

ENMIENDAS ORGÁNICAS PARA MEJORAR LA SUSTENTABILIDAD Y LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LOS SUELOS TABACALEROS. ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA ESTABILIDAD ESTRUCTURAL COMO INDICADOR DE RECUPERACIÓN

ORGANIC AMENDMENTS TO IMPROVE THE SUSTAINABILITY AND PRODUCTIVE CAPACITY OF TOBACCO LANDS. PRELIMINARY STUDY ON STRUCTURAL STABILITY AS AN INDICATOR OF RECOVERY

Gabriela Fernandez^{1,3}, Graciela Zankar², Fanny Altamirano^{2,4}, Julio Zubieta¹, Laura Diez Yarade³, Rainer Kunz⁴, Rubén Sato⁵, Walter Segovia Salazar¹, Mirta Agüero⁶, Samir Quintar⁴ y César Ceballos⁷

¹INTA AER Perico. ²Cátedra de Edafología, FCA - UNJu. ³Cátedra de Manejo del Suelo y Riego, FCA - UNJu. ⁴PROYAJO S.A. ⁵Asesor Privado. ⁶Dirección Provincial de Desarrollo Agrícola y Forestal del Gobierno de Jujuy. ⁷Escuela Agrotécnica Provincial N° 7 "Ing. Agr. Ricardo J. Hueda"

*Autor para correspondencia:
fernandez.gabriela@inta.gob.ar

Licencia:
[Licencia Creative Commons](#)
[Atribución-NoComercial-](#)
[CompartirIgual 4.0 Internacional](#)

Período de Publicación:
Julio 2022

Historial:
Recibido: 27/10/2021
Aceptado: 21/03/2022

RESUMEN

La degradación de los suelos y su recuperación es un problema actual que la comunidad científica y los sectores rurales deben encarar con responsabilidad, para revertirlo. En los Valles Templados de Jujuy, el cultivo de tabaco es relevante, tanto por la superficie cultivada como por su efecto multiplicador en la economía provincial. Sin embargo, la degradación de los suelos tabacaleros ha llegado a un límite extremo por el laboreo intensivo y el uso excesivo de fertilizantes químicos. La aplicación de enmiendas orgánicas es una alternativa para la recuperación de estos suelos, ya que promueve reacciones químicas y físico-químicas, además del desarrollo de procesos microbianos que llevan a mejorar su calidad. El objetivo de este trabajo es estudiar la evolución de la estabilidad estructural, como indicador del proceso de recuperación del suelo, empleando distintas combinaciones de enmiendas orgánicas y/o dosis de fertilizantes químicos. El ensayo se realizó en el campo experimental de la Escuela Agrotécnica N° 7 "Ing. Ricardo J. Hueda" de Ciudad Perico, y para ello se estableció un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con cinco tratamientos, incluido el que realiza el productor tabacalero según un manejo convencional (TMC). Los tratamientos consistieron en diferentes combinaciones de fertilizantes químicos (NPK), humus producido con microorganismos eficientes (Humus_{MEj}), lixiviado del Humus_{MEj} y suspensión de *Trichoderma* sp. La estabilidad estructural se evaluó con el método Le Bissonnais (1996). Se observó que el principal mecanismo de pérdida de estabilidad es la desagregación por humectación rápida, tanto en MC como en los demás tratamientos. Si bien en el primer año de experiencia a campo, el mejor efecto sobre la estabilidad estructural se manifestó con la combinación de Humus_{MEj} (1000 kg/ha), *Trichoderma* sp. (1×10^9 conidios /ml) y NPK (96, 44 y 108 kg/ha respectivamente), está previsto continuar con el mismo esquema en los años sucesivos de ensayo, para observar la evolución del indicador, obtener conclusiones y realizar recomendaciones.

