

44 AÑOS DE MONOCULTIVO DE SOJA EN DIFERENTES SISTEMAS DE LABRANZA: ESTABILIDAD DE AGREGADOS Y OTRAS PROPIEDADES EDÁFICAS

Gudelj, O. E. ¹; Maury, M. ¹; Conde, M. B. ¹; Ortiz, J. ¹; Lorenzon, C. A. ¹; Pereyra, L. A. ¹; Gudelj, V. J. ¹

¹ EEA INTA Marcos Juárez.

Autor para correspondencia: gudelj.olga@inta.gov.ar

¹ EEA Marcos Juárez, Ruta Prov. 12 km. 3. CP 2580, Marcos Juárez, Córdoba. Argentina

RESUMEN

La soja es el cultivo de mayor superficie implantada en Argentina. En muchos casos se realiza en forma continua en un mismo lote, y esta práctica de monocultivo afecta las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. El objetivo de este trabajo fue analizar la estabilidad de agregados (EA) del suelo luego de 44 años de monocultivo de soja implantada con diferentes sistemas de labranza y su relación con algunas propiedades químicas y biológicas. Sobre suelo Argiudol típico se estudiaron tres sistemas de implantación: labranza convencional (SjC); labranza reducida (SjR) y siembra directa (SjD), dispuestos aleatoriamente en cuatro bloques. También se analizó una situación de referencia (SR), correspondiente al mismo tipo de suelo y con cobertura permanente de gramíneas sometido a cortes periódicos durante más de 50 años, quedando el material cortado en el lugar. Las variables evaluadas en 0-10 cm fueron: EA por el método de cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) según De Leenheer – De Boodt, índice de estabilidad relativo (IER), materia orgánica total (MOT), pH, conductividad eléctrica (CE) y proteínas fácilmente extraíbles reactivas a Bradford, comúnmente denominadas "glomalininas". De los análisis de varianza se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) de todos los tratamientos evaluados para CDMP, MOT y para CE. Los valores de CDMP se expresaron de mejor a peor condición en el siguiente orden: SR-SjD-SjR-SjC, orden que se correspondió con una disminución en el contenido de MOT. Para glomalininas sucedió lo mismo salvo que no alcanzaron a diferenciarse SjD de SjR. Mayores porcentajes de MOT y de glomalininas se correspondieron con mejores índices de CDMP. Los IER categorizaron el suelo estudiado como muy débilmente estructurado en todos los casos, aún en SjD, con una pérdida de la EA del orden del 80% o más, comparado con el SR.

Palabras clave: prácticas de manejo, ensayo de larga duración, degradación del suelo

SUMMARY

44 years of soybean monoculture in different tillage systems: stability of aggregate and other edaphic properties

Soybean is the crop with the largest planted area in Argentina. In many cases, it is carried out continuously in the same land, and this monoculture practice can negatively impact soil physical, chemical, and biological properties. The objective of this work was to analyze the stability of soil aggregates (EA) after 44 years of uninterrupted soybean monoculture planted with different tillage systems, and its relationship with chemical and biological properties. On

a typical Argiudol soil, three cropping systems were studied: conventional tillage (SjC), reduced tillage (SjR), and direct sowing (SjD); randomly arranged in four blocks. A reference situation (SR) was also analyzed, corresponding to the same type of soil with permanent grass cover subjected to periodic cuts for more than 50 years, leaving the cut material in place. In topsoil (0-10 cm depth) we measured: EA by the weighted mean diameter change method (CDMP) according to De Leenheer – De Boodt, relative stability index (IER), total organic matter (MOT), pH, electrical conductivity (EC), and easily extractable proteins reactive to Bradford reagent, usually known as “glomalin”. The analysis of variance revealed statistically significant differences ($p < 0.05$) in CDMP, MOT and for CE among treatments. CDMP values were expressed from best to worst condition in the following order: SR-SjD-SjR-SjC, order that corresponded to a decrease in MOT content. The same trend was observed for glomalin except that they were unable to differentiate SjD from SjR. The higher percentages of MOT and glomalin corresponded to better CDMP indices. Finally, according to the relative stability indices, the studied soil was very weakly structured in all studied situations, even in SjD, where EA showed an 80% reduction compared to SR.

