
EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE DOS SUELOS EN VENEZUELA.

Effects of organic residues incorporation on some chemical properties in two venezuelan soils

Carmen Rivero* y Jorge Paolini**

* Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Apdo 4579, Maracay (Venezuela).

** Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Centro de Ecología y Ciencias Ambientales, Apdo 21827, Caracas 1020-A (Venezuela).

RESUMEN

Se realizaron estudios, en condiciones de invernadero, con la finalidad de evaluar el efecto de la incorporación de residuos orgánicos (RO) sobre algunas propiedades químicas de los suelos Yaritagua (Edo. Yaracuy) y Valle de la Pascua (Edo Guárico). Se aplicó el residuo en una dosis equivalente a 10 Mg.ha⁻¹ y el mismo provenía de *Sorghum bicolor*, *Canavalia ensiformes* y *Phaseolus mungo*, solos o en mezclas 1:1 gramínea:leguminosa. El efecto de la incorporación del RO fue evaluado determinando: capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbono orgánico (CO), nitrógeno total (N_T), fósforo (P) y potasio (K) disponibles. Además se evaluó la productividad del suelo usando cultivo de maíz (*Zea mays*, L., híbrido PB-8), se midió producción de materia seca y N, P y K en el tejido, durante dos ciclos consecutivos de 5 semanas cada uno. El RO incorporado incrementó, de manera estadísticamente significativa las variables químicas evaluadas y la productividad del suelo. Los efectos presentaron carácter temporal. **Palabras Clave:** Residuos orgánicos, Suelo, Carbono Orgánico, CIC, Suministro de nutrimentos, Venezuela.

Abstract

Studies for evaluating organic residues (OR) incorporation on some soil chemicals properties were performed in a greenhouse. A rate of OR equivalent to 10 Mg.ha⁻¹, derived from the followings plants: *Sorghum bicolor*, *Canavalia ensiformes* and *Phaseolus mungo*, was applied alone or in a mixture 1:1 of Sorghum and each leguminous. Effects of the OR incorporation on soil were evaluated by measuring: cation exchange capacity (CEC), organic carbon, total nitrogen and available P and K. Soil productivity was evaluated with the hybrid, *Zea mays* L., PB-8, through: dry matter yield, and N, P, and K content in the tissue during two consecutive cycles of 5 weeks each. Residue incorporation increase significantly the chemical variables and crop production. The effects lasted for a short period of time. **Key words:** Organic residues, Soil, Organic carbon, CEC, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de RO al suelo es una práctica milenaria que había sido dejada de lado con el

surgimiento, hace unos 130 años de los fertilizantes sintéticos, sin embargo, está siendo retomada por la existencia de múltiples evidencias de sus efectos benéficos, sobre todo como fuente de nutrimentos, especialmente N, P y K (Shaw y Robinson, 1960; Wade y Sánchez, 1983; Corak *et al.*, 1991; Prasad *et al.*, 1991). Por otra parte, la incorporación de R.O. es capaz de modificar algunas características del suelo tales como la CIC (Sivapalan, 1981; Vitti *et al.*, 1979) y el contenido de CO (Cerri *et al.*, 1990; Rivero, 1993). Estos cambios provocados por la incorporación de los residuos se traducen en un incremento de la productividad del suelo, la cual puede ser evaluada a través de la producción de cultivos.

Los objetivos de este estudio son los siguientes: 1) evaluar la incorporación de RO de gramíneas y leguminosas sobre la CIC y el CO del suelo; 2) evaluar los niveles de N, P y K del suelo como consecuencia de la incorporación de RO y 3) medir el rendimiento, en materia seca del maíz y los niveles de N, P y K en el tejido como una medida de posibles mejoras de la productividad del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las experiencias fueron conducidas, bajo condiciones de invernadero, en el Instituto de Edafología de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Se utilizaron dos suelos: Yaritagua y Valle de la Pascua, ambos Alfisoles con signos de degradación física derivada de su baja estabilidad estructural lo que provoca fenómenos de encostramiento y compactación.