Palabras clave: tabaco, suelo degradado, estabilidad estructural, humus MEj, *Trichoderma*

SUMMARY

Soil degradation and its recovery is a current problem that scientific community and rural sectors must face responsibly, to reverse it. In the Valles Templados of Jujuy, tobacco cultivation is relevant because the cultivated surface and its multiplier effect on the economy provincial. However, the degradation of the region's soils has reached an extreme limit due to the excessive use of chemical fertilizers and intensive tillage. Organic amendment application is an alternative to recover degraded soils, since they promote chemical and physical-chemical reactions and the development of microbial processes that improve their quality. The aim of this work is to study the evolution of structural stability, as an indicator of the process of soil recovery, using different combinations of amendments organic and/or doses of chemical fertilizers. The assay was carried out in the experimental field of the Agrotechnical School No. 7 "Ing. Ricardo J. Hueda" of Perico city, according to a completely randomized block design (DCA) with five treatments which consisted of different combinations of chemical fertilizers (NPK), humus treated with efficient microorganisms (Humus_{MEj}), leachate of Humus_{MEj} and suspension of *Trichoderma* sp. The control treatment was taken as the one corresponding to the conventional management (MC) carried out by the tobacco producer. Le Bissonnais methodology (1996) was employed to assess soil aggregates stability. It was observed that the main mechanism of loss of stability is disaggregation by rapid wetting in all treatments. Although in the first year of field experience, the best effect on aggregates stability was manifested with the combination of Humus_{MEj} (1000 kg / ha), *Trichoderma* sp. (1×10^9 conidia/ml) and NPK (96 - 44 and 108 kg/ ha respectively), it is planned to continue with the same scheme in successive trial years, to observe the evolution of the indicator and make recommendations.

Keywords: tobacco, degraded soil, structural stability, humus, *Trichoderma*.

INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos y su recuperación es un problema que el hombre debe encarar con la responsabilidad y urgencia que la situación amerita. En la provincia de Jujuy (Argentina), la degradación de los suelos tabacaleros ha llegado a un límite tal que el cultivo se ve afectado en medida extrema, creando un ambiente de alarma entre muchos de los productores. Esta situación ya se planteaba en la década del '90, en esa época se habían implementado algunas medidas para la recuperación de dichos suelos como

la rotación e incorporación de abonos verdes (Santos *et al.*, 1996). En la actualidad, se continúa promoviendo estas prácticas, pero además, el desarrollo biotecnológico admite el agregado de vermicompost¹, de lixiviados y de hongos benéficos como *Trichoderma* sp. (Harman *et al.*, 2004), en combinación con diferentes dosis de fertilizantes químicos.

La aplicación de abonos orgánicos para recuperar suelos degradados es respaldada por numerosas investigaciones que atribuyen a estos productos diferentes efectos positivos tales

¹Vermicompost, lombricompost y humus de lombriz son sinónimos.

como el aporte nutritivo, el incremento de la capacidad de intercambio catiónico, la estabilidad estructural y la actividad microbiana (Mylavarapu & Zinati, 2009). Se ha comprobado que la adición de lombricompost o humus de lombriz en suelos degradados contribuye a restituir en alguna medida, las condiciones iniciales que han sido alteradas por prácticas agrícolas intensivas o inapropiadas (Escobar *et al.*, 2009; Murillo Montoya *et al.*, 2020).

La incorporación de enmiendas orgánicas, promueve las reacciones físico-químicas del suelo, así como el desarrollo de procesos microbianos que conducen a modificaciones en las características del suelo que se manifiestan en aumento de la capacidad de retención de agua, infiltración, porosidad y estabilidad estructural (Roldán *et al.*, 1996). Es conocida la correlación entre el contenido de materia orgánica del suelo, la agregación y la estabilidad de los agregados formados debido a la acción enlazante que ejercen las sustancias húmicas y otros productos generados por la actividad microbiana (Shepherd *et al.*, 2001).

Los residuos orgánicos tratados con microorganismos eficientes (ME) producen abonos de elevada calidad (Gutiérrez *et al.*, 2012; Camacho, 2017). Los ME se componen de bacterias fotosintéticas o fototróficas, bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* sp.) y levaduras (*Saccharomyces* sp.), que secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes. Los ME modifican la micro y macroflora edáfica mejorando el equilibrio natural, de manera que los suelos causantes de enfermedades se convierten en suelos supresores de enfermedades (Higa & Parr, 1994).

La *Trichoderma* sp. es un hongo aeróbico que tiene la capacidad de sobrevivir en un amplio intervalo de temperaturas. Es un agente de control biológico de hongos y nematodos, que además actúa como inductor de resistencia y estimulador de crecimiento en las plantas. Es decir que además de controlar plagas y enfermedades tiene un efecto de abono (Martínez *et al.*, 2013).

