



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias



Trabajo Académico Integrador

Área de Consolidación Cultivos Extensivos

Efectos de la descompactación sobre propiedades edáfica, hidrológicas y productivas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en un lote de la región central de la provincia de Córdoba.”

Autor

Faraoni, Daniel Alejandro

Tutores:

Ing. Agr. Vettorello, Cecilia

Ing. Agr. Esmoriz, Gustavo

2014

Resumen

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 entre otras causas. Bajo la hipótesis que la descompactación del suelo modifica los parámetros edáficos e hidrológicos y por ende los índices productivos de los cultivos, el objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de la descompactación sobre propiedades edáfica, hidrológicas y productivas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). El estudio se realizó a 25 km sur de la ciudad de Córdoba (31°19' latitud Sur; 64°13' longitud Oeste), Argentina. El suelo es un *Haplustol típico* de textura franco limoso con clima semiárido de 700 mm anuales. Se realizaron dos tratamientos, testigo y descompactado. Para descompactar se usó un cincel reformado cuya unidad funcional es una reja alada. Se determinó cobertura, densidad, estabilidad estructural, agua del suelo e infiltración. Del cultivo de maíz se midió: biomasa, fenometría y rendimiento en grano. Se determinó que la labor de descompactación mejoró la eficiencia de barbecho, sin generar un costo hídrico para el cultivo de maíz. Aun así, el rendimiento en grano no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos. En relación a los parámetros físicos, los valores fueron similares entre tratamientos en los períodos determinados.

Introducción y Objetivos

El suelo es el sostén físico y químico de todos los ecosistemas terrestres y constituye un recurso esencial para el desarrollo económico-social (Bai *et al.*, 2008; Oldeman y Hakkeling, 1991) citado por González Cueto *et al.*, (2009). Su degradación constituye un problema a nivel mundial y sus causas pueden ser naturales y antropogénicas, siendo ésta última, la que mayores efectos negativos provocan.

Según varios autores, entre los factores desencadenantes de la degradación física del suelo se encuentra la compactación como la principal causa (González Cueto *et al.*, 2009; Amezcua y Chávez 1999). Chancellor (1977) mencionó el pisoteo por animales, contracción de suelos debido a secamiento, impacto de gotas de agua lluvia, riego por aspersión y riego por inundación y deformaciones causadas por las llantas de tractores e implementos agrícolas como causas de compactación. Otros factores que influyen en la compactación de los suelos son: bajos contenidos de materia orgánica, suelos desprotegidos, altas concentraciones de sodio y de otros agentes dispersantes, humedad del suelo (Lal, 1996), manejo, sistemas de cultivo y condiciones climáticas (Voorhees, 1987 citado por Amézquita 1999). Sin embargo la mayoría de los autores coinciden en que el tráfico de la maquinaria agrícola es la principal causa de compactación del suelo, la cual tiene carácter acumulativo (González Cueto *et al.* 2009; Palancar 2007; Álvarez *et al.*, 2009).

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 (Álvarez *et al.*, 2009). Rollán *et al.*, (2004) indicaron que el efecto de la siembra directa en suelos limosos del centro-norte de Córdoba, en siete años, produjo el aumento de la densidad aparente y disminuyó la capacidad de retención de agua en el perfil hasta 20 cm de profundidad. Dichos autores recomendaron tareas de descompactación y la rotación con gramíneas para mejorar la estructura. En este aspecto, tanto a nivel local como mundial, la remoción mecánica de capas compactadas mediante el uso de implementos descompactadores o escarificadores, ha tomado creciente difusión (Álvarez *et al.*, 2009).

De acuerdo a los antecedentes, la respuesta de los cultivos a la descompactación del suelo mostró resultados variables. Así, Botta *et al.* (2006) citan un incremento del 24.5% en cultivo de girasol en un Haplustol éntico de la provincia de La Pampa. Entre tanto, Álvarez *et al.* (2006) observaron mejoras de rendimiento de maíz en el 50% de seis sitios evaluados en la Pampa Ondulada, mientras que Ferraris (2004) citado por Álvarez *et al.*,(2009) en el sur de Santa Fe, atribuyó la falta de respuesta del maíz a la buena condición hídrica de la campaña.

Bajo la hipótesis que la descompactación del suelo modifica los parámetros edáficos e hidrológicos y por ende los índices productivos de los cultivos, se planteó el siguiente objetivo:

Evaluar los efectos de la descompactación sobre propiedades edáfica, hidrológicas y productivas en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), en un lote de la región central de la provincia de Córdoba.

