

**Propiedades físicas en suelos bajo siembra  
directa del sudoeste bonaerense**

**Physical properties in no till soils  
of the southwest of Buenos Aires**

<sup>\*</sup>  
Fernando Manuel López<sup>1</sup>  
*fmlopez@criba.edu.ar*

Matias Duval<sup>1,2</sup>,

Juan Manuel Martínez<sup>1,2</sup>

Juan Alberto Galantini<sup>3</sup>

*\* Autor de contacto*

---

<sup>1</sup> Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

<sup>2</sup> CERZOS-CONICET - Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

<sup>3</sup> Comisión de investigaciones científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC).

---

## ÍNDICE CAPÍTULO 18

■ RESUMEN .....	534
■ ABSTRACT.....	535
■ INTRODUCCIÓN.....	536
■ COBERTURA DEL SUELO .....	537
■ CALIDAD FÍSICA .....	540
■ ROTACIÓN DE CULTIVOS.....	543
■ CONSIDERACIONES FINALES.....	543
■ BIBLIOGRAFÍA.....	544

## ■ RESUMEN

Las propiedades físicas del suelo poseen gran importancia como reguladoras de varios procesos que afectan el funcionamiento de los agroecosistemas. Sin embargo, debido a que los problemas físicos son complejos, persistentes, difíciles de solucionar, muchas veces no se reconoce su importancia y sus efectos son atribuidos a otras causas. De esta manera, a partir de la gran expansión de la siembra directa (SD) en la zona semiárida-subhúmeda del sudoeste bonaerense (SOB), es necesario ampliar el conocimiento de los factores que afectan la calidad física en suelos bajo SD. Además, en el presente capítulo se incluyeron algunos aspectos a tener presentes en el futuro para la adecuada implementación de la SD en la región, que permitan el desarrollo de la agricultura de conservación (AC). Los suelos bajo SD de la región presentan grandes variaciones en la acumulación de residuos en superficie y una gran proporción no poseen una adecuada cobertura (>30%), requisito necesario de la AC. Por lo tanto, en estudios que evalúen el efecto de la SD es fundamental detallar tanto la cantidad de residuos como la cobertura del suelo. En cuanto a la porosidad del suelo, la principal limitante se asoció a una baja macroporosidad (poros >30 µm) que afectaría la aireación del suelo y el crecimiento de raíces. Si bien no es posible atribuir la pérdida de macroporosidad a la SD, la forma en que se ha implementado la misma en la región (e.g. utilización en suelos con piso de arado, falta de rotaciones, escasa cobertura del suelo) no ha sido capaz de revertir los problemas de degradación física. En suelos bajo SD del SOB es necesario el desarrollo de prácticas de manejo que contribuyan a la regeneración biótica de la estructura, para asegurar una adecuada calidad física. Además, en la región sería muy importante el aumento de la cobertura del suelo y el establecimiento de rotaciones de cultivos, que permita avanzar hacia la AC.

**Palabras clave** | porosidad del suelo,  
cobertura,  
agricultura de conservación.

**■ ABSTRACT**

Soil physical quality has great importance as a regulator of several processes that affect the functioning of agroecosystems. However, because physical quality problems are complex, persistent, difficult to solve, often its importance is not recognized and its effects are attributed to other causes. Since the large expansion of no tillage (NT) in the southwest of Buenos Aires (SOB), it is needed a more detailed knowledge of the physical condition of soils under NT. In addition, in this chapter there were included some aspects to be considered in the future for the adequate implementation of the NT in the region, which would allow the development of conservation agriculture (CA). Soils under NT in the region showed great variations in the accumulation of surface residues and a large proportion did not have adequate soil cover (> 30%), a necessary requirement of CA. Therefore, in studies that evaluate the effect of NT it is crucial to detail both the amount of residues and the soil cover. In terms of soil porosity, the main limitation was associated with low macroporosity (pores > 30  $\mu\text{m}$ ) that would affect soil aeration and root growth. Although it is not possible to attribute the loss of macroporosity to NT management, the way in which it has been implemented in the region (e. g. used in soils with a plow pan, lack of rotations, scarce soil cover) has not been able to reverse the problems of physical degradation. In soils of the SOB under NT it is necessary the development of land management practices that contribute to the biotic regeneration of soil structure (e.g. pasture rotations, inclusion of crops with deep roots) to ensure adequate physical quality. In addition, in the region it would be very important to increase soil cover by residues and to establish crop rotations, to move towards CA.

**Keywords** | soil porosity,  
soil cover,  
conservation agriculture.

## ■ INTRODUCCIÓN

La calidad del suelo es la capacidad del mismo de funcionar con su ecosistema y su uso, sustentando la productividad biológica, la calidad del ambiente y promoviendo la salud de las plantas y animales (Doran & Parkin, 1994). La calidad física del suelo en particular posee gran importancia como reguladora de varios procesos que afectan el funcionamiento de los agroecosistemas, como la infiltración del agua en el suelo, el crecimiento de raíces y la disponibilidad de agua para las plantas, entre otras. Diversos autores resaltan la importancia de la fertilidad física en suelos agrícolas, ya que su disminución es un problema persistente, costoso, difícil de solucionar (Lipiec *et al.*, 2003; Jones *et al.*, 2003; Kirby, 2007) y al no manifestarse en superficie, se dificulta su localización y cuantificación (Hamza & Anderson, 2005). Además, los efectos de la pérdida de calidad física se desarrollan gradualmente y, por lo tanto, los productores tardan en reconocer su importancia (McCormack, 1987). Esta dificultad para observar la degradación estructural del suelo conduce a problemas específicos, tales como bajos rendimientos de los cultivos o baja eficiencia de utilización del agua, que en muchos casos son atribuidos a otras causas (Hamza & Anderson, 2005). A partir de la expansión de la siembra directa (SD) en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (SOB), es necesaria la evaluación del estado físico de suelos bajo esta práctica, dada la mayor fragilidad y menor resiliencia de los agroecosistemas de esta región (Schmidt & Amiotti, 2015).