Keywords: management practices, long-term experiment, soil degradation

Introducción

La soja (*Glycine max* L. Merr.) es uno de los principales cultivos que se produce en Argentina, siendo la siembra directa (SD) el sistema más utilizado para su implantación. En la campaña 2020/21 la superficie sembrada en el país fue de 17 millones de hectáreas, logrando una producción de 47 millones de toneladas (Minagri, 2022). Este cultivo en muchos casos se realiza en forma continua en un mismo lote, y esta práctica de monocultivo afecta las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Numerosos trabajos de investigación informan respecto de los efectos degradativos de la condición del suelo que provocan las labranzas y también la práctica de monocultivo, (Marelli, 1997; Andriulo y Cordone, 1998; Gudelj y Masiero, 2001; Novelli *et al.*, 2011; Castiglioni *et al.*, 2013, Gudelj *et al.*, 2018). En los primeros estados del desarrollo del cultivo de soja, el suelo queda expuesto a la acción de lluvias intensas de fin de primavera y verano. Esas condiciones combinadas con el laboreo del suelo acentúan la degradación del mismo (Aparicio *et al.*, 2002). La región pampeana se caracteriza por tener una estructura

del suelo fácilmente degradable por las labranzas y el impacto de la lluvia (Lattanzi, 1989). Estos efectos son relacionados con el alto contenido de limo finos, 2-20 μm , que predomina en los suelos pampeanos (Barbosa *et al.*, 1997; Sasal *et al.*, 2006; Alvarez *et al.*, 2009; Chavarría *et al.*, 2016). La condición de fragilidad estructural de estos suelos ante el impacto de las lluvias intensas o el tránsito de maquinarias es atribuida al alto contenido de material biótico (biolitos) de la fracción limosa (Cosentino & Pecorari, 2002).

Asimismo, uno de los aspectos negativos del monocultivo de soja es la escasa cantidad de residuos que deja luego de la cosecha, insuficiente para mantener los niveles de materia orgánica del suelo (MOS). Producto del largo periodo de barbecho otoño-invernal de estos sistemas, se generan las condiciones ambientales que favorecen el incremento de la actividad microbiana que acelera la mineralización de la MOS (Restovich, *et al.*, 2005, Huggins *et al.*, 2007). Irizar *et al.*, (2015) señalaron que en los suelos Argiudoles de la pampa argentina bajo SD, los menores contenidos de carbono orgánico se presentan en aquellos

en los que se hace monocultivo de soja. La alteración de la MOS incide directamente sobre la salud del suelo, su capacidad de recuperación y los procesos que influyen sobre la sustentabilidad del sistema de producción (Quiroga & Studdert, 2014), siendo el principal componente edáfico que contribuye a la agregación del suelo y sobre la estabilidad estructural.

La estabilidad de agregados (EA) es una propiedad destacada por varios autores como indicador global de sostenibilidad (Hamblin, 1991; Lal, 1993; Orellana, 1994). Numerosos trabajos señalan la EA del suelo como un indicador físico sensible para diferenciar situaciones de manejo del suelo (Urricariet y Lavado, 1999; Gudelj y Masiero, 2001; Zanzano, *et al.*, 2005; Aparicio y Costa, 2006; Ferreras *et al.*, 2007; Campitelli *et al.*, 2010; Gudelj *et al.*, 2012; Gudelj *et al.*, 2018). Los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son uno de los indicadores biológicos relacionados con la estructura del suelo en el que se desarrollan. Estos producen glicoproteínas que actúan como aglutinante de minerales y de la MOS, por lo que están en directa relación con la EA (Grümbert *et al.*, 2010). Las estructuras proteicas del suelo denominadas "glomalininas" (Wright & Upadhyaya, 1999), fueron citadas por Rillig (2004) como un agente cementante de agregados del suelo, indicando que se correlacionan positivamente con la EA del suelo al agua, y que esta proteína tiene un recambio relativamente lento en el suelo, contribuyendo a efectos duraderos sobre la agregación.

También el pH y la CE son indicadores químicos de la capacidad productiva de los suelos.

Algunos trabajos reportan procesos de acidificación de suelos de la región pampeana, debido a la producción agropecuaria continua (Gudelj *et al.*, 2010; Pellegrini *et al.*, 2016; Machetti, *et al.*, 2016). Según Vázquez (2012), en dicha región se produjo una reducción del área sembrada con cultivos tradicionales como maíz, reemplazándose por soja, de alto consumo

de nutrientes básicos, afectando la acidez del suelo. Dicha autora encontró niveles de acidez por debajo del rango óptimo de 6-7 e informa, citando a Evans y Kamprath (1970), que dentro de las leguminosas la soja es considerada de mediana a baja sensibilidad a la acidez. En algunos casos se observó efectos de esa acidificación sobre la EA del suelo (Gudelj, *et al.*, 2010).

