



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

MÉTODO DE LE BISSONNAIS PARA ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN LABRANZAS CONTRASTANTES SOBRE UN ARGUACUOL VÉRTICO

MARÍA SOL GILARDINO^{1*}; HERNÁN ADRIÁN RODRÍGUEZ¹; JAVIER DE GRAZIA¹; ILEANA RUTH PALADINO¹⁻²; ANA CLARA SOKOLOWSKI¹SILVINA PATRICIA DEBELIS¹; MÓNICA BEATRIZ BARRIOS¹ Y ALFONSO BUJÁN¹

¹ Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ruta Prov. N° 4 km 2, Llavallol (1836), Buenos Aires, Argentina.; ² Instituto de Suelo – INTA Nicolás Repetto y de los Reseros s/n, Hurlingham (1696) Buenos Aires, Argentina.

* msol0506@hotmail.com

Palabras Clave: PromE, Siembra Directa, Labranza Convencional.

Resumen

El método de Le Bissonnais pretende reproducir la acción de distintos mecanismos de desagregación sobre el suelo. Para estimar la estabilidad de los agregados (EA) se emplean tres pretratamientos: Humectación rápida por inmersión en el agua (HRáp), humectación lenta por capilaridad (HLen) y disgregación mecánica por agitación después de prehumectación en etanol (HEta). Del método se obtienen un DMP (Diámetro medio ponderado) para cada pretratamiento y un PromE de los tres pretratamientos. El estudio se realizó sobre un Arguacuol vértico de la Pampa Ondulada. Se compararon los sistemas de labranza: Labranza Convencional (LC), Siembra Directa (SD) y Monte. Se tomaron muestras de suelo para las profundidades: 0-5, 5-10 y 10-20 cm. Fue evaluada la EA del suelo sometido a diferentes sistemas de labranza utilizando dicha técnica y la utilidad del PromE como indicador del estado de estructura, versus analizar por separado cada uno de los pretratamientos, respecto a la degradación que producen. Como resultado se obtuvo que HRáp fue el que generó la mayor desagregación para las tres profundidades y tratamientos. Con HEta y HLen no se obtuvieron diferencias significativas de desagregación producida entre ambos, quedando más del 80% de los agregados sin alterar. Para todas las profundidades, el tratamiento SD es el que dio valores de PromE mayores a los 2,5 mm, superando los encontrados en LC. En general en SD se alcanzaron valores superiores de PromE que bajo LC. El suelo bajo SD se clasificó como “muy estable”. Se corroboró que los sistemas de labranza afectan de manera diferencial la EA, el DMP Promedio es un buen indicador pero HRáp es aún más sensible para detectar diferencias en la desagregación para los tratamientos propuestos.

Introducción

La estructura del suelo es el ordenamiento de las partículas individuales en partículas secundarias o agregados y el espacio poroso que llevan asociado, todo como



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

resultado de interacciones físico-químicas entre las arcillas y los grupos funcionales de la materia orgánica (Porta & López-Acevedo, 1999).

La estabilidad de los agregados de suelo (EA), puede ser definida como la habilidad del suelo para mantener la arquitectura de su función sólida y del espacio poroso cuando son sometidos a un estrés (Angers & Carter, 1996; Novelli, 2007). Por ejemplo, al ser sometidos a procesos potencialmente destructivos, como la manipulación mecánica en el laboreo o el impacto durante la caída de las gotas de agua en el suelo.

La cuantificación de los cambios que ocurren en la estructura del suelo (desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo) es el inicio en el estudio de los procesos de degradación física de los suelos (Pagliai & Vignozzi, 2004) y por tal motivo, puede ser usada como un indicador de la degradación de los suelos (Cerdeira, 2000). Se puede llamar indicador, a variables que resumen información relevante que, además de cuantificar información importante, vuelven perceptibles fenómenos de interés (Gallopín, 2006).

Cuando la EA sufre una disminución marcada, producto de la aplicación de fuerzas externas como el impacto de gotas de lluvia, la acción de presiones mecánicas externas o internas como la fragmentación de agregados por explosión de aire atrapado por rápido humedecimiento e hinchamiento diferencial, se incrementa la degradación de los suelos e influye en el movimiento y retención de agua, erosión, sellado y encostrado, reciclaje de nutrientes y penetración de raíces (Gabriels & Horn, 1997; Bronick & Lal, 2004).

