

**SIEMBRA DIRECTA Y AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL SUDOESTE
BONAERENSE**

López F.M.¹, M. Duval^{1,2}, J.M. Martínez^{1,2}, J.A. Galantini³.

¹ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur - fmlopez@criba.edu.ar

² CERZOS-CONICET - Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

RESUMEN: A pesar que con frecuencia los términos “agricultura de conservación” (AC) y “siembra directa” (sd) son utilizados como equivalentes, son conceptos que abarcan diferentes aspectos. La AC implica la aplicación de tres prácticas de manejo: siembra directa de los cultivos con el menor disturbio del suelo, cobertura permanente del suelo y rotaciones de cultivos, mientras que la sd es la práctica de cultivo en la que las semillas se colocan en el suelo sin labranza, mediante el mínimo movimiento del suelo. en el presente trabajo se presentan aspectos relacionados con ambos términos y algunos datos de la aplicación de la sd en el sudoeste de la provincia de buenos aires, argentina (SOB). además, se incluyeron algunas consideraciones a tener en cuenta en el futuro para la adecuada implementación de la sd en la región. en suelos bajo sd del sob existen grandes variaciones en la acumulación de residuos en superficie y cobertura del suelo. gran cantidad de lotes bajo sd en el sob no presentan una adecuada cobertura del suelo para protegerlo de la erosión. para estudios que evalúen la aplicación de la sd sería necesario detallar el estado de residuos en superficie y cobertura del suelo, dada su importancia en el funcionamiento del mismo y las importantes variaciones observadas. para la correcta implementación de la sd en el sob sería muy importante el aumento de la cobertura del suelo y el establecimiento de rotaciones de cultivos que permita avanzar hacia la agricultura de conservación.

PALABRAS CLAVE: cobertura, rotación de cultivos, no labranza.

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

La agricultura de conservación (AC), definida por la Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, 2012), es la aplicación de tres principios de manejo del suelo: 1) siembra directa (SD) 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).

La AC enfatiza que el suelo es un organismo vivo, esencial para sostener la calidad de vida en el planeta (Dumanski *et al.*, 2006), resalta su importancia para la mantención de diversos servicios ecosistémicos, como la calidad del agua (Palm *et al.*, 2014) y busca un equilibrio entre los beneficios productivos, económicos y ambientales. Los principios de la AC son aplicables a cualquier producción agrícola, con las adaptaciones necesarias para cada región en particular (FAO, 2012). Al respecto, Friedrich *et al.* (2009) sostienen que la AC requiere un profundo entendimiento del agroecosistema por lo que es “intensiva en conocimiento” y no puede ser reducida a una tecnología simple y estandarizada. Esto es debido a que la agricultura se practica en muchos agroecosistemas diferentes y las tecnologías deben ser adaptadas con el conocimiento de las características edafoclimáticas de cada región en particular.

Actualmente la FAO considera el tráfico controlado como la cuarta componente de la agricultura de conservación, debido al hecho de los importantes problemas de pérdida de fertilidad física que se han reportado en diferentes manejos bajo SD (Hobbs *et al.*, 2008). Al respecto es importante resaltar la importancia de la fertilidad física del suelo como

reguladora de varios procesos que regulan el funcionamiento del agroecosistema, 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 del suelo 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). Otra complicación es que los efectos de la pérdida de fertilidad 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). Como ejemplos locales de evaluación de fertilidad física de suelos bajo SD se pueden nombrar diferentes trabajos (Sasal *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2009; Schmidt & Amiotti, 2015; López *et al.*, 2016).

SIEMBRA DIRECTA

La 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). El manejo bajo SD es el concepto original y central de la agricultura de conservación (Dumanski *et al.*, 2006; Dumanski & Peiretti, 2013; Pitterkow *et al.*, 2015).

Una característica diferencial de la SD frente a la labranza es que los residuos 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. Debido a la presencia de residuos en superficie, en zonas subhúmedas y semiáridas en particular, la SD tiene las ventajas de reducir el riesgo de erosión y mejorar propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Wilhelm *et al.*, 1986; Lal, 2000; Quiroga *et al.*, 2005; Wilhelm *et al.*, 2007; Blanco-Canqui & Lal, 2009).

En ambientes como el SOB, en los últimos 20 años ha existido una adopción masiva de la SD 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). Sin embargo, la implementación de la SD no siempre significó agricultura de conservación. Esto se debe a que para que el manejo bajo SD cumpla con los requisitos de la AC debería contemplar la adecuada cobertura del suelo y la rotación de cultivos.