El uso del suelo produce alteraciones estructurales y funcionales que condicionan su productividad, siendo necesario conocerlas y cuantificarlas (Wilson & Sasal, 2017). El objetivo de este trabajo fue analizar la EA del suelo luego de 44 años de monocultivo de soja implantada con diferentes sistemas de labranza y su relación con algunas propiedades químicas y biológicas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en un ensayo de larga duración situado en la Estación Experimental del INTA Marcos Juárez (32°43' 25.48" de latitud sur, 62°5' 53.11" de longitud oeste), provincia de Córdoba, Argentina, en el que se implanta el cultivo de soja en forma continua desde 1975, considerando tres sistemas de implantación: labranza convencional con arado de reja (SjC) como labor principal, disco de doble acción y rastra de dientes, como labor secundaria que deja la cama de siembra desnuda y refinada; labranza reducida con arado cincel (SjR) como labor principal y labores secundarias con rastra de discos de doble acción o vibro-cultivadores, donde una proporción del rastrojo se incorpora con el arado de cincales y el resto permanece en superficie; y siembra directa (SjD), siembra sobre el rastrojo del cultivo anterior sin labrar, práctica que deja la totalidad de los residuos en superficie. Dichos tratamientos están dispuestos aleatoriamente en cuatro bloques. Cada unidad experimental tiene una dimensión de 14x50 metros. A partir de 1999, se planteó el sub factor fertilidad, transformándose en un diseño de parcelas divididas. El objetivo de la fertilización fue

aportar fósforo (P) y azufre (S) al suelo. Hasta 2016, las fuentes utilizadas fueron variables, aplicándose en cada año en promedio 21,8 kg P. ha⁻¹ y 21,6 kg S. ha⁻¹. En los años subsiguientes, dado que los tenores de estos elementos según análisis de suelo fueron altos, se disminuyó la dosis, aplicándose anualmente en promedio 10 kg P. ha⁻¹ y 12 Kg S. ha⁻¹, utilizando como fuente fosfato monoamónico y yeso, respectivamente. Como las fuentes de fósforo utilizadas contenían nitrógeno (N), se aplicaron en promedio 18,6 y 5 kg. ha⁻¹, antes y después de 2016 respectivamente. También se analizó una situación de referencia (SR), correspondiente al mismo tipo de suelo y con cobertura permanente de gramíneas sometido a cortes periódicos durante más de 50 años, quedando el material cortado en el lugar.

Características ambientales

El suelo es un Argiudol típico de la Serie de suelo Marcos Juárez, que se caracteriza por ser oscuro, profundo y bien drenado con Capacidad de Uso I (INTA, 1978), desarrollado sobre un sedimento loésico de textura franco limosa en el horizonte A (68,9% limo, 25,1% arcilla y 5,6% arena muy fina), buena capacidad de retención de agua y una amplia aptitud para cultivos agrícolas y forrajeros. El clima es templado húmedo, con una temperatura media anual de 16,9 °C y una precipitación media anual de 894 mm anuales, concentrada en los meses estivales (INTA, 1978).

Características del muestreo y metodologías

El muestreo de suelo se realizó en 2019, en la estación otoño-invernal en la parte fertilizada de los tratamientos estudiados. Para EA se extrajeron tres muestras al azar no disturbadas (Gudelj & Masiero, 1996) de 0 a 10 cm de profundidad por cada unidad experimental, en condiciones de humedad del suelo cercana a capacidad de campo. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio donde se separaron los agregados por plano de ruptura natural y

se dejaron secar a temperatura ambiente. La EA fue estimada como el cambio del diámetro medio ponderado (CDMP) de los agregados según De Leenheer y De Boodt (1958), con modificaciones realizadas por Santanatoglia y Fernández (1982), el cual emplea fracciones de agregados: 8-4,76; 4,76-3,36 y 3,36-2 mm y evalúa la estabilidad frente al impacto de las gotas de lluvia y el movimiento del agua, fenómenos que están asociados con el proceso de erosión. El CDMP está dado por la diferencia que existe entre el diámetro-peso medio de los agregados secados al aire (DMPS) y el mismo luego de ser humedecidos, incubados y tamizados bajo agua (DMPH).

$$\text{CDMP (mm)} = \text{DMPS} - \text{DMPH}$$

Los valores más bajos de CDMP se corresponden con suelos altamente estructurados y los mayores con suelos menos estructurados. También se calculó el índice de estabilidad relativo (IER) considerando el CDMP del SR.