Los diferentes sistemas de labranza afectan las propiedades físicas del suelo, entre ellas la EA de manera diferencial (Cisneros *et al.*, 1997; Steinbach & Álvarez, 2007). Es por ello que la EA es uno de los indicadores de calidad de suelo más ampliamente utilizado debido a que es sensible para detectar cambios tempranos en las propiedades del suelo afectadas por el uso de la tierra (Arshad & Coen, 1992; Amézketa, 1999; Novelli, 2007).

Le Bissonnais (Le Bissonnais, 1996) propone una metodología unificada para medir la EA, incluyendo los aspectos más relevantes de diversas metodologías preexistentes que se vienen empleando desde 1930 (Yoder, 1936; Hénin *et al.*, 1958; De Leenheer & De Boodt, 1959; Emerson, 1967). Le Bissonnais (1996), propone la utilización de tres pre-tratamientos, para cada uno de ellos, a través de una fórmula matemática se obtiene el diámetro medio ponderado (DMP) de agregados. Por último se promedian los DMP de los tres pretratamientos y se obtiene un valor final promedio (PromE) de los mismos que resume el estado de la EA de los suelos.

Los objetivos de este trabajo fueron: a) Evaluar la estabilidad estructural de un suelo Argiacuol vértico sometido a diferentes sistemas de labranza utilizando la metodología de Le Bissonnais, b) Evaluar la utilidad del PromE como indicador del estado de



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

estructura, versus analizar por separado cada uno de los pretratamientos propuestos por Le Bissonnais, respecto a la degradación que producen.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en un ensayo de rotaciones de cultivos y sistemas de labranza instalado en 2005, en el campo experimental de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), ubicado en el Partido de Ezeiza, Buenos Aires, en la Pampa Ondulada. El área posee un clima templado húmedo con una precipitación media cercana a los 1000 mm. El ciclo agrícola presenta la siguiente rotación: soja¹ (2005/06); trigo/soja² (2006/07); maíz (2007/08); soja¹ (2008/09); trigo (2009); maíz (2010/11); soja¹ (2011/2012); soja¹ (2012/13); maíz (2013/14), trigo (2014) y a partir de 2015 se instaló una pastura polifítica.

El sector donde se ubica el ensayo pertenece a la Cuenca Media de la Cuenca Matanza-Riachuelo, delimitada por el interfluvio entre los arroyos Aguirre y Ortega, con relieve normal y una pendiente media de 1%, ocupada por un suelo Argiacuol vértico (Soil Survey Staff, 2010). Presenta la siguiente secuencia de horizontes: Ap de 0-10 cm, A2 de 10-20 cm, BA de 20-30 cm, Bt1 de 30-50 cm, Bt2 de 50-75 cm, BC de 75-90 cm y C de 90 cm en adelante. El contenido de arcilla es elevado en todo el perfil, con valores de 39% en superficie y 68% en los Bt. Posee un contenido moderado de fósforo y nitrógeno, y es moderadamente bien drenado. La reacción en todo el perfil es neutra a ligeramente ácida y la materia orgánica es aproximadamente 4% (con un rango entre 3 y 5%). Presenta rasgos de hidromorfismo (moteados de Fe y Mn) a la partir del horizonte BA.

El diseño experimental responde a bloques completos al azar con un testigo y dos tratamientos: Labranza Convencional (LC) y Siembra Directa (SD), con cuatro repeticiones. Las parcelas bajo SD fueron tratadas con 3 L ha⁻¹ de glifosato presiembra. La LC consistió en una pasada de arado de reja y vertedera y dos pasadas de rastra de disco. Como testigo (Monte) se estudió la zona aledaña donde no se ha realizado ningún tipo de remoción del suelo y crecen especies nativas y naturalizadas. Cada unidad experimental (parcela) tiene un área de 250 m². Los efectos del sistema de labranza, sobre las variables medidas, se evaluaron estadísticamente mediante un análisis de varianza utilizando paquete estadístico Infostat 2013 (De Rienzo *et al.*, 2008). Las medias significativamente diferentes se separaron usando el test de LSD Fisher ($p < 0,05$).