Respecto a la fertilidad física en suelos bajo SD, López *et al.* (2016) han reportado la existencia de limitaciones para el desarrollo radical de los cultivos en lotes con historia bajo SD del SOB. Las mayores limitaciones se observaron por la baja macroporosidad (poros >30 μm) en subsuperficie (10-20 cm), que causaría problemas para el desarrollo de las raíces y la aireación del suelo. Sin embargo, la baja macroporosidad en subsuperficie no es posible atribuirla al manejo bajo SD, ya que podría provenir del manejo anterior del suelo, bajo labranza o a la pérdida de estructura y materia orgánica del suelo. No obstante, la forma como se ha implementado la SD en los suelos estudiados no fue capaz de revertir la inadecuada fertilidad física en subsuperficie. Para el mejoramiento de la fertilidad física de estos suelos sería necesaria la recuperación de la macroporosidad. Dicho incremento se lograría a partir del aumento de la materia orgánica del suelo y la mejora de la estructura, por lo que cualquier práctica que aumente el aporte de raíces en subsuperficie o la actividad de microorganismos ayudaría a contrarrestar los efectos negativos de la baja

macroporosidad. 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

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 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). Los beneficios de la SD y los residuos en superficie ya están bien documentados en la bibliografía, *e.g.*, Palm *et al.* (2014).

En sistemas 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). El manejo bajo SD se asocia generalmente con altos niveles de residuos de cultivos en la superficie del suelo, lo que tiene efectos positivos sobre la fertilidad física y química y la biología del suelo (Abril *et al.*, 2005, Mulumba & Lal, 2008). Sin embargo, frecuentemente se utiliza la SD en suelos con escasa o nula cobertura del suelo (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).

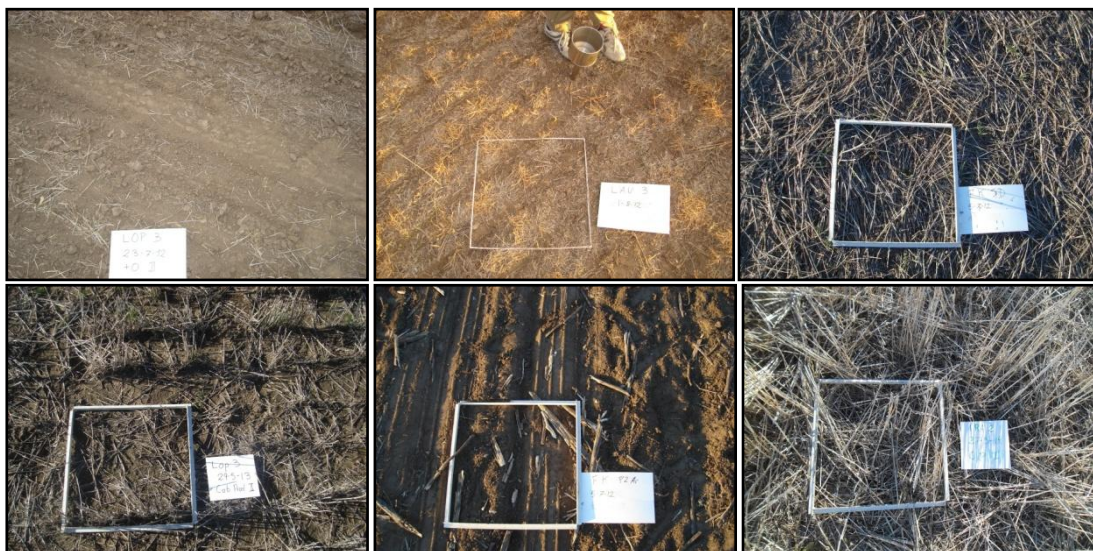




Figura 1. Residuos en superficie en diferentes sitios del sudoeste bonaerense bajo siembra directa.

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 de cultivos para cubrir al menos el 30% de la superficie del suelo después de la siembra, puede ser considerado AC. Asimismo, según Scopel *et al.* (1998) un 30% de cobertura del suelo sería el límite que permite una importante reducción de la pérdida de agua por escorrentía. 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 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⁻¹ 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): rastrojos de cultivos invernales (CI) y cultivos estivales (CE), durante los años 2011, 2012 y 2013 (tomado de López *et al.*, 2015).

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

CV: Coeficiente de variación.