$$\text{IER (\%)} = (\text{CDMP SR} : \text{CDMP suelo estudiado}) * 100$$

Al mismo tiempo, se tomaron muestras compuestas de quince sub-muestras por unidad experimental, a una profundidad de 0-10 cm para determinación de: materia orgánica total (MOT) por el método de Walkley Black (1934), pH del suelo medido a una relación suelo agua 1:2,5 (IRAM 29410, 1999), conductividad eléctrica (CE) por conductímetro en solución suelo-agua 1:2,5 y proteínas fácilmente extraíbles reactivas a Bradford, comúnmente denominadas "glomalininas" (Wright & Upadhyaya, 1999), consideradas agente cementante de agregados del suelo.

Análisis estadístico

Las variables se analizaron con modelos lineales mixtos, teniendo en cuenta los tratamientos como efectos fijos y a los bloques como aleatorios. Se compararon

Tabla 1. Valores medios de las variables físico-químicas y biológicas (0-10 cm) medidas luego de 44 años de monocultivo de soja con diferentes sistemas de labranzas.

Tratamiento	CDMP (mm)	IER (%)	MOT (%)	pH	CE (mS/cm)	Glomalinas (µg prot g ⁻¹)
SR	0.23 a	100	4.64 a	6.13 a	0.17 a	240.20 a
SjD	1.09 b	21	3.44 b	5.73 b	0.12 b	171.90 b
SjR	1.79 c	13	2.50 c	5.78 b	0.05 d	181.70 b
SjC	2.18 d	11	2.30 d	5.58 b	0.07 c	143.93 c

Letras diferentes dentro de una misma columna indica diferencias estadísticas significativas (p-valor ≤ 0.0001). CDMP: Cambio en el diámetro medio ponderado. IER: Índice de estabilidad relativo. MOT: Materia orgánica total. pH: Potencial hidrogeno. CE: Conductividad eléctrica. Glomalinas: Compuestos proteicos reactivos a Bradford.

las medias con test de comparaciones múltiples Lsd de Fisher al 5%. Además, se estudiaron correlaciones entre las variables físicas, químicas y biológicas a través de la correlación de Pearson. Se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Resultados y discusión

En la tabla 1 se presentan los valores medios de CDMP, IER, MOT, pH, CE y glomalinas, obtenidos en los distintos tratamientos estudiados y en el suelo de referencia.

Los valores de CDMP, MOT y CE fueron significativamente distintos entre los tratamientos evaluados (Tabla 1). El CDMP y la MOT se expresaron de mejor a peor condición en el siguiente orden de importancia SR-SjD-SjR-SjC. Mayores porcentajes de MOT se correspondieron con mejores índices de CDMP. El CDMP fue un 50% y un 18% menor en SjD y SjR, respectivamente, respecto de SjC. Steinbach y Alvarez (2006) reportaron 40% y 30% menor CDMP medidos entre los 5 y 20 cm de profundidad en suelos de la región pampeana bajo SD y cincel, respectivamente, respecto de situaciones labradas con reja. De todos modos, en el presente estudio los IER categorizaron el suelo estudiado como muy débilmente estructurado en todos los casos, aún en SjD, con una pérdida de la EA en relación

al SR de 79, 87 y 89 %, para SjD, SjR y SjC, respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo expresado por otros autores en relación a que la SD no siempre ha representado una mejora en la calidad estructural de los suelos (Sasal *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2009), siendo una práctica que, por sí sola, no es suficiente para lograr una agricultura sustentable (Mémoli y Toribio, 2011), ya que no pudo detener una degradación que sigue avanzando (Darwich, 2019).

Si se asume que el SR representa una situación inicial no degradada, los resultados del presente trabajo muestran que la pérdida de MOS debido a la SjC en el espesor 0-10 cm son del orden del 50%. Esto coincide, aunque con porcentajes de pérdidas menores, con lo reportado por Ramirez Pisco *et al.*, (2006), quienes al comparar en un suelo Argiudol típico (serie Pergamino) luego de 16 años de aplicar distintos sistemas de labranza, hallaron diferencias significativas en los niveles de MOT del horizonte superficial del suelo: 4 % +/- 0,1 en el SR, 2,2 % +/- 0,1 en el de SjC y 2,8 % +/- 0,1 en el de SjD.

