia seca radical total (Cerliani *et al.*, 2011).

El aumento de la resistencia mecánica del suelo va a restringir el crecimiento de las raíces a espacios de menor resistencia, tales como los que se ubican entre las estructuras (terrones), en

cavidades formadas por la fauna del suelo (lombrices) y en espacios que se producen por la descomposición de restos orgánicos gruesos (raíces muertas). Esta situación va a producir un patrón de crecimiento característico de raíces aplanadas, ubicadas en fisuras del suelo, con una escasa exploración del volumen total del suelo (Gavande, 1973).

Otros estudios en suelos compactados demuestran que las raíces que encuentran mayor resistencia mecánica tienden a crecer menos y a ser más finas y con más ramificaciones laterales que en suelos no compactados (Materechera *et al.*, 1991).

Adicionalmente, se ha demostrado que la compactación del suelo es dañina, cuando ocurre en los primeros 50 cm de la superficie del suelo, donde ocurre el mayor crecimiento radical de las plantas (Foster y Blaine, 1978). Cuando el suelo es compactado, se reduce o se destruye el sistema de macroporos, los cuales son importantes para el movimiento del agua y el aire en el suelo y sin ellos se presentan condiciones anaeróbicas en la etapa de crecimiento. Al ocurrir condiciones anaeróbicas en el suelo, se reduce el oxígeno disponible y como consecuencia la reducción en la desnitrificación, la pérdida de nutrientes en las raíces y cambios en el metabolismo de las plantas.

Ha sido suficientemente documentada la influencia negativa que ejerce la compactación excesiva sobre la emergencia de las plántulas, la exploración radical, la producción de biomasa y los rendimientos de los cultivos (Glinski y Lipiec, 1990; Hamza y Anderson, 2003; Sadras *et al.*, 2005).

Dentro de los procesos de degradación producidos se encuentra la compactación del suelo. Las plantas que crecen bajo suelos compactados poseen menor cantidad de raíces secundarias y menor materia seca radical total que las que crecen bajo condiciones controladas (Panayiotopoulos *et al.*, 1994). La descompactación, por medio de implementos como por ejemplo Paratill, puede ser una importante práctica para contribuir a solucionar el problema (Jarvis *et al.*, 1986). Numerosos trabajos en suelos compactados, han reportado aumentos en los rendimientos de los cultivos luego de efectuar una labranza vertical profunda por mayor desarrollo radical (Clark y Humpreys, 1996).

La remoción mecánica de capas compactadas mediante el uso de implementos descompactadores o escarificadores (para-till; paraplow, cultivie) ha tomado creciente difusión en el mundo (Evans *et al.*, 1996; Hamza y Anderson, 2003; Spoor, 2006; Jin *et al.*, 2007). En Argentina la experiencia es más limitada y no siempre fue llevada a cabo con suelos manejados con siembra directa, o con un cultivo sensible como soja (Díaz Zorita, 2000; Ferraris, 2004; Botta *et al.*, 2004). En todos estos trabajos se muestran descensos significativos de la resistencia

del suelo a causa de la descompactación, pero se sabe poco acerca de su perdurabilidad y sobre su impacto sobre el rendimiento de los cultivos.

Los antecedentes sobre el efecto de la descompactación sobre los cultivos son variables. Botta *et al.* (2004) hallaron 24,5% de incremento del rendimiento del cultivo de girasol en un Haplustol Éntico de la provincia de La Pampa. En el sur de Australia, con precipitaciones anuales de 273 mm, Sadras *et al.* (2005) hallaron incrementos entre 0 y 43% en el rendimiento del trigo debido a la descompactación. En un trabajo previo, Álvarez *et al.* (2006) observaron mejoras de rendimiento de maíz en el 50% de los seis sitios de la Pampa Ondulada en los que trabajaron. En la región Sur de Córdoba, Cerliani *et al.* (2011), encontraron incrementos en el rendimiento de soja de 300 kg ha<sup>-1</sup> por efecto de la descompactación.

Por el contrario, otros autores no encontraron beneficios directos como consecuencia de la descompactación. En el nordeste de China, Jin *et al.* (2007) no observaron diferencias significativas a favor de la descompactación en siembra directa en los rendimientos de cultivos de trigo y maíz a lo largo de 10 años. A nivel local, en una evaluación en el sur de Santa Fe, Ferraris (2004) atribuyó la falta de respuesta del maíz a la descompactación a la buena condición hídrica de la campaña.

Estos antecedentes muestran que el impacto de la descompactación sobre los rendimientos varía en función de las condiciones físicas edáficas, la estación de crecimiento, el cultivo, el manejo, y las condiciones climáticas. Por lo tanto debe evaluarse a nivel regional sobre suelos con problemas de compactación bien definidos.

## **1.2 HIPÓTESIS**

La compactación subsuperficial encontrada en suelos Haplustoles típicos del sur de Córdoba, trabajados con siembra directa continua, afecta el aprovechamiento del agua edáfica por el cultivo de soja.

Mediante el uso de herramientas tipo descompactadora, se descompacta dicha capa, encontrada entre los 15 cm hasta los 30 cm de profundidad, provocando un aumento de la producción de granos en el cultivo de soja implantado.

## **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto generado por la descompactación a 30 cm de profundidad en Siembra Directa sobre el consumo de agua y la productividad en soja.

## **1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO**

- Determinar la dinámica temporal del agua en el suelo en prácticas de Siembra Directa y Siembra Directa más descompactación.
- Evaluar la eficiencia del uso del agua en el cultivo para producción de materia seca y grano.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 SITIO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó durante la campaña 2010/2011, en el campo del Sr. JORGE R. MALATINI, ubicado 7 km al Nor-oeste de la localidad de General Deheza, Departamento Juárez Celman ( $32^{\circ}42'07''$  S;  $63^{\circ}49'26''$  O) (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de la localidad de General Deheza y del sitio experimental.

La región donde se realizó la experiencia se caracteriza por presentar una condición climática subhúmeda con estación seca en los meses de invierno, corresponde a un régimen monzónico, donde las mayores precipitaciones ocurren en los meses de verano. Esta zona se caracteriza por poseer un desequilibrio hídrico negativo entre la demanda de agua (ETP) y los aportes del suelo y la precipitación, registrándose los valores máximos de deficiencia (68 mm/año) en el trimestre estival (INTA Manfredi, 1991).

El régimen térmico, para esta región es templado donde no se registran grandes amplitudes térmicas anuales. El periodo libre de heladas es de 191 días, siendo el 21 de mayo la fecha media de primera helada y el 11 de septiembre la media de las últimas heladas, ambas fechas pueden adelantarse o atrasarse en 15 o 20 días (INTA Manfredi, 1991).

Topográficamente se encuentra en un relieve plano con gradientes del 0,5% y una altitud de 350 msnm. Los suelos se originaron sobre un sedimento de origen eólico, de textura franca arenosa. La textura correspondiente es franco arenoso. El suelo correspondiente de la zona es un Haplustol típico (Cuadro 1). Donde el horizonte superficial (Ap + A12) tiene 22 cm de espesor, escasamente provisto de materia orgánica. Estos suelos presentan las limitantes climáticas naturales del área (EEA Manfredi, 1991).



**Cuadro 1.** Descripción del perfil de suelo típico de la serie General Deheza, donde fue realizada la experiencia.

<b>Horizonte</b>	<b>Ap</b>	<b>Al2</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>Cca</b>
<b>Profundidad (cm)</b>	0-10	010 - 022	022 - 049	049 - 078	78 a +
<b>Materia Orgánica (%)</b>	1,71	1,89	1	0,5	-
<b>Arcilla &lt; 2<math>\mu</math> (%)</b>	15,4	16	17	12,1	11,3
<b>Limo 2-50 <math>\mu</math> (%)</b>	48,6	48	44,1	46,6	48,1
<b>Arena 50-1000 <math>\mu</math> (%)</b>	35,1	34,8	37,2	39,8	39,2
<b>pH</b>	5,8	5,9	6,9	7,5	8,6

*Fuente: Carta de suelo, serie General Deheza.*

En el perfil de suelo bajo estudio se observó una capa compactada, correspondiente a un piso de arado, formado por el continuo laboreo realizado con este implemento en las décadas anteriores. La capa de compactación fue encontrada desde los 15 cm hasta los 30 cm de profundidad (Figura 2). Lo cual se evaluó a través de un penetrometro de impacto, según la siguiente metodología:

A- Colocar el penetrometro en posición bien vertical en el punto a determinar la resistencia.

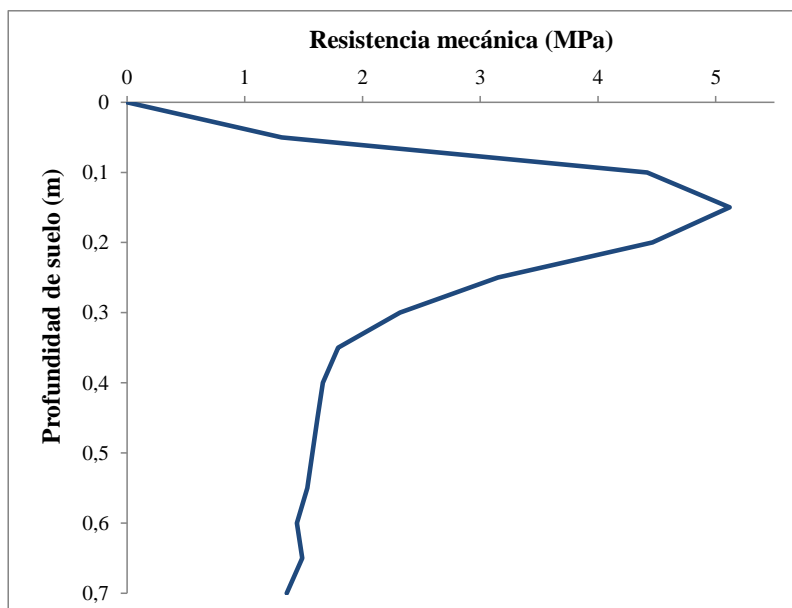
B- Dejar caer en caída libre la pesa desde la parte superior hasta el punto de impacto.

C- Repetir ésta acción contando el N° de golpes necesarios para que el penetrometro se

Introduzca 5 cm. en el suelo (1<sup>ra</sup> raya).

D- Anotar en la planilla el N° de golpes.

E- Reiterar el punto C- hasta alcanzar los 40 cm. profundidad.



**Figura 2.** Resistencia mecánica del suelo (MPa) en función de la profundidad del mismo.

El ensayo se realizó en una superficie de 4 ha en total, las cuales se dividieron en 4 parcelas de una hectárea cada una. El diseño estadístico fue en bloques completamente aleatorizados, con 2 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos a evaluar fueron:

- Descompactado.
- Sin descompactar.

En el tratamiento Descompactado se realizó una descompactación profunda, con una herramienta “tipo reja cero” (paratill) a los 30 cm de profundidad, previo a la siembra el día 10/10/2010 (44 días antes de siembra).

La semilla utilizada fue una variedad de Nidera 5009, con un 89% de PG y con un 80% de EG, la cual fue tratada con Nitragin Optimize Full. El mismo se utilizó para mejorar la fijación biológica de nitrógeno, promueve el crecimiento vegetal y brinda la máxima protección a la semilla. Está compuesto por bacterias de la especie *Bradyrhizobium japonicum* y el agregado de moléculas naturales bioactivas mejoradoras del crecimiento vegetal, Thiram 35% + Carbendazim 15%. Se utilizó en una dosis de 320 ml del producto cada 50 kg de soja.

Se realizó una fertilización al momento de la siembra utilizando Fosfato Simple de Calcio (0 – 20 – 0), en una dosis de 140 kg. ha<sup>-1</sup>. La dosis fue elegida en base a la extracción de fósforo necesaria para alcanzar un rendimiento de 4000 kg. ha<sup>-1</sup>.

La siembra se llevó a cabo el día 24/11/10, con una distancia entre líneas de 52 cm y una densidad de plantas de 290.000 plantas ha<sup>-1</sup>, la cantidad de plantas emergidas fue de 260.000 plantas h<sup>-1</sup>.

El cultivo se mantuvo libre de malezas e insectos mediante controles químicos y/o mecánicos para brindar las mejores condiciones de crecimiento y para que no afecten la variable en estudios.

## 2.2 MEDICIONES

### 2.2. a Clima:

Se registrarón la temperatura del aire media diaria y las precipitaciones mediante la estación agrometeorológica LI-COR LI-2000, perteneciente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC, ubicada en el campo de Malatini Héctor, en la localidad de General Deheza, provincia de Córdoba, a 15 km de distancia de donde se realizó el trabajo.