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 arvenses⁵, ya que la presencia de residuos en superficie luego de la cosecha es muy baja. Debido a la escasez de cobertura la mayor parte de los suelos bajo SD evaluados no podrían ser considerados como agricultura de conservación. 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 el ciclado de la MO y la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. De esta forma, las importantes variaciones en la presencia de residuos en superficie podría provocar diferentes resultados frente a la implementación de la SD, ya que muchas veces los resultados contrastantes se deben a diferencias en la presencia de residuos en superficie y no solo a la ausencia de labranza (Franzluebbers, 2010). En investigaciones que evalúen el efecto del manejo bajo SD es necesario especificar el estado de la cobertura del suelo así como la cantidad de residuos en superficie. A partir de la metodología de muestreo de residuos superficiales y evaluación de la cobertura desarrollada por López *et al.* (2015), sería posible simplificar esta medición. 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 malezas, control de la erosión y disminución de la evaporación) dependen del grado de cobertura del suelo (Naudin *et al.*, 2011).

ROTACIÓN DE CULTIVOS

La rotación de cultivos⁶, el tercer componente de la AC, es una práctica de manejo de origen ancestral (Howard, 1943), para evitar problemas de plagas y enfermedades y para la conservación de la fertilidad de los suelos. Sin embargo, a partir del advenimiento de la SD se generalizó la agricultura continua, muchas veces asociada al monocultivo (Loewy, 2005; Cantamutto *et al.*, 2016). Por ejemplo, en los partidos 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 trabajo realizado por López *et al.* (2015), de 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 agricultura de conservación. 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, el 66,8% 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 has de soja anuales (Ybran & Lacelli, 2016) de un total de menos de 40 millones de has 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%.

⁵ 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.

⁶ Cuando se habla de rotación de cultivos desde el punto de vista agronómico se habla de la secuencia o alternancia de pasturas perennes con cultivos anuales (Loewy, 2005).

Para la adecuada aplicación de la SD en el SOB 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

Si bien la SD ha significado un importante avance en las prácticas de conservación del recurso suelo en el SOB, actualmente existen gran cantidad de factores que sería necesario tener en cuenta para avanzar en la AC. El cambio de los sistemas actuales de cultivo a sistemas más complejos, que contemplen otros factores de conservación, 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 los sistemas actuales de cultivo 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 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. *Ci. Suelo* 23: 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.
- 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.
- 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>.
- 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 Till. Res.* 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.
- 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
- Dumanski, J & R Peiretti. 2013. Modern concepts of soil conservation. *Int. Soil Water Cons. Res.* 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.*, pp. 58-64.
- FAO. 2012. Basic Principles of Conservation Agriculture. <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html> (Ultimo acceso Agosto de 2017).
- 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; A Kassam & F Taher. 2009. Adoption of Conservation Agriculture and the Role of Policy and Institutional support. Invited paper for the International Consultation on “No-Till with Soil Cover and Crop Rotation: A Basis for Policy Support to Conservation Agriculture for Sustainable Production Intensification”, Astana & Shortandy, Kazakhstan, 8-10 July 2009.
- 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
- 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. En: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_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.
- Kirby, M. 2007. Whither soil compaction research? *Soil Till. Res.* 93, 472– 475.
- 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.
- 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; ME Duval; JM Martínez & J Galantini. 2015. Cobertura en el sudoeste bonaerense en suelos bajo siembra directa. *Ci. Suelo* 33 (2): 273-281.
- López, FM; ME Duval; JM Martínez & J Galantini. 2016. Porosidad de suelos bajo Siembra Directa en el sudoeste bonaerense. *Ci. Suelo* 34 (2): 173-184.
- McCormack, DE. 1987. Land evaluations that consider soil compaction. *Soil Till. Res.* 10: 21–27.
- 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 Rakotosoloho; NRS Andriamarosoa Ratsimbazafy; J N Rakotozandriny; P Salgado & KE Giller. 2012. Trade-offs between biomass use and soil cover. The case of rice-based cropping systems in the lake alaotra region of Madagascar. *Exp. Agric.* 48: 194-209.

- 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.
- Pittelkow, CM; X Liang; BA Linquist; 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, AR; DO Funaro; R Fernandez & EJ Noellemeyer. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. *Ci. 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.
- 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. *Ci. 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.
- Wilhelm, W; JW Doran & JF Power. 1986. Corn and Soybean Yield Response to Crop Residue Management Under No-Tillage Production Systems. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. 114.
- 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.gov.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf (último acceso agosto de 2017).