

EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DE UN ALFISOL DEGRADADO

Effect of organic residues incorporation on some properties of a degraded alfisol

Carmen Rivero*

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

Resumen

En la zona del valle medio del río Yaracuy se ha venido produciendo un deterioro de las condiciones fisicoquímicas de los suelos asociado a bajos niveles de materia orgánica en los mismos, en virtud de ello se plantea que la incorporación de residuos orgánicos de origen vegetal es una alternativa para el mejoramiento de dichos suelos. Esto motivó esta experiencia, iniciada en 1992 en la Estación Experimental Yaracuy del FONAIAP, cuyo objetivo principal fue evaluar la modificación de algunas características químicas del suelo como consecuencia del añadido de materiales orgánicos. Se diseñó un ensayo de bloques y se incorporó material vegetal de cuarenta y cinco días de edad proveniente de crotalaria (*Crotalaria juncea*) y pasto elefante (*Penisetum purpureum*) solos o en mezcla 1:1, se usaron dosis equivalentes a 10 Mg.ha⁻¹ y se estableció cultivo de maíz (HIBRIDO PB-8). Esta incorporación se ha venido realizando anualmente, durante los años 1992, 93 y 94. Las variables evaluadas en el suelo fueron: pH, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico, fósforo disponible y nitrógeno total y en el cultivo: diámetro del tallo, altura de la planta y rendimiento en grano. Los resultados no fueron significativos estadísticamente para el pH, carbono orgánico y nitrógeno total, y significativos para la capacidad de intercambio catiónico y el fósforo disponible en el suelo. La mezcla crotalaria: pasto elefante, apunta como la opción más prometedora. En relación a los parámetros de cultivo, se obtuvieron efectos estadísticamente significativos para todas las variables evaluadas; en el caso del rendimiento, todos los tratamientos proporcionaron incrementos, alcanzando hasta un 74 % más que el testigo, para el caso de la incorporación de la mezcla.

Palabras claves: Materia orgánica, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico.

Abstract

Intensive crop has contributed to deteriorate soil conditions in the Yaracuy river valley in Venezuela. Incorporation of organic residues has been proposed as a soil amelioration option, given the low levels of organic matter in these soils. An experiment was carried out at the FONAIAP Experimental Station in the Yaracuy State, in order to evaluate the effects of organic residue incorporation in soils. Residues of *Crotalaria juncea* and *Penisetum purpureum* alone or mixed together in a proportion 1:1, were incorporated in a dose equivalent to 10 Mg.year.ha⁻¹ during three consecutive years (1992-1994). The following soil attributes were evaluated: pH, organic carbon, cation exchange capacity (CEC), available phosphorus and total nitrogen. The crop attributes: stalk diameters, plant high grain yield, were also measured. Residue incorporation increased not only crop yields, but also soil pH, organic carbon, nitrogen, CEC and available phosphorus; although, changes were statistically significant only for the last two variables. The mixture *Crotalaria* plus *Penicetum* was the best treatment, with a yield increment of 74% over the control.

Key words: Organic matter, organic carbon, cation exchange capacity.

INTRODUCCIÓN

En suelos tropicales se ha venido produciendo un deterioro acelerado de las propiedades físicas y químicas, como consecuencia de la destrucción de la materia orgánica (MO) de los mismos al ser sometidos a cultivos. Turenne (1988) plantea que el 70 % del "pool" orgánico inicial del suelo podría desaparecer en unos dos meses y medio, Diez *et al.* (1991) plantean una pérdida de la fertilidad de los suelos de la Amazonia oriental en un lapso de 2-3 años.

Esta desaparición violenta de la MO en los trópicos conlleva a descensos en la suplencia de nutrientes para los cultivos (Allison, 1973; Rasmussen *et al.*, 1980; Tate, 1987; Sombroek, 1994; Ross, 1993), deterioro de la estructura al per-

derse la estabilidad de los agregados y pérdida de la capacidad de almacenamiento de agua (Schnitzer, 1991; Stevenson, 1982), además de restringir la actividad biológica del suelo (Alexander, 1977).

Ahora bien, son muchas las investigaciones que señalan el efecto positivo de la incorporación de residuos orgánicos (RO), de origen animal o vegetal, sobre la MO del suelo y aquellas características asociadas a la misma. En tal sentido, Larson *et al.* (1972) señalan, luego de 12 años de estudio, una relación lineal entre la tasa de aplicación de RO de origen vegetal y el carbono orgánico (CO) del suelo, y que dicha relación fue dependiente del tipo de residuo incorporado: paja de avena, alfalfa o residuos de cosecha de maíz. Resultados similares indican Rasmussen *et al.* (1980) puntualizando además

que en regiones semiáridas del Pacífico noroeste se requieren unas 5 Mg.ha⁻¹. año⁻¹ para mantener el nivel de MO del suelo.