De cada tratamiento se tomaron 4 muestras de suelo (una por parcela) sin disturbar para las profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm y 10-20 cm. Las muestras fueron recolectadas y transportadas en cajas rígidas al laboratorio luego de la cosecha del cultivo. Posteriormente se secaron al aire, hasta capacidad de campo y una vez alcanzada esta condición, se tamizaron y separaron los agregados de 3–5 mm. Estos fueron secados en estufa a 40 °C durante 24 horas para homogenizar el contenido de humedad. El método de Le Bissonnais (1996) consiste en someter 10 g de los

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

agregados homogeneizados a tres pretratamientos de laboratorio para el cálculo del DMP de agregados estables. Los pretratamientos son:

- 1- *Humectación rápida por inmersión en el agua (HRap).*
- 2- *Humectación lenta por capilaridad (HLen).*
- 3- *Disgregación mecánica por agitación después de prehumectación en etanol (HEta).*

Posteriormente, para cada pretratamiento, se realizó un tamizado en húmedo en etanol y finalmente, un tamizado en seco utilizando una columna de tamices de diferente apertura de malla. Se pesó cada fracción de los tamices y se registraron los datos en una planilla de distribución de agregados para los tamaños >2mm, 2-1 mm, 1-0,5 mm, 0,5-0,2 mm, 0,2-0,1 mm y 0,1-0,05 mm.

La fracción <0,05 mm se obtuvo mediante la deducción en comparación con el peso inicial y luego se calculó la proporción de cada fracción respecto de su peso original. Con los datos de las planillas se realizaron los cálculos de DMP de cada pretratamiento mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{(3,5 \times [\% > 2\text{mm}]) + (1,5 \times [\% 1 - 2 \text{mm}]) + (0,75 \times [\% 0,5 - 1 \text{mm}]) + (0,35 \times [\% 0,2 - 0,5 \text{mm}]) + (0,15 \times [\% 0,1 - 0,2 \text{mm}]) + (0,075 \times [\% 0,05 - 0,1 \text{mm}]) + (0,025 \times [\% < 0,05 \text{mm}])}{100}$$

Con el DMP de los tres pretratamientos para cada muestra se determinó el PromE que sintetizó la información obtenida de los pretratamientos evaluados. Los resultados fueron comparados con la escala de “Clases de estabilidad” propuesta por Le Bissonnais (1996) (Tabla 1).

La elección de esta metodología, a pesar de ser más laboriosa y consumir más tiempo que los métodos estándares, obedece a que al incluir tres pretratamientos diferentes (Humectación rápida, desagregación mecánica por agitación tras rehumectación con etanol y humectación lenta por capilaridad) ayuda a identificar los mecanismos que causan la rotura de los agregados; además permite reproducir el comportamiento de los agregados bajo tres supuestos de condiciones hídricas en los que puede ocurrir desagregación bajo lluvias naturales: humectación rápida de un suelo seco (ej. Tormentas de verano), desagregación mecánica posterior a la rehumectación (ej. Períodos invernales húmedos con lluvias persistentes y humectación lenta por capilaridad (ej. Lluvias suaves y continuas). Estos tratamientos combinan la humectación con una acción mecánica con niveles de energía variables (Taboada-Castro *et al.*, 2011).

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Tabla 1: Clases de estabilidad de agregados sobre la base de los valores de DMP después de la desagregación (Le Bissonnais, 1996).

DMP (mm)	Estabilidad
<0,4 mm	Muy inestable
0,4-0,8 mm	Inestable
0,8-1,3 mm	Moderadamente estable
1,3-2,0 mm	Estable
>2,0 mm	Muy estable

DMP: Diámetro Medio Ponderado.