### 2.2.b Determinaciones de suelo:

- Grado de cobertura con rastrojo en superficie:

Se determinó mediante el método de la línea transecta, que consiste en medir cada 0,1 m en 10 m lineales la cantidad de intersecciones con rastrojo superficial (Eck *et al*, 1994). Se tomaron 3 muestras en cada parcela.

- Peso específico aparente:

Se realizó en cada horizonte y en los horizontes genéticos del suelo representativo del ensayo mediante cilindros de 3 cm de alto y 6 cm de diámetro, recolectando 3 muestras en cada capa u horizonte. Este método consistió en extraer la muestra de suelo con un extractor y luego se llevaron dichas muestras a estufa hasta peso constante.

Con el peso seco y el volumen del cilindro ya conocido, se determinó el peso específico aparente mediante la ecuación I:

$$P.E.A \text{ (Mg. m}^{-3}\text{)} = PSS \text{ (Mg)} / Vol \text{ (m}^3\text{)} \quad [I]$$

Dónde: P.E.A: peso específico aparente; PSS: peso seco del suelo; Vol.: volumen

- Humedad gravimétrica:

La misma se determinó a la fecha de siembra y en los estadios fenológicos de  $V_{2,3}$ ,  $V_6$ ,  $R_5$ ,  $R_8$  (madurez plena), a distintas profundidades (0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm, 80-100 cm). Se tomaron muestras compuestas (2 en el entresurco y 1 sobre el surco). Luego fueron llevadas a estufa de secado con aire forzado a 105 °C hasta peso seco constante.

- Lámina de agua:

Los valores de humedad gravimétrica fueron transformados en lámina de agua por capa según Forsythe (1980) a partir de la ecuación II:

$$\text{Lámina (mm)} = Hg \times PEA \times E \quad [\text{II}]$$

Dónde: Hg: Humedad gravimétrica; PEA: peso específico aparente; E: espesor del horizonte.

- Agua útil:

Los valores de agua útil fueron calculados a través de la diferencia de lámina de agua antes calculada y lámina de agua a PMP a partir de la ecuación III:

$$\text{Agua Útil (mm)} = L - L \text{ PMP} \quad [\text{III}]$$

Dónde: L: lámina de agua por capa; L PMP: lámina de agua a PMP por capa.

### 2.2.c Mediciones en el cultivo:

- Fenología del cultivo:

Se determinaron los estados fenológicos del cultivo según Ferh y Caviness (1977). Se realizaron las mediciones del cultivo en los siguientes estados fenológicos:  $V_e$ ,  $V_4$ ,  $V_6$ ,  $R_3$ ,  $R_5$ ,  $R_6$ , y  $R_8$ .

- Materia seca total de la parte aérea:

Se tomaron 4 muestras por parcela, de 3 plantas cada una. Las plantas a seleccionar, fueron aquellas que presenten la misma altura y que no falte ninguna planta en la misma línea, ni en las líneas de los costados, encontrándose así en competencia perfecta. Las plantas tomadas

en cada muestra fueron secadas en estufa a 80 °C hasta llegar a peso constante. Las muestras se realizaron a partir de los estados fenológicos de R<sub>1</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>7</sub>.

- Cobertura Vegetal:

Se estimó durante los estadios R1, R5 y R7 mediante fotografías digitales. Se tomaron dos fotos por tratamiento y por repetición, la altura de captura fue de 1,5 m, en una superficie aproximada de 0,70 m<sup>2</sup> posteriormente fueron procesadas mediante el software SisCob, que a través de técnicas de inteligencia artificial Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA, University of Waikato, New Zealand) implementa una red neuronal artificial del tipo perceptrón multicapa (MLP) que permite crear una aplicación dinámica para el estudio de la cobertura del suelo por medio de reconocimiento de patrones.

Para construir el clasificador de imágenes de la red neuronal supervisada, necesita un conjunto de datos de entrada previamente clasificado o cuya respuesta objetivo se conoce. Aquí es necesario determinar las clases de los patrones y los patrones propiamente dichos. En esta etapa, a través de las ventanas de selección, se determinan los patrones de cada clase, guiados por diferentes tonos de color en la imagen. Una vez definidos los patrones se crea la red neural, se la carga y se la utiliza para clasificar las imágenes.

- Eficiencia del uso de agua:

Se determinó la eficiencia de uso de agua transpirada para biomasa total y para biomasa de granos (EUA<sub>t</sub>), mediante la ecuación [IV]:

$$EUA_t = \text{BIOMASA} / T \quad [IV]$$

Donde T es la transpiración.

Esta determinación se realizó para biomasa total, entre cada etapa de desarrollo fenológico analizado.

También se determinó eficiencia del uso de agua evapotranspirada para biomasa total y para biomasa de granos (EUA<sub>ET</sub>) mediante la ecuación [V]:

$$EUA_{ET} = \text{BIOMASA GRANOS} / ET \quad [V]$$

Donde ET es evapotranspiración.

Esta determinación se realizó para biomasa total, entre cada etapa de desarrollo fenológico analizado.

- Rendimiento y componentes:

La cuantificación de la producción de granos se realizó mediante cosecha mecánica. Se evaluó el componente del rendimiento peso de los 1000 granos. Realizada la cosecha, se tomaron cuatro muestras de cada parcela para luego hacer humedad y peso de las 1000 semillas.

En cada parcela se realizó cuatro mediciones de 1,92 m lineales en representación de 1 m<sup>2</sup>, y se evaluó el número de granos m<sup>2</sup>.

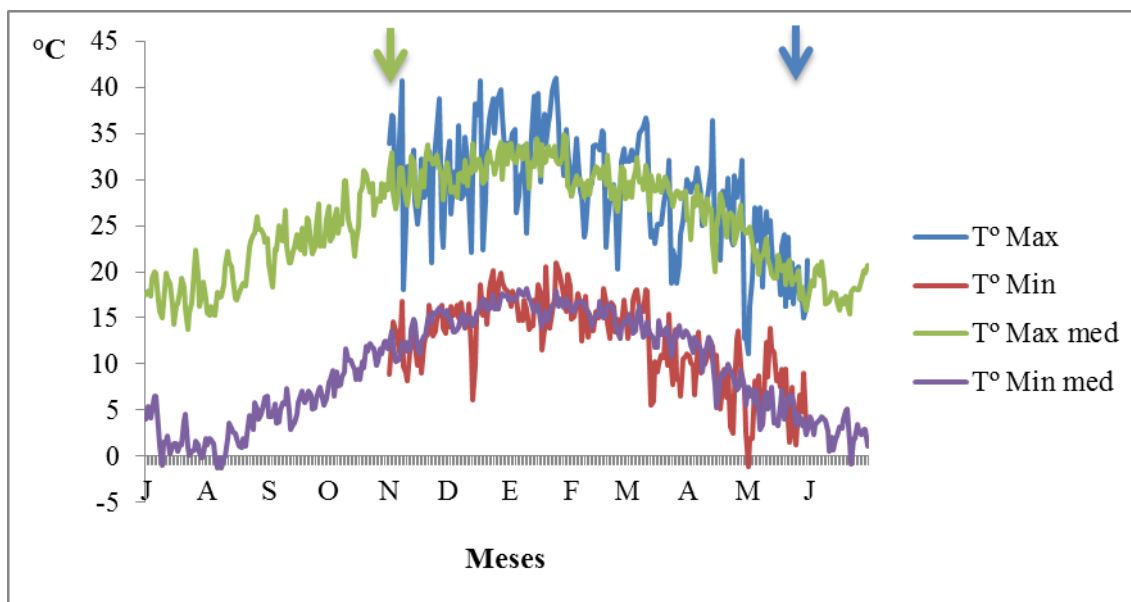
### **2.3 ANALISIS DE DATOS**

Todos los resultados fueron analizados según el ANAVA y la comparación de medios mediante el test LSD al 5% de probabilidad y análisis de regresión lineal. Para la obtención de los análisis estadísticos se utilizó el programa INFOSAT versión 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2011).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 DESCRIPCIÓN METEOROLÓGICA

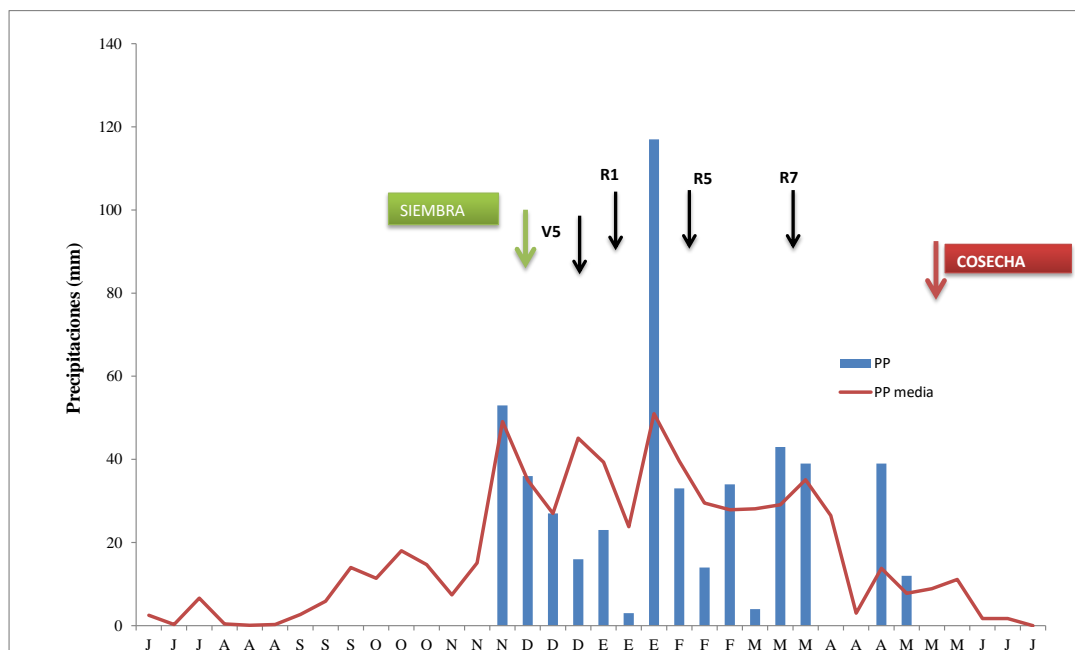
Durante la estación de crecimiento del cultivo, que comprende desde noviembre del 2010 a mayo del 2011, se registraron las temperaturas medias y las precipitaciones obtenidas para la localidad de General Deheza, las mismas son indicadas en la Figura 3 y 4 respectivamente.



**Figura 3.** Temperaturas máximas (línea azul) y mínimas (línea roja) y temperaturas medias máximas (línea verde) y mínimas (línea violeta) para la zona de General Deheza. La flecha de color verde indica la fecha de siembra del cultivo y la flecha de color azul indica la fecha de cosecha.

En la Figura 3 se pueden observar que las temperaturas máximas se encuentran por encima de los valores normales (31°C) para la zona durante el periodo que comprende desde enero hasta febrero, comprendiendo el estadio fenológico de R<sub>1</sub>, R<sub>5</sub> respectivamente y entre abril (R<sub>7</sub>) hasta la segunda semana del mes de mayo (Cosecha), cabe señalar que el rango de las temperaturas óptimas para el crecimiento y desarrollo para el cultivo de soja se encuentra entre los 20 - 32 °C (Baigorri 2000) y por ello se puede interpretar que la temperatura máxima no afectó el normal crecimiento y desarrollo del cultivo.

En cuanto a las temperaturas mínimas, las mismas fueron inferiores a la temperatura mínima media en el periodo comprendido entre mediados de marzo hasta principio de mayo, correspondiendo al estadio fenológico de R<sub>7</sub> a cosecha respectivamente, por lo que no afecta al desarrollo y crecimiento por encontrarse en estadio avanzado.



**Figura 4.** Precipitaciones decádicas (mm) durante el periodo de crecimiento del cultivo (barras azules) y precipitaciones decádicas medias para la zona de General Deheza (línea roja). Las flechas negras indican los distintos estadios fenológicos del cultivo en donde se realizaron las observaciones, mientras que la flecha de color verde indica la fecha de siembra del cultivo, y la flecha de color azul indica la fecha de cosecha.

En la Figura 4, se puede apreciar que las precipitaciones, desde el momento de siembra y hasta la segunda década de diciembre, fueron similares a los registros medios del periodo (2004/10).

Desde mediados de diciembre hasta mediados enero las lluvias estuvieron un 49% por debajo de la media, afectando el crecimiento del cultivo, el mismo se encontraba en estadio fenológico de  $V_5 - R_1$ . En este sentido Andrade *et. al.* (2002) describen que la producción de biomasa de un cultivo sometido a un estrés hídrico puede disminuirse, debido a una reducción de la interceptación de la radiación (consecuencia de una menor tasa de expansión de hojas y/o de una mayor senescencia foliar) y/o una disminución en la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa (debido a la caída de la tasa fotosintética por la unidad de área foliar).

