

# EFFECTO DE CINCO AÑOS DE PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO ARENOSO ÁCIDO DE LA SABANA VENEZOLANA

Adriana Florentino<sup>1</sup>, Marisol López<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Edafología-Facultad de Agronomía-Universidad Central de Venezuela-Maracay; <sup>2</sup> MPPAT-Instituto de Investigaciones Agrícolas (INIA).

E-mail: [florentinoa@agr.ucv.ve](mailto:florentinoa@agr.ucv.ve) ; [mlopez@inia.gob.ve](mailto:mlopez@inia.gob.ve)

## RESUMEN

Los sistemas de producción mixtos (ganadería-cereales), predominantes en las sabanas ácidas venezolanas, han generado una intensa degradación de los suelos, afectando sus propiedades físicas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta de las condiciones físicas del suelo a la implementación durante 5 años ininterrumpidos de diferentes sistemas de manejo alternativos, basados en principios agroecológicos, en Espino, estado Guárico. Los tratamientos evaluados fueron: **B**: Parcela en barbecho (Testigo); **SR**: Parcela sin residuos (suelo desnudo); **RN**: Parcela con vegetación natural (*Indigosphaera lespedezioides*). **RL**: Parcela con *Crotalaria juncea*. **RG**: Parcela con residuos de sorgo (*Sorghum bicolor*). Los resultados obtenidos presentan que las mejoras en las propiedades físicas del suelo están mayormente asociadas al incremento de la MO del suelo, reflejándose en una mayor estabilidad de los agregados, principalmente en la capa superficial de los sistemas RN-S, B, RG-S y RL-S.

**Palabras clave:** Suelos arenosos tropicales, prácticas agroecológicas, labranza reducida

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de labranza reducida, siembra directa, manejo de residuos, junto a rotación de cultivos, cultivos de cobertura y abonos verdes con leguminosas, son sistemas de manejo agroecológico de suelos que han resultado ser beneficiosos para la conservación de suelos y agua, para la reducción del gasto de energía e impacto ambiental de la actividad agrícola. Como un efecto inmediato de la labranza, las propiedades físicas son modificadas, resultando en un cambio tanto en el estado (retención de agua) como de los procesos involucrados dinámicamente en el transporte de agua y solutos (Singh y Malhi, 2006; Strudley et al., 2008). La necesidad de implementar prácticas de manejo sostenibles, basadas en principios agroecológicos, en los principales sistemas de producción agrícola y zonas del país es cada vez más urgente si queremos cumplir con nuestro rol esencial de producir la cantidad de alimentos suficientes y de calidad que cubran la demanda de la sociedad (Florentino et al., 2006). Los suelos arenosos-ácidos predominantes en las sabanas del centro-oriente de Venezuela (estado Guárico) presentan condiciones de baja fertilidad natural, principalmente de la fertilidad química, junto a la física y biológica, asociado a los ciclos de nutrientes, disponibilidad de los mismos y flujo y retención de agua disponible para las plantas. López et al., (2006), alertaban sobre esta problemática para la localidad de Espino, estado Guárico, señalando que los sistemas de producción mixtos (ganadería-cereales) han generado degradación de los suelos debido al uso de prácticas de manejo en monocultivos, intensa mecanización, eliminación completa de los residuos vegetales post-cosecha y de la cobertura, uso de grandes cantidades de agroquímicos (fertilizantes inorgánicos, insecticidas, herbicidas), lo cual hace necesaria la evaluación de prácticas alternativas de manejo que mejoren las propiedades físicas (Bravo y Florentino, 1997; Gámez et al., 2005; Linares et al., 2005; Torres et al., 2006) y los procesos químicos y bioquímicos del suelo (Hernández y López-Hernández, 2002; Bending, et al., 2004). Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta de las condiciones físicas del suelo a la

