

EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE RESIDUOS ORGANICOS SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES FÍSICAS DE UN ALFISOL DEGRADADO.

Effects of the organic residue incorporates on some physical properties of a degraded alfisol

Rivero Carmen¹, Deyanira Lobo L¹. y Alfredo López Pérez²

¹Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología. Aptdo. 4579. Maracay, Edo. Aragua.

²Particular.

Resumen

La incorporación de residuos orgánicos tiene efectos mejoradores de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Con el propósito de evaluar los efectos sobre algunas propiedades físicas se realizó un ensayo en un Alfisol con limitaciones de orden físico, ubicado en la Estación Experimental Yaracuy del FONAIAP. Se incorporaron residuos orgánicos de crotalaria (*Crotalaria juncea*), pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), ambos en dosis de 10 Mg.ha⁻¹.año⁻¹, y una mezcla 1:1 de los dos materiales (5 Mg.ha⁻¹.año⁻¹ de crotalaria + 5 Mg.ha⁻¹.año⁻¹ de pasto). Luego se procedió a la siembra de maíz (*Zea mays* L.) híbrido PB-8. Esto se repitió sistemáticamente durante tres años. Después de ese tiempo se evaluaron las siguientes propiedades físicas: porosidad total, porosidad con radio >15 µm, retención de humedad a -33 kPa, conductividad hidráulica saturada, índice de sellado absoluto y densidad aparente. Los tratamientos produjeron efectos favorables en las variables estudiadas, con relación al testigo, registrándose un efecto altamente significativo para el índice de sellado absoluto, lo que confirma el efecto benéfico de la incorporación de residuos en suelos degradados.

Palabras clave: Residuos orgánicos, propiedades físicas, maíz, crotalaria.

Abstract

The incorporation of organic residues tends to improvement the physical, chemical, and biological soil properties. In order to evaluate the effects of the organic residues on some physical properties was conducted a trial in an Alfisol with physical constraints, located at the Yaracuy Experimental Station, FONAIAP. Organic residues of crotalaria (*Crotalaria juncea*) and elephant pasture (*Pennisetum purpureum*), both residues in dose of 10 Mg.ha⁻¹.year⁻¹, and a mixture 1:1 (5Mg.ha⁻¹.year⁻¹ of crotalaria + 5 Mg.ha⁻¹.year⁻¹ of pastagen) were incorporated followed by planting of corn (*Zea mays* L.), PB-8 hybrid. This experiment was conducted for three years. The following physical properties were evaluated: total porosity, air porosity, moisture retention (-33 kPa), hydraulic conductivity, sealing index, and bulk density. The treatments with residues produced positive effects on the soil properties, with a highly statistical significance for the sealing index. These show beneficial effects of organic residues incorporation on degraded soils.

Key words: Organic residues, physical properties, corn, crotalaria.

INTRODUCCION

Los procesos de degradación del suelo generalmente se inician con descensos en los niveles de materia orgánica y actividad biológica, con efectos desfavorables en la estructura del suelo, especialmente sobre los atributos funcionales de los poros para retener y transmitir agua y facilitar el desarrollo de raíces (Pla, 1994).

La incorporación de residuos orgánicos (RO) tiene un efecto mejorador sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Stevenson, 1994), efectos que han sido atribuidos a la incorporación de los RO a la materia orgánica estable del mismo, los cuales se pueden manifestar a través de diferentes mecanismos. Al incorporar los residuos vegetales se promueve la actividad microbiana y por lo tanto se estimula la producción de polímeros, que actuarían como agentes estabilizadores de la estructura del suelo. (Martin, 1971; Martin y Hardier, 1971). Estos productos de la degradación de los residuos orgánicos, vegetales y animales, actúan conjuntamente con los polisacáridos producidos por los microorganismos del suelo en la estabilización de los agregados formados por acción mecánica. (Lynch y Brugg, 1985). Emerson *et al.* (1986)

citado por Pla (1994) señalan que muchos de estos polisacáridos poseen fuertes propiedades adhesivas, cuya actividad como agente físicoquímico entre las partículas se debe a su longitud y estructura flexibles que contribuyen a incrementar su área de contacto.