El experimento tuvo un arreglo factorial en bloques totalmente aleatorizados, con cuatro repeticiones. Se aplicaron residuos provenientes de *Sorghum bicolor*, *Canavalia ensiformes* y *Phaseolus mungo*. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

T-1 = TESTIGO

T-2 = 10 Mg.ha⁻¹ de *Sorghum*

T-3 = 10 Mg.ha⁻¹ de *Canavalia*

T-4 = 10 Mg.ha⁻¹ de *Phaseolus*

T-5 = 5 Mg.ha⁻¹ de *Sorghum* + 5 Mg.ha⁻¹ de *Canavalia*

T-6 = 5 Mg.ha⁻¹ de *Sorghum* + 5 Mg.ha⁻¹ de *Phaseolus*

Se incorporó material fresco de 45 días, el cual fue cortado en trozos de 3 a 4 cm y mezclado con el suelo, no se aplicó fertilización adicional. Se incubaron los residuos por 28 días y se sembró maíz (Híbrido PB-8), se cosechó a las 5 semanas y luego de un mes de reposo se sembró un nuevo ciclo de maíz.

En los suelos, la CIC se determinó por el método del acetato de amonio (Instituto Colombiano Agropecuario, 1989); el CO por el método de Walkley y Black (Page *et al.*, 1982); el N_T por el método del OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica, 1990); el P disponible, método de Bray (Page *et al.*, 1982), y el K disponible mediante extracción con solución Bray y determinación por absorción atómica (Page *et al.*, 1982). El procesamiento estadístico se realizó con el programa SAS (SAS, 1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de los suelos usados en la experiencia: Yaritagua y Valle de la Pascua, se presenta en el Cuadro 1. Se trata de suelos neutros a moderadamente ácidos, con baja CIC y bajos niveles de MO y macronutrientes (N, P y K). La baja fertilidad natural de estos suelos y su baja estabilidad estructural sugiere la incorporación de RO como una práctica de manejo para mejorar sus propiedades

En cuanto a los RO utilizados, sus principales características se visualizan en el Cuadro 2. Destaca la menor relación C:N del residuo de *Canavalia* y el menor contenido de celulosa del *Phaseolus*, características asociadas a las posibilidades de degradación de RO en el suelo.

Cuadro 1. Principales características de los suelos utilizados (0-20 cm de profundidad)

SUELO	pH	CIC (cmoles.Kg-1)	C.O. (%)	NT (%)	P (mg.Kg-1)	K (mg.Kg-1)	TEXT.
Yaritagua	6	6,4	0,37	0,2	6,3	51,19	Fa
Valle de la Pascua	5	1,9	0,24	0	2	21,7	F

Cuadro 2. Características de los residuos utilizados

RESIDUO	C (%)	N (%)	C:N	P (%)	K (%)	Celulosa (%)	Lignina (%)
<i>Sorghum</i>	18,34	1,5	12	0,18	2,84	25,5	4,2
<i>Canavalia</i>	20,5	4,09	5	0,29	2,4	21,79	4,66
<i>Phaseolus</i>	24,95	3,1	8	0,3	2,44	14,64	4,3

Efecto sobre la capacidad de intercambio catiónico

Las Figuras 1 y 2 muestran la variaciones de la CIC obtenidas a lo largo de la experiencia, para ambos suelos.

Las variaciones de la CIC en el tiempo fueron similares para ambos suelos: un incremento del valor original hacia los cuarenta y cuatro días y un descenso hasta el final de la experiencia, detectándose mediante ANOVA diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,01$). En el suelo Yaritagua el mayor incremento fue producido por la canavalia y su mezcla con el sorgo y en el suelo Valle de la Pascua lo produjo el *Phaseolus*. Los incrementos logrados tuvieron carácter temporal y concuerdan con lo señalado por otros autores, (Jiang *et al.*, 1990, Duxbury *et al.*, 1991, Hanes y Mucha, 1991). Estos incrementos deben ser una consecuencia de la producción de compuestos orgánicos durante la degradación de los RO que conllevan la presencia de grupos funcionales del grupo -COOH y -OH fenólicos capaces de suministrar cargas, sobre todo si paralelamente hay incrementos del pH.

Por otra parte, aparentemente se produce una interacción suelo-residuo, por cuanto los materiales que produjeron los mayores niveles de CIC en el suelo con pH más elevado se corresponden con los que poseían el mayor contenido de celulosa. *Canavalia* y la mezcla de ésta con sorgo.

Figura 1. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la CIC en el suelo Yaritagua.