El SOB comprende parte de las regiones semiárida y subhúmeda seca de la Argentina, con características climáticas y edáficas que lo diferencian del resto de la pampa húmeda. Esta región se caracteriza por la gran variabilidad climática y la escasez de precipitaciones (Glave, 2006; Zotelo, 2011), factores que restringen la diversidad de cultivos y determinan un menor potencial de producción, respecto a la región pampeana central. La variabilidad climática se caracteriza principalmente por las variaciones interanuales de las precipitaciones, temperaturas, vientos y humedad relativa (Glave, 2006). Otra particularidad del SOB es la distribución de lluvias, que se concentra en dos estaciones definidas, otoño y primavera, interrumpida por una estación seca en los meses invernales y otra semi seca en verano (enero a febrero), con alta evapotranspiración (Zotelo, 2011). Estas características le confieren a la región una alta fragilidad de los agroecosistemas con una gran variabilidad en el rendimiento de los cultivos, menor resiliencia y limitada sostenibilidad de la agricultura (Schmidt & Amiotti, 2015). Frente a este escenario, los cambios de uso de la tierra y la aplicación de paquetes tecnológicos inadecuados en el SOB han tenido repercusiones negativas sobre la calidad del suelo, agudizando los problemas derivados de las limitaciones climáticas (Amiotti *et al.*, 2012).

En el SOB el riesgo de la producción agrícola crece de norte a sur y de este a oeste, lo que determina la predominancia de la ganadería en algunos partidos y la agricultura en otros. Sin embargo, en los últimos años ha ocurrido una gran expansión de la agricultura hacia suelos que antes se destinaban a la producción mixta (MINAGRO, 2016). Dentro de la región con aptitud agrícola, el trigo (*Triticum aestivum* L.) y la cebada (*Hordeum vulgare* L.) son los cultivos predominantes (Martínez *et al.*, 2012) y en la actualidad, esta región aporta aproximadamente el 33% de la producción nacional de cereales de invierno (MINAGRO, 2016). Esta importante expansión de la agricultura en el SOB estuvo asociada a la difusión de la SD hacia la zona subhúmeda y semiárida de dicha región (Schmidt & Amiotti, 2015; Zilio, 2015). En estos ambientes, la adopción masiva de la SD se ha debido a menores costos de producción, mayores rendimientos y la posibilidad de incorporar áreas con mayores limitaciones para la producción agrícola (Derpsch *et al.*, 2010).

La siembra directa (SD) es la práctica de cultivo en la que las semillas se colocan en el suelo sin labranza, mediante el mínimo movimiento del suelo, para garantizar un buen establecimiento del cultivo (Derpsch *et al.*, 2014). El requisito para poder considerar el sistema bajo SD es que más del 50% de la superficie del suelo debe permanecer sin disturbar (Linke, 1998; Sturny *et al.*, 2007; CTIC, 2011). Una característica diferencial de la SD frente a la labranza convencional es la disposición de los residuos, que permanecen en superficie y regulan la interfase suelo-atmósfera. La misma se define como la capa superior del suelo, que incluye parte o la totalidad del horizonte A y los elementos que constituyen la cobertura superficial (Krüger & Quiroga, 2012). La importancia de esta delgada línea de contacto es que regula la pérdida de humedad, la temperatura edáfica, el riesgo de erosión y otros factores que revisten gran importancia para la actividad de microorganismos y conservación del suelo. Los beneficios de la SD y los residuos en superficie ya están bien documentados en la bibliografía (e. g. Palm *et al.*, 2014). En zonas subhúmedas y semiáridas en particular, la protección del suelo a través de la cobertura de residuos, permite reducir el riesgo de erosión y mejorar propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Lal, 2000; Quiroga *et al.*, 2005; Wilhelm *et al.*, 2007; Blanco-Canqui & Lal, 2009; López, 2017).

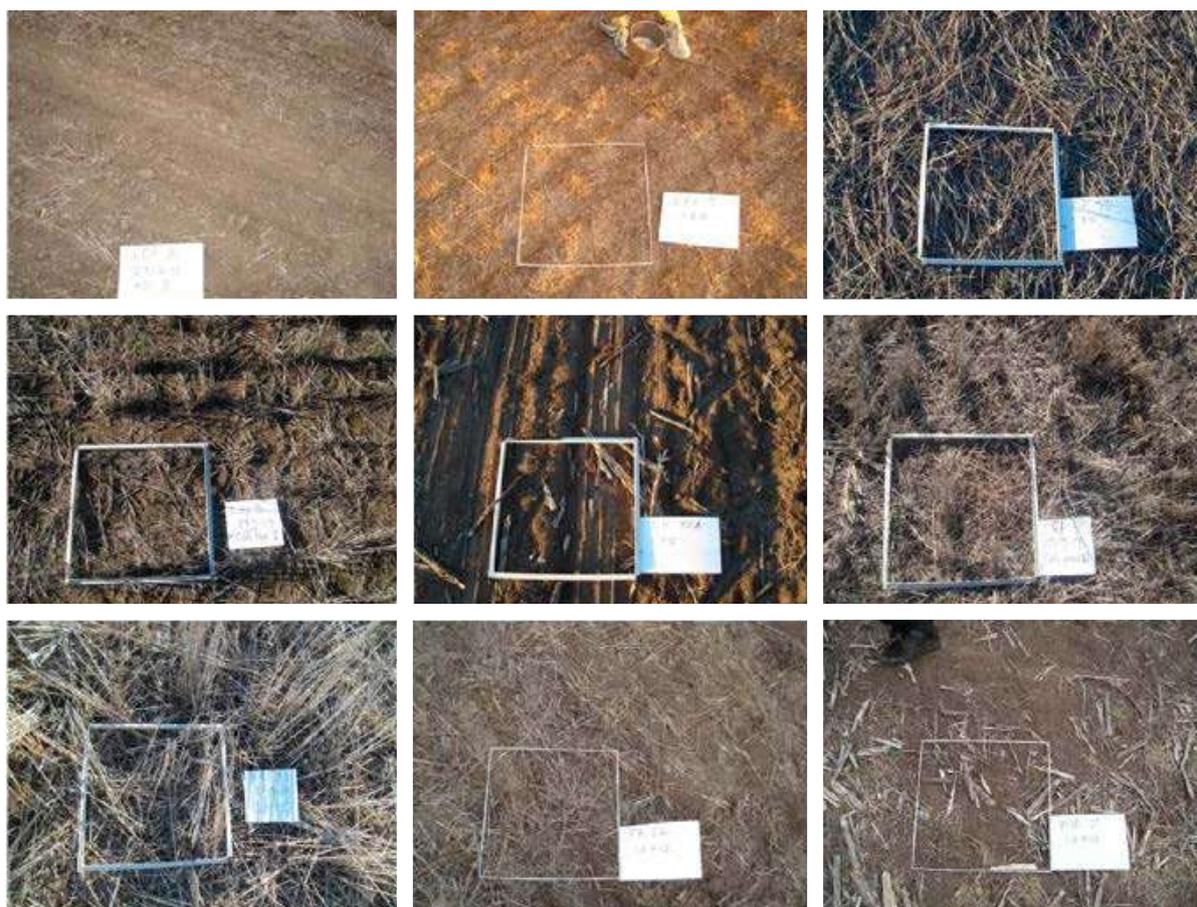
El manejo bajo SD es el concepto original y central de la agricultura de conservación (AC) (Dumanski *et al.*, 2006; Dumanski & Peiretti, 2013; Pittelkow *et al.*, 2015). La AC es la aplicación de tres principios de manejo del suelo: 1) siembra directa de los cultivos con el menor disturbio del suelo, 2) cobertura permanente del suelo y 3) rotación de cultivos (Hobbs *et al.*, 2008; FAO, 2012). De esta forma, la AC no se refiere a una tecnología en particular sino que propone una serie de pautas para lograr los objetivos de conservación del recurso suelo (Dumanski *et al.*, 2006). Los beneficios ambientales y económicos de la SD, implementado como principio básico de la AC, están bien documentados (Hobbs *et al.*, 2008; Verhulst *et al.*, 2010; FAO, 2012; van Kessel *et al.*, 2013). Sin embargo, la implementación de la SD no siempre significó que se cumplieran las pautas necesarias de la AC, debido a que muchas veces no se cumple con los otros principios de manejo del suelo: cobertura por residuos y rotaciones de cultivos. En el presente capítulo se realizó una compilación de diversos artículos de los últimos años que analizan algunos aspectos relacionados con la calidad física en suelos del SOB con historia bajo SD y se detallan algunos factores que podrían aportar a la implementación de la AC en los suelos de la región.