En cuanto a la CE, si bien hubo diferencias entre las distintas situaciones, en todos los casos los valores de CE se encontraron por debajo del considerado crítico para el desarrollo de los cultivos en el

Tabla 2. Matriz de correlación de Pearson

	CDMP (mm)	MOT (%)	CE (mS.cm ⁻¹)	pH	Glomalin (µg prot.g ⁻¹)
CDMP (mm)	1,00	-0,95	-0,97	-0,81	-0,82
MOT (%)	-0,95	1,00	0,97	0,81	0,83
CE (mS.cm ⁻¹)	-0,97	0,97	1,00	0,78	0,86
pH	-0,81	0,81	0,78	1,00	0,84
Glomalin (µg prot.g ⁻¹)	-0,82	0,83	0,86	0,84	1,00

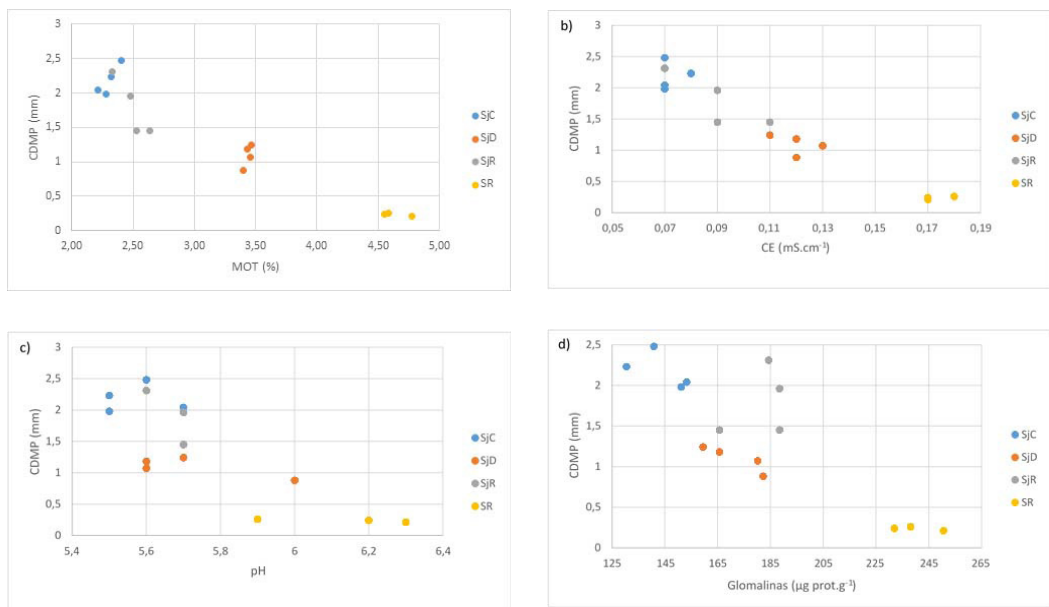


Figura 1. Relación entre el cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP) y las variables químicas y biológicas medidas: a) Materia orgánica total (MOT), b) Conductividad eléctrica (CE); c) Potencial hidrógeno (pH) y d) Compuestos proteicos reactivos a Bradford (glomalin).

suelo estudiado. En pH solo se midieron diferencias significativas entre el SR con un valor más cercano a la neutralidad, y las demás situaciones estudiadas, hallándose una disminución del 7%.

El mayor contenido de glomalin se midió en SR superando significativamente al resto de los tratamientos. SJD y SJR obtuvieron valores intermedios sin diferenciarse estadísticamente entre sí. Por último, SJC logró el menor valor con

diferencias significativas respecto de los demás. También, Chavarría *et al.*, (2016), en un estudio realizado en parcelas experimentales bajo monocultivo de soja, observaron una correlación significativa y positiva entre el contenido de glomalin y la EA (0,28 $p < 0,0001$).

En la tabla 2 se pueden observar las correlaciones negativas del CDMP con las demás variables medidas.

En los gráficos de dispersión (Figura 1)

se puede apreciar cómo se ubican las diferentes labranzas, donde siempre S_JC tiene los valores más altos de CDMP y los menores de MOT, pH, CE y glomalinas, luego se encuentran S_JD y S_JR con valores intermedios de todas las variables y, por último, el SR, con los valores más bajos de CDMP y más altos del resto de las variables. Los resultados demuestran que el monocultivo de soja acrecentó los problemas de degradación del suelo, evaluada en este caso a través del CDMP, indicador de EA, condición que se asoció principalmente a la disminución del contenido de MOT en el espesor estudiado. Entre las demás variables analizadas, el contenido de glomalinas, se muestra como una variable asociada también a la EA pero para situaciones más contrastantes, mostrándose como un indicador menos sensible. Por otra parte, el uso de labranzas produjo mayor fragilidad de la condición física del suelo, aunque la SD por sí sola no logró un nivel satisfactorio de la misma, aún luego de 44 años de continuidad.