implementación, durante 5 años ininterrumpidos, de diferentes sistemas de manejo, basados en principios agroecológicos, en la localidad de Espino, estado Guárico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó en la Parroquia Espino del Municipio Infante del estado Guárico (08° 06' 19" N y 66° 36' 48" O), en un paisaje de altiplanicie de Mesa disectada; la precipitación media anual fue muy variable en este período, disminuyendo desde 780 mm en el año 2003 hasta 143 mm en el 2006, y luego incrementó hasta 401 mm en el año 2007 durante el ciclo del cultivo. El suelo fue clasificado como: Typic Paleustult, francosa gruesa, caolinítica, isohipertérmica (Rey, 2002). La fertilidad al inicio del experimento presentó baja disponibilidad de fósforo ( $P < 3 \text{ mg kg}^{-1}$ ), potasio ( $K = 20 \text{ mg kg}^{-1}$ ), calcio ( $Ca < 50 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y magnesio ( $Mg < 20 \text{ mg kg}^{-1}$ ), el pH muy ácido (4,5) y de textura gruesa (a, Fa) con porcentajes de arena entre 80 y 86 % y con muy baja actividad biológica y bioquímica. Cultivos indicadores sembrados en rotación: *Sorghum bicolor* L Moench, cultivar Chaguaramas VII. y *Vigna unguiculata*, variedad Tuy. Los abonos verdes fueron dos leguminosas (o Fabaceae): *Crotalaria juncea* L. (introducida) e *Indigofera lespedezioides* Kunth (nativa), conocida como añil. Mecanización: Se utilizó labranza mínima durante los primeros cuatro años, pero el quinto año no se requirió ninguna mecanización. Se utilizó un diseño en bloques al azar con un arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas, con cuatro (4) repeticiones. La parcela principal correspondió a los tratamientos orgánicos; la secundaria a los tratamientos inorgánicos y la terciaria a la profundidad de muestreo (López et al. 2006). Tratamientos orgánicos: Se utilizaron tres (3) tratamientos orgánicos, constituidos por dos (2) abonos verdes: residuos de crotalaria (RL) y residuos de añil (RN); restos de cosecha de sorgo (RG) contrastados con parcelas sin residuo (SR) y un testigo absoluto, barbecho (B). Las parcelas: SR, RN, RL y RG recibieron fertilización inorgánica a base de Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en bajas dosis antes de la siembra de los cultivos indicadores sorgo (S) y frijol (F) y las leguminosas utilizada como abono verde (crotalaria y añil). Cada parcela (RN, RL, RG, SR B) con dimensiones de 5m x 18,5m con un área de 92, 5 m<sup>2</sup> c/u. Se tomaron muestras de suelo alteradas y no alteradas (3 repeticiones) en cada capa de suelo de 5 cm de espesor hasta los 40 cm de profundidad. En las muestras no alteradas, con un volumen de 89 cm<sup>3</sup>, las variables evaluadas fueron: distribución de tamaño de partículas según la metodología de Bouyoucos modificada por Day (1965) en Gee y Bauder (1986); densidad aparente (Da) según Blake y Hartge (1986); porosidad total (EPT) y Distribución de poros (macroporos-MacPO- con diámetro equivalente  $> 30 \mu\text{m}$  y microporos-MicPO  $< 30 \mu\text{m}$ ) según Danielson y Sutherland (1986). Se determinó la distribución de agregados estables al agua (macroagregados-MacAE  $> 0,25 \text{ mm}$  y microagregados-MicAE  $< 0,25 \text{ mm}$ ) y diámetro medio ponderado (DMP), utilizando agregados entre 2-4 mm, según metodología de Kemper y Rosenau (1986), modificada por Florentino y Sierra (2007). Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas. Los datos fueron analizados como parcelas divididas; se realizó el análisis de varianza y pruebas de medias utilizando el paquete estadístico INFOSTAT (2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Propiedades físicas del suelo como efecto de sistemas de manejo basados en principios agroecológicos.**

**Distribución de tamaño de partículas:** Este suelo presentó una textura predominantemente areno-francosa (aF)- franco-arenosa (Fa), con bajos contenidos de arcilla (5-7 %) y muy altos contenidos de la fracción arena (83-86 %), dentro de las

cuales predominan las arenas muy finas (16-47 %), finas (20-31 %) y medias (11-33 %).

**Densidad aparente:** El análisis de varianza muestra (**Cuadro 1**) que la densidad aparente del suelo fue significativamente influenciada tanto por los sistemas de manejo como por la profundidad dentro del perfil de suelo. Como puede observarse en el Cuadro 2, los valores más bajos de Da ( $<1.6 \text{ Mg.m}^{-3}$ ) los muestra el tratamiento B, solo en la profundidad 15-20 cm y 35-40 cm supera este valor; sin embargo los valores más altos se observan en el tratamiento SR-S, con valores muy altos en la capa 0-5 cm y de alto a moderado en el resto del perfil, mostrando el mayor nivel de degradación según Florentino (1998).

**Cuadro 1.** Análisis de varianza de las propiedades físicas del suelo: densidad aparente (Da), porosidad total (EPT), macroporos (MacPO) y microporos (MicPO), después de 5 años con sistemas de manejo basados en principios agroecológicos.