## ■ COBERTURA DEL SUELO

La cobertura del suelo puede estar dada por residuos superficiales de los cultivos o por plantas en crecimiento. Los residuos se definen como aquellos restos de cultivos que no han alcanzado ningún valor económico (Pedreño *et al.*, 2008). De esta manera como residuos superficiales se denomina a los materiales vegetales que permanecen en la superficie del suelo, incluyendo los rastrojos y los materiales remanentes de pasturas (Stockmann *et al.*, 2013). Su función es proteger el suelo de la radiación solar directa, de la erosión eólica e hídrica y servir como aporte de carbono (C). Suelos sin cobertura son propensos a la pérdida de estructura, desprendimiento de partículas, sellado de la superficie, formación de costras y compactación (Blanco-Canqui & Lal, 2009).

Las prácticas de labranza poseen una gran influencia en la dinámica de los residuos en el suelo (Franzluebbers, 2002). Bajo SD, la cobertura del suelo posee un papel fundamental de igual forma que la ausencia de disturbio del suelo (Derpsch *et al.*, 2014). Varios autores han establecido que la efectividad y los beneficios de la SD dependen del tipo y cantidad de residuos que formarán el “mulch” o cobertura

del suelo (Ségui *et al.*, 2006; Derpsch, 2007; Govaerts *et al.*, 2009; Derpsch *et al.*, 2014). Generalmente el manejo bajo SD se asocia con altos niveles de residuos de cultivos en la superficie del suelo, lo que tiene efectos positivos sobre la calidad física, química y sobre la biología del suelo (Abril *et al.*, 2005, Mumbamba & Lal, 2008). Sin embargo, frecuentemente se utiliza la SD en suelos con escasa o nula cobertura **Figura 1** ©. Según Govaerts *et al.* (2006) y Baudron *et al.* (2012) la SD sin cobertura puede tener un efecto más negativo en la calidad del suelo a largo plazo que la labranza convencional, debido a la compactación excesiva y la reducción de la infiltración. Asimismo, SD sin cobertura del suelo resulta en bajo desarrollo y rendimiento de los cultivos, erosión y baja actividad biológica (Sayre *et al.*, 2006; Derpsch *et al.*, 2014; Pittelkow *et al.*, 2015).



**Figura 1:** Residuos en superficie en diferentes sitios del Sudoeste bonaerense bajo siembra directa.  
**Figure 1:** Surface residues in different sites of southwestern Buenos Aires under no tillage.

Según Hobbs *et al.* (2008) y FAO (2012) la cobertura de suelo inferior a 30% no se considera como AC. Lal (2003) coincide con este valor y estableció que cualquier método de labranza que deje suficientes residuos para cubrir al menos el 30% de la superficie del suelo después de la siembra, puede ser considerado AC. Este valor también es considerado el límite que permite una importante reducción de la pérdida de agua por escorrentía (Scopel *et al.*, 1998). Sin embargo, Duiker & Myers (2006) recomiendan una cobertura del suelo superior al 50% para la maximización de los beneficios de la SD. López *et al.* (2015) a partir del análisis de más de 120 lotes bajo SD destinados a la siembra de cultivos invernales en el SOB observaron una gran variabilidad en la cantidad de residuos en superficie, con valores de 0 a 9614 kg ha<sup>-1</sup> de rastrojos y grandes variaciones en la cobertura del suelo **Tabla 1** ©.

**Tabla 1:** Estadística descriptiva de cantidad de residuos en superficie y cobertura del suelo en lotes bajo SD del sudoeste bonaerense (Argentina) con diferentes antecesores: rastrojos de cultivos invernales (CI) y cultivos estivales (CE), durante los años 2011, 2012 y 2013 (tomado de López *et al.*, 2015).

**Table 1:** Descriptive statistics of amount of surface stubble and soil cover under no-tillage soils in the southwest of Buenos Aires (Argentina): stubble of winter crops (CI, wheat and barley) and summer crops (CE, soybean and sunflower) during the years 2011, 2012 and 2013 (from López *et al.*, 2015).

Antecesor	Parámetro	<i>n</i>	Media	CV (%)	Min	Máx	Mediana
Todos	Residuos (kg ha <sup>-1</sup> )	123	2413	66,2	0	9614	2383
	Cobertura (%)		34,9	74,5	0,0	95,9	27,5
CI	Residuos (kg ha <sup>-1</sup> )	96	2524	66,6	0	9614	2447
	Cobertura (%)		35,8	72,3	0,0	95,9	29,8
CE	Residuos (kg ha <sup>-1</sup> )	27	2005	57,8	190	4521	2210
	Cobertura (%)		31,5	82,7	4,3	90,5	19,6

CV: Coeficiente de variación.