Materiales y Métodos

Ubicación: el estudio se realizó en un establecimiento ubicado a 25 km al sur de la ciudad de Córdoba (31°19' latitud Sur; 64°13' longitud Oeste), Argentina. El suelo es un Haplustol típico de textura franco limoso. El área posee un clima semiárido con 700 mm de precipitación media anual y con inviernos secos.

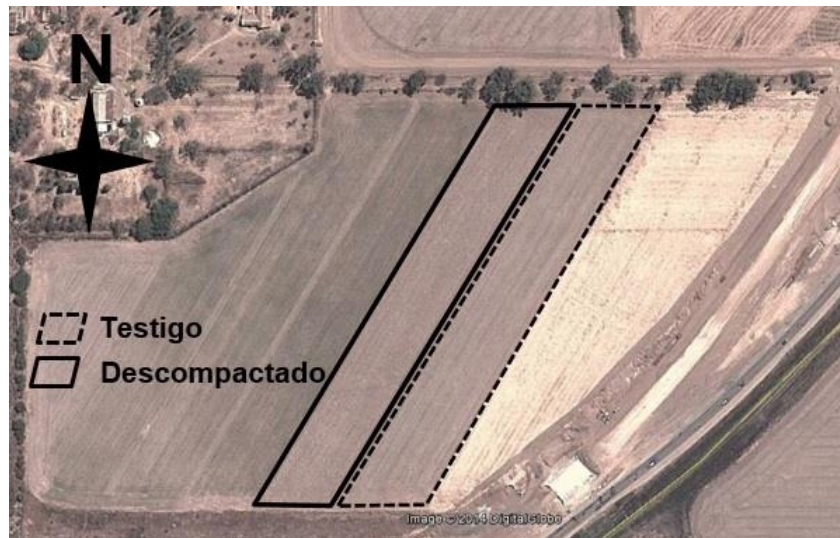


Figura 1: Visualización del área de estudio tomada de Google Earth.

El sitio de estudio es un lote de 12 ha que cuenta con terrazas paralelas de desagüe, y cada uno de los tratamientos se hizo en un paño entre terrazas (ver figura 1). El implemento utilizado para descompactar el suelo fue un cincel reformado cuya unidad funcional es una reja alada (ver figura 2). La profundidad de labor fue 20 cm y se realizó en la última semana de mayo.

La fecha de siembra de maíz fue el 2 de enero de 2014, con una densidad de 6,6 semillas.m². Se utilizó como material el híbrido 515 HXRR de la firma Dow. En función del objetivo planteado se realizaron dos tratamientos:

- Testigo (T).
- Suelo descompactado (D).



Figura 2. Equipo descompactador con reja de base ancha (izquierda) y detalle de la unidad funcional (derecha), (SECyOT-UNRC, 2012)

Parámetros determinados

Meteorológicos: se registraron las precipitaciones ocurridas durante todo el período de medición, con una estación Davis ubicada en la proximidad del área de estudio. Esta información se utilizó para estimar la eficiencia de barbecho en cada tratamiento.

Además, en cada tratamiento se determinaron parámetros físicos, hidrológicos y de cultivo, en dos sitios por tratamiento (figura 1).

Físicos: se determinó la cobertura del suelo superficial mediante el método de la transecta (Esmoriz, 1997). Se determinó densidad aparente de 0 a 10 cm (Blake y Hartage, 1986), y estabilidad estructural de 0 a 10 cm (Kemper y Roseneau, 1986). Se efectuaron dos repeticiones por sitio por tratamiento.

Hidrológicos: se determinó agua del suelo cada 20 cm hasta los 2 metros de profundidad para los dos sitios de cada tratamiento, desde el período de barbecho (julio 2013) hasta madurez fisiológica del cultivo (abril 2014). La eficiencia de barbecho se calculó para dos estratos, (0-200 y 20-40cm), mediante la ecuación (1) de Mathews y Army (1960)

$$EB (\%) = \frac{(\text{Agua al final barbecho} - \text{Agua al inicio barbecho})}{\text{precipitaciones durante el barbecho}} * 100 \quad (1)$$

Donde EB es eficiencia de barbecho expresada en porcentaje. Los parámetros de la ecuación están expresados en milímetros.