Resultados y Discusión

Al observar la Figura 1, se puede inferir que el pretratamiento de HRáp es el que generó la mayor desagregación en general para las tres profundidades y tratamientos. En este trabajo se observaron resultados coincidentes a los obtenidos por (Rodríguez *et al.*, 2014), en referencia a que los demás pretratamientos no produjeron fraccionamientos muy intensos. El pretratamiento HRáp pone de manifiesto la ruptura de los agregados por el efecto del estallido.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

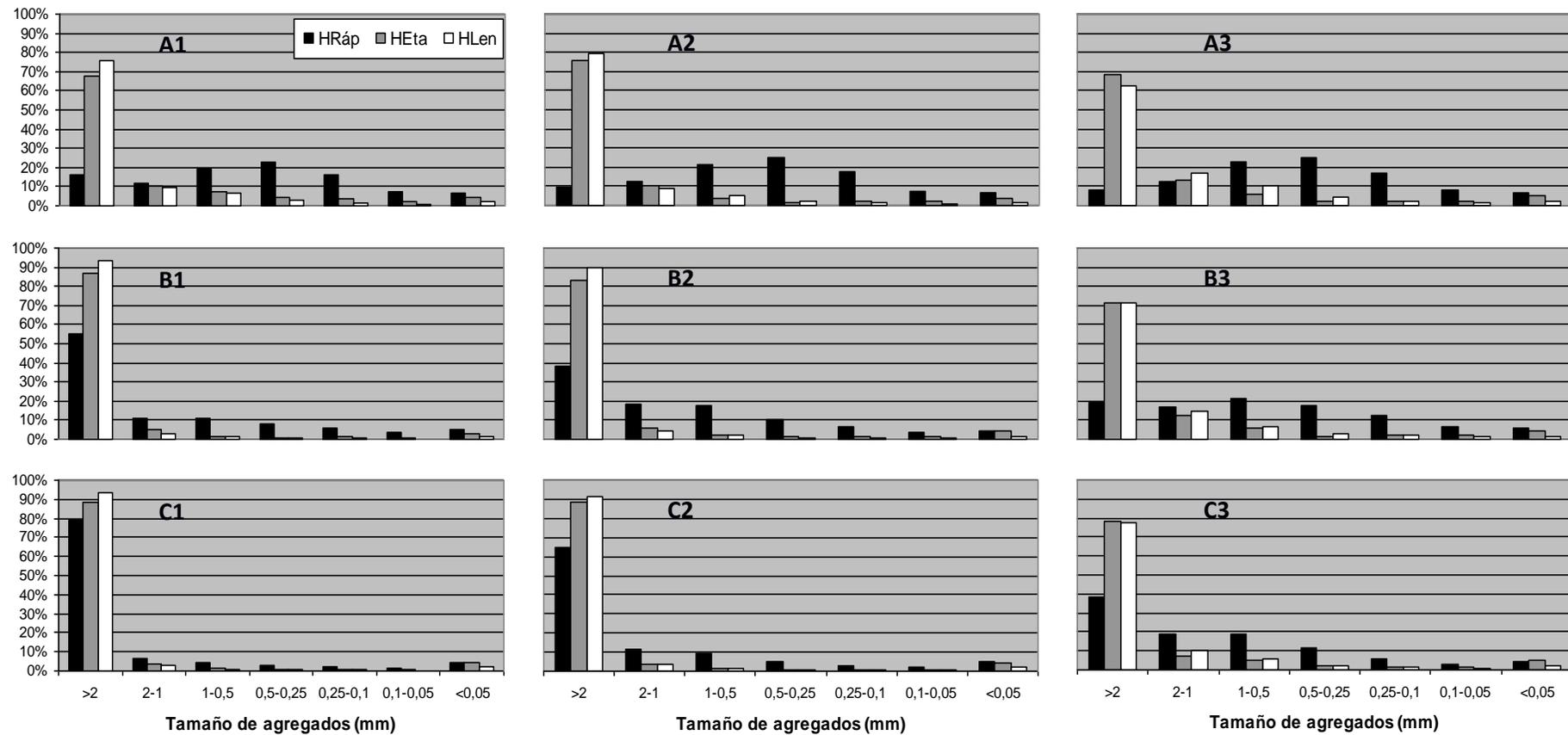


Figura 1: Distribución del peso parcial (%) en función del tamaño de agregados para los diferentes usos del suelo (A: Labranza Convencional; B: Siembra Directa y C: Monte) y profundidades del suelo (1: 0-5 cm; 2: 5-10 cm y 3: 10-20 cm).