Figura 2. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la CIC en el suelo Valle de la Pascua.

Efecto sobre el carbono orgánico

La incorporación de residuos provocó variaciones en los niveles del CO del suelo, cuyas magnitudes se ilustran en las Figuras 3 y 4.

En general, en ambos suelos todos los tratamientos provocan un incremento del CO en el tiempo, mostrando el ANOVA diferencias altamente significativas, aún cuando en el suelo

Yaritagua la mayor diferenciación en los tratamientos se produjo hacia los cuarenta y cinco días, siendo el *Phaseolus* el responsable de los mayores valores, mientras que en el suelo Valle de la Pascua la diferenciación entre tratamientos se observó a los setenta y un días, siendo nuevamente el *Phaseolus* el responsable de los valores mas altos.

Figura 3. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre el Carbono Orgánico en el suelo Yaritagua.

Figura 4. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre el Carbono Orgánico en el suelo Valle de la Pascua.

Ahora bien, los incrementos del CO detectados coinciden con lo encontrado por otros autores, entre ellos: Christensen (1986); Mukherjee *et al.* (1990); Ando *et al.*, (1992). Las diferencias de respuestas observadas pueden ser atribuidas a la interacción entre las características del material incorporado y las características del suelo. En general, se obtuvo mejor resultado con el uso del material con menor contenido de celulosa, lo cual está ligado al efecto de dichos materiales sobre los microorganismos del suelo. En tal sentido, Reyes (1993) trabajando sobre esta misma experiencia, detectó diferencias en las poblaciones de celulolíticos de estos dos suelos.

Efecto sobre los niveles de NT P y K disponibles en el suelo

Se evaluó la capacidad del residuo de suministrar nutrimentos, midiendo el contenido de estos tres macroelementos en el suelo a lo largo de la experiencia. Los resultados se resumen en las Figuras 5, 6 y 7 para el suelo Yaritagua y 8, 9 y 10 para el Valle de la Pascua.

Figura 5. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre el Nitrógeno Total en el suelo Yaritagua.

Figura 6. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre el Fósforo disponible en el suelo Yaritagua.

Figura 7. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre el Potasio disponible en el suelo Yaritagua.

Figura 8. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre el Nitrógeno Total en el suelo Valle de la Pascua.

Como se observa todos los residuos provocaron incrementos iniciales estadísticamente significativos de los tres macronutrimentos evaluados. Para el caso del NT y el P los resultados más eficientes se lograron con el uso de leguminosas o sus mezclas con sorgo superando ampliamente a este último cuando es usado solo, en modo particular en lo que a valores finales se refiere, en tanto que para el K disponible el comportamiento fue más uniforme para todos los tratamientos en ambos suelos.

El efecto logrado ha sido señalado por muchos investigadores como: Wade y Sánchez (1983); Heng y Goh (1984); Clay y Clapp (1990); Costa *et al.*, (1990); Duxbury *et al.*, (1991); Prasad *et*

al., (1991) y se debe, en el caso del nitrógeno, al contenido de este elemento en los tejidos incorporados y su subsiguiente mineralización. También se observa que la *Canavalia* con una menor relación C:N, lo cual provocaría su rápida degradación, produce incrementos que desaparecen rápidamente, lo que está ligado a la presencia de compuestos de mineralización rápida.

Figura 9. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre el Fósforo disponible en el suelo Valle de la Pascua.

Figura 10. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre el Potasio disponible en el suelo Valle de la Pascua.

Por otra parte, Campbell y Zentner (1993), indican que una buena suplencia de RO permite una mejor eficiencia en el uso del nitrógeno, lo cual ha sido evidenciado por estos autores al detectar menores pérdidas de N-NO₃, en sitios donde se incorporan los RO. Para el fósforo el efecto observado puede tener su origen en dos fenómenos: la mineralización del residuo y la interacción de los productos de degradación del residuo con las formas inorgánicas del P presente en cada suelo. En el caso del K los resultados evidencian que el contenido de este elemento en el tejido es liberado rápidamente como consecuencia de que este no forma estructuras complejas en el tejido vegetal.

Evaluación de la productividad del suelo

Esta variable fue evaluada en cada ciclo del cultivo de maíz a través del rendimiento en materia seca, presentándose los resultados en el Cuadro 5. Además se analizó el material vegetal a fin de evaluar sus contenidos de N, P y K (Figuras 11 y 12).