En los lotes bajo SD evaluados por López *et al.* (2015), si bien el promedio de cobertura fue superior al límite establecido por la FAO para que sea considerado como AC, cabe destacar que el 53,6% de los lotes no llegaba al 30% de cobertura del suelo. El cultivo antecesor tuvo gran influencia tanto en la cantidad de residuos como en la cobertura del suelo. Los cultivos estivales (girasol y soja), aunque son de baja frecuencia en la región, no proporcionarían una adecuada cobertura del suelo. En estos casos sería muy importante la cobertura del suelo por arvenses<sup>1</sup>, ya que la presencia de residuos en superficie luego de la cosecha es muy baja **Figura 1** \*. Debido a la escasez de cobertura la mayor parte de los suelos bajo SD evaluados no podrían ser considerados como AC. Además, teniendo en cuenta la importancia de la rotación de cultivos en la dinámica de los residuos superficiales en sistemas bajo SD (Derpsch *et al.*, 2014), sería muy importante la adecuación de las rotaciones para lograr y mantener una adecuada cobertura del suelo. La inclusión de cultivos o variedades que aporten mayor cantidad de residuos también podría ser una herramienta para el mantenimiento de una cobertura del suelo adecuada.

Las variaciones en la cobertura del suelo y cantidad de residuos en superficie probablemente afecten varias propiedades edáficas, relacionadas con la dinámica del agua, el ciclado de la materia orgánica del suelo (MOS) y la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. De esta forma, las diferencias en la

<sup>1</sup> Se prefiere la utilización del término “arvenses” (que crece en los sembrados, Real Academia Española (RAE)) a diferencia de “malezas” (mala hierba, RAE) ya que este último término enfatiza solo el aspecto negativo de las plantas espontáneas, a pesar de la importancia de estas para la cobertura y protección del suelo.

acumulación de residuos en superficie podrían provocar diferentes resultados frente a la implementación de la SD. Según Franzluebbbers (2010) muchas veces las variaciones en el resultado de la aplicación de la SD se deben a diferencias en la presencia de residuos en superficie y no solo a la ausencia de labranza. Por lo tanto, toda investigación que evalúe el efecto del manejo bajo SD debería especificar el estado de la cobertura del suelo, así como la cantidad de residuos en superficie. Al respecto, se han desarrollado metodologías sencillas para muestreo de residuos superficiales y evaluación de la cobertura que agilizan esta medición (López *et al.*, 2015). La importancia de la determinación de la cobertura del suelo radica en que la mayoría de las ventajas de los residuos en superficie (inhibición de arvenses, control de la erosión y disminución de la evaporación) dependen del grado de cobertura del suelo (Naudin *et al.*, 2011).

## ■ CALIDAD FÍSICA

Varios estudios han evaluado la implementación de la SD en diversos ambientes y la misma no siempre ha representado una mejora en la calidad física de suelos degradados (Taboada *et al.*, 1998; Micucci & Taboada, 2006; Sasal *et al.*, 2006; Strudley *et al.*, 2008; Álvarez *et al.*, 2009; Schmidt & Amiotti, 2015). Sin embargo, varios autores coinciden en que se debería evaluar el impacto de la SD en cada caso particular, debido a la influencia de diversos factores como la secuencia de cultivos, el tipo de suelo, las propiedades del subsuelo y el manejo efectuado.

López *et al.* (2016) realizaron una caracterización de la calidad física de 17 lotes con más de 12 años bajo SD continua ("lotes agrícolas", AG), pertenecientes a los partidos de Coronel Dorrego, Coronel Pringles y Tornquist, correspondiéndose con la región agrícola del SOB. En dicho estudio se analizó la distribución por tamaño de poros, ya que resulta una metodología adecuada para la evaluación de la calidad física de suelos bajo SD (Sasal & Andriulo, 2003). Adicionalmente, se muestrearon 10 situaciones de referencia, no disturbadas o cuasi-prístinas ("ambiente natural", AN), lindantes a los sitios agrícolas para tomar como referencia, ya que el comportamiento de cada tipo de suelo frente a la compactación suele ser diferente (Hamza & Anderson, 2005). Estas situaciones se encontraban con la vegetación nativa de la zona, determinada como estepa gramínea, con gran presencia de especies del género *Stipa*.

Los resultados reflejaron una baja proporción de macroporos (poros  $>30 \mu\text{m}$ ) que limitaría el desarrollo de los cultivos, aún después de más de 12 años bajo SD **Tabla 2** ©. Dichas limitaciones estarían presentes en todas las clases texturales evaluadas y serían más importantes en subsuperficie (10-20 cm). Sin embargo, la baja macroporosidad en subsuperficie no es posible atribuirla al manejo actual bajo SD, ya que podría provenir del manejo previo, bajo labranza con la consecuente pérdida de MOS y estructura del suelo. No obstante, la forma como se ha implementado la SD en los suelos estudiados no fue capaz de revertir la inadecuada calidad física en subsuperficie. Para el mejoramiento de dicha calidad sería necesaria la recuperación de la macroporosidad a través del aumento de la MOS y la mejora de la estructura. De este modo, coincidiendo con Schmidt y Amiotti (2015), es necesario ampliar las investigaciones sobre la SD, si se pretende optimizar el funcionamiento de esta herramienta tecnológica en la región.

**Tabla 2:** Densidad aparente (DA), porosidad total (PT) y distribución por tamaño de poro para ambientes naturales (AN) y lotes agrícolas (AG), en 0-10 y 10-20 cm (Tomado de López *et al.*, 2016).

**Table 2:** Bulk density (DA), total porosity (PT) and pore size distribution for natural environments (AN) and agricultural sites (AG), at 0-10 and 10-20 cm (from López *et al.*, 2016).

	0-10 cm		10-20 cm	
	AN	AG	AN	AG
DA (Mg m <sup>-3</sup> )	1,06	1,28	1,38 a	1,43 b
PT (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,565	0,529	0,488 a	0,486 a
MP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,245 b	0,199 a	0,166 b	0,118 a
MPg (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,190 b	0,144 a	0,128	0,079
MPp (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,055 a	0,056 a	0,038 a	0,039 a
mP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,213 b	0,200 a	0,182 a	0,199 a
mPg (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,048 b	0,034 a	0,048 b	0,029 a
mPp (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,165 a	0,166 a	0,134 a	0,170 b
μP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,107 a	0,130 b	0,140 a	0,169 b

Para cada profundidad letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos (p<0,05).