Las investigaciones de Oades (1984), Lynch (1984) y Haynes y Swift (1990), han demostrado el efecto positivo de la materia orgánica sobre la estabilidad de los agregados del suelo, debido a la formación de enlaces Arcilla-Metal polivalente-Materia orgánica, sin embargo estos efectos son a largo plazo. Pla (1978) señala que en situaciones de labranza tradicional y bajo condiciones climáticas favorables, la mineralización de la materia orgánica es tan dinámica y rápida que su efecto es poco evidente incluso a largo plazo. Por otra parte, N'dayegamine y Angers (1993), señalan efectos a corto plazo de la fracción ligera de menor estabilidad.

Con relación a los efectos sobre otras propiedades físicas se ha encontrado que, en suelos de muy variada textura, la incorporación de materiales orgánicos reduce la compatibilidad de los mismos, debido a los efectos sobre la estabilidad estructural y las propiedades de retención de humedad. (Davies,

1985; De Kimpe *et al.* 1982). De la misma manera se ha encontrado que los bajos contenidos de materia orgánica incrementan la susceptibilidad de los suelos a la compactación (Soane, 1970).

En lo referente a la retención de humedad, Emerson (1995) ha indicado que la incorporación de RO es capaz de aumentar el agua almacenada en el suelo. Kiehl (1985), indica además disminuciones de la densidad aparente, además de mejorar otras propiedades físicas del suelo.

En Venezuela se ha producido abundante información sobre los efectos positivos de los residuos orgánicos usados como cobertura (León, 1993; Bravo, 1992; Lobo, 1987; Lobo y Vivas, 1995), pero es poca la información sobre el efecto de los mismos, una vez incorporados al suelo, sobre las propiedades físicas de éste. Rivero (1993) señala efectos positivos de la incorporación de RO sobre la estabilidad de los agregados y la retención de humedad.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de residuos orgánicos, de crotalaria y pasto elefante, sobre algunas propiedades físicas de un Alfisol de valle medio del Río Yaracuy con severas limitaciones físicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en un Oxic Haplustalf, localizado en la estación experimental Yaracuy del FONAIAP, ubicada en el valle medio del Río Yaracuy, cuyas principales características se presentan en el cuadro 1. En el suelo utilizado se han detectado severos problemas de degradación física, asociados principalmente a la proporción, relativamente alta, de partículas de limo, arena fina y arena muy fina, que conjuntamente con los bajos contenidos de materia orgánica, le confieren a este suelo una baja estabilidad estructural, por lo que otras propiedades físicas que dependen de la condición estructural del suelo están afectadas.

Se utilizaron dos tipos de residuos vegetales: Crotalaria (*Crotalaria juncea*) y pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), cuyas características se presentan en el Cuadro 2, donde se destaca la mayor concentración de K en los residuos de la gramínea, así como su mayor relación C/N. Estos residuos se aplicaron de acuerdo a los siguientes tratamientos:

- Tratamiento 1 (T₁): 10 Mg.ha⁻¹.año⁻¹ de Crotalaria
- Tratamiento 2 (T₂): 5 Mg.ha⁻¹.año⁻¹ de Crotalaria + 5 Mg.ha⁻¹.año⁻¹ de Pasto elefante
- Tratamiento 3 (T₃): 10 Mg.ha⁻¹.año⁻¹ de Pasto elefante
- Tratamiento 4 (T₄): Sin incorporación de residuos.

El diseño experimental fue en bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, estando constituidas las unidades experimentales por parcelas de 8 m de largo x 4 m de ancho.

Cuadro 1. Principales características del suelo (0-20 cm profundidad).