En la tercera década de enero el registro de precipitaciones fue un 57% superior a la normal, en este periodo el cultivo se encontraba en el estadio  $R_4$ , momento en el cual comienza el periodo crítico para la determinación del rendimiento de este cultivo.

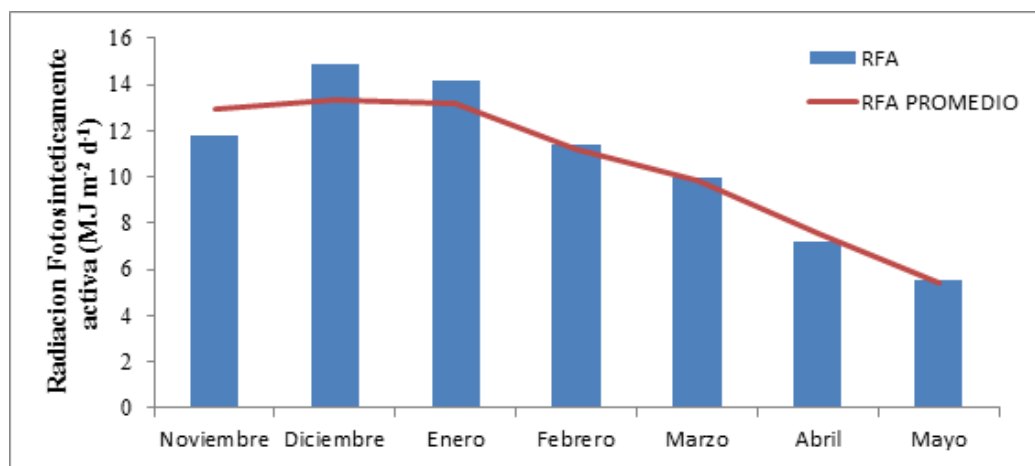
En los meses posteriores a enero las precipitaciones fueron similares a las medias, excepto en abril en el cual no se registraron lluvias importantes, sin embargo esto no fue relevante para el cultivo ya que el mismo había alcanzado su madurez fisiológica ( $R_8$ ) a inicios de este mes.

En síntesis las precipitaciones ocurridas en las distintas etapas del cultivo fueron las siguientes: desde Siembra a  $R_1$  fueron 155 mm; para el periodo de  $R_1$  a  $R_5$  la suma fue de 139 mm; de  $R_5$  a



R<sub>7</sub> fue de 109 mm. La producción está relacionada significativamente con la distribución y cantidad de precipitación ocurrida. Las fluctuaciones, tanto en cantidad como en distribución, originan períodos con deficiencias hídricas, los cuales pueden ser atenuados parcial o totalmente por la reserva hídrica del suelo (Faraldo, *et al.*, 2011).

La radiación solar fotosintéticamente activa incidente durante el periodo de crecimiento del cultivo se presenta en la Figura 5.



**Figura 5.** Radiación fotosintéticamente activa incidente, valor medio mensual ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ ), durante el periodo de crecimiento del cultivo (barras azules) y radiación fotosintéticamente activa incidente promedio mensual de la zona de General Deheza (línea roja).

Como se puede apreciar en la Figura 5, la radiación fue superior en los meses de diciembre y enero en comparación con la RFA promedio para la zona. En los demás meses del periodo bajo análisis, la RFA fue similar a los valores medios registrados para la zona.

### 3.2 COBERTURA DE SUELO PREVIO A LA DESCOMPACTACIÓN

En el Cuadro 2, se presentan los valores de cobertura para cada tratamiento bajo estudio. Los resultados indicaron que la labor de descompactación generó una disminución de la cobertura de rastrojo del orden del 10 %, lo cual evidencia que es una herramienta diseñada para no disminuir la cobertura de rastrojo.

**Cuadro 2.** Grado de cobertura de suelo (%), posterior a la labor, en los diferentes tratamientos evaluados.

TRATAMIENTO	COBERTURA DE RASTROJO (%)
SIN DESCOMPACTAR	82.17 A
DESCOMPACTADO	72.67 B
R <sup>2</sup>	0,92
CV	2,24

En columnas letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). Donde letras distintas (A y B) muestran diferencia significativa.

### 3.3 FENOLOGIA

La fecha de ocurrencia de los estadios fenológicos se presentan el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Estadios fenológicos, fecha de ocurrencia, días entre cada periodo y duración total del ciclo del cultivo de soja.

ESTADO FENOLOGICO	FECHA	DIAS ENTRE PERIODO	DIAS ACUMULADO
SIEMBRA	24/11/2010	0	0
EMERGENCIA	29/11/2010	5	5
V4	23/12/2010	24	29
R1	9/1/2011	17	46
R5	3/2/2011	24	70
R7	19/3/2011	16	86
COSECHA	12/5/2011	54	140

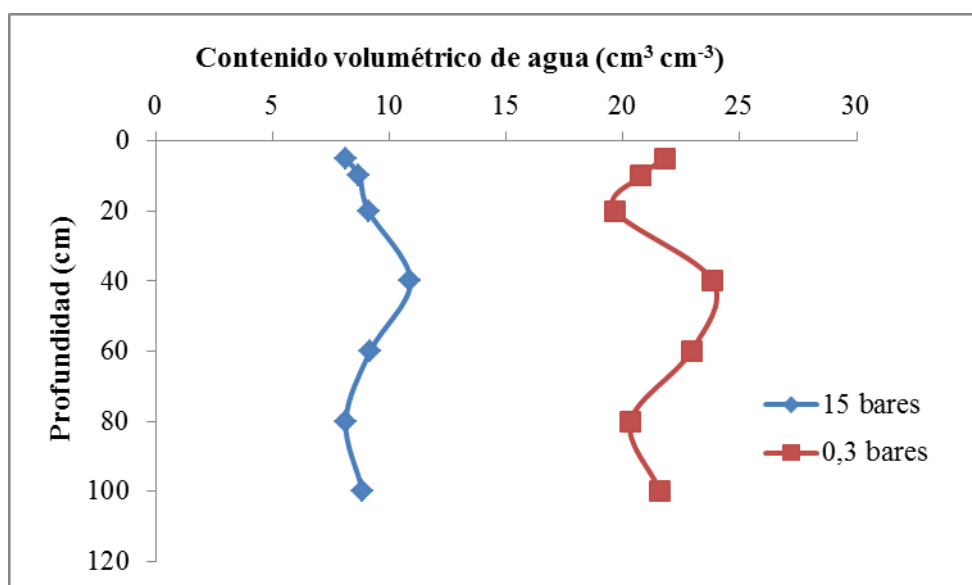
V4, R1, R5, R7; estados fenológicos de 4 hojas verdaderas, floración inicio llenado de grano y madurez fisiológica de soja, respectivamente, según escala Fehr y Caviness (1977).

Se puede observar que el ciclo del cultivo fue de 140 días (siembra a cosecha), mientras que el catalogo indica 151 días. El periodo de floración ocurrió a los 46 días de sembrado el cultivo, similar al catálogo de semilla en donde indica 41 días (Nidera S.A, 2010). Las modificaciones en la duración en días del ciclo puede ser explicada por las temperaturas ocurridas durante el periodo de desarrollo de la soja, ya que como se observa en la Figura 3, estas estuvieron por encima de la normal, satisfaciendo los requerimientos térmicos para el desarrollo del cultivo más rápidamente.

La cosecha se realizó el 12/5/2011, el contenido de humedad del grano era de 13 %, cuando se encontraba en condiciones para la cosecha se registraron precipitaciones la que obligó al retraso de la misma hasta la fecha indicada anteriormente.

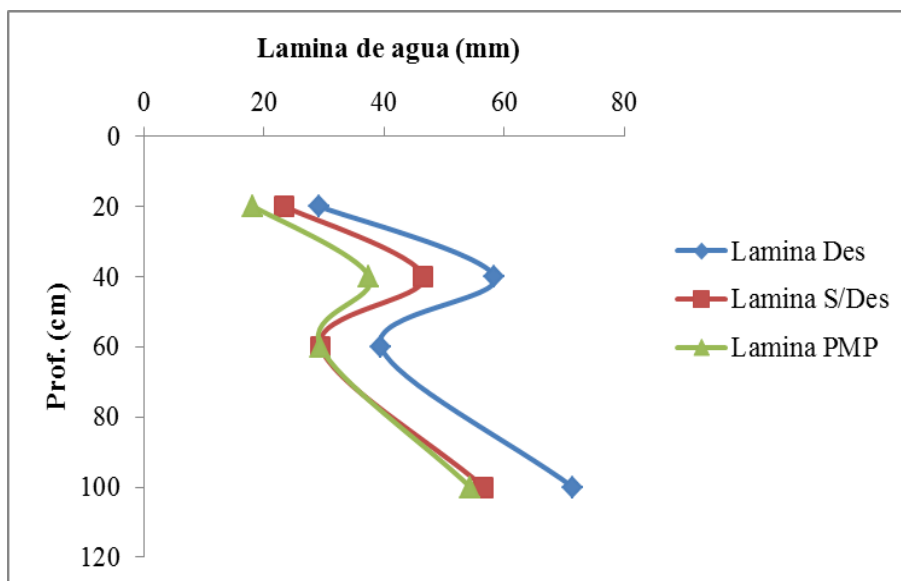
### 3.4 CONENIDO DE AGUA UTIL Y LÁMINA DE AGUA EN EL PERFIL DEL SUELO

El contenido volumétrico de agua del suelo a capacidad de campo (CC: 0,3 bares) y punto de marchitez permanente (PMP: 15 bares), a distintas profundidades, se presentan en la Figura 6.

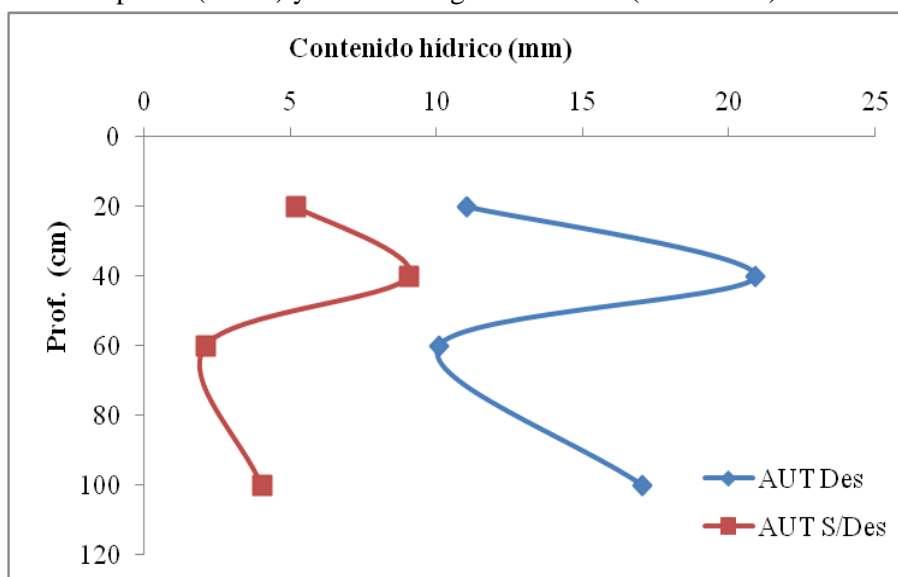


**Figura 6.** Contenido volumétrico de agua del suelo a capacidad de campo (línea roja) y punto de marchitez permanente (línea azul), a distintas profundidades, para el suelo bajo estudio.

La disponibilidad de lámina de agua (LA) y de agua útil (AUT) al momento de la siembra, hasta los 100 cm de profundidad, se presentan en la Figura 7 y 8, respectivamente.



**Figura 7.** Lámina de agua (mm) al momento de la siembra para el tratamiento descompactado (Des) y sin descompactar (S/Des) y lámina de agua en el PMP (línea verde).



**Figura 8.** Agua útil al momento de la siembra (mm) para el tratamiento descompactado (Descompactado) y sin descompactar (Sin Descompactado).

Se observaron diferencias estadísticas significativas en la lámina de agua entre los diferentes tratamientos, siendo mayor para el tratamiento descompactado. Además, también se aprecia que desde los 60 cm de profundidad en tratamiento sin descompactar los valores encontrados estuvieron muy cercanos al PMP (Figura 7). Estas diferencias pueden ser debidas a cambios en la tasa de infiltración y en la redistribución del agua en el perfil del suelo causadas principalmente por el cambio en las condiciones de porosidad como consecuencia de su descompactación (Sadras *et al.*, 2005).