Fuente de variación	Da ( $\text{Mg.m}^{-3}$ )	EPT (%)	MacPO (%)	MicPO (%)	AE >0,25 mm	AE <0,25 mm	DMP (mm)
Tratamientos (Manejo)	**	**	NS	NS	*	*	*
Profundidad	**	**	**	NS	**	**	**
Cultivo	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Manejo*Profundidad	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Manejo*Cultivo	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

\* Diferencias significativas a un nivel de probabilidad del 95 % ( $p<0.05$ ); \*\*Diferencias altamente significativas a un nivel de probabilidad del 99 % ( $p<0.01$ ); NS: No significativo..

El tratamiento RN-S, presenta valores bajos de Da en la capa superficial, asociado posiblemente al mayor contenido de MO (López et al., 2006), con los valores más altos en la capa de 15-20 y 30-35 cm; en el tratamiento RL-S presentan valores menores a  $1.6 \text{ Mg.m}^{-3}$  hasta los 10 cm de profundidad, incrementando en las capas entre 10 y 20 cm; una tendencia similar se observa en RG-S, con un incremento de Da entre 10-15 cm. SR-F presenta valores similares a SR-S, con valores altos en todo el perfil, igualmente RG-F.

**Cuadro 2.** Promedio de las propiedades físicas del suelo: porosidad total (EPT), macroporos (MacPO), microporos (MicPO) y densidad aparente (Da), después de 5 años con sistemas de manejo basados en principios agroecológicos.

Manejo	Profundidad (cm)	EPT (%)	MacPO (%)	MicPO (%)	Da ( $\text{Mg m}^{-3}$ )
<b>Barbecho (B)</b>	0-5	44,05	24,97	19,08	1,47 a
	5-10	42,71	23,44	19,27	1,55 ab
	10-15	38,06	18,81	19,25	1,57abcd
	15-20	37,90	19,50	18,40	1,63 cd
	20-25	39,96	19,67	20,29	1,52 abc
	25-30	38,55	19,79	18,76	1,59 abcd
	30-35	38,94	16,09	22,85	1,60 bcd
<b>SR-S</b>	35-40	38,43	14,87	23,56	1,65 d
	0-5	41,38	23,94 cd	17,44	1,72
	5-10	36,24	20,12 bc	16,12	1,65
	10-15	38,82	17,10 ab	21,72	1,66
	15-20	39,62	21,39 abc	18,22	1,66
	20-25	39,35	16,46 ab	22,89	1,61
25-30	40,08	17,13 ab	22,95	1,63	

	30-35	40,43	12,71 a	27,72	1,64
	35-40	35,59	17,22 ab	18,37	1,68
RN-S	0-5	39,59	18,74	20,86	1,53
	5-10	40,64	17,43	23,21	1,64
	10-15	36,56	18,89	17,67	1,69
	15-20	35,19	18,12	17,07	1,73
	20-25	36,04	17,79	18,25	1,64
	25-30	37,54	14,02	23,52	1,69
	30-35	36,14	18,65	17,49	1,76
	35-40	35,34	13,70	21,64	1,69
RL-S	0-5	40,26	22,47	17,80	1,55
	5-10	38,97	16,70	22,28	1,55
	10-15	34,47	19,69	14,77	1,63
	15-20	36,26	20,17	16,09	1,68
	20-25	35,57	19,44	16,13	1,62
	25-30	35,32	19,37	15,95	1,63
	30-35	36,04	19,72	16,32	1,61
	35-40	37,61	17,74	19,87	1,64
RG-S	0-5	36,33	15,99	20,34	1,54 a
	5-10	38,41	21,14	17,27	1,62 ab
	10-15	35,84	19,25	16,58	1,69 b
	15-20	35,04	17,41	17,63	1,62 b
	20-25	38,17	23,06	15,11	1,60 ab
	25-30	38,31	16,97	21,34	1,66 b
	30-35	36,49	17,92	18,57	1,66 b
	35-40	36,46	19,37	17,09	1,63 b
SR-F	0-5	43,95	28,81	15,13	1,61
	5-10	39,86	25,62	14,24	1,61
	10-15	37,93	20,46	17,46	1,70
	15-20	37,35	20,93	16,42	1,63
	20-25	34,46	17,62	16,83	1,65
	25-30	35,29	17,64	17,64	1,64
	30-35	37,65	18,15	19,50	1,73
	35-40	38,69	15,85	22,84	1,64
RG-F	0-5	39,52	19,98	19,54	1,49
	5-10	39,71	21,98	17,73	1,58
	10-15	35,65	19,51	16,14	1,52
	15-20	37,03	22,54	14,49	1,67
	20-25	37,53	17,19	20,33	1,62
	25-30	37,90	19,73	18,17	1,65
	30-35	38,40	17,28	21,12	1,62
	35-40	36,69	14,26	22,43	1,71