PH	6,2
Conductividad eléctrica	0,12 mS.cm ⁻¹
Materia orgánica	6,4 g. kg ⁻¹
Fósforo (Bray)	22,05 mg.kg ⁻¹
Potasio (Bray)	51,9 mg.kg ⁻¹
Carbono orgánico	3,7 g. kg ⁻¹
Nitrógeno total	1,5 g. kg ⁻¹
Arena muy gruesa	3,3 %
Arena gruesa	4,4 %
Arena media	4,4 %
Arena fina	13,6 %
Arena muy fina	11,9 %
Limo	39,6 %
Arcilla	22,8 %
Clasificación textural	Franco

Las parcelas se sembraron con maíz (*Zea mays* L.) híbrido PB-8, durante tres años consecutivos, dándole un manejo similar al empleado por los productores de la zona, aplicando una fertilización básica, cada año, de 300 kg.ha⁻¹ de fórmula 12-24-12. Para la evaluación del efecto de la incorporación de residuos sobre las propiedades físicas, se tomaron cuatro muestras cilíndricas no disturbadas (5 cm de diámetro y 5 cm de alto) por parcela, usando el toma muestras tipo Uhland, en el suelo superficial (0 – 20 cm), donde se espera ocurran los cambios por efecto de la incorporación de materiales orgánicos.

A cada muestra se le hicieron las siguientes determinaciones, siguiendo la metodología descrita por Pla (1983): Densidad aparente, porosidad total y porosidad con radio > 15 µm (mesa de tensión) y conductividad hidráulica saturada (permeámetro de carga constante). De igual forma se tomaron muestras disturbadas, en la misma profundidad, en las cuales se evaluó: retención de humedad a -33 kPa (platos y ollas de presión), siguiendo la metodología descrita por Pla (1983) y estabilidad de agregados al impacto de gotas, determinando el índice de sellado absoluto (ISA), el cual corresponde a la conductividad hidráulica saturada mínima que se alcanza cuando muestras de suelo son sometidas al impacto de gotas, siguiendo la metodología descrita por Nacci y Pla (1991).

El análisis estadístico se realizó mediante pruebas de F con análisis de varianza univariado y pruebas de media de Tukey, al 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las modificaciones inducidas por los residuos vegetales sobre la porosidad total y porosidad de aireación se presentan en la figura 1, apreciándose ligeros incrementos para las dos variables con relación al testigo, especialmente en los tratamientos donde está presente la gramínea, sola o mezclada con la leguminosa, a pesar de que el análisis estadístico no manifiesta diferencias significativas entre estos valores. De igual manera, se observan efectos positivos en las propiedades de

retención de humedad, particularmente en los contenidos de humedad retenida a -33 kPa, (Figura 2), aun cuando tales efectos no son estadísticamente significativos. Estos resultados se corresponden con los encontrados por otros investigadores

(Pagliai *et al.* 1981; Wade y Sánchez, 1983; Rivero y Paolini, 1994), quienes indican mejoras de estos parámetros, aunque no en forma significativa, luego de períodos relativamente cortos de la aplicación de residuos orgánicos.

Cuadro 2. Principales características de los residuos utilizados.

Material	Año	C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	C:N
Crotalaria	1992	46,2	3,3	0,36	1,62	2,48	14
	1993	46,5	3,21	0,30	1,44	1,44	14,5
	1994	45,9	3,60	0,39	1,55	1,55	12,8
Pasto elefante	1992	52,2	2,31	0,39	2,40	1,19	22,6
	1993	52,3	2,48	0,33	2,43	1,08	21
	1994	52,8	2,38	0,3	2,32	1,18	22,2