En el Cuadro 4 se presentan los valores de lámina de agua en distintos momentos del cultivo, en las distintas profundidades, donde se puede apreciar que en ningún estadio se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con y sin descompactar.

Estos resultados fueron coincidentes con los hallados por Alvarez *et al.* (2009) quienes trabajaron en Argiudoles, no encontraron diferencias significativas en la acumulación de agua en el suelo, por efecto de la labor de descompactación, atribuyendo estos resultados a las condiciones no limitantes de precipitaciones en la campaña evaluada.

**Cuadro 4.** Lámina de agua en distintos momentos del cultivo, en las distintas profundidades.

		Estadio					
		V4-V5		R1		R5	
		D	S/D	D	S/D	D	S/D
Profundidad	15	38,04	38,9	19,75	16,87	75,41	39,23
	25	62,75	62,28	43,2	29,4	45,82	59,86
	20	43,3	50,09	25,12	26,43	34,02	36,56
	40	99,77	73,21	57,06	50,59	61,51	53,54
DMS		18,36731		18,89674		58,57408	
p (Valor)		0,2523		0,2138		0,5951	

DMS, diferencia mínima significativa. D, descompactado. SD, sin descompactar.

En el Cuadro 5 se presentan los valores de agua útil en distintos momentos del cultivo, donde no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de descompactación.

En el primer estadio evaluado, la ausencia de diferencias entre ambos tratamientos, pudo deberse a que las abundantes precipitaciones ocurridas previamente recargaron el perfil en ambas condiciones, además debe considerarse que durante los estadios iniciales del cultivo el consumo de agua es bajo (Andrade *et al.*, 2002). Por el contrario, las escasas lluvias registradas entre V5 y R1 tampoco permitieron detectar diferencias en esta etapa. Finalmente las abundantes precipitaciones registradas durante la última década de enero generaron similares valores de humedad (Figura 4).

**Cuadro 5.** Agua útil en distintos momentos del cultivo, para las distintas profundidades.

		Estadio					
		V4-V5		R1		R5	
		D	S/D	D	S/D	D	S/D
Profundidad	15	19,88	20,74	1,59	0	14,38	21,07
	25	25,23	24,77	10,38	0	8,3	22,35
	20	13,92	20,71	0	0	4,63	9,22
	40	45,38	18,78	2,8	0	7,12	1,16
DMS		18,356		13,093		16,015	
P (Valor)		0,2512		0,2243		0,1960	

DMS, diferencia mínima significativa. D, descompactado. SD, sin descompactar.

### 3.5 MATERIA SECA AEREA PARTICIONADA

En el Cuadro 6 se observa la materia seca producida en los distintos órganos de la planta en diversos estadios fenológico de R<sub>1</sub>, R<sub>5</sub> y R<sub>7</sub>.

Mediciones realizadas en el cultivo de soja, indicaron que la producción de biomasa aérea medida en el estadio fenológico V2 (dos hojas verdaderas completamente desplegadas), no fue afectada estadísticamente por la fertilización ( $p=0,21$ ), la descompactación ( $p=0,20$ ), ni por la interacción entre ambos factores ( $p=0,17$ ). Sin embargo, se observó una tendencia a producir una mayor biomasa en los tratamientos con descompactación y fertilización (Cerliani, 2011). Es factible que esta tendencia se atribuya a un mejor crecimiento radical que posibilita una mayor absorción de agua y nutrientes (Passioura, 2002; Giardinieri *et al.*, 2004).

**Cuadro 6.** Producción de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>), en los distintos órganos de la planta para los estadios fenológicos de R1, R5 y R7.

Tratamiento	R1		R5		R7		
	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Vaina
<b>D</b>	1240,50a	1061,10a	2884,90a	3065,20a	1301,80a	3425a	5465,40a
<b>SD</b>	1027,40a	839,40b	2035,12b	2134,20b	1444,30a	2259b	4401,00b
<b>DMS</b>	217,06	159,041	505,95	454,32	419,70	125,087	566,95
<b>Valor p</b>	0,053	0,0100	0,0034	0,0007	0,4763	0,0001	0,0014
<b>C.V</b>	17,72	15,49	17,91	16,18	28,30	4,07	10,64

En columnas letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ). D, descompactado. SD, sin descompactar. DMS, diferencia mínima significativa.

En el estadio de R1 no se encontraron diferencias significativas en la producción de materia seca aérea de hojas, mientras que la producción de tallos difirió estadísticamente entre ambos tratamientos, siendo superior en el tratamiento descompactado. En R5, tanto la producción de hojas como la de tallos, fue estadísticamente superior en el tratamiento descompactado, en este caso hubo 41 y 43 % más de materia seca en hojas y tallos, respectivamente. Estos resultados coinciden con los propuesto por Cerliani (2011), Passioura (2002) y Giardinieri *et al.* (2004), quienes encontraron que la descompactación, al disminuir la densidad del suelo, mejora crecimiento radical favoreciendo la absorción de agua y nutrientes y con ello se incrementa la producción de biomasa.

En lo que respecta al estadio de R7 se observó que la biomasa producida de hojas, no difirió estadísticamente entre los tratamientos, lo cual podría deberse a que en este estado la producción de las hojas se encuentra detenido, y están en senescencia por lo que no hay una

diferencia significativa entre los tratamientos. En cuanto a los tallos se observaron diferencias significativas a favor del tratamiento con descompactación, debido a que estas estructuras vegetativas quedan sujetas a la planta, debido a que no se desprenden y caen como lo hacen las hojas.

La producción de biomasa de vainas por m<sup>2</sup> fue estadísticamente superior en el tratamiento descompactado. Una mayor producción de vainas se traduce en un mayor número de granos por m<sup>2</sup>, elevando de esta forma el componente más importante del rendimiento (Kantolic, *et al.*, 2003).

Ante la disminución de limitantes edáficas, como la compactación, el cultivo de soja crece con una mayor oferta hídrica y nutricional lo cual favorece el crecimiento foliar, la captación de radiación solar y su conversión en biomasa (Muchow y Davies, 1988; Uhart y Andrade, 1995). Cuando estas condiciones ocurren durante el periodo crítico para la determinación del rendimiento se incrementa el número de granos y con ello el rendimiento (Novoa y Loomis, 1981; Aluko y Fischer, 1987; Andrade *et al.*, 1996).

### 3.6 COBERTURA VEGETAL

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de la cobertura vegetal en los distintos estadios. Se puede apreciar que en los estadios R1 y R5 la tendencia del porcentaje de cobertura fue mayor en los tratamientos con descompactación. Demostrando un mayor crecimiento del cultivo coincidente con los datos obtenidos en la producción de materia seca.

En R7 y a diferencia de lo evaluado en los estadios anteriores, el tratamiento sin descompactación presenta en esta etapa un mayor porcentaje de cobertura. Esto podría deberse a que el cultivo en el tratamiento con descompactación presentó mayor senescencia de hojas para esta etapa.

**Tabla 7.** Cobertura vegetal (%) en distintos estadios de soja con y sin descompactación subsuperficial.

	<b>D</b>	<b>SD</b>	<b>D</b>	<b>SD</b>
	(%)	(%)	(%)	(%)
<b>R1</b>	61	44	65	46
<b>R5</b>	87	75	84	72
<b>R7</b>	34	53	42	64

D, descompactado. SD, sin descompactado. R1, R5, R7, estadio fenológico de la soja (2010/11)

### 3.7 RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES

En el Cuadro 8, se presenta el rendimiento y sus componentes para ambos tratamientos.

**Cuadro 8.** Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), número de granos ( $\text{granos m}^{-2}$ ) y peso de 100 granos (g) para los tratamientos descompactado y sin descompactar.

<b>Tratamiento</b>	<b>Rendimiento (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>)</b>	<b>Peso 1000 Semillas (gr)</b>	<b>Nº granos (<math>\text{granos m}^{-2}</math>)</b>
<b>Descompactado</b>	3812 a	176,07 a	2167,49 a
<b>Sin Descompactar</b>	3484 b	170,07 b	2029,54 b
<b>DMS</b>	198,50	2,50	117,92
<b>Valor p</b>	0.0193	0.0095	0.0373
<b>CV</b>	1,55	0.41	1,60

En columnas letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). DMS, diferencias mínimas significativas. CV, coeficiente de variación.

El rendimiento fue significativamente superior en el tratamiento con descompactación (Tabla 8; Figura 11). Estos resultados concuerdan con los encontrados por Cerliani *et al.* (2014), quienes detectaron la misma tendencia para la región Sur de Córdoba. Según Gerster *et al.* (2002), existe una asociación entre el rendimiento de soja con variables físicas y de manejo del suelo, determinando que aquellos lotes con alto rendimiento presentan más de 4 años en siembra directa continua rotados con gramíneas de verano; mientras que lotes de bajo rendimiento poseen pisos compactos en el perfil y baja tasa de infiltración. Estos resultados también son coincidentes con Bacigaluppo *et al.* (2006), quienes observaron que los mayores rendimientos del cultivo de soja se obtenían en lotes de mejores condiciones físicas del suelo como menor presencia de bloques masivos en el perfil o mayor velocidad de infiltración del agua.

Como fue propuesto por Rollan y Bachmeier (2006), en los suelos Haplustoles como los de Córdoba (con agricultura continua bajo siembra directa que presentan fenómenos de compactación subsuperficial, con una disminución de conductividad hidráulica saturada (Ks)) el empleo de labores verticales profundas (paratill) pueden generar aumentos de rendimientos.

No obstante, estos resultados no concuerdan con otros autores como Barber y Díaz (1992) los cuales no encontraron efectos de la descompactación sobre el rendimiento de soja ni con Giayetto *et al.* (1998) quienes reportaron un mayor impacto de la rotación que de la labranza sobre la producción de granos, en un estudio en la zona de Gral. Deheza. Además estos



mismos autores indican que la rotación afectó estadísticamente el rendimiento mientras que el uso de la descompactación solo provocó una tendencia positiva (Giayetto *et al.*, 1996).

Los componentes del rendimiento (número y peso de los granos) presentaron respuesta significativa a favor del tratamiento con descompactación, explicando ambos la respuesta del rendimiento a la descompactación.

La mayor producción de granos en el tratamiento descompactado (Figura 9), puede explicarse por la mayor producción de vainas (Cuadro 6), mayor producción de materias seca (Cuadro 6) y mayor de cobertura vegetal (Tabla 7), siendo estos dos últimos indicadores de una mayor tasa de crecimiento del cultivo. En concordancia con esto Kantolic *et al.* (2003) describen que el número de granos puede representarse por subcomponentes como el número de vainas por planta, que depende del número de vainas por nudo. Además, existe una fuerte dependencia entre el número de vainas y la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) entre plena floración (R2) y comienzo de llenado de los granos (R5) (Andrade *et al.*, 2002). A su vez, la TCC depende de la temperatura media diaria y de la intercepción y la eficiencia de conversión de la radiación solar, es decir que para aumentar el número de semillas por unidad de superficie, se necesitan temperaturas medias diarias cercanas a los 26°C y máxima intercepción de luz durante el período de crecimiento reproductivo (R2-R5), por lo que es necesario entonces lograr la máxima cobertura de canopeo antes de llegar a R5 (Board y Harville, 1992).

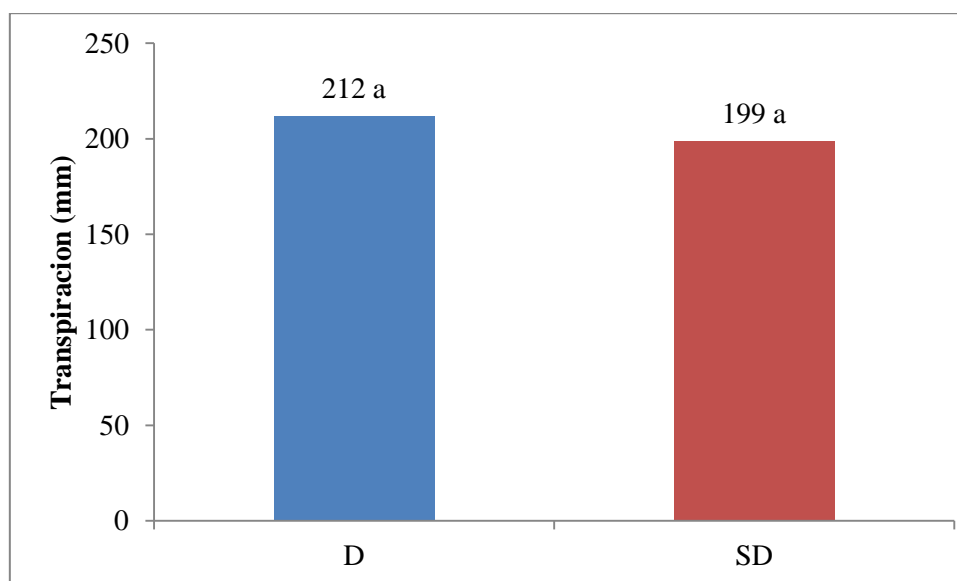
En el peso final de los granos también fueron detectadas diferencias estadísticas entre tratamientos y como se observa en el Cuadro 8, la descompactación incrementó este componente del rendimiento. Esto podría deberse a la mayor biomasa foliar en R5, la cual pudo haber favorecido la fotosíntesis durante la determinación del peso de los granos.