Letras distintas dentro de cada columna significan diferencias significativas a un valor de  $p < 0,05$ . Los perfiles sin letras significan que no hubo diferencias significativas entre las capas de suelo. El análisis de estadística descriptiva presentó que la desviación estándar (SD) del EPT varió entre 0,54 y 5,25; la de MacPO entre 0,96 y 8,50; la de MicPO entre 0,89 y 10,92, la de Da entre 0,02 y 0,14. Tratamientos: B: barbecho, suelo sin tratamiento (testigo); SR-S: Sin ningún tipo ni cantidad de residuos; RN: Residuos de leguminosa nativa, añil (*Indigofera l.*); RL: Residuo de leguminosa crotalaria; RG: residuo de gramínea. S: Cultivo sorgo; F: cultivo frijol.

**Porosidad total (EPT):** El espacio poroso total del suelo, también fue influenciado significativamente por los tratamientos de residuos orgánicos y por la profundidad, similar a la Da del suelo (Cuadro 1). Para todos los tratamientos el EPT varía entre 35 y

40 %, excepto en la capa superficial (0-5 cm) de los tratamientos B, SR-S, RL-S y SR-F que superan el 40 %, con el valor más alto en B. En general cabe resaltar que las capas 10-15 y 15- 20 cm presentan los valores más bajos de EPT y los más altos de Da, reflejando un cierto nivel de compactación en esa profundidad.

**Estabilidad de agregados al agua (AE):** La estabilidad estructural es usada como un indicador de la calidad estructural del suelo (Bronick y Lal, 2005). Los valores de macroagregados (MacAE) y microagregados (MicAE), se presentan en las **Figuras 1 y 2**, donde resalta que los valores más altos de MacAE en la capa superficial del suelo corresponden a los tratamientos RN-S y B (85,01 y 83,08 %), coincidiendo estos resultados con un mayor contenido de MO en estas capas producto de los tratamientos (Manlay et al., 2007; Chivenge et al., 2007); Soon et al., 2007). En la capa de 5-10 cm, la proporción de MacAE disminuyó en todos los tratamientos, aumentando la proporción de MicAE.

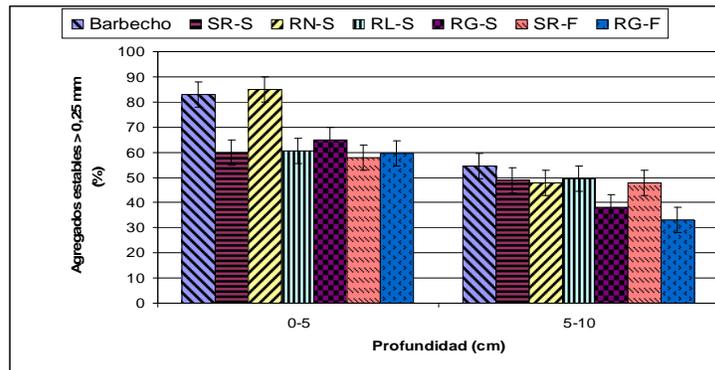


Figura 1. Cambios en la estabilidad de los agregados mayores a 0,25 mm (MacAE) en las capas superficiales del suelo para los diferentes tratamientos bajo estudio.

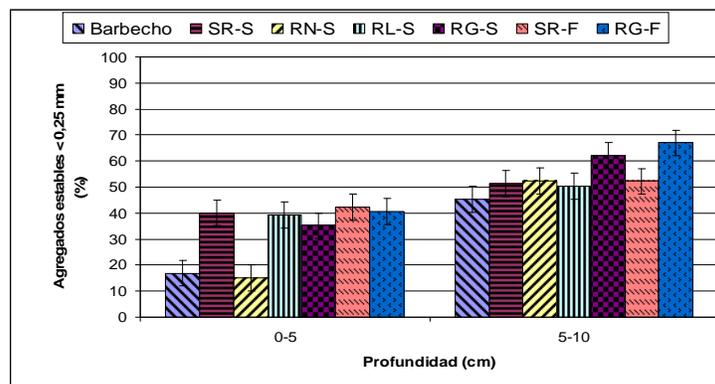


Figura 2. Cambios en la estabilidad de los agregados menores a 0,25 mm (MicAE) en las capas superficiales del suelo para los diferentes tratamientos bajo estudio.