MP: macroporos (>30 μm); MPg: macroporos grandes (>60 μm); MPp: macroporos pequeños (60-30 μm); mP: mesoporos (30-0,2 μm); mPg: mesoporos grandes (30-9 μm); mPp: mesoporos pequeños (9-0,2 μm); μP: microporos (<0,2 μm).

Según los datos reportados por López *et al.* (2016), en los suelos evaluados el uso agrícola aumentó la DA un 35,2% en 0-5 cm, mientras que en 5-10 cm aumentó 10,5% y solo 3,6% en 10-20 cm. En general, valores inferiores a 1,2 Mg m<sup>-3</sup> se consideran óptimos en suelos agrícolas (Olness *et al.*, 1998; Reynolds *et al.*, 2008). Para suelos del SOB en particular, Venanzi *et al.* (2002) comprobaron la reducción de la biomasa radical en trigo con DA superiores a ese valor. En todos los AN, la DA en 0-5 cm fue inferior a 1,2 Mg m<sup>-3</sup>, mientras que el 58,8% de los lotes agrícolas evaluados presentaron valores de DA superiores a dicho valor. En la profundidad 10-20 cm, tanto en AN como en AG se observaron valores promedios por encima de 1,2 Mg m<sup>-3</sup>, lo que afectaría el óptimo crecimiento de raíces. Los elevados valores de DA en subsuperficie, cercanos a 1,4 Mg m<sup>-3</sup> incluso en los AN, indicarían que estos suelos presentarían una tendencia a altos valores de DA en capas subsuperficiales, probablemente debido al alto contenido de limo y arena de estos suelos. El alto contenido de estas fracciones, característico de los suelos del SOB, le confiere una alta susceptibilidad a la compactación subsuperficial y baja resiliencia estructural. Del mismo modo, Schmidt & Amiotti (2015), en suelos del SOB bajo SD con altos contenidos de arenas, atribuyeron los elevados valores de DA en subsuperficie a la persistencia de pisos de arado, provenientes del manejo anterior bajo labranza.

Respecto a la porosidad del suelo, la única profundidad donde López *et al.* (2016) observaron cambios en la porosidad total respecto a los AN fue en 0-5 cm, mientras que la distribución por tamaño de poro presentó importantes diferencias en todas las profundidades evaluadas **Tabla 2** \*1. De acuerdo a lo esperado, los mayores cambios ocurrieron en los macroporos grandes (MPg) donde se detectó una disminución del 48,5% en los lotes agrícolas en 15-20 cm, respecto a los AN ( $0,067 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  en AG y  $0,130 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  en AN). Este significativo descenso de los MPg concuerda con varios estudios que señalan que en suelos compactados se produce una disminución de los poros de mayor tamaño sin observarse grandes diferencias en la porosidad total (Kay & VandenBygaart, 2002; Amiotti *et al.*, 2012). Del mismo modo, para suelos de textura gruesa del SOB, Schmidt & Amiotti (2015) también encontraron descensos importantes (37%) en el contenido de los poros de mayor tamaño ( $>9 \mu\text{m}$ ) y aumento de mesoporos, al comparar SD con labranza reducida. Según Botta *et al.* (2004), los macroporos representan la fracción que se destruye primero cuando el suelo es físicamente degradado debido al tránsito por maquinarias. Sasal *et al.* (2006), en suelos de la pampa ondulada, determinaron que la disminución del volumen de macroporos en lotes con SD continua se debe a su colapso producto del tránsito de las maquinarias, sin regeneración de los mismos. Esta baja macroporosidad de los suelos resultaría en una importante disminución de la calidad física, asociada a la disminución de la infiltración, menor aireación del suelo y menor desarrollo radical de los cultivos.

En el trabajo realizado por López *et al.* (2016) en el SOB, además de la deficiente cantidad de MPg en las situaciones bajo SD, es muy importante la disminución de mesoporos grandes (29,2% en 0-10 cm y 39,6 % en 10-20 cm). Estos poros son los responsables de retener agua a bajas tensiones, fácilmente utilizable por los cultivos (Pilatti *et al.*, 2012), por lo que es de esperar que su disminución impacte negativamente en la disponibilidad del agua para los cultivos. Del mismo modo, el aumento de los meso y microporos en los suelos agrícolas evaluados, podría provocar una deficiente aireación del suelo, debido a la disminución del agua gravitacional o drenable en estos suelos.

Según Ferreras *et al.* (2000) en Paleudoles del sudeste bonaerense y Quiroga *et al.* (2007) en Halplustoles del sudoeste bonaerense, el efecto de la SD dependería de la condición inicial del suelo, que se encontraba degradado por el laboreo cuando se comenzó a implementar la misma. De esta manera, si bien no es posible atribuir la pérdida de macroporosidad a la SD, la forma en que se ha implementado la misma en los sitios evaluados (*e. g.* utilización en suelos con piso de arado, baja proporción de rotaciones o pasturas) no ha sido capaz de revertir los problemas de degradación de la calidad física, aún en el largo plazo ( $> 12$  años de implementación). Esta condición daría lugar a una reducción del crecimiento vegetal, causando menores aportes de materia orgánica al suelo, reduciendo el ciclado de nutrientes y la actividad de microorganismos, factores determinantes para el aumento del carbono orgánico del suelo y el desarrollo y mantenimiento de una adecuada estructura (Hamza & Anderson, 2005). De esta manera, en suelos del SOB bajo SD sería imprescindible mejorar la calidad física, para el adecuado desarrollo de los cultivos y la recuperación de la eficiencia en el uso de agua y nutrientes. Para el incremento de la calidad física es necesario el desarrollo de prácticas de manejo del suelo que contribuyan a la regeneración biótica de la estructura (*e. g.* rotaciones con pasturas perennes, inclusión de cultivos con raíces profundas, intensificación de las rotaciones, policultivos) para asegurar una adecuada calidad física en subsuperficie.

## ■ ROTACIÓN DE CULTIVOS

La rotación de cultivos<sup>2</sup>, el tercer componente de la AC, es una práctica de manejo de origen ancestral, para evitar problemas de plagas y enfermedades y para la conservación de la fertilidad de los suelos (Howard, 1943). Sin embargo, a partir de la expansión de la SD se generalizó la agricultura continua, muchas veces asociada al monocultivo (Loewy, 2005; Cantamutto *et al.*, 2016). En particular, en los suelos del SOB con mayor aptitud agrícola el aumento de la superficie bajo SD ha ocurrido en simultáneo con el avance de la agricultura y la disminución de la producción ganadera. En el estudio realizado por López *et al.* (2015), sobre 123 lotes destinados a la producción de cereales invernales, el 78% poseía como antecesor un cultivo invernal. Derpsch *et al.* (2014) ya han establecido que rotaciones inadecuadas o el monocultivo bajo SD sería inconsistente con la AC. Según Duiker & Myers (2006) las razones para la rotación de cultivos en suelos bajo SD serían: proveer adecuada cobertura del suelo, estimular la actividad biológica del suelo, uso más eficiente de nutrientes (*e. g.* N en rotaciones leguminosa-gramínea) y cortar el ciclo de enfermedades y plagas.