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Para la profundidad de 0-5 cm, con los tratamientos de LC y SD, el pretratamiento HRáp denotó que los agregados se concentraron en la fracción que va de 0,25-0,5 mm, observándose una distribución de los mismos a modo de campana de Gauss a lo largo de todas las fracciones de agregados propuestas por la metodología.

En el caso de las profundidades que van de 5-10 cm y de 10-20 cm para LC y SD, con el pretratamiento HRáp, los agregados se concentraron en la fracción >2 mm. El Monte es el que ofrece una distribución de agregados más homogénea a lo largo de las tres profundidades.

Para los pretratamientos HEta y HLen, en todas las situaciones evaluadas la mayor cantidad de agregados se concentraron en la fracción >2 mm.

En el pretratamiento HEta, se realiza una humectación previa con etanol que pretende poner a prueba la cohesión de los materiales independizándose del estallido; permitiendo evaluar el fraccionamiento por disgregación mecánica simulando el efecto de las gotas de lluvia sobre el suelo. El pretratamiento HLen, es menos destructivo que el de humectación rápida, representa una medida de la desagregación debida al microagrietamiento generado por hinchamiento diferencial de las arcillas. Observando los tratamientos de LC y SD, no se encuentra mucha variación en los pretratamientos HEta y HLen, en cuanto a ruptura de agregados, pues en líneas generales, quedan más de un 80% de los agregados sin alterar. En el Monte estos porcentajes son levemente menores, quedando alrededor del 70% de los agregados sin alterar. (Figura 1).

El estallido es el mecanismo más efectivo para destruir la estructura del suelo (Rodríguez *et al.*, 2014), proceso que se manifiesta en casos de precipitación intensas sobre suelos muy secos. Cosentino *et al.* (2006) y Annabi *et al.* (2007), quienes también utilizaron la metodología de Le Bissonnais, y encontraron resultados similares.

XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

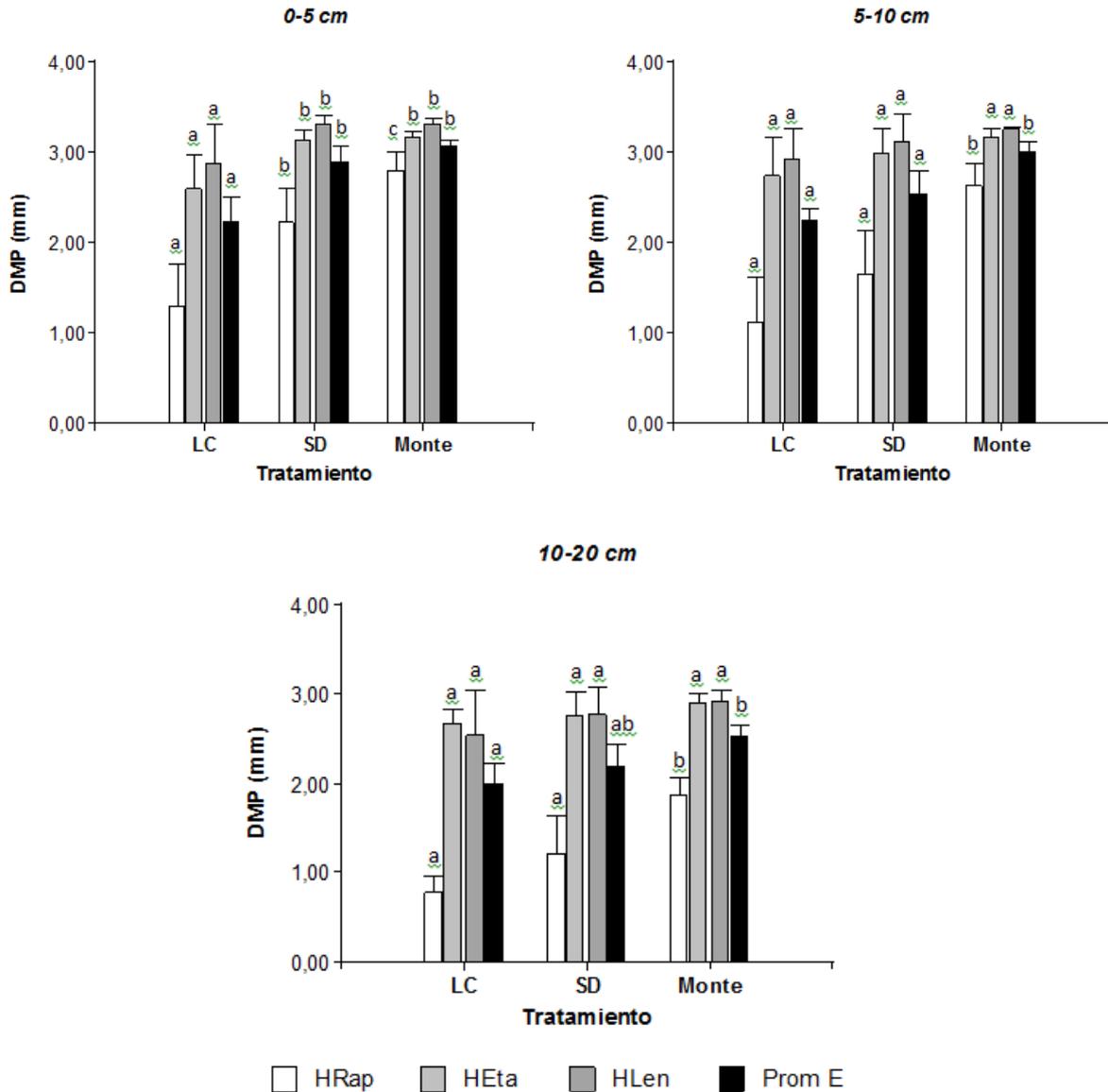


Figura 2: Diámetro medio ponderado (mm) para los diferentes pretratamientos (HRáp, HEta, HLen y valores de PromE) según usos (LC: Labranza Convencional; SD: Siembra Directa y Testigo) para las profundidades. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos con $p < 0,05$ (Test: LSD Fisher).

Los valores de PromE de los tres pretratamientos permiten diferenciar clases de estabilidad. La estabilidad del suelo aumenta a medida que los valores de DMP se incrementan (Taboada-Castro *et al.*, 2011).

Comparando los tres pretratamientos, en las tres profundidades y para los dos sistemas de labranza y el testigo (Figura 2), el HRáp es el que menor valor de DMP obtiene, es decir, es el pretratamiento más agresivo y que mayor desagregación propone.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

A su vez, en cada tratamiento, comparando entre HEta y HLen, no se observan diferencias de desagregación producida entre ambos pretratamientos. Esta última comparación ayudó a identificar los mecanismos responsables de la pérdida de estabilidad, con base en humedecer lentamente los agregados secos que no estallan y tampoco lo hacen tras la agregación mecánica por agitación después de rehumectarlos en etanol, dado que este compuesto evita el estallido al desplazar lentamente el aire entrampado en el interior de los agregados. La reducción de estabilidad causada por estallido se interpreta a partir de la rotura de partículas provocada por la inmersión rápida de los agregados de agua (Taboada-Castro *et al.*, 2011).

En líneas generales se observó que para los tres tratamientos en las tres profundidades estudiadas, el mayor PromE fue para Monte, lo cual es lógico siendo un suelo no laboreado, con abundante contenido de materia orgánica (materia orgánica de 4,3% en la profundidad de 0-20 cm); variable a menudo relacionada con el incremento de la EA (Le Bissonais, 1989; Dimoyiannis *et al.*, 1998; Taboada-Castro *et al.*, 2011).