La estabilidad de los agregados, es una de las propiedades físicas de mayor importancia como determinante de la calidad del suelo ya que afecta el movimiento y retención del agua, la susceptibilidad a la erosión, ciclado de nutrientes y crecimiento radical (Bronick & Lal, 2005). Por ser una

característica edáfica dinámica, es considerada un indicador físico sensible para reflejar tendencias a la recuperación o degradación de los suelos (Doran & Parkin, 1994).

Los suelos que presentan mayor riesgo a la degradación física, corresponden a los de mayor inestabilidad estructural, dependiendo esto del contenido de materia orgánica que está condicionado por el tipo de cobertura o cultivo y las prácticas de manejo (Fernández *et al.*, 2016).

OBJETIVO

El propósito de este trabajo es estudiar la evolución de la estabilidad estructural como indicador del proceso de recuperación del suelo, mediante el empleo de distintas combinaciones de enmiendas orgánicas y/o dosis de fertilizantes químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Escuela Agrotécnica N° 7 "Ing. Ricardo J. Hueda" de Ciudad Perico, situado en la región de los Valles templados de la provincia de Jujuy (Figura 1).



Figura 1. Parcela de ensayo en la Escuela Agrotécnica N° 7 "Ing. Ricardo Hueda" de Ciudad Perico, Jujuy, 2020.

El suelo presenta textura franca (Bouyoucos, 1962), 1,48% de materia orgánica (Walkley & Black) y pH^(1:2,5) ligeramente ácido (6,64).

Se estableció un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), con cuatro tratamientos y un testigo, donde se aplicaron diferentes combinaciones de fertilizantes químicos, lombricompost (Humus_{MEJ}), lixiviado del Humus_{MEJ} y *Trichoderma* sp. (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos realizados en la parcela de ensayo

| Testigo Manejo Conv. (TMC) | Tratamientos | | | |
|---|--|---|---|---|
| | I | II | III | IV |
| N 112 kg/ha P 104 kg/ha K 216 kg/ha | Humus _{MEJ} 3000 kg/ha Urea 90 kg/ha | Humus _{MEJ} 2000 kg/ha Lixiviado al 10% Trichoderma 1 x 10 ⁹ conidios/ml | Humus _{MEJ} 1000 kg/ha Trichoderma 1 x 10 ⁹ conidios/ml | Humus _{MEJ} 1000 kg/ha Lixiviado al 10% |
| N 96 kg/ha - P 44 kg/ha - K 108 kg/ha | | | | |

Se tomó como testigo al manejo convencional (TMC), que es el que practican los productores tabacaleros de la zona”

El Humus_{MEJ} utilizado es un compost de origen animal (vacuno) elaborado a partir de residuos de matadero y tratado con microorganismos eficientes locales (MEJ) (Altamirano *et al.*, 2018). El producto así obtenido (Humus_{MEJ}) presenta una gran riqueza microbiana (Altamirano *et al.*, 2022) y materia orgánica estabilizada que se puede incorporar al suelo sin riesgo de fitotoxicidad.

La aplicación del Humus_{MEJ} y de los fertilizantes químicos se realizó de forma manual, posterior al trasplante del tabaco. La suspensión de *Trichoderma* sp. y el lixiviado se aplicaron con mochila pulverizadora sobre la línea de plantación (sistema drench²) (Figura 2).



Figura 2. Aplicación en drench de Trichoderma y Lixiviado. 2020.

La estabilidad estructural fue evaluada en muestras de suelo tomadas después de la cosecha,

mediante el método de Le Bissonnais (1996). El mismo consiste en someter a una muestra de agregados secos al aire de 1 a 2 mm de diámetro, a pretratamientos diferentes que promueven la ruptura de agregados por distintos mecanismos. Estos pretratamientos combinan la humectación con una acción mecánica y permiten reproducir en laboratorio el comportamiento de los agregados bajo tres supuestos de condiciones hídricas en los que puede ocurrir la desagregación (Taboada-Castro *et al.*, 2011). El efecto de cada tratamiento es evaluado secando la muestra retenida en el tamiz luego de la desagregación y su posterior tamizado en una torre de tamices, con diámetros de malla de 2,1, 0,5 y 0,25 mm respectivamente. Para obtener el diámetro medio ponderado de agregados (DMP) se relaciona la masa de agregados retenidos en cada tamiz con el diámetro (Ramos & Nacci, 1997). Los valores promedio de los pretratamientos permiten diferenciar clases de estabilidad y establecer riesgo de encostramiento.