Para determinar la infiltración se utilizó un infiltrómetro de disco (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation Centre (CSIRO), que aplica agua con presiones menores o iguales a la presión atmosférica (Aoki y Sereno 2005), con al menos dos repeticiones en cada sitio.

d) Productivos: durante el ciclo del cultivo de maíz se determinó en cada tratamiento, biomasa, fenometría y fenología en cuatro plantas por sitio. Asimismo se cosecharon dos repeticiones de 1 metro cuadrado por punto, para determinar rendimiento y biomasa total en madurez fisiológica. Las muestras se secaron en estufa hasta peso constante y se pesaron con la balanza de precisión Mettler-Toledo modelo PB 3002. Con el objeto de determinar la humedad de grano se utilizó un humidímetro marca Delver modelo HD1021J.

Se estimó la eficiencia de uso del agua como la relación entre el rendimiento en grano y el consumo de agua por parte del cultivo. La estimación del consumo de agua se realizó a partir de la variación de almacenaje hasta dos metros de profundidad entre fechas.

Momento de muestreo

Los datos de lluvia se registraron de manera continua durante toda la duración del ensayo.

El porcentaje de cobertura del suelo se midió en los meses de abril y mayo, con anterioridad y posterioridad al paso del implemento descompactador. La densidad aparente y estabilidad estructural se determinaron en abril de 2013 y en post cosecha del cultivo (diciembre de 2014).

Las determinaciones de humedad de suelo se realizaron en tres fechas correspondientes al periodo de barbecho y seis durante el desarrollo del cultivo estival, mientras que la infiltración se determinó en post cosecha del cultivo de maíz (diciembre 2014).

Las variables productivas se tomaron junto con las determinaciones de humedad de suelo, mientras que rendimiento se hizo en madurez fisiológica.

Procesamiento y análisis de datos: Con la serie de datos obtenidos, se utilizó estadística descriptiva, análisis de la varianza, test de comparación de medias de LSD-Fischer. Para ello se utilizó el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

Resultados y Discusión.

Parámetros meteorológicos

En la figura 3 se presentan las precipitaciones ocurridas durante el período de ensayo. Allí se puede observar que el invierno fue seco y la concentración de lluvias ocurrió en verano, tal como sucede en regímenes monzónicos. Cabe destacar que en los meses de abril a diciembre (período de barbecho) las precipitaciones fueron de 54% menor con respecto a la precipitación media, mientras que, para enero a mayo de 2014 (período de cultivo) las precipitaciones fueron un 10% inferior a la media de 15 años (período 1992-2007). Cabe destacar que febrero superó en un 63,7% a la media de precipitaciones registrado para igual periodo para el área de estudio. Asimismo, el mes de febrero tuvo niveles de radiación menor a los normales debido a la cantidad de días de lluvia (16) y días nublados.

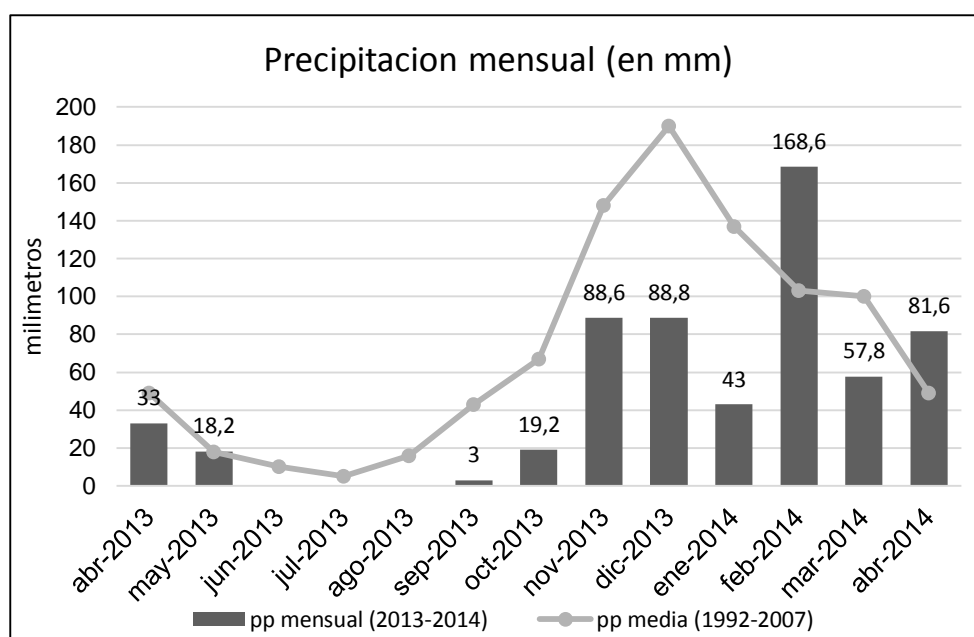


Figura 3: precipitación mensual de la campaña 2013-2014 y precipitación media mensual (mm) período (1992-2007), registradas en el lugar de ensayo.