Figura 11. Niveles de N, P y K en el tejido (Suelo Yaritagua).

Figura 12. Niveles de N, P y K en el tejido (Suelo Valle de la Pascua).

Cuadro 5. Rendimiento absoluto (g.pote-1) y rendimiento relativo (%) de materia seca.

SUELO	Tratamiento	1r Ciclo		2º Ciclo	
		RA*	RR**	RA	RR
Yaritagua	1	13,9 ^{d#}	---	5,1 ^d	---
	2	18,1 ^d	130,0	10,2 ^c	200,0
	3	75,9 ^d	546,0	31,8 ^a	624,0
	4	49,2 ^{b,c}	354,0	13,7 ^c	269,0
	5	53,8 ^b	387,0	18,8 ^b	369,0
	6	30,5 ^{c,d}	219,0	10,3 ^d	202,0
Valle de la Pascua	1	3,6 ^c	---	2,2 ^c	---
	2	12,7 ^c	353,0	9,4 ^c	427,0
	3	59,0 ^a	1639,0	27,4 ^a	1246,0
	4	34,3 ^b	953,0	18,1 ^b	823,0

	5	43,5 ^b	1208.0	20,5 ^b	932,0
	6	35,5 ^b	986.0	15,4 ^b	700,0

*Rendimiento Absoluto (# Letras iguales no presentan diferencia significativa)

** Rendimiento Relativo

En general, hubo incrementos altamente significativos de la producción de materia seca lo cual se explica con las mejoras inducidas por el residuo sobre las propiedades del suelo tales como la CIC y el CO, así como el incremento de los niveles de N, P y K en el mismo, lo que se traduce en un mejor desarrollo del cultivo.

Sin embargo, al analizar la calidad del tejido, en base a sus contenidos de N, P y K, se observa que, sólo fue posible obtener niveles considerados por Jones Jr. *et al.* (1991) dentro de los normales, para el primer ciclo y no así para el segundo, pero en todo caso se estaría hablando de la posibilidad de obtener aportes importantes de nutrimentos usando RO.

CONCLUSIONES

En general, la incorporación al suelo de residuos orgánicos produce cambios positivos sobre: CIC, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo y potasio disponibles. Estos cambios son altamente dependientes de la calidad de los materiales orgánicos usados, especialmente de su relación C:N. Los mejores resultados, se obtuvieron con materiales cuyo valor de C:N era menor de 10.

Se produjo una interacción entre las características del suelo y las de los residuos, la cual marcó la dirección de desplazamiento en el comportamiento de las variables evaluadas. Esto pudiera indicar que las características iniciales del suelo determinan los efectos que pudieran derivarse de la práctica de incorporar residuos. Sin embargo, en general, el uso de RO de origen vegetal, especialmente leguminosas, constituye una forma de lograr desplazamientos positivos de las variables químicas evaluadas. Los niveles finales resultan de un balance entre el proceso de mineralización y las extracciones: bien por el cultivo, bien por "pérdidas" vía procesos de volatilización (nitrógeno) o fijación (fósforo y potasio).

Por otra parte, las mejoras en la suplencia de nutrimentos: N, P y K, vía mineralización, resultaron evidentes, por cuanto fue posible obtener incrementos importantes de los rendimientos del cultivo y aún cuando el mismo no logró derivar del residuo el total de las cantidades de nutrimentos requeridos para ambos ciclos, se encontraron valores normales de N, P y K en el tejido para el primer ciclo sin uso de fertilizantes. Ahora bien, los efectos observados sobre las distintas propiedades evaluadas, presentaron un carácter temporal, es decir, que la aplicación de la práctica de incorporar residuos debe ser sistemática, a los fines de garantizar un aporte permanente que permita estabilizar los beneficios que dicha práctica conlleva.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al CDCH-UCV por el soporte financiero para esta investigación (Proyecto N° 01.33.2649)