Los datos fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y test de Tuckey para las comparaciones de medias entre los distintos tratamientos: a.- Manejo Convencional (TMC; b.- Tratamiento I (TI); c.- Tratamiento II (TII); d.- Tratamiento III (TIII) y e.- Tratamiento IV (TIV).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Con respecto al diámetro medio ponderado (DMP) obtenido para los diferentes pretratamientos, tanto para DMP_r, que mide el estallido de agregados por humectación rápida simulando la ocurrencia de una lluvia en condiciones de suelo seco, como para DMP_l, que evalúa la desagregación por humectación lenta simulando la ocurrencia

²Sistema drench: aplicación de producto fitosanitario dirigida a la base del tallo, realizada planta por planta.

de una lluvia en condiciones de suelo húmedo, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre TIII y el resto de los tratamientos.

El TIII presentó el mayor valor de DMP ($0,49$ mm), superando a los demás tratamientos en un 55 %. De acuerdo a Le Bissonnais & Arrouyas (1997) y Albuquerque *et al.* (2000), los suelos que tienen agregados con baja resistencia al humedecimiento rápido se erosionan fácilmente cuando se exponen a la acción de la lluvia y están sujetos al fenómeno de sellado superficial, ya que las partículas del suelo desagregadas pueden bloquear los poros, limitar la infiltración de agua y, en consecuencia, promover el transporte y pérdida de suelo por escorrentía.

El DMP de los tratamientos osciló entre $0,87$ y $1,79$ mm, siendo el mayor valor para TIII, y esto se correspondería con una mejor cohesión del suelo cuando está sometido a lluvias moderadas. Este pretratamiento es sensible a la microfisuración, donde la desagregación es más física que orgánica (Six *et al.*, 2004).

Para DMPm, que evalúa la disgregación mecánica en húmedo de los agregados, luego de re-humectación con etanol, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos y los valores obtenidos oscilaron entre $0,54$ y $0,92$ mm. La destrucción de los agregados, en este caso es debida al fenómeno de hinchamiento del complejo arcillo-húmico (Orellana & Pilatti, 1994; Gómez *et al.*, 2001).

De acuerdo a los valores de DMP obtenidos, tanto para el manejo convencional (TMC) como para los tratamientos con incorporación de Humus MEj, la desagregación por humectación rápida fue el pretratamiento para el cual la inestabilidad estructural relativa fue más elevada. Coincidiendo con Carter (2002) y Bouajila & Gallali (2010), esto se correspondería con el bajo contenido de materia orgánica que tiene el suelo del sitio de estudio, altamente afectado por el manejo agrícola previo. Al respecto, la materia orgánica no solo contribuye a la cohesión de los agregados, al actuar como agente cementante (Tisdall & Oades, 1982), sino también aumenta la humectabilidad de los agregados reduciendo así el estallido de los agregados secos al ser sumergidos en agua (D'Acqui *et al.*, 1999).

Con respecto al diámetro medio ponderado promedio (DMPp) de los DMP correspondientes a

los tres pretratamientos, se observa en la Figura 3 que hay diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre TIII y los demás tratamientos.