Parámetros físicos

Situación inicial

Para el diagnóstico de la condición inicial del área de estudio (previo a la descompactación) se midieron los parámetros descritos en la tabla 1. Los valores arrojados no mostraron diferencias estadísticamente significativas, lo que indica la uniformidad de condición inicial del lote para ambos tratamientos.

Tabla 1: Valores promedio de densidad aparente, humedad gravimétrica, estabilidad estructural (0-10 cm) y porcentaje de cobertura superficial en los tratamientos.

Variables	Testigo (T)	Descompactado (D)
Porcentaje de cobertura (%)	97,25 a	98,25 a
Densidad aparente (g.cm ⁻³)	1,31 a	1,28 a
Estabilidad estructural (%)	72 a	69,75 a
Humedad gravimétrica (%)	18,58 a	19,43 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

El porcentaje de cobertura mostró una disminución del 43 % tras el paso del implemento descompactador en (D) con respecto a (T) (ver figura 4). Vilche y Alzugaray (2008) informaron que luego del paso de un paratil con púas rígidas, el tratamiento de siembra directa escarificada disminuyó un 15% el porcentaje de cobertura con respecto al tratamiento siembra directa sin escarificar. Así también, Díaz Zorita observó una reducción del 20% tras el paso de un escarificador (citado por Álvarez *et al.*, 2009).



Figura 4: Cobertura de suelo en el tratamiento Testigo (izq.) y Descompactado (der.) luego del paso del implemento.

En lo que respecta a densidad aparente los valores que se obtuvieron en el presente ensayo están por debajo de los umbrales críticos. Ferreras *et al.* (2007) indicaron que en función de la textura del suelo, el “valor crítico superior” oscila entre 1,4 y 1,8 Mg.m⁻³; cuando la densidad aparente del suelo supera dicho valor, el crecimiento de las raíces se ve severamente impedido.

Según USDA (1999), un rango adecuado de estabilidad de agregados al agua podrá ser inferido teniendo en cuenta el porcentaje de materia orgánica y arcilla. Para un contenido de 2% de materia orgánica y 20 % de arcilla, aquel puede variar entre 70 a 75%, por lo que se infiere que para la zona de estudio se encuentra en valores aceptables.

Situación final

Los valores de densidad aparente no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, arrojando valores de 1,32 y 1,28 g.cm⁻³ para T y D respectivamente (ver tabla 2). Esto muestra una baja sensibilidad de este parámetro para la evaluación de la labor descompactación (Álvarez *et al.* 2006 y 2009).

La tabla 2 también muestra los valores medidos de estabilidad estructural. Si bien no hubo diferencia estadística entre tratamiento (76,5 en T y 78,5 en D), estos valores fueron mayores que en el periodo inicial (ver tabla 1).

Tabla 2: Valores promedio de densidad aparente, estabilidad estructural (0-10 cm) en los tratamientos.

Variables	Testigo (T)	Descompactado (D)
Densidad aparente (g.cm ⁻³)	1,32 a	1,28 a
Estabilidad estructural (%)	76,5 a	78,5 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Parámetros hidrológicos

Situación inicial

Al analizar el contenido hídrico del perfil del suelo, se observó que la cantidad de agua acumulada al final del período de barbecho (21/12/2013) fue mayor para el tratamiento (D) con respecto a (T), tal como lo muestra la figura 5. Se puede ver que el perfil partió con menor contenido de humedad incrementándose durante el período de lluvias (octubre a diciembre).