Según Friedrich (2008), a partir de datos tomados de la FAO, aproximadamente el 67% de la superficie de la Argentina se corresponde con AC. Sin embargo, si se considera que durante los últimos cinco años se sembraron cerca 20 millones de hectáreas de soja anuales (Ybran & Lacelli, 2016) de un total de menos de 40 millones de hectáreas agrícolas, claramente no se ha cumplido uno de los pilares de la AC, que es la rotación de cultivos. Probablemente la FAO esté considerando toda la superficie bajo SD como AC, a pesar que no se cumplan los otros dos requisitos: rotación de cultivos y cobertura del suelo superior a 30%. En el SOB en particular, para la adecuada implementación de la SD, sería necesario el estudio de nuevas rotaciones, sucesiones y asociaciones de cultivos que permitan aumentar la cobertura del suelo. Para el desarrollo de verdaderas rotaciones es imprescindible la inclusión de pasturas perennes (Loewy, 2005), que actualmente representan una muy baja superficie en el SOB. Asimismo, la intensificación de las rotaciones, con el fin de acortar los períodos de barbecho y aumentar el aporte de residuos, también sería una alternativa válida para el aumento de la cobertura del suelo. Respecto a este punto, sería interesante el estudio de la inclusión de nuevos cultivos así como nuevas sucesiones o sistemas de producción, que permitan una adecuada aplicación de la agricultura de conservación en el SOB.

## ■ CONSIDERACIONES FINALES

La SD ha significado un importante avance en las prácticas de conservación del recurso suelo en el SOB. Sin embargo, a partir de trabajos realizados en la región agrícola del SOB se detectaron características físicas en subsuperficie que limitarían el desarrollo de los cultivos predominantes de la región, aún luego de más de 12 años de SD. Las mayores restricciones para el desarrollo radical se encontrarían en subsuperficie, donde la baja macroporosidad (poros >30  $\mu\text{m}$ ) afectaría la aireación del suelo y el crecimiento de raíces. Si bien no es posible atribuir la pérdida de macroporosidad a la SD, la forma en

<sup>2</sup> Cuando se habla de rotación de cultivos desde el punto de vista agronómico se refiere a la secuencia o alternancia de pasturas perennes con cultivos anuales (Loewy, 2005).

que se ha implementado la misma en la región (e. g. utilización en suelos con piso de arado, monocultivo de cereales de invierno y baja proporción de rotaciones o pasturas) no ha sido capaz de revertir los problemas de degradación de la calidad física, aún en el largo plazo. De este modo, en suelos del SOB bajo SD sería imprescindible la mejora de la calidad física, para el adecuado desarrollo de los cultivos y la recuperación de la eficiencia en el uso de agua y nutrientes.

Debido a la baja cobertura del suelo y ausencia de rotaciones, en muchos casos no sería posible definir al manejo predominante actual de la SD en el SOB como agricultura de conservación. La transición del manejo predominante actual de la SD a un manejo que integre los otros principios de la AC es compleja y representa un cambio a nivel holístico, requiriendo la adaptación y/o generación de prácticas de manejo apropiadas a cada situación. El aumento de la cobertura, la disminución de los períodos de barbecho y la adecuación e intensificación de las rotaciones, serían herramientas válidas para mejorar el manejo de SD en el SOB. Del mismo modo, cualquier práctica que promueva el aumento del carbono orgánico del suelo y la mejora de la estructura, mejoraría la calidad física de los suelos y los beneficios que ello implica. Sin embargo, el cambio de los sistemas actuales de cultivo a sistemas de AC, requiere el entendimiento de los grandes beneficios económicos, sociales y ambientales que la AC brinda, tanto a los productores como a la sociedad. Para la modificación de estos sistemas son muy importantes las tecnologías de procesos y una dificultad asociada a estas tecnologías es que más que un costo económico tienen un costo intelectual, siendo su adopción más dificultosa (Resch, 2003). Al respecto, sería muy importante el rol del Estado y de diversos actores sociales (Universidades, ONGs, Asociaciones de productores, Institutos de investigación como INTA, CONICET, etc.) como promotores de la aplicación de la AC, dado que sería un beneficio para la sociedad en su conjunto.

## ■ BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A; P Salas; E Lovera, E; S Kopp & N Casado-Murillo. 2005. Efecto acumulativo de la siembra directa sobre algunas características del suelo en la región semiárida central de la Argentina. *Ciencia del Suelo* 23 (2): 179-188.
- Álvarez, CR; MA Taboada; FH Gutiérrez Boem; A Bono; PL Fernández & 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.
- Amiotti, NM; MB Villamil & RG Darmony. 2012. Agronomic and taxonomic consequences of agricultural use of marginal soils in Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 76 (2): 558-568.
- Baudron, F; P Tittonell; M Corbeels; P Letourmy & KE Giller. 2012. Comparative performance of conservation agriculture and current small holder farming practices in semi-arid Zimbabwe. *Field Crops Res.* 132: 117-128.
- Blanco-Canqui, H & R Lal. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Crit. Rev. Plant Sci.* 28: 139-163.
- Botta, GF; D Jorajuria; R Balbuena & H Rossatto. 2004. Mechanical and cropping behavior of direct drilled soil under different traffic intensities: effect on soybean (*Glycine max L.*) yields. *Soil Till. Res.* 78: 53-58.
- Cantamutto, M; C Bertucci & D Huarte (compiladores). 2016. El trigo en el sudoeste bonaerense. Documento de trabajo encomendado por el Consejo del Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense. Ministerio de Agroindustria.
- CTIC (Conservation Technology Information Center). 2011. CTIC homepage: <http://www.ctic.purdue.edu/media/pdf/TillageDefinitions.pdf>. (último acceso mayo 2013).
- CTIC (Conservation Technology Information Center). 2011. CTIC homepage: <http://www.ctic.purdue.edu/media/pdf/TillageDefinitions.pdf>. (último acceso Mayo 2013).