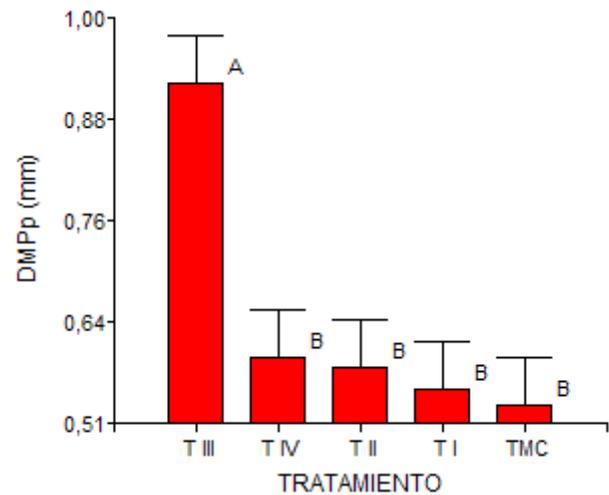


Figura 3. Diámetro medio ponderado promedio (DMPp) en mm obtenido del promedio del DMP de los tres pretratamientos. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Si bien TIII es el que presenta mayor DMPp ($0,92$ mm), sus agregados son “medianamente estables”, de acuerdo a la clasificación propuesta por Le Bissonnais. Los valores de DMPp para los demás tratamientos son bajos y oscilan entre $0,59$ y $0,54$ mm. La poca estabilidad estructural resulta en la disminución de la porosidad y cambios en la distribución del tamaño de poros (Taboada *et al.*, 2008) que, en suelos de texturas medias a finas, como es el caso del sitio de estudio, podría conducir a la formación de costras superficiales que reduzcan la infiltración y el intercambio gaseoso, afectando tanto al cultivo como a los microorganismos del suelo. Sin embargo, la susceptibilidad a la formación de encostrado está en función de factores tales como la humedad del suelo y las prácticas agrícolas que se implementen.

Coincidiendo con Gutiérrez *et al.* (2012) y Camacho (2017), el Humus ^{MEj} tiene un probado poder fertilizante, lo que se ha demostrado con los resultados obtenidos en el TIII (1000 kg/ha), por tanto, la dosis de TIII sería la más adecuada para promover y/o revertir el metabolismo del suelo en función de la recuperación de sus propiedades. Por otra parte, la microflora del Humus ^{MEj} local aplicado puede tener una influencia positiva sobre la microflora nativa edáfica coincidente con lo

manifestado por Higa & Parr (1994), proceso que puede ser acompañado por *Trichoderma* sp., hongo con actividad principalmente de control biológico de patógenos.

CONCLUSIÓN

Se encontró que el principal mecanismo de pérdida de estabilidad, tanto en el manejo convencional (TMC) como en los demás tratamientos, es la desagregación por humectación rápida.

Los valores de DPMp registrados para los tratamientos evaluados, corresponden a una estabilidad media a inestable, de acuerdo a la clasificación propuesta por Le Bissonnais, lo cual implicaría un riesgo frecuente a muy frecuente de formación de costras superficiales.

El mejor efecto sobre la estabilidad estructural, como indicador de recuperación del equilibrio del suelo, se manifiesta en TIII a partir del agregado de materia orgánica estabilizada (Humus_{MEJ}).

Los resultados obtenidos corresponden al primer año de un ensayo a campo de larga duración, por lo que es recomendable continuar con los tratamientos planteados para observar la evolución de la estructura del suelo e identificar el mejor tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Albuquerque, J.A., Cassol, E.A. & Reinert, D. J. 2000. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 24 (1), 141-151.
- Altamirano, F.E., Zankar, G. del C., Quintar, S., Ortega, R. & Vidaurre, J. 2018. Compostaje de residuos sólidos de matadero con tecnología de microorganismos eficientes desarrollados en Jujuy (MEj). En: II Simposio de Residuos Agropecuarios y Agroindustriales del NOA y Cuyo-Trabajos completos y comunicaciones. INTA Ed.
- Altamirano, F.E., Zankar, G. del C., Fernandez, G.S. & Diez Yarade, L.G. 2022. La biotecnología, una nueva posibilidad para el tratamiento de residuos de mataderos. *Revista Nuestro Suelo*. ISSN 2618-5571. Abril 2022 N° 7. Edición Digital. 3-4. https://www.suelos.org.ar/sitio/wp-content/uploads/2021/nuestro_suelo/Nuestro_Suelo-7.pdf
- Bouajila, A. & Gallali, T. 2010. Land use effect on soil and particulate organic carbon, and aggregate stability in some soils in Tunisia. *Afr. J. Agric. Res.* 5(8):764-774.
- Bronick, C.J. & Lal, R. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124: 3-22.
- Camacho, M.S. 2017. Compostaje de Subproductos Derivados del Sacrificio y Faenado de Ganado del Camal Municipal de Huaraz, Utilizando, Diferentes Sustratos. Tesis, Universidad Nacional de Santiago Antúnez de Mayolo.
- Carter, M.R. 2002. Soil quality for sustainable land management; organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agron. J.* 94(1):38-47.
- D'Acqui L.P., Churchman, G.J., Janik, L.J., Ristori, G.G. & Weissmann, D.A. 1999. Effect of organic matter removal by low-temperature ashing on dispersion of undisturbed aggregates from a tropical crusting soil. *Geoderma* 93: 311-324.
- Doran, J.W. & Parkin T.B. 1994. Defining and assessing soil quality. In: JW Doran, DC Coleman, DF Bezdicsek, and BA Stewart (eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Spec. Pub. No. 35, Soil Sci. Soc. Am., Am. Soc. Argon., Madison, WI. p. 3-21.
- Escobar, H., Monsalve, O., & Medina, A. 2009. Efecto de la incorporación de Lombricompost sobre la producción y calidad de un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Suelos Ecuatoriales*, Vol. 39(1), p.53.
- Fernández, L., González, M. & Sáez Sáez, V. 2016. Relación entre un índice de estabilidad estructural de suelo, la zona bioclimática y la posición fisiográfica en Venezuela. *Terra Nueva Etapa*. Vol 32 n° 52: 139-149.
- Gómez, E., Ferreras, L.A., Toresani, S., Ausilio, A. & Bisaro V. 2001. Changes in some soil properties in a vertic soil under shortterm