En SD se obtuvieron valores mayores de PromE que bajo LC, tales resultados indican que los suelos bajo SD poseen mayor EA que aquellos que se encuentran bajo LC. Esto coincide con las publicaciones de otros autores (Álvarez *et al.*, 2009; Quiroga *et al.*, 2009) quienes compararon dichos sistemas de manejo utilizando otras metodologías para determinar EA, y con Belmekki *et al.* (2013) y Rodríguez *et al.* (2014), quienes utilizaron la metodología de Le Bissonais (1996).

Bajo SD se obtienen valores reducidos de desagregación mecánica, esto se debe al rol de la vegetación o de la cobertura sobre el suelo, la cual protege la superficie del impacto de la lluvia (Gabioud *et al.*, 2011). La labranza conservacionista, como lo es la SD, reduce al mínimo e indispensable las operaciones de laboreo, sumado a la presencia de rastrojo en superficie, favorece a la formación de bioporos estables (Ehler *et al.*, 1983; Miller & Jastrow, 1990; Lal, 1991) y el mantenimiento de un nivel adecuado de materia orgánica en el suelo que actúa como sustancia ligante de las partículas minerales. Todas estas características permiten la existencia de un mayor porcentaje de agregados estables en sistemas bajo SD comparados con sistemas bajo LC (Sanzano *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2014).

Las labranzas agresivas, tal como la LC, producen ruptura de macroagregados por acción física directa y estimulan el potencial oxidativo de las poblaciones microbianas (Tisdall & Oades, 1982), acelerando la descomposición de la materia orgánica (Paustian *et al.*, 2000). Inciden, además, indirectamente sobre la EA al dejar la superficie descubierta expuesta a los agentes climáticos. (Rodríguez *et al.*, 2014).

Para SD y Monte, en todos los casos evaluados, el PromE estuvo dentro del rango de suelos “muy estables” y LC dentro de suelos “estables”.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Conclusión

La EA es afectada por los sistemas de labranza. La SD produce menor desagregación que LC. La SD tiende a favorecer la estabilidad del suelo.

El PromE es un indicador adecuado para detectar diferencias entre los sistemas de labranza, pero HRáp es un indicador aún más sensible para detectar desagregación, mientras que entre HEta y HLen se detecta poca diferenciación.

Bibliografía

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. *SSSAJ* 73:1242-1250.

Amézketa, E. 1999. Soil aggregate stability: A review. *J. Sustainable Agric.* 14:83-150.

Angers, DA & MR Carter. 1996. Aggregation and organic matter storage in cool humid agricultural soils. pp. 193-211. *In: Carter, MR & BA Stewart (Eds.). Structure and organic matter storage in agricultural soils. Advances in Soil Science, Lewis Publishers, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA.*

Annabi, M; S Houot; C Francou; M Poitrenaud & Y Le Bissonnais. 2007. Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil & Water Management & Conservation SSSAJ* 71(2):413-423.

Arshad, MA & GM Coen. 1992. Characterization of Soil quality: physical and chemical criteria. *Am. J. Altern. Agric.* 7:25-32.

Belmekki, M; R Mrabet; R Moussadek; OI Halima; M Boughlala; M El Gharous & B Bencharki. 2013. Impact des pratiques agricoles sur la stabilité structurale et la matière organique du soldans les zones semi-arides Marocaines. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 4:322-333.

Bronick, CJ & R Lal. 2004. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124:3-22.

Cerda, A. 2000. Aggregate stability against water forces under different climates on agricultural land and scrubland in southern Bolivia. *Soil Till. Res.* 57:159-166.

Cisneros, J; C Cholaky; E Bricchi; O Giayetto & J Cantero. 1997. Efectos del uso agrícola sobre las propiedades físicas de un Hapludol típico del centro de Córdoba. *Rev. UNRC* 17(1):13-22.