- Derpsch, R. 2007. How to get no-tillage to the next level. In: Proc. No-Till on the Plains Winter Conference, AIM Symposium, 1 February 2007, Salina, Kansas.
- Derpsch, R; AJ Franzluebbers; SW Duiker; DC Reicosky; K Koeller; T Friedrich; WG Sturny; JCM Sa & K Weiss. 2014. Why do we need to standardize no-tillage research?. *Soil & Tillage Research* 137: 16-22.
- Derpsch, R; T Friedrich, T; A Kassam & HW Li. 2010. Current status of adoption of no till farming in the world and some of its main benefits. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 3: 1-25.
- Doran, JW & TB Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. En: Doran, JW; D Coleman; DC Bezdicsek & BA Stewart. (eds). 1994. Defining and Assessing Soil Quality for Sustainable Environment. Soil Science Society of America. Special Publication 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Duiker, SW & JC Myers. 2006. Steps toward a successful transition to No Till. Disponible en : [https://www.researchgate.net/publication/268354554\\_Steps\\_Toward\\_a\\_Successful\\_Transition\\_to\\_No-Till](https://www.researchgate.net/publication/268354554_Steps_Toward_a_Successful_Transition_to_No-Till)
- Dumanski, J & R Peiretti. 2013. Modern concepts of soil conservation. *International Soil and Water Conservation Research* 1: 19-23.
- Dumanski, J., R. Peiretti, J. Benetis, D. McGarry, and C. Pieri. 2006. The paradigm of conservation tillage. Proc. World Assoc. Soil and Water Conserv., P1: 58-64.
- FAO. 2012. Basic Principles of Conservation Agriculture. <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html> (Ultimo acceso agosto de 2017).
- Ferreras, LA; JL Costa; FO García & C Pecorari. 2000. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. *Soil Till. Res.* 54: 31-39.
- Franzluebbers, AJ. 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Till Res.* 66: 95-106.
- Franzluebbers, AJ. 2010. Achieving soil organic carbon sequestration with conservation agricultural systems in the southeastern United States. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74: 347-357.
- Friedrich, T. 2008. Investing in Sustainable Agricultural Intensification: The Role of Conservation Agriculture. Technical Workshop Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 10 August 2008
- Glave, A. 2006. Influencia climática en el sudoeste bonaerense y sudeste de la pampa. En: [www.produccion-animal.com.ar/clima\\_y\\_ambientacion/29\\_clima\\_sudoeste\\_bonaerens\\_e.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/29_clima_sudoeste_bonaerens_e.pdf) (Ultimo acceso Febrero 2014)
- Govaerts, B; KD Sayre & J Deckers. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil Till. Res.* 87: 163-174.
- Govaerts, B; N Verhulst; A Castellanos-Navarrete; KD Sayre; J Dixon A & L Dendooven. 2009. Conservation agriculture and soil carbon sequestration: between myth and farmer reality. *Crit. Rev. Plant Sci.* 8: 97-122.
- Hamza, MA & WK Anderson. 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Till. Res.* 82: 121-145.
- Hobbs, PR; K Sayre & R Gupta. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philos. Trans R. Soc. Lond B. Biol. Sci.* 363, 543-555.
- Howard, A. 1943. An Agricultural testament. Oxford University Press
- INTA. 2016. Informe estadístico mercado de la Soja en Argentina. Disponible en: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_informe\\_estadistico\\_del\\_mercado\\_de\\_soja.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf)
- Jones, RJA; G Spoor & AJ Thomasson. 2003. Vulnerability of subsoils in Europe to compaction: a preliminary analysis. *Soil Till. Res.* 73: 131-143.
- Kay, BD & AJ VandenBygaart. 2002. Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic-matter. *Soil Till. Res.* 66: 107-118.
- Kirby, M. 2007. Whither soil compaction research? *Soil Till. Res.* 93: 472- 475.
- Krüger, HR & A Quiroga. 2012. La "interfase suelo-atmósfera" y su valor estratégico en regiones semiáridas. En: Álvarez, A; A Quiroga; D Santos & M Bodrero. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Ediciones INTA, 2012. 170 pp. ISBN 978-987-679-177-9
- Lal, R. 2000. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. *Soil Sci.* 165: 191-207.
- Lal, R. 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22 (2): 151-184.