### **3.8 TRANPIRACION, EVAPOTRANSPIRACION Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA (EUA)**

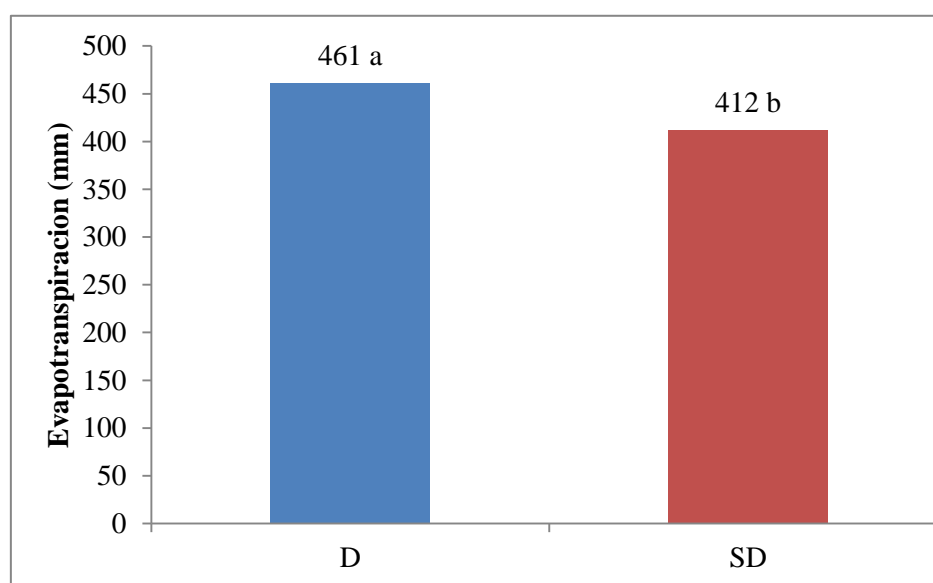
En la Figura 12 se presenta la transpiración obtenida desde R1 a R7, respectivamente. En la misma se puede observar que en el tratamiento con descompactación transpiró 13 mm más de que el tratamiento sin descompactación, no obstante esta diferencia no fue estadísticamente significativa. En cuanto a la evapotranspiración acumulada desde los estadios de siembra a R7, se observó que el tratamiento con descompactación se diferenció estadísticamente del sin descompactar con 49 mm más de ETP, es decir un 10,6 % superior (Figura 13).

Estos valores de evapotranspiración del cultivo son inferiores a los registrados por Dardanelli *et al.* (2003) para el centro de Córdoba como valores normales de aproximadamente 573 mm de agua, lo cual supone una disminución del 20 y 30 % respecto a lo evapotranspirado

por los tratamientos con y sin descompactación, respectivamente. Este menor consumo puede atribuirse a las menores precipitaciones registradas durante el ciclo del cultivo principalmente, 493 vs 633 mm para la campaña 2010/11 y el promedio, respectivamente (Figura 4).



**Figura 9.** Transpiración acumulada desde R1 a R7 en el tratamiento descompactado (barra azul) y sin descompactar (barra roja). Valor  $p$ : <0,64. DMS: 37,51. CV:16,68 %



**Figura 10.** ETP acumulada desde siembra a R7 en el tratamiento descompactado (barra azul) y sin descompactar (barra roja). Valor  $p$ : 0,03. DMS: 43,05 CV: 9,13

En los Cuadros 9 y 10 se presentan los valores de eficiencia de uso de agua transpirada y evapotranspirada para la producción de grano y materia seca. La eficiencia en el uso del agua (EUA) se puede representar por la cantidad de materia seca por unidad del recurso captado. La mayor productividad de un cultivo puede lograrse por aumento en la captura de recursos, y/o en

la eficiencia de su uso (Faraldo, *et al.*, 2011). La EUA para la producción de granos fue afectada por la descompactación, generando 0,5 kg más por mm de ET (Sba-R7) y 4 kg más por mm de T (R1-R7).

Los valores de EUA para la producción de granos, encontrados en este estudio, coinciden con los reportados por Hattendorf *et al.* (1988), quienes describen que para el cultivo de soja los valores de EUA varían en un amplio rango desde 5 a 11 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>.

**Cuadro 9.** Eficiencia de uso del agua transpirada (EUA T<sup>-1</sup>) y eficiencia de uso del agua evapotranspirada (EUA ET<sup>-1</sup>) para la producción de granos, en los distintos tratamientos.

<b>Tratamiento</b>	<b>EUA/T<sub>(R1-R7)</sub></b> <b>Kg mm<sup>-1</sup></b>	<b>EUA/ET<sub>(Sba-R7)</sub></b> <b>Kg mm<sup>-1</sup></b>
<b>Descompactado</b>	<b>21,5 a</b>	9.0 a
<b>Sin Descompactar</b>	17,5 b	8,5 b
<b>DMS</b>	2,39	0,29
<b>Valor p</b>	0,0032	0,0032
<b>CV</b>	11,38	3,17

En columnas letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). DMS, diferencias mínimas significativas. CV, coeficiente de variación.

La EUA estimada para la producción de materia seca total, tanto a partir de la T como de la ET también presentaron diferencias estadística significativas entre tratamientos, dado que la descompactación evidenció mayor eficiencia en el uso del agua en el orden del 42,43% y 26,01% superior al tratamiento sin descompactar.

**Cuadro 10.** Eficiencia de uso del agua transpirada (EUA T<sup>-1</sup>) y eficiencia de uso del agua evapotranspirada (EUA ET<sup>-1</sup>) para la producción de biomasa aerea, en los distintos tratamientos.

<b>Tratamiento</b>	<b>EUA/T<sub>(R1-R7)</sub></b> <b>Kg mm<sup>-1</sup></b>	<b>EUA/ET<sub>(Sba-R7)</sub></b> <b>Kg mm<sup>-1</sup></b>
<b>Descompactado</b>	102,38 a	43,5 a
<b>Sin Descompactar</b>	71,88 b	34,5 b
<b>DMS</b>	5,64	0,72
<b>Valor p</b>	0,0001	0,0001
<b>CV</b>	6	1,71

En columnas letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). DMS, diferencias mínimas significativas. CV, coeficiente de variación.

El mayor rendimiento en grano obtenido en las parcelas con descompactación puede atribuirse a un mejor aprovechamiento el agua de lluvia que generó una mayor evapotranspiración del cultivo entre siembra y madurez, la cual fue utilizada con una mejor eficiencia, tanto en la producción de materia seca como de granos.

#### **4. CONCLUSION**

En un suelo Haplustol típico del sur de Córdoba, la descompactación generó un aumento en la eficiencia del uso del agua, que favoreció la producción de materia seca aérea y rendimiento en granos. El agua útil disponible al momento de la siembra y la evapotranspiración total del cultivo fueron las principales diferencias hídricas encontradas en estudio que favorecieron la mayor productividad.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- ALUKO, G. K. and K. S. FISCHER. 1987. The effect of changes of assimilates supply around flowering on grain sink size and yield of maize (*Zea mays* L.) cultivars of tropical and temperate adaptation. **Aust. J. Agric. Res.**, 38:153-161.
- ALVAREZ C.; M. TABOADA ; C. BUSTINGORRI y F. GUTIÉRREZ BOEM. 2006. descompactación de suelos en siembra directa: Efectos sobre las propiedades físicas y el cultivo de maíz. *Ci. Suelo (Argentina)* 24 (1):1-10.
- ÁLVAREZ, C.R.; M.A. TABOADA; F.H. GUTIÉRREZ BOEM; A. BONO; P.L. FERNÁNDEZ y P. PRYSTUPA. 2009. Topsoil properties as affected by tillage systems in the Rolling Pampa region of Argentina. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 73: 1242-1250.
- ANDRADE, F. H. y J. M. GARDIOL. 1994. Sequía y producción de los cultivos de maíz, girasol y soja. **Boletín técnico 132**. EEA INTA Balcarce.
- ANDRADE, F.; A. CIRILO; S. UHART y M. OTEGUI. 1996. **Ecofisiología del cultivo de maíz**. Ed. La Barrosa. Buenos Aires. Marzo. 292 p.
- ANDRADE, F. y V. O. SADRAS. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA)- Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Mar del Plata). 450 p.
- ANDRIANI, J. 1997. Uso del Agua y Riego. **En:** Giorda, L y H. Baigorri (Ed.). **El cultivo de la soja en Argentina**. INTA. 488 pp.
- ANDRIANI, J. 2003. Dinámica del agua en el cultivo de soja. **Soja actualización 2003**. INTA. Oliveros. p: 24-30.
- BACIGALUPPO, S; J. DARDANELLI; G. GERSTER; QUIJANO, A.; BALZARINI, M.; BODRERO, M.; ANDRIANI, J.; ENRICO, J.; MARTIGNONE, R., 2006. Variaciones del rendimiento de soja en el sur de Santa Fe. Factores limitantes de clima y suelo. *Informaciones Agronómicas* 32: 12-15. INOPOFOS, Cono Sur, Argentina.

- BAIGORRI, H. 2000. Manejo Del Cultivo De La Soja en Argentina. INTA. Ed: BAIGORRI, H Y D. Croatto. 96 pp.
- BARBER R. G. y O. DIAZ. 1992. Effects of deep tillage and fertilization on soybean yields in a compacted Ustochrept during seven cropping seasons, Santa Cruz, Bolivia. Soil and tillage research 22: 371-381.
- BCCBA: Informe sobre las estimación de producción Soja y Maíz, campaña 2013/14 en Córdoba <http://www.agrositio.com>
- BOARD, J.; HARVILLE, B.; 1992. Explanations for greater light interception in narrow vs. wide-row soybean. Crop Science 32: 198-202.
- BOTTA, G.; JORAJURIA D.; BALBUENA R. y ROSATTO H. 2004. Mechanical and cropping behavior of direct drilled soil under different traffic intensities: effect on soybean yields. Soil and till. Res., 76 : 53 – 58.
- BUSTINGORRI C.; ALVAREZ C.; TABEADA M. y GUTIERREZ BOEM F. 2006. Descompactación de suelos en siembra directa: propiedades edáficas y comportamiento del maíz. XX Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. I Reunión de suelos de la Región Andina. Resúmenes. Salta-Jujuy.:372.
- CANTÙ, M. 1998. Estudio Geocientífico Para La Evaluación Ambiental Y Ordenación Territorial De Una Cuenca Pedemontaña. Caso: Cuenca Del Arroyo La Colacha, Departamento Río Cuarto, Prov. De Córdoba. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Río Cuarto. 380 p.
- CASANOVA, E. O. 1991. Introducción a la Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía, UCV. C.D.C.H.T. Litopar, C.A.
- CERLEANI, C. 2011. Influencia De La Descompactación Subsuperficial Y Fertilización Fosforo-Azufrada Sobre El Sistema Radical, Biomasa Aérea Y Rendimiento De Soja Y Maíz. Tesis Final de Grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 45p.

- CERLIANI, C.; MALATINI, F; BALBOA, G.; BALBOA R.; CHOLAKY, C.; ESPÓSITO, G. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas” Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014. Producción De Soja y Descompactación Del Suelo En El Sur De Córdoba
- CLARK, R. y HUMPHREYS L.1996. Impact compaction for reducing recharge from rice. Farmers’ Newsletter, Berrigan, New South Wales, Australia, 149, 20–23.
- DA VEIGA, A. 2005. La soja y la expansión de la frontera agrícola Argentina. En: Soja. Eficiencia de cosecha y postcosecha. Ed. Bragachini y Casini. Editorial INTA Manfredi.:9-24.
- DARDANELLI, J. L.; COLINO, D; OTEGUI, E y SADRAS, O. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: Satorre, E y col. (Eds.) Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía. UBA. P 377-434.
- DERPSCH, R. 2005. The extent of Conservation Agriculture adoption worldwide: Implications and impact. Proceedings of the Third World Congress on Conservation Agriculture: Linking Production, Livelihoods and Conservation. Nairobi, Kenya, October 3-7, 2005. [CD].
- DÍAZ, F. 2006. Efecto del manejo sobre la conductividad hidraulica del perfil cultural del suelo. Trabajo final para optar al título de Ingeniero Agrónomo. FAV UNRC Río Cuarto, Rep. Argentina.16 pp.
- DÍAZ-ZORITA, M. 2000. Effect of deep-tillage and nitrogen fertilization interactions on dryland corn (*Zea mays* L.) productivity. Soil Till. Res. 54 (1):11-19.
- DI RIENZO J.A.; F. CASANOVES; M.G. BALZARINI; L. GONZALEZ; M. TABLADA y C.W. ROBLEDO. 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- ESPOSITO, G. 2002. Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranzas en cultivo de maíz. Director: Gesumaría, J. Co-Director: Bricchi, E. FAV-UNRC. Publicada en biblioteca UNRC.