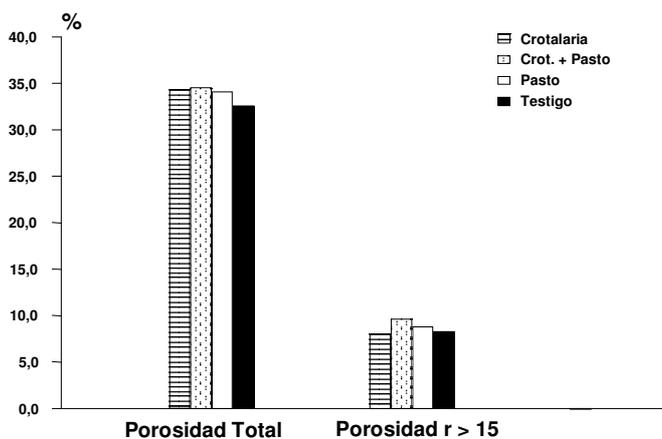


Figura 1. Efectos de los residuos orgánicos sobre la porosidad total y porosidad con $r > 15 \mu\text{m}$.

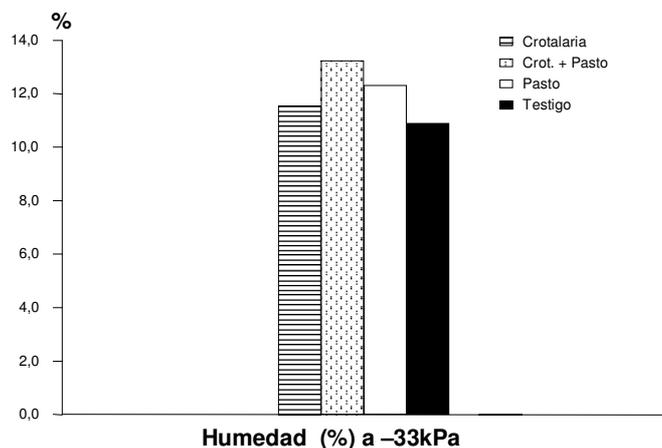


Figura 2. Efectos de los residuos orgánicos sobre la retención de humedad a -33kPa.

Con relación a las propiedades relacionadas con la penetración y movimiento de agua se presentaron incrementos en los valores de conductividad hidráulica saturada (Figura 3), que no fueron estadísticamente significativos, probablemente debido a una alta variabilidad espacial del parámetro. Se observa que la aplicación de la mezcla gramínea-leguminosa in-

crementó los valores en hasta 82% más que el testigo, y la aplicación individual de los residuos, provocó incrementos de alrededor del 50%.

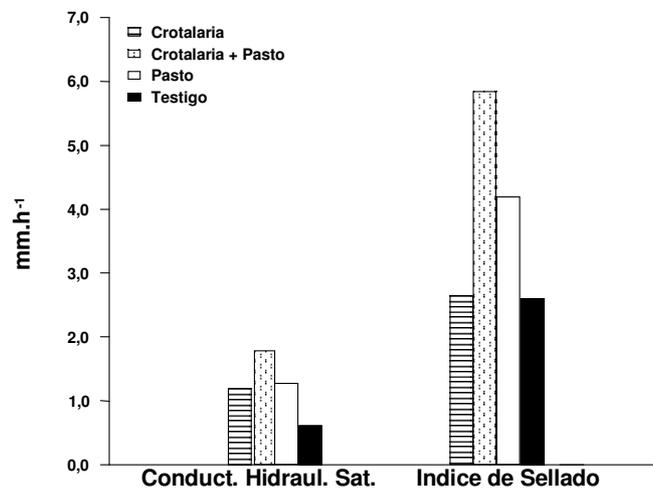


Figura 3. Efectos de los residuos orgánicos sobre la conductividad hidráulica saturada (K) y el Índice de Sellado Absoluto (ISA).