- conservation tillage. *Soil Till. Res.* 61: 179-186.
- Gutiérrez, L.A., Seguro, S., Arenas J.E. & Moreno, J.G. 2012. Evaluación del poder fertilizante de dos abonos orgánicos preparados con microorganismos eficientes en plantas de tomate y maíz. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, Vol. 1 Núm. 2 (2012).
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I. & Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nat. Rev. Microbiol.* 2:43-56, 2004.
- Higa, T. & Parr, J.F. 1994. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. Vol. 1, International Nature Farming Research Center, Atami.
- Le Bissonnais, Y. & Arrouyas, D. 1997. Aggregate stability and erodibility: II. Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. *European Journal of Soil Science*, 48(1), 39-49.
- Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility. I. Theory and methodology. *European J. Soil Sci.* 47: 425-437.
- Martínez, B, Infante, D. & Y. Reyes. (2013) *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Rev. Protección Veg.* Vol. 28 No. 1: 1-11
- Murillo Montoya, S.A., Mendoza Mora, A. & Fadul Vásquez, C.J. 2020. La importancia de las enmiendas orgánicas en la conservación del suelo y la producción agrícola. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*. Volumen 7 (1). Enero – Junio, 58-68.
- Mylavarapu, R.S. & Zinati G.M. 2009. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in sandy soils. *Scientia Horticulturae*, Volume 120, Issue 3, 1, 426-430.
- Orellana, de J.A. & Pilatti M.A. 1994. La estabilidad de agregados como indicador edáfico de sostenibilidad. *Ciencia del Suelo* 12: 75-80.
- Ramos, M C. & Nacci, S. (1997). Estabilidad estructural de agregados superficiales en suelos del Anioia-Penedés (Barcelona) frente al humedecimiento y el impacto de las gotas de agua. *Edafología*, 3 (1), 3-12. <http://edafologia.ugr.es/revista/tomo3b/articulo3.pdf>
- Roldán, A., Albaladejo, J. & Thornes J.B. 1996. Aggregate stability changes in a semiarid soil after treatment with different organic amendments. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 10:139-148.
- Santos, E.E., Kosir, A.N. & Altamirano, F.E. 1996. Recuperación de las propiedades productivas de suelos tabacaleros. *Revista Agraria* 1:39-52.
- Shepherd, T.G., Saggar, S., Newman, R.H., Ross, C.W. and Dando & J.L. 2001. Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fraction in New Zealand soils. *Aust. J. Soil Res.* 39: 465-489.
- Six, J., Bossuyt H., Degryze S. & Denef, K. 2004. A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage Res.* 79: 7-31.
- Taboada, M.A., Micucci, E.G. & Álvarez C.R. 2008. Impedancias mecánicas y compactación de suelos agrícolas. En: *Fertilidad física de los suelos*. Taboada, MA y CA Alvarez (eds). Editorial Facultad de Agronomía (UBA). 94-154.
- Taboada-Castro, M.M., Rodríguez-Blanco M.L., Taboada-Castro M.T. & Oropeza-Mota J.L. 2011. Vulnerabilidad estructural en suelos de textura gruesa bajo cultivo de huerta. *Terra Latinoamericana* 29(1):11-21.
- Tisdall, J.M. & Oades, J.M. 1982. Organic matter and water stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33: 141-163.