- EVANS, S. D; LINDSTROM M. J.; VOORHEES W. B.; MONCRIEF J. F. y NELSON G. A. 1996. Effect of subsoiling and subsequent tillage on soil bulk density, soil moisture, and corn yield. *Soil Till. Res.* 38: 35-46.
- FARALDO, M.; VERGARA, G.; CASAGRANDE, G.; ARNAIZ, J.; MIRASSON, H. y FERRERO, C. 2011. Eficiencia En El Uso Del Agua Y Radiación En Maíz, Girasol Y Soja, En La Región Oriental De La Pampa, Argentina.
- FEHR W. P. y CAVINESI C. E. 1977. Stages of soybean development. Ames, IA: Agriculture and Home Economics Experiment Station and Cooperative Extension Service, Iowa State University Special Report 80. II p
- FERRARIS, G. N. 2004. Descompactación de suelos bajo siembra directa. *Revista de tecnología agropecuaria-INTA PERGAMINO*, Enero-abril: 46-48.
- FOSTER, R. y BLAINE J. 1978. Urban tree survival: Trees in the sidewalk. *J. Arboriculture* 4:14-17.
- GAVANDE, S.A. 1973. Física de Suelos; Principios y Aplicaciones. Editorial Limusa – Wiley, S.A. México.
- GERSTER, G; GARGICEVICH, A; CORDONE, G; GONZÁLEZ, C.; 2002. Factores edáficos y prácticas culturales asociadas al rendimiento de soja. XVIII Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo, Puerto Madryn.
- GIARDINIERI, N. CH; GUTIERREZ N. C. y VENIALGO C. A.. 2004. Influencia de la compactación sobre el crecimiento radical en maíz y soja. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y tecnológicas. Resumen A:0-73. Corrientes. Argentina.
- GIAYETTO, O.; G. A. CERIONI ; W. E. ASNAL y J. M. CISNEROS. 1996. Respuesta de los cultivos al efecto combinado de secuencias anuales y labranzas en sistemas agrícolas. 11ma Jornada Nacional del Maní. General Cabrera, Córdoba, argentina. p: 28:33.
- GIAYETTO, O.; J. M. CISNEROS; G. A. CERIONI y C. CHOLAKY. 1998. Rotaciones y labranzas en sistemas agrícolas del centro de Argentina. Produccion de

- Cultivos. Ingeniería Rural y Mecanización Agraria en el ámbito Latinoamericano. p: 111-119.
- GLAMUZINA, J. 2008. Evaluación de la compactación edáfica causada por el tránsito bajo siembra directa en función del contenido hídrico del suelo. Trabajo Final de graduación, Fac. de Agronomía y Veterinaria. UNRC, Argentina. Págs. 52
- GLINSKI, J. y LIPIEC, J. 1990. Soil Physical Conditions and Plant Roots. CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida, USA. 250 pp.
- GUDELJ, O. y MASIERO, B. . 2000. Efectos de manejo del suelo sobre su densidad aparente. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina.
- GUPTA, S.C. y ALLMARAS, R. 1987. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. Adv. Soil Sci. 6:65-100.
- HAMZA, M.A y ANDERSON, W.K. 2003. Responses of soil properties and grain yields to deep ripping and gypsum application on a compacted loamy sand soil contrasting with a sandy clay loam soil in Western Australia. Aust. J. Agric. Res. 54(3):273- 282.
- HATTENDORF, M. J.; RE DELF M. S; AMOS B.; STONE L. R. y GWIN R. E. 1988. Comparative water use characteristics of six row crops. Agron. J. 80(1):80-8
- INDELANGELO, N.; BEHR E.y DE CARLI R. 2008. Efecto del tránsito en un molisol con alto contenido de humedad en el rendimiento del cultivo de trigo. XXI Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo. San Luis, Argentina.
- INTA MANFREDI, 1991. Cartas de Suelos -Pcia. de Córdoba - Localidad: HOJA GENERAL CABRERA 3363-14 1991. ESCALA 1:50.000. p 5-33.
- JARVIS, R.J.; HAMBLIN, A.P.; DELROY, N.D. 1986. Continuous cereal cropping with alternative tillage systems in Western Australia. Agriculture, Western Australia, Technical Bulletin No. 71, pp. 37.

- JIN, H.; HONGWEN L.; XIAOYAN W.; MCHUGH A. D.; WENYING L.; HUANWEN G. y KUHN N.J. 2007. The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China. *Soil Till. Res.* 94: 493-502.
- KANTOLIC, A.; GIMÉNEZ, P.; DE LA FUENTE, E.; 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía UBA, capítulo 9: 167-201.
- KANTOLIC, A.; JIMENEZ, P.; GUTIERREZ HACHARD, C. y SARCHAGA J . 1995. Tolerancia a la sequía durante el periodo reproductivo: comparación del comportamiento de dos isolíneas de soja con diferentes tipos de crecimiento. I Congreso Nacional De Soja. II Reunión Nacional De Oleaginosos. Pergamino. Buenos Aires: 143-150.
- MARELLI, H. 1997. Secuencias De Cultivos Y Sistemas De Labranza. En : Giorda, L Y H. Baigorri (Ed.). *El Cultivo De La Soja En Argentina*. Inta . 448 Pp
- MATERECHERA, S.A.; DEXTER A.R. y ALSTON, A.M. 1991. Penetration of very strong soils by seedlings roots of different plant species. *Plant and Soil* 135: 31-41.
- MUCHOW, R. C. y DAVIS R. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment II: radiation interception and biomass accumulation. *Fields Crops Res.* 18(1):17-30
- NIDERA S.A. 2010. Soja. Variedad A 5009 RG Disponible. En: [http://www.niderasemillas.com.ar/NideraSemillas/soja\\_detalle.aspx?id=74](http://www.niderasemillas.com.ar/NideraSemillas/soja_detalle.aspx?id=74).
- NOVOA, R. y LOOMIS R. S. 1981. Nitrogen and plant production. In: J. Monteith and C. Webb (eds.) *Soil Water and Nitrogen in Mediterranean-type Environments*. Martinus Nijhoff/Dr., W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands. 177-204 pp.
- OVIEDO 2005. Consumo y eficiencia de uso del agua, en el cultivo de soja, bajo distintos sistemas de labranza, con pastoreo previo. Trabajo final para optar al título de Ingeniero Agrónomo. FAV UNRC Río Cuarto, Rep. Argentina 43 pp.

- PANAYIOTOPOULOS, K.P.; PAPADOPOULOU C.P. y HATJIOANNIDOU A. 1994. Compaction and penetration resistance of an Alfisol and Entisol and their influence on root growth of maize seedlings. *Soil Tillage Res.* 31, 323–337.
- PARRA, B. 2004. Efecto de distintas intervenciones tecnológicas sobre indicadores de la calidad física de un Hapludol típico. Trabajo final para optar al título de Ingeniero Agrónomo. FAV UNRC Río Cuarto, Rep. Argentina 49 pp.
- PASSIOURA, J. 2002. Soil Conditions and plant growth. *Plant, Cell and Environment.* 25: 311-318.
- ROLLÁN, A. y O. BACHMEIER. 2006. Propiedades físicas sensibles al manejo del suelo en la región Centro-Norte de la provincia de Córdoba. XX Congreso Argentino de la Ciencia del suelo. I Reunión de suelos de la Región Andina. Resúmenes. Salta-Jujuy.:153.
- SADRAS, V.O.; OLEARY G.J. y ROGET D.K. 2005. Crop responses to compacted soil: capture and efficiency in the use of water and radiation. *Field Crops Res.* 91 (2&3):131-148.
- SASAL, MC.; ANDRIULO A. y TABOADA M.A. 2006. Soil porosity characteristics on water dynamics under direct drilling in Argiudolls of the Argentinean Rolling Pampas. *Soil Till. Res.* 87: 9-18.
- SENIGAGLIESI, C. y FERRARI M. 1993. Soil and crop responses to alternative tillage practices. *International Crop Science I.* pp. 27-35. In: DR Buxton; R Shibles; RA Forsberg; BL Blad; KH Asay; GM Paulsen & RF Wilson (ed.). *Crop Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA.*
- SENASA. El cultivo de la Soja (*Glycine max L.*) en Argentina, Disponible en: (<http://www.sinavimo.gov.ar/cultivo/soja>)
- SORLINO, D.; KANTOLIC, A y JIMENEZ P. 1995. Patrones de floración de soja con distintos hábitos de crecimiento sometido a dos disponibilidades hídricas diferentes. I Congreso Nacional De Soja. II Reunión Nacional De Oleaginosos. Pergamino. Buenos Aires: 151-158.

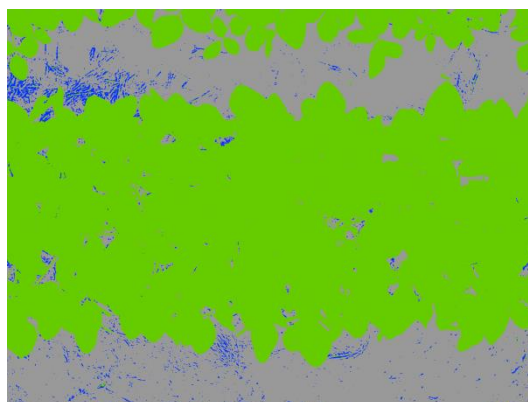
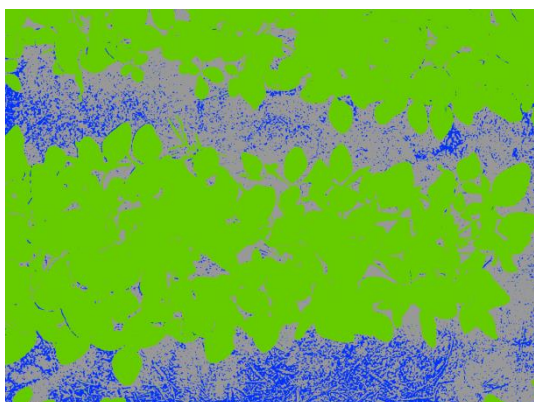
SPOOR, G. 2006. Alleviation of soil compaction: requirements, equipment and techniques. *Soil Use Manage.* 22: 113-122.

UHART, S. A. y ANDRADE F. H. 1995. Nitrogen deficiency in maize. II. Carbon-nitrogen interaction on kernel number and grain yield. *Crop Science.* 35(5):1.384-1.389.