Conclusiones

La EA permitió diferenciar el efecto de los tratamientos sobre el suelo y el porcentaje de MOT se relacionó mejor con dicha propiedad. No obstante, si bien la SD tuvo mejores valores de EA que los tratamientos donde se disturbó el suelo, éstos distan de ser óptimos, lo cual se puede atribuir al efecto de la realización de 44 años de monocultivo de soja. Estos resultados indican la necesidad de aplicar otras prácticas que permitan un mayor aporte de carbono a través de secuencias de cultivo que incluyan gramíneas y cultivos de cobertura para hacer un uso sustentable del suelo.

Referencias bibliográficas

ÁLVAREZ, C.R.; TORRES DUGGAN, M.; CHAMORRO, E.R.; D'AMBROSIO, D.; TABOADA, M.A. (2009). Descompactación de suelos franco limosos en siembra directa; efectos sobre las propiedades edáficas de

los cultivos. *CI. SUELO (ARGENTINA)* 27(2): 159-169.

ANDRIULO, A. y CORDONE, G. (1998). Impacto de labranzas y rotaciones sobre la materia orgánica de suelos de la Región Pampeana Húmeda. En: JL Panigatti; H Marelli; D Buschiazzo & R Gil (eds.). *Siembra Directa. Hemisferio Sur.* 65-95.

APARICIO, V.; COSTA, J.L.; ECHEVERRÍA, H.; CAVIGLIA, O. (2002). Evaluación de propiedades edáficas y crecimiento del maíz bajo diferentes sistemas de labranza en 4 sitios del sudeste bonaerense. *RIA* 31(3): 55-71.

APARICIO, V. & COSTA, J.L. (2006). Síntesis de indicadores de calidad de suelos en el sudeste bonaerense. *Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, I Reunión de Suelos de la Región Andina: resúmenes, 19 al 22 de setiembre, Salta-Jujuy. Argentina.*

BARBOSA A.; TABOADA, M.A.; RODRIGUEZ, M.B.; COSENTINO, D.J. (1997). Regeneración de la estructura en diferentes fases de degradación de un suelo franco limoso de la Pampa Ondulada (Argentina). *Ciencia del Suelo* 15: 81-86.

CAMPITELLI, P.; AOKI, A.; GUDELJ, O.; RUBENACKER, A.; SERENO, R. (2010). Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Ciencia del Suelo*, 28 (2): 223-231.

CASTIGLIONI, M.G.; BEHRENS KRAEMER, F.; MORRÁS, H.J.M. (2013). Efecto de la secuencia de cultivos bajo siembra directa sobre la calidad de algunos suelos de la Región Pampeana. *Ciencia del Suelo*, Vol. 31 N°1. 93-105.

CHAVARRÍA, D.; SERRI, D.; RESTOVICH, S.; ANDRIULO, A.; MERILES, J.; VARGAS GIL, S. (2016). Efecto del empleo de cultivos de cobertura sobre la concentración de glomalina en el suelo. *Actas XXV Congreso Argentino de Ciencia del Suelo. Río Cuarto. Córdoba.* Pp. 9.