**Chivenge et al. (2007)** señalan que la presencia de residuos en superficie producto de las prácticas de manejo incrementó el contenido de CO en suelos de textura gruesa, ya que la arena gruesa controla la dinámica de la MO del suelo. En cuanto al diámetro medio ponderado (DMP) de los agregados, los mayores valores también corresponden a RN-S y B (0-5 cm) y los valores menores a RG-F y RG-S en la capa de 5-10 cm (**Figura 3**).

**Macroporos (MacPO) – Microporos (MicPO):** En el análisis de varianza se observa que solo la MacPO fue influenciada significativamente por la profundidad, y no así por los tratamientos, mientras que la MicPO no fue afectada por ninguno de ellos. En el

Cuadro 2 se puede observar la variación de estos parámetros, destacando que los valores de MacPO están entre 12 y 20 %, con algunos tratamientos que presentan valores mayores a 20 % en las capas de 0-5 cm (B, SR-S, RL-S, SR-F) y 5-10 cm (B, RG-S, SR-F, RG-F), destacando que, en general, hay una reducción de la MacPO en la capa de 10-15 cm, lo cual indica un cierto nivel de compactación a esta profundidad, que en algunos tratamientos se extiende también a las capas de 15-20 cm, y entre 25 y 40 cm. En cuanto a la MicPO (Figura 3), también los resultados varían entre 15 y 20 %, obteniéndose los valores más altos (>20 %) en los tratamientos RN-S (capas de 0-5 y 5-10) y RL-S (5-10 cm), coincidiendo con una mayor cantidad de las fracciones de arena entre 50 y 500  $\mu$  (amf+af+am).

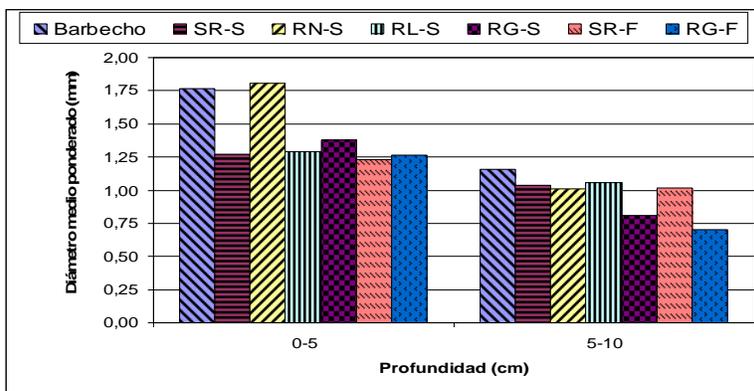


Figura 3. Cambios en el diámetro medio ponderado (DMP) en las capas superficiales del suelo para los diferentes tratamientos bajo estudio.

En este sentido, se concluye que las mejoras en las propiedades físicas del suelo producto del manejo con residuos orgánicos está mayormente asociado al incremento de MO del suelo, reflejándose en una mayor estabilidad de los agregados.

### CONCLUSIONES

Los sistemas de manejo agroecológico del suelo con residuos orgánicos mejoraron las propiedades físicas del suelo, asociado a un incremento del contenido de materia orgánica y reflejado en un incremento de la agregación y de la estabilidad de los agregados, principalmente en la capa superficial de los sistemas RN-S, B, RG-S y RL-S. La porosidad total fue influenciada significativamente por los tratamientos con residuos orgánicos y por la profundidad. La densidad aparente incrementó a partir de los 20-25 cm de profundidad, disminuyendo así la velocidad de flujo de agua en el perfil y por lo tanto mejorando la disponibilidad de agua para las plantas.

*Agradecimientos:* Se agradece al FONACIT por el financiamiento otorgado para el desarrollo de esta investigación a través del Proyecto S1-2002000391 coordinado por el CENIAP-INIA y al Laboratorio de Física de Suelo de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, donde se realizaron los análisis respectivos.

### BIBLIOGRAFÍA

- BENDING, G. D., M. K. TURNER, F. RAYNS, M. MARX, M. WOOD. ( 2004). Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. *Soil Biology and Biochemistry* 36: 1785-1792.
- BLAKE, G. R. Y K. H. HARTGE.(1986). Bulk Density. En: *Methods of soil analysis. Part 1.* American Society of Agronomy. Wisconsin, USA. p. 363 – 382.
- BRAVO, C. Y A. FLORENTINO.(1997). Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia sobre el rendimiento del algodón. *Bioagro* 9(3):67-65.