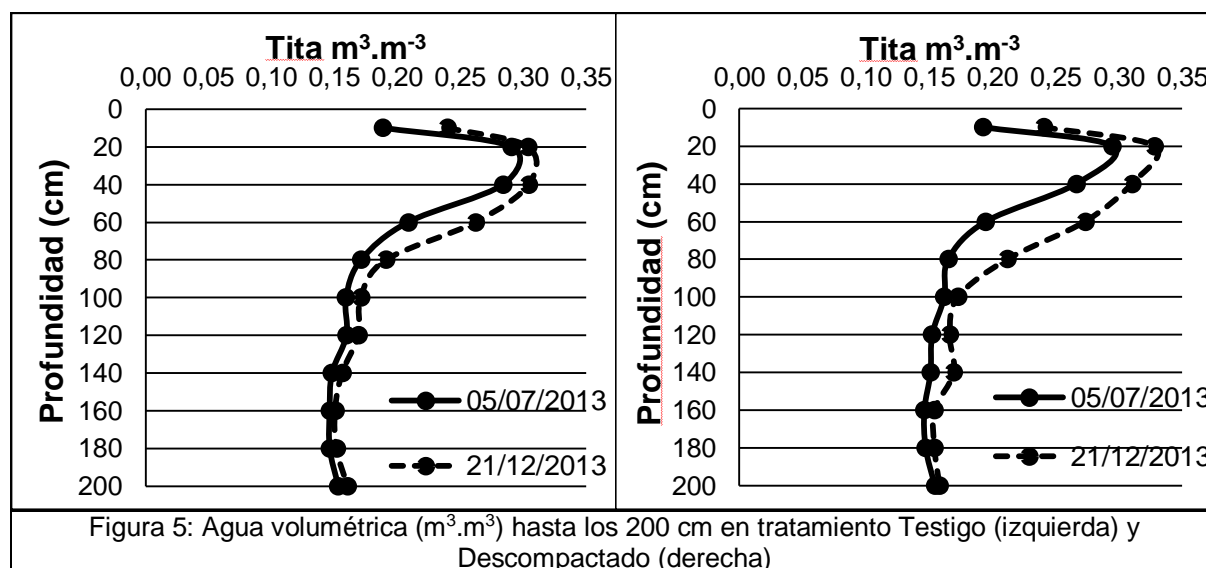


Figura 5: Agua volumétrica (m³.m³) hasta los 200 cm en tratamiento Testigo (izquierda) y Descompactado (derecha)

Para cuantificar la diferencia en el aumento en el contenido hídrico entre tratamientos, se determinó eficiencia de barbecho a dos profundidades: perfil completo (0-200 cm) y capas superficiales (20-40 cm). Para el primer caso se obtuvo un valor de 22,1% en T y 35,6% en D, significando esta diferencia un incremento del 61% para el tratamiento D. En la capas superficiales (20-40) los valores de eficiencia de barbecho medidos fueron de 20,9% y 47,9% para T y D respectivamente (ver Figura 6), con un incremento relativo del 129% a favor del tratamiento D.

Esta dinámica de acumulación de agua diferencial respecto de la profundidad, indica que hubo una mayor acumulación superficial en D, lo que favorece la implantación del cultivo. Ello se justifica en el hecho que, al descompactar el suelo, el incremento de la rugosidad, la macroporosidad y la rotura de la continuidad capilar generada, redujo la evaporación de agua del suelo. Como se mencionó anteriormente, el porcentaje de cobertura si bien tubo diferencia estadísticamente significativa entre tratamiento, mantuvo en el suelo descompactado un valor alto (56,75), por encima del 30 por ciento citado en la bibliografía como límite inferior para definir sistemas de labranza conservacionistas (Esmoriz, 1997).

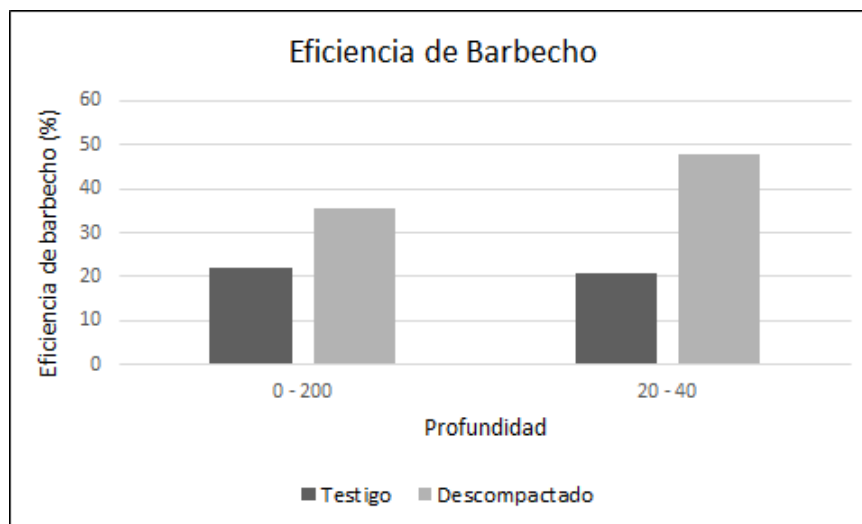


Figura 6: Valores de eficiencia de barbecho (%) para dos estratos (0-200 cm y 20-40 cm).