Estas modificaciones en la capacidad del suelo para conducir agua pueden ser indicadoras del mejoramiento que ha ocurrido en la estabilidad de la estructura del suelo al humedecimiento, que pudieran estar asociados con los ligeros incrementos en la porosidad total y de aireación, especialmente cuando se incorporan mezclas de gramíneas - leguminosas

Los efectos positivos de los RO sobre la estructura del suelo se manifiestan también en la conductividad hidráulica mínima del sello formado por el impacto de las gotas, es decir, el índice de sellado absoluto (ISA), (Figura 3), apreciándose un efecto positivo estadísticamente significativo, de los tratamientos frente al testigo, resultando que el mejor tratamiento fue la aplicación conjunta de gramínea-leguminosa, seguido del tratamiento de aplicación de la gramínea sola, lo cual se explica por un efecto a más largo plazo por la mayor relación C/N de la gramínea (Cuadro 2) y al efecto conjunto de la gramínea- legu-

minosa. Este efecto es consecuencia de la reducción en la tendencia del suelo al sellado, efecto que ha sido reportado por Wade y Sánchez (1983), quienes señalan una disminución importante de la formación de costras en un Ultisol, luego de la aplicación de residuos de kudzú.

La figura 4 ilustra el comportamiento de la densidad aparente, no obteniéndose resultados estadísticamente significativos, pero sí un ligero descenso con la incorporación de la gramínea, tanto sola como mezclada, concordando estos resultados con lo reportado por Bauer y Black (1992), quienes señalan que los descensos de la densidad aparente dependen de los incrementos del carbono orgánico del suelo, lo cual es consecuente con los datos reportados por Rivero (1995), acerca del incremento del carbono orgánico debido a la incorporación de residuos en las mismas unidades experimentales analizadas en este trabajo. Es importante destacar que los valores de densidad aparente en el suelo evaluado son considerados altos para la clase textural (Pla, 1983) y cercanos a valores considerados críticos para el cultivo de maíz, (Delgado, 1989), especialmente en el tratamiento testigo.

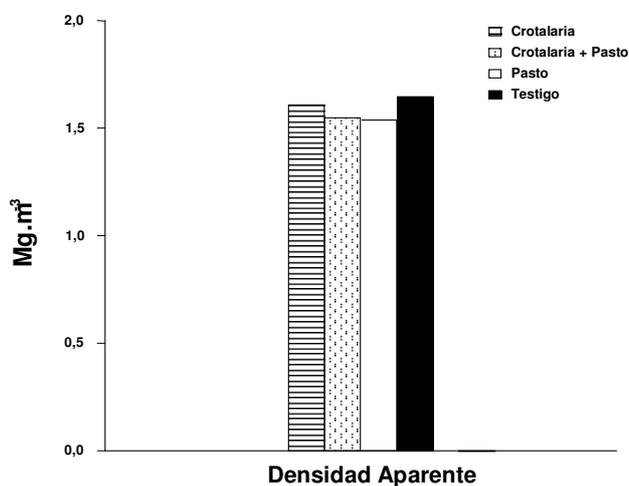


Figura 4. Efectos de los residuos orgánicos sobre la densidad aparente.

CONCLUSIONES

La incorporación de residuos orgánicos vegetales produjo modificaciones deseables en las condiciones estructurales del suelo evaluado, manifestadas particularmente, en ligeros incrementos en la porosidad total y de aireación, en la retención de humedad y en la conductividad hidráulica saturada, así como una ligera disminución en los valores de densidad aparente. Se destacan los efectos positivos sobre la conductividad hidráulica del sello formado por impacto de gotas que revelan una menor susceptibilidad del suelo a problemas de sellado superficial y encostramiento.

Los resultados obtenidos permiten asegurar que, la incorporación de materiales orgánicos constituye una alternativa para el mejoramiento físico del suelo evaluado.