- BRONICK, C. J. Y R. LAL( 2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124: 3-22
- CHIVENGE, P. P., H. K. MURWIRA, K.E. GILLER,P. MAPFUMO Y J. SIX ( 2007). Long-term impact of reduced tillage and residue management on soil carbon stabilization: Implications for conservation agriculture on contrasting soils. *Soil & Tillage Research* 94: 328-337.
- DANIELSON, R. E. Y P. L. SUTHERLAND(1986). Porosity. En: *Methods of soil analysis*. Part 1. American Society of Agronomy. Wisconsin, USA. pp 443-461.
- FLORENTINO, A., E. ANDREU, Y L. FERNÁNDEZ-POZO.( 2006). Comparing soil quality changes associated to different land uses in tropical agroecosystems. *Proceedings of the International ESSC Conference on Soil and Water Conservation under Changing Land Use*. Editores: J. Martínez, I. Pla, M. Ramos, J. Balasch, Universidad de Lleida, España, 133-136 pp.
- FLORENTINO, A. (1998). Guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra: Selección de indicadores y valores críticos. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay, 11p.
- FLORENTINO, A. Y A. SIERRA.(2007). Método para evaluar la estabilidad de los agregados de suelo por tamizado en húmedo (Equipo Eijkelkamp) - Modificado. Laboratorio de Física de suelo, Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 4 p.
- GÁMEZ, J., A. FLORENTINO Y E. ANDREU. ( 2005). Efecto de sistemas de labranza alternativos sobre la calidad física del suelo y el rendimiento de maíz en El Sombrero, estado Guárico. En: XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, Maracay, estado Aragua, Venezuela. 5 p.
- GEE, G. W, J. W. BAUDER(1986). Particle-size análisis. En A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA y SSSA, Madison, WI. pp 383-411.
- HERNÁNDEZ, R. M. Y D. LÓPEZ-HERNÁNDEZ. (2002). Microbial biomass, mineral nitrogen and carbon content in savanna soil aggregates under conventional and no-tillage. *Soil Biology and Biochemistry*. 34: 1563–1570.
- INFOSTAT (2004). InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. 318 p.
- KEMPER, W. D. Y R. ROSENAU. (1986). Aggregate stability and size distribution. En A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 1. 2nd ed. Agron. Monogr. No. 9. ASA y SSSA, Madison, WI. pp 425-461.
- LINARES, A. P., A. FLORENTINO Y M. LÓPEZ. (2005). Efecto de prácticas conservacionistas sobre la estabilidad estructural de un suelo con cultivo de sorgo en Chaguaramas estado Guárico. *Memorias del XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*, Maracay, Venezuela.
- LÓPEZ, M., N. ALFONZO, A. FLORENTINO Y M. PÉREZ. ( 2006). Dinámica del fósforo y reducción del aluminio intercambiable en un ultisol sometido a manejo conservacionista. *Interciencia* 31(4):293-299.
- LÓPEZ, M. (2009). Informe final del Proyecto FONACIT S1-2002000391- Evaluación de prácticas de manejo conservacionista en suelos ácidos del Municipio Espino-Guárico en un sistema de producción cereal-leguminosa”. CENIAP-INIA, 110 p.
- MANLAY, R. J., CH. FELLERY M.J. SWIFT.( 2007). Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems. *Soil & Tillage Research* 119: 217-233.
- REY, J.C. (2002). Informe técnico sobre caracterización taxonómica del lote experimental ubicado en Espino. CENIAP-INIA, 6 p.
- SINGH, B. Y S.S. MALHI. (2006). Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperate environment. *Soil Tillage Res.* 85 (1-2):143-153.
- SOON, Y. K., M. A. ARSHAD, A. HAQ. Y N. LUPWAYI. (2007). The influence of 12 years of tillage and crop rotation on total and labile organic carbon in a sandy loam soil. *Soil & Tillage Research* 95: 38–46.
- STRUDLEY, M.W., T. R. GREEN Y J. C. ASCOUGH.(2008). Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil Tillage Res.* 99:4-48.
- TORRES, D., A. FLORENTINO. Y M. LÓPEZ. ( 2006). Indicadores e índices de calidad del suelo en un ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guárico, Venezuela. *Bioagro* 18 (2):83-91.