Situación final

Durante el período de cultivo el agua edáfica manifestó un comportamiento distinto al barbecho, no obteniéndose diferencias significativas en las distintas fechas entre tratamientos, a excepción del 11 de febrero (tabla 3). Esto coincide con Álvarez *et al.* (2009) que en suelos franco limosos de la pampa ondulada (provincia Santa Fe y Buenos Aires) observó que hasta el metro de profundidad no hubo diferencias entre tratamientos. Por el contrario, Vilche (2008) en un Argiudol vértico de la zona de Zavalla, Santa Fe, determinó que la humedad edáfica en el tratamiento siembra directa con escarificado, fue inferior que en siembra directa sin escarificar para todas las fechas de muestreo.

Tabla 3: Lámina total hasta los 200 cm de profundidad, determinada durante el ciclo del cultivo.

Fecha	21/12/2013	07/01/2014	21/01/2014	11/02/2014	20/03/2014	29/04/2014
Tratamiento						
T	424,90 a	473,20 a	473,89 a	504,48 a	574,11 a	560,64 a
D	439,44 a	473,08 a	473,62 a	450,90 b	556,56 a	547,19 a

Letras distintas encolumnadas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamiento.

Como se muestra en la figura 7 el contenido volumétrico de agua al inicio del periodo de cultivo (21 diciembre 2013) fue menor que al finalizar el ciclo (29 abril 2014). Asimismo, a partir del metro de profundidad y hasta los dos metros, se encontró próximo al del punto a la marchitez permanente (PMP). Si bien no se encontró diferencias estadísticamente significativas en el contenido hídrico entre tratamientos, se observó un valor menor en los estratos inferiores (180-200 cm) del perfil del suelo en D, al final del ciclo de cultivo.

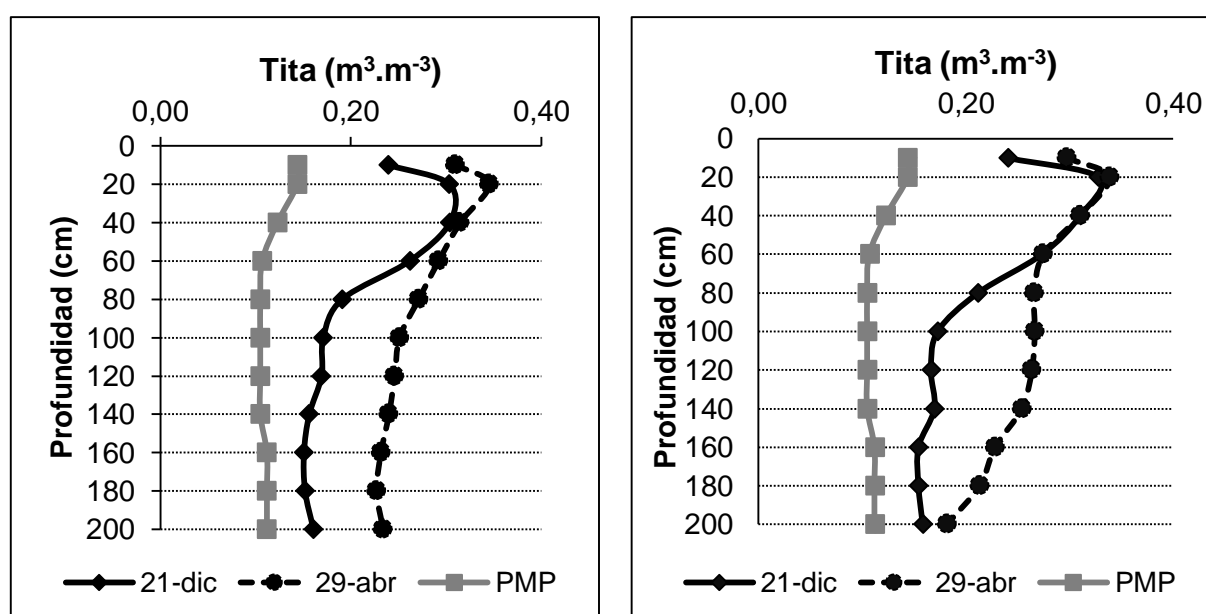


Figura 7: Agua volumétrica ($m^3.m^{-3}$) para inicio de cultivo (21-dic), fin (29-abr) y punto de marchitez permanente. Izquierda (T) y derecha (D).

Hasta aquí se mostró que al inicio del barbecho, el tratamiento D, manifestó una pérdida de agua inicial por efecto de la labranza, que luego fue recuperada al final de esta etapa, evaluado ello a través de la eficiencia de barbecho. Posteriormente, durante el ciclo de cultivo, el contenido hídrico fue similar, lo que implica que no hubo un costo hídrico para el maíz.