COSENTINO, D.J., PECORARI, C. (2002). Limos de baja densidad: impacto sobre el

- comportamiento físico de los suelos de la región pampeana. *Ciencia del Suelo* 20, 9-16.
- DARWICH, N. (2019). La salud de nuestros suelos. *Investigación y Desarrollo. PROFERTIL*. Número 25. Pp.1-10.
- DE LEENHER, L. y DE BOODT, M., (1958). Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *Inter Sysmp. On soil structure*. Medeligen. Rykskandbouwhogesechool, Gent. Belgie, 24: 290-300.
- DI RIENZO J.A.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.G.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C.W. *InfoStat versión 2020*. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- ECHEVERRÍA, N.; QUEREJAZÚ, S.; DE LUCIA, M.; SILENZI, J.; FORJAN, H & MANSO, M. (2012). Estabilidad y carbono orgánico de agregados bajo rotaciones en siembra directa. *Actas XIX Congreso Latino Americano – Actas XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. 16 al 20 de abril, Mar del Plata, Argentina.
- EVANS, C.E. y KAMPPRATH, E.J. (1970). Lime response related to percent. Al saturation solution Al and organic matter content. *Soil Sci Soc Am Proc* 34(6): 893-896.
- FERRERAS, L; MAGRA, G; BESSON, P; KOVALEVSKI, E; GARCÍA, F. (2007). Indicadores de calidad física en suelos de la región pampeana norte de argentina bajo siembra directa. *CI. SUELO (ARGENTINA)* 25(2): 159-172.
- GRÜMBERG, B.; C. CONFORTO; A. ROVEA; M. BOXLER; G. MARCH; C. LUNA; J. MERILES; S. VARGAS GIL. (2010). La glomalina y su relación con la productividad del cultivo de maíz. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (LACS)*. Publication of the International Plant Nutrition Institute (IPNI). Número 47, septiembre.
- GUDELJ, O. E.; MASIERO, B. L. (1996). Variabilidad de Estabilidad de Agregados y Densidad Aparente. En: *Actas XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Santa Rosa, La Pampa, Argentina. Pp. 21.
- GUDELJ, O. E.; MASIERO, B. L. (2001). Efecto del manejo del suelo sobre su estabilidad estructural. *Informe Técnico del Área Suelos y Producción Vegetal*. INTA Marcos Juárez. N° 128. 31-43.
- GUDELJ, V.J.; GHIO, H.; GUDELJ, O.; GALARZA, C.; SPOTURNO, G.; VALLONE, P; MASIERO, B.; BOLL, M.; GARCÍA, F. (2010). Efecto de reposición de nutrientes sobre el rendimiento, y algunas propiedades del suelo. *Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. 31/05 al 04/06. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- GUDELJ, O. E.; VETTORELLO, C. I.; RUBENACKER, A. I.; GIUBERGIA, J.P.; LUQUE, R.L. (2012). Comparación de métodos de estabilidad estructural en suelos de Córdoba, Argentina. *Actas XIX Congreso Latino Americano - XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. 16 al 20 de abril, Mar del Plata, Argentina.
- GUDELJ, V.J.; GUDELJ, O.E.; CONDE, M.B.; LORENZON, C.A.; VALLONE, P.S.; GALARZA, C.M. (2018). Alternativas para incrementar la sustentabilidad en secuencias basadas en el cultivo de soja. *Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. 15 al 18 de mayo, San Miguel de Tucumán, Argentina.
- HAMBLIN, A. (1991). What are the appropriate measures for soil structure? *Austr.J. Soil Res* 29, 709- 15.
- HUGGINS, D.R.; ALLMARAS, R.R.; CLAPP, C.E.; LAMB, J.A.; RANDALL, G.W. (2007). Corn-soybean sequence and tillage effects on soil carbon dynamics and storage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 145-154.
- INTA. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (1978). Carta de suelos de la República Argentina. Hoja 3363-17. Marcos Juárez. 29-30.
- IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación). (1999). Norma 29 410. Determinación del pH.
- IRIZAR, A.B.; MILESI, L.A.; DELAYE and ANDRIULO, A.E. (2015). Projection of Soil Organic Carbon Reserves in the Argentine Rolling Pampa Under Different Agronomic Scenarios. Relationship of these Reserves with Some Soil Properties. *The Open Agriculture Journal*, 2015, 9, 30-41.