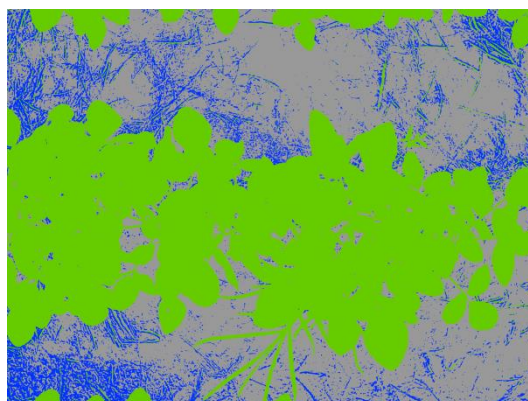
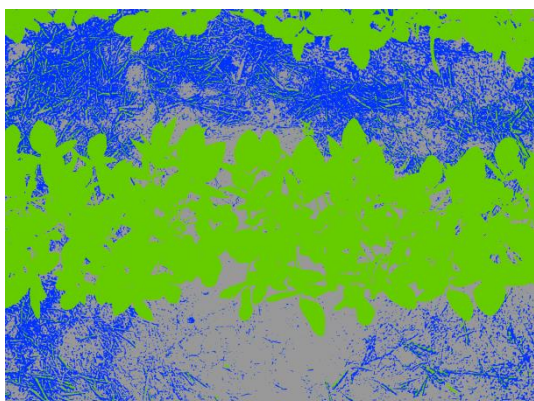
## 6. ANEXO

### 6.1 FOTOS ILUSTRATIVAS

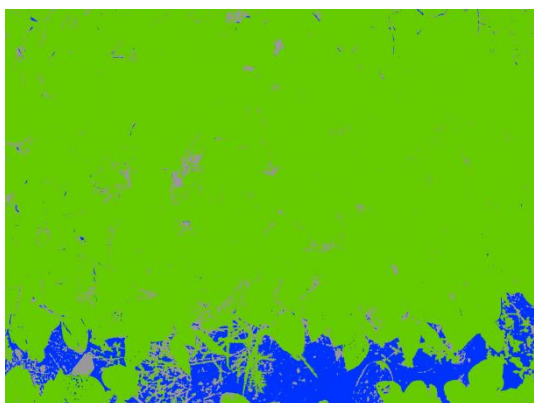
#### Cobertura Vegetal (SisCob)



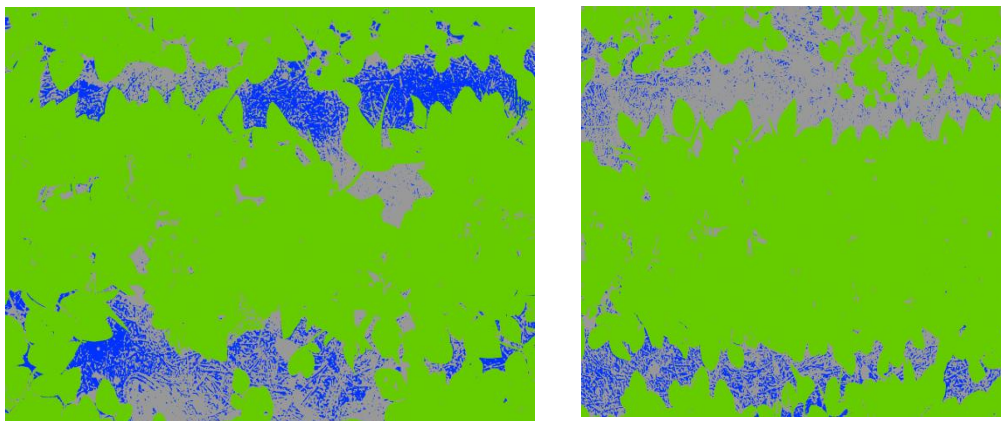
**Foto 1.** Cobertura vegetal en estadio R1 en el tratamiento descompactado. Cada fotografía es tomada en las distintas parcelas de este tratamiento. En verde está representado el cultivo de soja, en azul se representa el rastrojo y en gris el suelo.



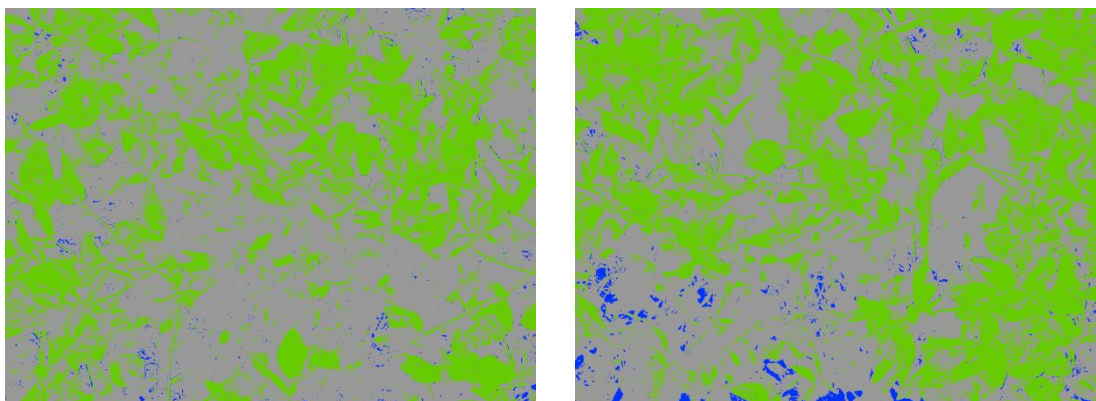
**Foto 2.** Cobertura vegetal en estadio R1 en el tratamiento sin descompactar. Cada fotografía es tomada en las distintas parcelas de este tratamiento. En verde está representado el cultivo de soja, en azul se representa el rastrojo y en gris el suelo.



**Foto 3.** Cobertura vegetal en estadio R5 en el tratamiento descompactado. Cada fotografía es tomada en las distintas parcelas de este tratamiento. En verde está representado el cultivo de soja, en azul se representa el rastrojo y en gris el suelo.

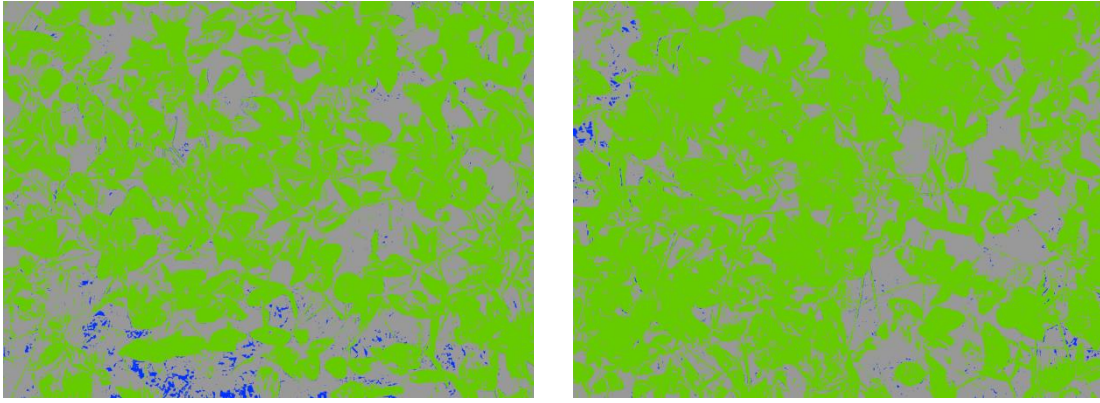


**Foto 4.** Cobertura vegetal en estadio R5 en el tratamiento sin descompactar. Cada fotografía es tomada en las distintas parcelas de este tratamiento. En verde está representado el cultivo de soja, en azul se representa el rastrojo y en gris el suelo.



**Foto 5.** Cobertura vegetal en estadio R7 en el tratamiento descompactado. Cada fotografía es tomada en las distintas parcelas de este tratamiento. En verde está representado el cultivo de soja, en azul se representa el rastrojo y en gris el suelo.





**Foto 6.** Cobertura vegetal en estadio R7 en el tratamiento sin descompactar. Cada fotografía es tomada en las distintas parcelas de este tratamiento. En verde está representado el cultivo de soja, en azul se representa el rastrojo y en gris el suelo.



**Foto 7.** Ubicación del campo donde se realizó el Trabajo Final de Grado.

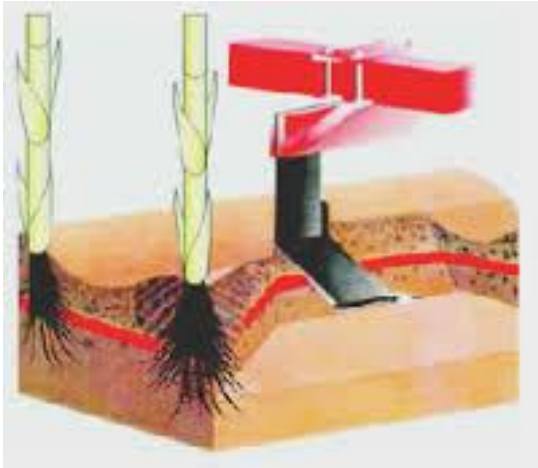




**Foto 8.** Señalización del tratamiento realizado para cada parcela de estudio.



**Foto 9.** Momento en el cual se realizaba el labor de PARATILL a una profundidad de 30 cm.



**Foto 10.** Esquema de representación del efecto que causa el implemento en la estructura del suelo.

## 6.2 TABLAS ANAVA

### AUT V4-V5

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
AUT	16	0,75	0,46	32,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	1251,59	8	156,45	2,6	0,1131	
tratamiento	94,28	1	94,28	1,56	0,2512	
horizonte	496,65	3	165,55	2,75	0,1223	
bloque	0,32	1	0,32	0,01	0,9435	
tratamiento*	660,33	3	220,11	3,65	0,0718	
Error	421,82	7	60,26			
Total	1673,41	15				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,17800  
Error: 60,2604 gl: 7

tratamiento	Medias	n	E.E.
DESC	26,1	8	2,74 A
SIN DESC	21,25	8	2,74 A

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

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	6112,96	8	764,12	12,66	0,0016	
tratamiento	93,9	1	93,9	1,56	0,2523	
horizonte	5360,45	3	1786,82	29,62	0,0002	
bloque	0,36	1	0,36	0,01	0,9406	
tratamiento*horizon	658,26	3	219,42	3,64	0,0724	
Error	422,34	7	60,33			
Total	6535,3	15				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,18366  
Error: 60,3347 gl: 7

tratamiento	Medias	n	E.E.
DESC	60,96	8	2,75 A
SIN DESC	56,12	8	2,75 A

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

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	6112,96	8	764,12	12,66	0,0016	
tratamiento	93,9	1	93,9	1,56	0,2523	
horizonte	5360,45	3	1786,82	29,62	0,0002	
bloque	0,36	1	0,36	0,01	0,9406	
tratamiento*horizon	658,26	3	219,42	3,64	0,0724	
Error	422,34	7	60,33			
Total	6535,3	15				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,18366  
Error: 60,3347 gl: 7

tratamiento	horizonte	Medias	n	E.E.
DESC	CK	99,77	2	5,49 A
SIN DESC	CK	73,21	2	5,49
DESC	BC	62,75	2	5,49
SIN DESC	BC	62,28	2	5,49
SIN DESC	C	50,09	2	5,49
DESC	C	43,3	2	5,49
SIN DESC	A	38,9	2	5,49
DESC	A	38,04	2	5,49

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

### Lamina V4-V5

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
lamina	16	0,94	0,86	13,27

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	6112,96	8	764,12	12,66	0,0016	
tratamiento	93,9	1	93,9	1,56	0,2523	
horizonte	5360,45	3	1786,82	29,62	0,0002	
bloque	0,36	1	0,36	0,01	0,9406	
tratamiento*horizon	658,26	3	219,42	3,64	0,0724	
Error	422,34	7	60,33			
Total	6535,3	15				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,18366  
Error: 60,3347 gl: 7

tratamiento	Medias	n	E.E.
DESC	60,96	8	2,75 A
SIN DESC	56,12	8	2,75 A

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

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	6112,96	8	764,12	12,66	0,0016	
tratamiento	93,9	1	93,9	1,56	0,2523	
horizonte	5360,45	3	1786,82	29,62	0,0002	
bloque	0,36	1	0,36	0,01	0,9406	
tratamiento*horizon	658,26	3	219,42	3,64	0,0724	
Error	422,34	7	60,33			
Total	6535,3	15				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=9,18366  
Error: 60,3347 gl: 7

tratamiento	horizonte	Medias	n	E.E.
DESC	CK	99,77	2	5,49 A
SIN DESC	CK	73,21	2	5,49
DESC	BC	62,75	2	5,49
SIN DESC	BC	62,28	2	5,49
SIN DESC	C	50,09	2	5,49
DESC	C	43,3	2	5,49
SIN DESC	A	38,9	2	5,49
DESC	A	38,04	2	5,49

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

## Lamina R5

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
lamina	16	0,87	0,72	15,66	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2353,97	8	294,25	5,94	0,0149
tratamiento	88,03	1	88,03	1,78	0,2244
bloque	262,04	1	262,04	5,29	0,055
horizonte	1721,6	3	573,87	11,58	0,0042
tratamiento*	282,3	3	94,1	1,9	0,2182
Error	346,93	7	49,56		
Total	2700,9	15			
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,32346					
Error: 49,5613 gl: 7					
tratamiento	Medias	n	E.E.		
SIN DESC	47,3	8	2,49	A	
DESC	42,6	8	2,49	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=11,77114					
Error: 49,5613 gl: 7					
horizonte	Medias	n	E.E.		
CK	57,53	4	3,52	A	
BC	52,84	4	3,52	A	
C	35,29	4	3,52		B
A	34,15	4	3,52		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=16,64691					
Error: 49,5613 gl: 7					
tratamiento	horizonte	Medias	n	E.E.	
DESC	CK	61,51	2	4,98	A
SIN DESC	BC	59,86	2	4,98	A
SIN DESC	CK	53,54	2	4,98	A
DESC	BC	45,82	2	4,98	A
SIN DESC	A	39,23	2	4,98	
SIN DESC	C	36,56	2	4,98	
DESC	C	34,02	2	4,98	
DESC	A	29,07	2	4,98	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