La infiltración básica al final del cultivo de maíz fue mayor en el tratamiento D con un valor de $31,3 \text{ mm.h}^{-1}$ comparado con T que arrojó un valor de $26,7 \text{ mm.h}^{-1}$. Sin embargo, esta diferencia no es estadísticamente significativa. Misma tendencia observó Soracco *et al.*, (2009) utilizando un infiltrómetro de disco y Álvarez *et al.*, (2006 y 2009) quien utilizó un método propuesto por el USDA (1999). Aun así, la diferencia entre ambos valores alcanzó el 17% respecto al testigo.

Parámetros productivos

En cuanto al desarrollo del cultivo, si bien la biomasa aérea del tratamiento descompactado fue mayor que la del tratamiento testigo para todo el ciclo del cultivo ver (tabla 4), solo en la primera fecha tuvo diferencia estadísticamente significativa. Esto coincide con Vilche y Alzugaray (2008) quienes no encontraron diferencias significativas en biomasa aérea.

En altura de la planta, en D fue mayor que en T, con diferencias estadísticamente significativas en las fechas 11 de febrero y 20 de marzo, igualándose hacia el final del ciclo productivo. Similar comportamiento fue reportado por Vilche y Alzugaray (2008).

Tabla 4: Biomasa aérea en gramos por planta y altura de planta en centímetros para los tratamientos testigo (T) y descompactado (D) en cuatro fechas de muestreo.

Tratamiento	Biomasa aérea (g.pl)				Altura de planta (cm)			
	21/01/14	11/02/14	20/03/14	29/04/14	21/01/14	11/02/14	20/03/14	29/04/14
T	0,70 a	27,17a	199,14a	298,75a	15,61 a	48 a	267,25a	259,13a
D	1,11 b	29,91a	224,34a	310,88a	17,44 a	53,75 b	281 b	265,5 a

Letras distintas encolumnadas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos.

La tabla 5 muestra los valores obtenidos para rendimiento en grano, consumo y eficiencia de uso de agua para el tratamiento T y D. Para estos parámetros de cultivo, si bien no se observó una diferencia estadísticamente significativa entre T y D, la eficiencia de uso de agua fue levemente superiores para el tratamiento T debido a un rendimiento mayor y menor consumo de agua.

Tabla 5: Rendimiento en grano, consumo y eficiencia en el uso del agua (EUA) en T y D.

	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	Consumo (mm)	EUA (kg grano.mm ⁻¹)
T	6122 a	351 a	17,44 a
D	6092 a	354,6 a	17,18 a

Letras distintas encolumnadas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos.

Esta repuesta de los cultivos a la descompactación del suelo mostraron resultados variables, así, Vilche y Alzugaray (2008) en un Argiudol vértico (Zavalla, Santa Fe) encontraron diferencias significativas en rendimiento de maíz a favor del tratamiento siembra directa sin descompactación, atribuyeron esta diferencia al mayor porcentaje de cobertura.

Mientras que Álvarez *et al.*, 2009 para los seis sitio de estudio (Pampa Ondulada) indicaron que la descompactación aumentó el rendimiento de maíz en 5,56% en promedio, debido a una mayor disponibilidad hídrica por la mayor infiltración y a una mayor accesibilidad a los recursos (agua y nutrientes) debido a la menor resistencia a la penetración. También estos autores en 2006 encontraron repuesta positiva a la descompactación con un incremento porcentual de 6,5% en rendimiento de grano respecto del testigo, explicado por la mayor intercepción de la radiación a floración.

Conclusiones

La labor de descompactación mejoró la eficiencia de barbecho, sin generar un costo hídrico para el cultivo de maíz. Aun así, el rendimiento en grano no mostró diferencias estadísticas entre tratamientos.

En relación a los parámetros físicos, los valores fueron similares entre tratamientos en los períodos determinados.

Agradecimientos

Quiero agradecer de manera especial a Cecilia Vettorello y Gustavo Esmoriz por su apoyo, su confianza y por ser guía de mis ideas en el desarrollo de este trabajo. Como así también a Hernán Apezteguia, Juan Pablo Clemente, Graciela Francavilla, Agostina Lorenzatti, Lucas Molina, Bruno Rodriguez, Luciano Cortés y Julio Miranda.

Al laboratorio de semilla de la UNC-FCA. Laboratorio de coloides.