LITERATURA CITADA

1. ANDO, H., R. ARAGONES y G. WADA. 1992. Mineralization patterns of soil organic N of several soils in the tropics. *Soil Plant Nutr.* Vol. 38:227-234.
2. CAMPBELL, C. y R. ZENTNER. 1993. Soil organic matter as influenced by crop rotation and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 57:1034-1040.
3. CERRI, C., B. EDUARDO y M. PICCOLO. 1990. Use of stable isotopes in soil organic matter studies. *In: Stable Isotopes in Plant Nutrition, Soil Fertility and environmental studies. Proceeding of a Symposium. Viena.* pp. 247-259.
4. CLAY, D. y C. CLAPP. 1990. Mineralization of low C to N ratio corn residue in soil fertilized with NH_4^+ fertilizer. *Soil Biol. Biochem.* Vol. 22:355-360.
5. CORAK, S., W. FRYE y M. SMITH. 1991. Legume mulch and nitrogen fertilizer effects on soil water and crop production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 55:1395-1400.
6. COSTA, F., D. BOULDIN y A. SUHET. 1990. Evaluation of N recovery from mucuna placed on the surface or incorporation in a Brazilian oxisol. *Plan and Soil.* Vol. 124: 91-96.
7. CHRISTENSEN, B. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in macroaggregates and particle size separates. *J. Soil Sci.* Vol. 37:125-135.
8. DUXBURY, J., P. MOTAVALLI y D. DE SOUSA. 1991. Ion movement in Cerrado Soil: The effects of inorganic and organic amendments on soil properties and sulfur availability. *Trop. Soil. Technical Report 1988-1989.* pp. 116-117.
9. HANES, J. y V. MUCHA. 1991. Effect of green manure on the respiration activity and some chemical properties of the luvisol. *Z. fur Mikrobiol.* Vol. 142(7/8):525-528.
10. HENG, S. y K. GOH. 1984. Organic matter in forest soil and the mineralization of soil carbon and nitrogen. *Soil Biol. Biochem.* Vol. 16:201-202.
11. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. 1989. El análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Manual de asistencia técnica N° 47. Bogotá. 253 p.
12. JIANG, Y., S. TIAN, L. ZHAO y S. DOU. 1990. Effect of undecomposed organic materials on the fertility of soil. 14° International Soil Congress. Proceeding, Kioto. Japon Vol. II:420-421.
13. JONES, B. Jr., B. WOLF y H. MILLS. 1991. *Plant Analysis Handbook.* Micro-Macro Publishing, Inc. Georgia. USA. 213 p.
14. MUKHERJEE, D., L. GHOSH y A. DAS. 1990. Study on the chemical and microbiological changes during the decomposition of straw in soil. *Indian Agriculturist.* Vol. 34(1): 1-10.
15. ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. 1990. Use of Nuclear Techniques in Studies of Soil-Plant Relationships. Training course series N° 2. IAEA. Viena, Austria. 70 p.
16. PAGE, A., R. MILLER y D. KEENEY. 1982. *Methods of soil analysis.* American Society of

Agronomy. Part II. Madison, Wisconsin. USA. 1159 p.

17. PRASAD A., N. TOTEY, P. KHATRI y A. BHOWMINK. 1991. Effect of added tree leaves on the composition of humus and availability of nutrients in soil. J. Ind. Soc. Soil Sci. Vol. 39(3):429-434.
18. REYES, V. 1993. Efecto de la materia orgánica incorporada sobre la población celulolítica en dos suelos de interés agrícola en el país. Tesis de Grado Ing. Agr. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 90 p.
19. RIVERO, C. 1993. Evaluación de la materia orgánica nativa e incorporada en suelos de importancia agrícola en Venezuela. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía UCV. Maracay. 200 p.
20. SAS Institute inc. 1989 SAS/STAT™ User's Guide Release 6.07 Edition. Cary. NC: SAS Institute Inc. 846 p.
21. SHAW, W. y B. ROBINSON. 1960. Organic matter decomposition and plant nutrient release from incorporation of soybean hay and wheat straw in a Holston sandy loam in outdoor lysimeters. Soil Sci. Am. Proc. Vol. 24:54-57.
22. SIVAPALAN, K. 1981. Phenolic and exchange capacity of humic material. Soil Biol. Biochem. Vol. 13:331-333.
23. VITTI, G., M. FERREIRA, D. PERECIN y P. SANETTI. 1979. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um latossol vermelho amarelo-fase arenosa (LVa) Científica. Vol. 7:431-435.
24. WADE M. y P. SANCHEZ. 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon basin. Agron. J. Vol. 75:39-45.