## AUT R5

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
AUT	16	0,77	0,5	61,43	
<b>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</b>					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1061,63	8	132,7	2,89	0,0897
tratamiento	93,7	1	93,7	2,04	0,196
bloque	252,81	1	252,81	5,51	0,0513
horizonte	510,16	3	170,05	3,71	0,0697
tratamiento*	204,97	3	68,32	1,49	0,2983
Error	321,1	7	45,87		
Total	1382,74	15			
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=8,00767					
Error: 45,8721 gl: 7					
tratamiento	Medias	n	E.E.		
SIN DESC	13,45	8	2,39	A	
DESC	8,61	8	2,39	A	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=11,32456					
Error: 45,8721 gl: 7					
horizonte	Medias	n	E.E.		
A	17,72	4	3,39	A	
BC	15,32	4	3,39	A	B
C	6,93	4	3,39	A	B
CK	4,14	4	3,39		B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					
Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=16,01535					
Error: 45,8721 gl: 7					
tratamiento	horizonte	Medias	n	E.E.	
SIN DESC	BC	22,35	2	4,79	A
SIN DESC	A	21,07	2	4,79	A
DESC	A	14,38	2	4,79	A
SIN DESC	C	9,22	2	4,79	A
DESC	BC	8,3	2	4,79	A
DESC	CK	7,12	2	4,79	A
DESC	C	4,63	2	4,79	
SIN DESC	CK	1,16	2	4,79	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)					

Salida hoja y tallo FECHA: 9 -1

Nueva tabla\_2: 27/03/2012 - 19:37:20

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hoja Kg/ha	16	0,28	0,17	17,72

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	204447,44	2	102223,72	2,53	0,1179
tratamiento	181646,44	1	181646,44	4,50	0,0537
bloque	22801,00	1	22801,00	0,56	0,4658
Error	524961,80	13	40381,68		
Total	729409,24	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=217,06511**

Error: 40381,6769 gl: 13

tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	1027,40	8	71,05 A
D	1240,50	8	71,05 A

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tallo kg/ha	16	0,41	0,32	15,49

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	197421,52	2	98710,76	4,55	0,0317
tratamiento	196603,56	1	196603,56	9,07	0,0100
bloque	817,96	1	817,96	0,04	0,8490
Error	281817,16	13	21678,24		
Total	479238,68	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=159,04129**

Error: 21678,2431 gl: 13

tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	839,40	8	52,06 A
D	1061,10	8	52,06 B

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

Salida hoja y tallo FECHA: 3-2

Nueva tabla\_4: 27/03/2012 - 19:42:38

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Tallo kg/ha	16	0,68	0,63	16,18

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4776695,36	2	2388347,68	13,50	0,0007
tratamiento	3467044,00	1	3467044,00	19,60	0,0007
bloque	1309651,36	1	1309651,36	7,40	0,0175
Error	2299715,36	13	176901,18		
Total	7076410,72	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=454,32143**

Error: 176901,1815 gl: 13

tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	2134,20	8	148,70 A
D	3065,20	8	148,70 B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Hoja Kg/ha	15	0,61	0,54	17,91

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3785763,12	2	1892881,56	9,38	0,0035
tratamiento	2682211,60	1	2682211,60	13,29	0,0034
bloque	1356757,12	1	1356757,12	6,72	0,0235
Error	2421149,91	12	201762,49		
Total	6206913,02	14			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=505,95057**

Error: 201762,4923 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	2035,12	7	170,59 A
D	2884,90	8	158,81 B

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

SALIDA HOJA, TALLO Y VAINA FECHA:19-3

Nueva tabla\_5: 27/03/2012 - 19:44:02

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
tallo Kg/ha	16	0,97	0,97	4,07

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5787268,64	2	2893634,32	215,78	<0,0001
tratamiento	5438224,00	1	5438224,00	405,53	<0,0001
bloque	349044,64	1	349044,64	26,03	0,0002
Error	174331,36	13	13410,10		
Total	5961600,00	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=125,08751**

Error: 13410,1046 gl: 13

tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	2259,00	8	40,94 A
D	3425,00	8	40,94 B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
vainas Kg/ha	16	0,58	0,51	10,64

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4904866,08	2	2452433,04	8,90	0,0037
tratamiento	4531789,44	1	4531789,44	16,45	0,0014
bloque	373076,64	1	373076,64	1,35	0,2654
Error	3581284,32	13	275483,41		
Total	8486150,40	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=566,95107**

Error: 275483,4092 gl: 13

tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	4401,00	8	185,57 A
D	5465,40	8	185,57 B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
hojas Kg/ha	16	0,26	0,15	28,30

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	689313,04	2	344656,52	2,28	0,1413
tratamiento	81225,00	1	81225,00	0,54	0,4763
bloque	608088,04	1	608088,04	4,03	0,0660
Error	1962585,48	13	150968,11		
Total	2651898,52	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=419,70145**

Error: 150968,1138 gl: 13

tratamiento	Medias	n	E.E.
D	1301,80	8	137,37 A
SD	1444,30	8	137,37 A

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

Salida rendimiento

**Rto**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rto	6	0,98	0,95	1,55

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	284062,25	3	94687,42	29,66	0,0328
Trat	160687,94	1	160687,94	50,33	0,0193
bloque	123374,31	2	61687,16	19,32	0,0492
Error	6385,24	2	3192,62		
Total	290447,49	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=198,50166**

Error: 3192,6182 gl: 2

Trat	Medias	n	E.E.
D	3811,67	3	32,62 A
SD	3484,37	3	32,62 B

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

**Análisis de la varianza**

**P1000 gr**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P1000 gr	6	0,98	0,96	0,41

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	58,30	3	19,43	38,36	0,0255
Trat	52,81	1	52,81	104,22	0,0095
bloque	5,49	2	2,75	5,42	0,1557
Error	1,01	2	0,51		
Total	59,31	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,50064**

Error: 0,5067 gl: 2

Trat	Medias	n	E.E.
D	176,00	3	0,41 A
SD	170,07	3	0,41 B

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

**Análisis de la varianza**

**N° grano/m<sup>2</sup>**



Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N° grano/m <sup>2</sup>	6	0,97	0,93	1,60

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	82898,94	3	27632,98	24,52	0,0394
Trat	28544,88	1	28544,88	25,33	0,0373
bloque	54354,06	2	27177,03	24,12	0,0398
Error	2253,57	2	1126,78		
Total	85152,51	5			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=117,92642**

Error: 1126,7846 gl: 2

Trat	Medias	n	E.E.
D	2167,49	3	19,38 A
SD	2029,54	3	19,38 B

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

Nueva tabla: 27/03/2012 - 19:26:52

SALIDA INFOSTAT KG/HA - FECHA:9/1

Nueva tabla: 28/03/2012 - 0:13:10

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA hoja	16	0,16	0,03	21,34

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,84	2	0,42	1,24	0,3224
Tratamiento	0,73	1	0,73	2,15	0,1659
Bloque	0,11	1	0,11	0,32	0,5822
Error	4,40	13	0,34		
Total	5,24	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,62846**

Error: 0,3385 gl: 13

Tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	2,51	8	0,21 A
D	2,94	8	0,21 A

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA tallo	16	0,26	0,15	19,04

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,87	2	0,43	2,29	0,1406
Tratamiento	0,86	1	0,86	4,58	0,0520
Bloque	9,4E-04	1	9,4E-04	5,0E-03	0,9448
Error	2,46	13	0,19		
Total	3,32	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,46941**

Error: 0,1888 gl: 13



Tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	2,05	8	0,15 A
D	2,51	8	0,15 A

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

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA ms aerea	16	0,20	0,08	20,19

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,31	2	1,66	1,62	0,2357
Descompactado	3,18	1	3,18	3,11	0,1012
Bloque	0,13	1	0,13	0,13	0,7283
Error	13,29	13	1,02		
Total	16,60	15			

### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,09231

Error: 1,0226 gl: 13

Descompactado	Medias	n	E.E.
SD	4,56	8	0,36 A
D	5,45	8	0,36 A

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg MS aerea	16	0,34	0,24	16,57

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	788460,32	2	394230,16	3,31	0,0691
Descompactado	756204,16	1	756204,16	6,34	0,0257
Bloque	32256,16	1	32256,16	0,27	0,6118
Error	1550500,96	13	119269,30		
Total	2338961,28	15			

### Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=373,04584

Error: 119269,3046 gl: 13

Descompactado	Medias	n	E.E.
SD	1866,80	8	122,10 A
D	2301,60	8	122,10 B

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

SALIDA INFOSTAT KG/HA - FECHA: 3/2

Nueva tabla: 28/03/2012 - 0:29:07

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA hoja	16	0,65	0,59	14,30

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	16,92	2	8,46	11,83	0,0012
Tratamiento	11,23	1	11,23	15,70	0,0016
Bloque	5,69	1	5,69	7,95	0,0145
Error	9,30	13	0,72		
Total	26,22	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,91369**

Error: 0,7155 gl: 13

Tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	5,08	8	0,30 A
D	6,75	8	0,30 B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA tallo	16	0,74	0,70	12,43

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	22,15	2	11,08	18,77	0,0001
Tratamiento	15,98	1	15,98	27,08	0,0002
Bloque	6,17	1	6,17	10,46	0,0065
Error	7,67	13	0,59		
Total	29,82	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,82973**

Error: 0,5900 gl: 13

Tratamiento	Medias	n	E.E.
SD	5,18	8	0,27 A
D	7,18	8	0,27 B

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

Nueva tabla: 27/03/2012 - 19:30:02

**Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA ms aerea	16	0,73	0,69	15,15

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	112,63	2	56,31	17,70	0,0002
Descompactado	74,66	1	74,66	23,47	0,0003
Bloque	37,97	1	37,97	11,94	0,0043
Error	41,35	13	3,18		
Total	153,98	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,92651**

Error: 3,1809 gl: 13

Descompactado	Medias	n	E.E.
SD	9,61	8	0,63 A
D	13,93	8	0,63 B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg MS aerea	16	0,70	0,65	18,05

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23722452,00	2	11861226,00	14,85	0,0004
Descompactado	15958427,04	1	15958427,04	19,98	0,0006
Bloque	7764024,96	1	7764024,96	9,72	0,0082
Error	10382558,56	13	798658,35		
Total	34105010,56	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=965,33571**

Error: 798658,3508 gl: 13

Descompactado	Medias	n	E.E.	
SD	3952,70	8	315,96	A
D	5950,10	8	315,96	B

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

SALIDA INFOSTAT KG/HA - FECHA:19/3

Nueva tabla: 28/03/2012 - 0:23:19

### **Análisis de la varianza**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA hoja	16	0,24	0,12	31,91

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,51	2	2,26	2,01	0,1733
Tratamiento	0,86	1	0,86	0,77	0,3961
Bloque	3,65	1	3,65	3,25	0,0945
Error	14,57	13	1,12		
Total	19,08	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,14369**

Error: 1,1210 gl: 13

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
D	3,09	8	0,37	A
SD	3,55	8	0,37	A

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA tallo	16	1,00	1,00	1,37

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30,19	2	15,10	1761,91	<0,0001
Tratamiento	27,38	1	27,38	3196,22	<0,0001
Bloque	2,81	1	2,81	327,61	<0,0001
Error	0,11	13	0,01		
Total	30,30	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,09998**

Error: 0,0086 gl: 13

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
SD	5,47	8	0,03	A
D	8,09	8	0,03	B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA vaina	16	0,72	0,68	7,03

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	23,03	2	11,52	16,86	0,0002
Tratamiento	19,78	1	19,78	28,95	0,0001
Bloque	3,25	1	3,25	4,76	0,0480
Error	8,88	13	0,68		
Total	31,92	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,89290**

Error: 0,6833 gl: 13

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
SD	10,65	8	0,29	A
D	12,87	8	0,29	B

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

Nueva tabla\_1: 27/03/2012 - 19:32:04

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Kg Mat seca aerea	16	0,96	0,95	2,72

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	17615220,88	2	8807610,44	142,58	<0,0001
Tratamiento	17437305,64	1	17437305,64	282,28	<0,0001
Bloque	177915,24	1	177915,24	2,88	0,1135
Error	803040,52	13	61772,35		
Total	18418261,40	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=268,46947**

Error: 61772,3477 gl: 13

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
SD	8104,30	8	87,87	A
D	10192,20	8	87,87	B

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

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
EUA ms aerea	16	0,99	0,99	1,13

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

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	79,05	2	39,52	650,72	<0,0001
Tratamiento	76,59	1	76,59	1260,89	<0,0001
Bloque	2,46	1	2,46	40,55	<0,0001
Error	0,79	13	0,06		
Total	79,84	15			

**Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,26622**

Error: 0,0607 gl: 13

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
SD	19,67	8	0,09	A
D	24,05	8	0,09	B

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