Bibliografía

- Álvarez, C. R.; Taboada, M. A.; Bustingorri, C y GutierrezBoem, F.H.** 2006. Descompactación de suelo en siembra directa: efectos sobre las propiedades físicas y el cultivo de maíz. *Ciencia del Suelo* 24: 1-10.
- Álvarez, C.R.; Taboada, M. A.; Gutiérrez Boem, F. H.; Bono, A.; Fernández, P. L. y Prystupa, P.** 2009. Top soil properties as affected by tillage systems in the Rolling Pampa region of Argentina. *SoilSci. Soc. Am. J.* 73: 1242-1250.
- Álvarez, C. R.; Torres Duggan, M.; Chamorro, E. R.; D'Ambrosio, D y Taboada, M. A.** 2009. Descompactación de suelo franco limoso en siembra directa: efecto sobre las propiedades edáficas y los cultivos. *Ciencia del Suelo*, 27 (2): 159-169. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672009000200002&lng=es&nrm=iso.
- Aoki, Antonio M., & Sereno, Roberto.** 2005. Comparación de Metodologías de Cálculo de Propiedades Hidráulicas de un Suelo a Partir de Datos Medidos con Infiltrómetro de Disco. *Agricultura Técnica*, 65(2), 204-209. Recuperado en 08 de diciembre de 2014, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072005000200010&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0365-28072005000200010.
- Amézquita, E. y Chávez, L F.** (1999). La compactación del suelo y sus efectos en la productividad de los suelos. Congreso Costarricense de la Ciencia del Suelo, San José, Costa Rica.
- Blake, G. R.; Hartage K. H.** 1986. Bulk Density. En: *Methods of soils analysis. Agronomy 9. Part I*, Am. Soc. of Agronomy, Madison. WI, USA, pp: 363-375.
- Botta, GF; Joraujuria, D; Balbuena, R; Ressia, M; Ferrero, C; Rossato, H y Tourn, M.** 2006. Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annuus*L.) yields. *Soil Till. Res*,91: 164-172.
- Chancellor, W.J.** 1977. Compaction of soil by agricultural equipment. Division of Agriculture, University of California, Berkeley. Boletín No. 1881.
- Cisneros, J. M.; Cholaky, C. G.; Cantero Gutierrez, A.; Gonzalez, J. G.; Reynero, M. A.; Diez, A.; Bergecio, L.** 2012. Manejo agronómico de la infiltración. En *Erosión hídrica: principios y técnicas de manejo* (pp. 103-148). Río Cuarto, Córdoba. Unirio.
- Di Rienzo J.A.; Casanoves F.; Balzarini M.G.; Gonzalez L.; Tablada M.; Robledo C.W.** InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Esmoriz G.** 1997. Prácticas agronómicas para el control de la erosión. Capítulo 5 en *Manual de Control de la Erosión Hídrica*. Coordinador: Sereno R., F.C.A., SecyT U.N.C, Córdoba.
- Ferreras L.; Magra G.; Bessoni P.; Kovalevski E.; García F.** 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de Argentina bajo siembra directa. *Ciencia del suelo* 25(2): 159-172
- González Cueto O.;Ciro, E.; Iglesias Coronel; Herrera Suárez,M.** Análisis de los factores que provocan compactación del suelo agrícola *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 18, núm. 2, 2009, pp. 57-63, Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez.
- Kemper, W. y Rosenau, R.** 1986. Aggregate stability and size distribution. p. 425-442. Vol.1. In *Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis*. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

- Lal, R.** 1996. Axle load and tillage effects on crop yields on a Mollic Ochragualf in Northwest Ohio. *Soil and Tillage Research* 37:143-160.
- Mathews, O y Army, T.** 1960. Humedad de almacenamiento en tierra de trigo en barbecho en las grandes llanuras. *Ciencia del Suelo. Am. Proc* 24: 414- 418
- Palancar, T; Terminiello, A.; Jorajuria, D.** 2007. Impacto del tráfico de siembra sobre suelos sin labranza. Evaluación de la incorporación del descompactado mecánico. En Congreso Argentino de Ingeniería Rural.9. Congreso del Mercosur.1, 19 al 22 de septiembre de 2007, Córdoba. AR.
- Rollán, A.A.C.; Karlin, M.S. y Bachmier, O.A.** 2004. Siembra directa y densificación superficial en molisoles del centro norte de Córdoba. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos, Argentina. P 47.
- USDA.** 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del Suelo.
- Vilche, M.S. & Alzugaray C.** 2008. Efecto de la labranza profunda sobre el rendimiento y uso del agua del cultivo de maíz. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR.* 14:11-16.