Cosentino, D; C Chenu & Y Le Bissonnais. 2006. Aggregate stability and microbial community dynamics under drying-wetting cycles in a silt loam soil. *Soil Biology and Biochemistry* 38:2053-2062.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

- De Leenheer, L & M De Boodt. 1959. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool Gent*, 24:290-300.
- De Rienzo, A; F Casanoves; M Balzarini; L González; M Tablada & W Robledo. 2008. Infostat software estadístico. Grupo Infostat, FCA-UNC. Córdoba, Argentina.
- Dimoyiannis, DG; CD Tsadilas & S Valmis. 1998 Factors affecting aggregate instability of Greek agricultural soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 29:1239-1251.
- Ehlers, W; W Kopke; F Hesse & W Bohm. 1983. Penetration resistance and root growth of oat in tilled and untilled loess soil. *Soil and Tillage Research* 3:261-275.
- Emerson, W. 1967. A classification of soil aggregates based on their coherence in water. *Australian Journal of Soil Research* 5:47-57.
- Gabioud, EA; MG Wilson & MC Sasal. 2011. Análisis de la estabilidad de agregados por el método de Le Bissonnais en tres órdenes de suelos. *Cl. Suelo (Argentina)* 29(2): 129-139.
- Gabriels, D & R Horn. 1997. Assessment prevention and rehabilitation of soil structure caused by soil surface sealing, crusting and compaction. *In: Lal, R et al. (Eds.). Methods for Assessment of Soil Degradation. Advances in Soil Science, CRC Press, Boca Raton, Florida USA. pp. 129-165.*
- Gallopin, GC. 2006. Los Indicadores de Desarrollo Sostenible: Aspectos conceptuales y metodológicos. Ponencia presentada en el Seminario de Expertos de Sostenibilidad en la formulación y seguimiento de políticas (FODEPAL). Chile.
- Hénin S; G Monnier & A Combeau. 1958. Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols. *Ann. Agron.* 9:73-92.
- Lal, R. 1991. Tillage and agricultural sustainability. *Soil and Tillage Research* 20:133-146.
- Le Bissonnais, Y. 1989. Analyse des processus de microfissuration des agrégats à l'humectation. *Science du Sol* 27:187-199.
- Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodability. I. Theory and methodology. *European J. Soil Sci.*, 47:425-437.
- Miller, RM & JD Jastrow. 1990. Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil aggregation. *Soil Biology and Biochemistry.* 22:579-584.
- Novelli, L. 2007. Intensificación de la secuencia de cultivos en un Molisol y un Vertisol: cambios en la estabilidad estructural y en almacenaje de C en agregados. Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires, área de Ciencias Agropecuarias.
- Pagliai, M & N Vignozzi. 2004. Soil struct and the effect of managements practices. *Soil and Tillage research*, 79:131-143.



XXV CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO

“Ordenamiento Territorial: un desafío para la Ciencia del Suelo”

Río Cuarto, 27 de Junio - 01 de Julio de 2016

Paustian, K; J Six; ET Elliot & HW Hunt. 2000. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry* 48:147–163.

Porta, J & M López-Acevedo. 1999. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ed. Mundi-Prensa, Barcelona. España. 2° ed. 849 pp.

Quiroga, A; R Fernández & E Noellemeyer. 2009. Grazing effect on soil properties in conventional and no-till systems. *Soil & Tillage Research* 105:164–170.

Rodríguez, HA; MS Gilardino; MS Debelis; IR Paladino; J De Grazia; MB Barrios; A Buján & AC Sokolowski. 2014. Estabilidad de agregados bajo labranzas contrastantes en un argiacuol vértico. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.

Sanzano, GA; RD Corbella; JR García & GS Fadda. 2005. Degradación física y química de un Haplustol típico bajo distintos sistemas de manejo de suelo. *Ciencia del Suelo* 23(1):93-100.

Steinbach, H & R Alvarez. 2007. ¿Afecta el sistema de labranza las propiedades físicas de los suelos de la Región Pampeana? Ed. INPOFOS. *Informaciones Agronómicas* 33:7–12.

Soil Survey Staff. 2010. *Claves para la taxonomía de suelos*. 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service. Washington, DC, USA.

Taboada-Castro, MM; ML Rodríguez-Blanco; MT Taboada-Castro & JL Oropeza-Mota. 2011. Vulnerabilidad estructural en suelos de textura gruesa bajo cultivo de huerta. *Terra Latinoamericana* 29(1):11-21.

Tisdall, JM & JM Oades. 1982, Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33:141–163.

Yoder, RE. 1936. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. *Journal of American Society of Agronomy*, 28:337-351.