- Linke, C. 1998. Direktsaat—eine Bestandsaufnahme unter besonderer Berücksichtigung technischer, agronomischer und ökonomischer Aspekte. Univ. Hohenheim Diss., pp. 482.
- Lipiec, J; J Arvidsson & E Murer. 2003. Review of modelling crop growth, movement of water and chemicals in relation to topsoil and subsoil compaction. *Soil Till. Res.* 73: 15-29.
- Loewy, T. 2005. Rotación de cultivos en la región pampeana, volviendo a las fuentes. En: Actas de las III Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste Bonaerense, 2 al 4 de septiembre de 2004. Ed: Universidad Nacional del Sur.
- López, FM. 2017. Dinámica de la cobertura de residuos en suelos bajo siembra directa: relación con la humedad del suelo y la transformación de las fracciones orgánicas lábiles. Tesis de Doctor en Agronomía. Universidad Nacional del Sur, 139pp.
- López, FM; ME Duval; JM Martínez & J Galantini. 2015. Cobertura en el sudoeste bonaerense en suelos bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 33 (2): 273-281.
- López, FM; ME Duval; JM Martínez & J Galantini. 2016. Porosidad de suelos bajo Siembra Directa en el sudoeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 34 (2): 173-184.
- Martínez, JM; MR Landriscini; JA Galantini & M Duval. 2012. Eficiencias de nitrógeno para trigo en suelos del sudoeste bonaerense. Actas XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 16 al 20 de abril de 2012. Mar del Plata, Argentina. En CD.
- McCormack, DE. 1987. Land evaluations that consider soil compaction. *Soil Till. Res.* 10: 21-27.
- Micucci FG & Taboada MA. 2006. Soil physical properties and soybean (*Glycine max*, Merrill) root abundance in conventionally- and zero-tilled soils in the humid Pampas of Argentina. *Soil Till. Res.* 86: 152-162.
- MINAGRO, Ministerio de Agroindustria. 2016. <http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/estimaciones/distribucion/cf2015-16/buenosaires/pigue.php> (Ultimo acceso: Mayo 2016).
- Mulumba, LN & R Lal. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil Till Res.* 98: 106-111.
- Naudin, K; E Scopel; ALH Andriamandroso; M Rakotosolofo; NRS Andriamarosoa Ratsimbazafy; J N Rakotondriny; P Salgado & KE Giller. 2011. Trade-offs between biomass use and soil cover. The case of rice-based cropping systems in the lake Alaotra region of Madagascar. *Experimental Agriculture*, 48, 194-209.
- Olness, A; CE Clapp; R Liu & AJ Palazzo. 1998. Biosolids and their effects on soil properties. In: Wallace, A., Terry, R.E. (Eds.), *Handbook of Soil Conditioners*. Marcel Dekker, New York, NY, pp. 141-165.
- Palm, C; H Blanco-Canqui; F DeClerk & L Gatere. 2014. Conservation agriculture and ecosystem services: an overview. *Agric. Ecosyst. Environ.* 187: 87-105.
- Pedreño, N; M Herrero; L Gómez; B Matayx. 2008. Residuos orgánicos y agricultura. Ed. Espagrafic, 155 pp.
- Pilatti, MA; J De Orellana; SDC Imhoff & A Pires Da Silva. 2012. Actualización de los límites críticos del intervalo hídrico óptimo. *Ciencia del Suelo* 30 (1): 9-21.
- Pittelkow, CM; X Liang; BA Linqvist; KJ van Groenigen; J Lee; ME Lundy; N van Gestel; J Six; RT Venterea; C van Kessel. 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature* 517: 365-369.
- Quiroga, A; R Fernández; O Ormeño; E Manera & N Fuentes. 2007. Efectos del sistema de labranza y la ganadería sobre propiedades de un Haplustol Entico. En: INTA, Aspectos de la evaluación y el manejo de los suelos en la región semiárida pampeana. Publicación técnica 69, 90 pp.
- Quiroga, AR; DO Funaro; R Fernandez & EJ Noellemeyer. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. *Ciencia del Suelo* 23 (1): 79-86.
- Resch, G. 2003. La sustentabilidad como contexto productivo. Córdoba, Argentina. INTA - Oficina Técnica Canals. En: Sitio Argentino de Producción Animal.
- Reynolds, WD; CF Drury; XM Yang & CS Tan. 2008. Optimal soil physical quality inferred through structural regression and parameter interactions. *Geoderma* 146: 466-474.
- Sasal, MC & AE Andriulo. 2003. Comparación de dos métodos para determinar la distribución de la porosidad edáfica en dos sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo* 21 (2): 74-77.
- Sasal, MC; AE Andriulo & MA Taboada. 2006. Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinean Pampas. *Soil Till. Res.* 87: 9-18.
- Sayre, K; B Govaerts; A Martinez; M Mezzalama & M Martinez. 2006. Comparison of alternative conservation agriculture technologies for rainfed production in the highlands of Central Mexico, 28 August–3 September 2006. In: Proc. 17th ISTRO Conf., Kiel, Germany, pp. 1012-1018.

- Schmidt, ES & NM Amiotti. 2015. Propiedades edáficas superficiales en sistemas de agricultura de conservación en la región pampeana semiárida sur. *Ciencia del Suelo* 33 (1): 79-88.
- Scopel, E; B Muller; JM Arreola-Tostado; E Chavez Guerra & F Maraux. 1998. Quantifying and modeling the effects of light crop residue mulch on the water balance: an application to rainfed maize in Western Mexico. In: World Congress of Soil Science, July 1998, Montpellier.
- Ségui, L; S Bouzinac & O Husson. 2006. Direct-seeded tropical soil systems with permanent soil cover: Learning from Brazilian experience. In: Uphoff, N., Ball, A.S., Fernandes, E. (Eds.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton, FL, pp. 323-342.
- Stockmann, U; MA Adams; JW Crawford; DJ Field; N Henakaarchchi; M Jenkins; B Minasny; AB McBratney; VR Courcelles; K Singh; I Wheeler L Abbott; DA Angers; J Baldock; M Bird; PC Brookes; C Chenu; JD Jastrow; R Lal; J Lehmann; AGO O'Donnell; WJ Parton; D Whitehead & M Zimmermann. 2013. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agric. Ecosyst. Environ.* 164, 80-99.
- Strudley, MW; TR Green & JC Ascough. 2008. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil Till. Res.* 99: 4-48.
- Sturny, WG; A Chervet; C Maurer-Troxler; L Ramseier; M Müller; R Schafflützel; W Richner; B Streit; P Weisskopf & U Zihlmann. 2007. Direktsaat und Pflug im Systemvergleich—eine Synthese. *AGRAR Forschung (now Agrarforschung Schweiz)* 14, 350-357.
- Taboada, MA; FG Micucci; DJ Cosentino & RS Lavado. 1998. Comparison of compaction induced by conventional and zero tillage in two soils of the Rolling Pampa of Argentina. *Soil Till. Res.* 49: 57-63.
- Van Kessel, C; R Venterea; J Six; M Adviento-Borbe; BA Linquist; & KJ Van Groenigen. 2013. Climate, duration and N placement determine N<sub>2</sub>O emissions in reduced tillage systems: a meta-analysis. *Glob. Change Biol.* 19: 33-44.
- Venanzi, S; A Vallati & H Krüger. 2002. Crecimiento temprano en trigo en función de la densidad aparente del suelo. En: <http://www.agrositio.com/vertex/vertex.asp?id=75010&se=19> (último ingreso Julio de 2015).
- Verhulst, N; B Govaerts; E Verachtert; A Castellanos-Navarrete; M Mezzalama; P Wall; J Deckers & KD Sayre. 2010. Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems? In: Lal, R., Stewart, B.A. (Eds.), *Advances in Soil Science: Food Security and Soil Quality*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 137-208.
- Wilhelm, WW; JMF Johnson; DL Karlen & DT Lightle. 2007. Corn stover to sustain soil organic carbon further constrains biomass supply. *Agron. J.* 99, 1665-1667.
- Ybran, RG & Lacelli GA. 2016. Informe estadístico mercado de la soja. Disponible em: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_informe\\_estadistico\\_del\\_mercado\\_de\\_soja.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf) (último acceso agosto de 2017)
- Zilio, J. 2015. Aspectos de calidad de suelos representativos del sur de la provincia de Buenos Aires y efectos de la actividad agropecuaria sobre la misma. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, 100 pp.
- Zotelo, C. 2011. Variabilidad Climática y Ciclos Naturales. En: *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27824> (último acceso Abril de 2016).

ISBN 978-987-46870-1-2



9 789874 687012



Comprá nuestros libros online en  
[www.agro.uba.ar/catalog](http://www.agro.uba.ar/catalog)