LITERATURA CITADA

- Bauer, A. y A. Black.** 1992. Organic carbon effects on available water capacity of three soil textural group. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56:248-254.
- Bravo, C.** 1993. Efecto de diferentes sistemas de labranza sobre las propiedades físicas del suelo y su influencia en el rendimiento del cultivo de algodón (*Gossipium hirsutum* L.) en un alfisol del estado Guárico. Tesis de Maestría. Postgrado en Ciencia del Suelo, Facultad de Agronomía. UCV. 108p.
- Davies, P.** 1985. Influence of organic matter content, moisture status and time, after reworking on soil shear strength. *J. Soil Sci.* 36:299-306.
- De Kimpe, C. Bermier-Cardou y P. Jolicoeur.** 1982. Compaction and setting of Quebec soils in relation to their soil water properties. *Can. J. Soil Sci.*, 62:165-175.
- Delgado, F.** 1989. A productivity index for rainfed agriculture based upon soil physical properties of the western plain of Venezuela. Workshop on Soil Physics. Trieste, Italy. 18 p.
- Emerson, W.** 1995. Water retention, organic carbon, and soil texture. *Aust. J. Soil Res.* 33:241-251.
- Haynes, R. y R. Swift.** 1990. Stability of soil aggregate in relation to organic constituents and soil water content. *J. Soil Sci.* 41:73-83.
- Kiehl, E.** 1985. Fertilizantes Orgánicos. Editora Agronômica "Ceres" Ltda. São Paulo, Brasil. 192 p.
- León, M.** 1993. Efectos de sistemas de labranza conservacionista con uso de leguminosas en un alfisol de la zona maicera del Yaracuy. Tesis de Maestría. Postgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía. UCV. 147 p.
- Lobo, D.** 1987. Efecto de aplicación superficial y residuos vegetales y emulsiones asfálticas sobre la pérdida de suelo y nutrimentos en un alfisol con cultivo de sorgo. Tesis de Maestría. Postgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía. UCV. 93 p.
- Lobo D. y R. Vivas.** 1995. Efectos de la erosión simulada y manejo de residuos sobre la productividad de un alfisol del estado Guárico, bajo cultivo de sorgo. *Venezuelos.* 3(1): 13-17.
- Lynch, J.** 1984. Interactions between biological processes, cultivation and soil structure. *Plant Soil.* 76:307-318.
- Lynch, J. y E. Brugg.** 1985. Microorganisms and soil aggregate stability. *Advances in Soil Science.* 2:133-171.
- Martin, J.** 1971. Decomposition and binding action of polysaccharides in soil. *Soil Biol. Biochem.* 3:33-41.

- Martin, J. y K. Hardier.** 1971. Microbial activity in relation to soil humus formation. *Soil Sci.* 111:54-63.
- Nacci, S. e I. Pla.** 1991. Técnicas y equipos desarrollados en el país para evaluar propiedades físicas de los suelos FONAIAP. Serie B, N1 17. Maracay. 40 p.
- N'dayegamine, A. y D. Angers.** 1993. Organic matter characteristic and water-stable aggregation of sandy loam soil after 9 years of wood-residues applications. *Can. J. Soil Sci.* 73:115-122.
- Pagliai, M., G. Guidi, M. La Marca, M. Giachetti y G. Lucamante.** 1981. Effects of sludges and compost o soil porosity and aggregation. *J. Envirom. Anal.* 10:556-561.
- Pla, I.** 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación en condiciones tropicales. *Rev. Fac. Agron. Alcance* N° 32. UCV, Maracay. 93 p.
- Pla, I.** 1994. Soil degradation and climate induced risks of crop production in the tropics. *Trans 15th ISSS Congress.* Acapulco (México). 1:163-188.
- Rivero, C.** 1993. Evaluación de la materia orgánica nativa e incorporada en suelos de importancia agrícola de Venezuela. Tesis Doctoral. Postgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía. UCV. 200 p.
- Rivero, C. y J. Paolini.** 1994. Efecto de la incorporación de residuos vegetales sobre algunas propiedades físicas en tres suelos venezolanos. *Venesuelos.* 2(1):26-31.
- Rivero, C.** 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre las propiedades químicas de un alfisol degradado. *Venesuelos* 3(2):55-60.
- Soane, B.** 1970. The effects of traffic and implements on soil compaction. *J. Proc. Inst. Agric. Eng.* 25: 115-126.
- Stevenson, F.** 1994. Humus chemistry: genesis, composition, and reactions. John Wiley and Sons. (Ed.) New York. 496 p.
- Wade, M. y A. Sanchez.** 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon basin. *Agron. J.* 75(1):39-45.