- LATTANZI, A.R., (1989). Secuencias de cultivos y sistemas de labranzas conservacionistas para la producción de soja. IV Conferencia Mundial de investigación en soja. Actas. 5-9 de marzo. Buenos Aires. Argentina. Tomo IV. Editor A.J. Pascale. 2010-2015.
- LAL, R., (1993). Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality and sustainability. *Soil & Tillage Research* 27:1-8.
- MACHETTI, N.; RIBADULLA, S.; GELATI, P.; ZACARIAS, N.; BENARDI, D.; DIAZ GOROSTEGUI, A.; CLAUSI, M.; COSENTINO, D.; VÁZQUEZ, M. (2016). Efecto del encalado sobre propiedades físicas y químicas en un Hapludol Thaptoárgico de región pampeana. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rio Cuarto, Córdoba, Argentina. Pp. 78.
- MARELLI, H. (1997). La siembra directa como práctica conservacionista. Seminario Siembra Directa. Experiencia del INTA mirando al futuro. 8 y 9 de octubre. Resúmenes. Ed.: Rodolfo Gil, José Luis Panigatti & Hugo Marelli. 25-29.
- MÉMOLI J y TORIBIO M. (2011). Rotación de cultivos. Camino a la sustentabilidad. Investigación y Desarrollo. PROFERTIL Número 19. Pp. 1-11.
- MINAGRI. (2022). Dirección Nacional de Agricultura. Dirección de Estimaciones Agrícolas. Fecha de búsqueda 06/04/2022.
- NOVELLI, L.E.; CAVIGLIA, O.P.; MELCHIORI, R.J.M. (2011). Impact of soybean cropping frequency on soil carbon storage in Mollisols and Vertisols. *Geoderma* 167-168: 254-260.
- ORELLANA, J.A. de; PILATTI, M.A. (1994). La estabilidad de agregados como indicador de sostenibilidad. *Ciencia del Suelo* 12(2): 75-80.
- PELLEGRINI, A.; FERRO, D.; BENARDI, D.; GENAZINI, C. y VÁZQUEZ, M. (2016). Efecto de la acidificación edáfica sobre los aluminosilicatos en un suelo de la región pampeana. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rio Cuarto, Córdoba, Argentina. p. 41.
- QUIROGA, A.R.; STUDDERT, G.A. (2014). Manejo del suelo e intensificación agrícola: agua y materia orgánica. En: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Editores Hernan E. Echeverría y Fernando O. García. INTA. 2° Edición. 73-100.
- RAMÍREZ PISCO, R.; TABOADA, M.A.; GIL, R. (2006). Efectos a largo plazo de la labranza convencional y la siembra directa sobre las propiedades físicas de un Argiudol típico de la pampa ondulada argentina. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, vol. 59, núm. 1, 2006, pp. 3237-3256. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- RESTOVICH, S.B.; SASAL, M.C.; IRIZAR, A.B.; RIMATORI, F.; DARDER, M.L.; ANDRIULO, A.E. (2005). Rotación de maíz vs monocultivo de soja: efecto sobre los stocks de carbono y nitrógeno edáficos. VIII Congreso Nacional de Maíz. Rosario. Santa Fe. Argentina. Pp. 208.
- RILLIG, M. C. (2004). Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation. *Can. J. Soil Sci* 84:355–363.
- SANTANATOGLIA, O.J.; FERNANDEZ, N. (1982). Modificación del método de De Boodt y De Leenheer para el análisis de la distribución de agregados y efecto del tipo de embalaje y acondicionamiento de la muestra, sobre la estabilidad estructural. *Revista de Inv. Agrop. INTA. Bs.As. Rep. Arg. Vol XVII, Nº1. 23-31.*
- SANZANO, G.A.; CORBELLÁ, R.D.; GARCÍA, J.R.; FADDA, G.S. (2005). Degradación física y química de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. *CI. SUELO (ARGENTINA) - 23 (1): 93-100.*
- SASAL M.C.; ANDRIULO A.E.; TABOADA M.A. (2006). Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinian Pampas. *Soil & Tillage Research* 87. 9–18.
- STEINBACH, H.S. y ALVAREZ, R. (2006). ¿Afecta el sistema de labranza las propiedades físicas de los suelos de la Región Pampeana? *Facultad de Agronomía. UBA. Buenos Aires, Argentina. Informaciones Agronómicas # 33. 7-12.*
- URRICARIET, S; LAVADO, RS. (1999).

- Indicadores de deterioro en suelos de la pampa Ondulada. *Ciencia del Suelo* 17 (1).
- VÁZQUEZ, M.; TERMINIELLO, A.; CASCIANI, A.; MILLÁN, G.; CÁNOVA, D.; GELATI, P.; GUILINO, F.; DORRONSORO, A.; NICORA, Z.; LAMARCHE, L.; GARCÍA, M. 2012. *CI. SUELO (ARGENTINA)* - 30 (1): 43-55.
- WALKLEY BLACK. (1934). An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38.
- WILSON, M.G.; SASAL, M.C. (2017). Capítulo I. 3. Aplicación de indicadores de calidad de suelo para el monitoreo agroambiental. Pág 23-28. En: Wilson, M. ed. *Manual de indicadores de calidad del suelo para las ecorregiones de Argentina - 1a ed.* Entre Ríos: Ediciones INTA, 2017. Libro digital, ISBN 978-987-521-826-0. 295 pág.
- WRIGHT, S.F.; UPADHYAYA, A. (1999). Quantification of arbuscular mycorrhizal fungi activity by the glomalin concentration on hyphal traps. *Mycorrhiza* 8(5): 283–285.

Original recibido (30/05/2022)
Original aceptado (01/08/2022)