En Venezuela, la práctica de incorporar RO es utilizada en algunas zonas como suplidora de nutrientes. En los Andes por ejemplo, son escasos los esfuerzos sistemáticos y a largo plazo destinados a evaluar los efectos sobre características químicas, físicas y biológicas de dicha práctica sobre el suelo, de allí la necesidad de hacerlo. En el país se han efectuado algunas evaluaciones a nivel de invernadero (Rivero, 1993, Rivero y Paolini, 1994, Rivero y Paolini, 1995) y algunas a nivel de campo (Contreras *et al.*, 1995a y b) En este marco de ideas se inscribe el objetivo principal de este trabajo: evaluar el efecto de la incorporación de RO vegetales sobre algunas características químicas del suelo y la productividad del mismo, en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en la Estación Experimental Yaracuy del FONAIAP ubicada en el valle medio del Río Yaracuy, 10° 05' de latitud norte, 69° 07' de longitud oeste y 320 msnm. El suelo utilizado es un Oxíc Haplustalf que presenta síntomas severos de degradación física. El cuadro 1 resume sus principales características

El diseño experimental correspondió a bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, donde la unidad presentaba las siguientes dimensiones: 8 m por 4 m. Se utilizaron 2 tipos de residuos vegetales: crotalaria (*Crotalaria juncea*) y pasto elefante (*Penisetum purpureum*) cuyas principales características se reúnen en el cuadro 2. El análisis estadístico se realizó mediante la aplicación del Test de F con análisis de varianza univariado, y las diferencias de medias por la prueba de Tukey al 95%.

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

pH	6,4
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	0,12 mS.cm ⁻¹
MATERIA ORGANICA	0,64 %
FOSFORO	22,05 mg.Kg ⁻¹
POTASIO	51,90 mg.Kg ⁻¹
CARBONO ORGÁNICO	3,7 g.Kg ⁻¹
NITRÓGENO	1,5 g.Kg ⁻¹
CIC	3,43 cmol.Kg ⁻¹
ARENA	37,6 %
LIMO	39,6 %
ARCILLA	22,8 %
CLASIFICACIÓN TEXTURAL	Franco
CLASIFICACIÓN TAXONOMICA.	Oxíc Haplustalf.

En todos los casos se aplicó una fertilización básica con 300 Kg ha⁻¹ de 12-24-12, lo cual corresponde al 75% de la dosis de fertilizante utilizado por los productores de la zona. Las variables de suelo evaluadas fueron: pH (relación 1:2,5); Car-

bono Orgánico (Método de Walkley y Black, 1934); Capacidad de intercambio catiónico (Método del acetato de amonio, Page *et al.*, 1982); Fósforo disponible (Extracción con solución Bray 1, Bray y Kurtz, 1945 y determinación por el método del azul (Murphy y Riley, 1962) y Nitrógeno total (OIEA, 1990).

Cuadro 2: Principales características de los residuos utilizados.

Material	Año	% C	% N	% P	% K	% Ca	C/N
Crotalaria	92	462	330	36	162	248	140
	93	465	321	30	144	144	145
	94	459	360	39	155	155	128
Pasto Elefante	92	522	231	39	240	119	226
	93	523	248	33	243	108	210
	94	528	238	30	232	118	222

Se aplicaron los siguientes tratamientos:

TRATAMIENTO 1 (T1): 10 Mg.ha⁻¹.año⁻¹ de Crotalaria.

TRATAMIENTO 2 (T2): 5 Mg ha⁻¹. año 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.

La productividad del suelo fue evaluada de manera indirecta usando maíz, híbrido PB-8 como cultivo indicador, llevándose un registro de los promedios anuales, a la cosecha, de las siguientes variables: diámetro del tallo, altura de la planta y rendimiento en grano a un contenido de humedad de 14 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos sobre el pH del suelo

Se visualiza en la Figura 1 la poca influencia de los distintos tratamientos sobre esta variable, aún cuando se registra un ligero descenso, el mismo no es significativo estadísticamente, en los lotes que han recibido incorporación de RO, lo cual refleja la resistencia de este suelo a la modificación de su pH. El ligero descenso observado está ligado a la producción de ácidos orgánicos como consecuencia del proceso de degradación, un efecto similar fue detectado por Rivero (1993), para este mismo suelo en condiciones de invernadero.

Efecto sobre el Carbono Orgánico del suelo

Los resultados indican que parte del carbono incorporado en el RO no es mineralizado total e inmediatamente, permaneciendo como compuestos orgánicos que engrosan el "pool" orgánico del suelo, esto podría estar vinculado a la presencia de micrositios, donde el material orgánico es protegido de la mineralización, o con la ocurrencia en el RO de materiales con mayor resistencia a la degradación. En tal sentido, Rivero (1993) indica que la crotalaria presenta contenidos importantes de lignina que provocan una menor velocidad en el

proceso de degradación de dicho residuo. Otro factor que pudiera ser el responsable de una menor mineralización lo constituye la ocurrencia de procesos de humedecimiento y secado, tal como lo plantean Gerstel *et al.* (1993).

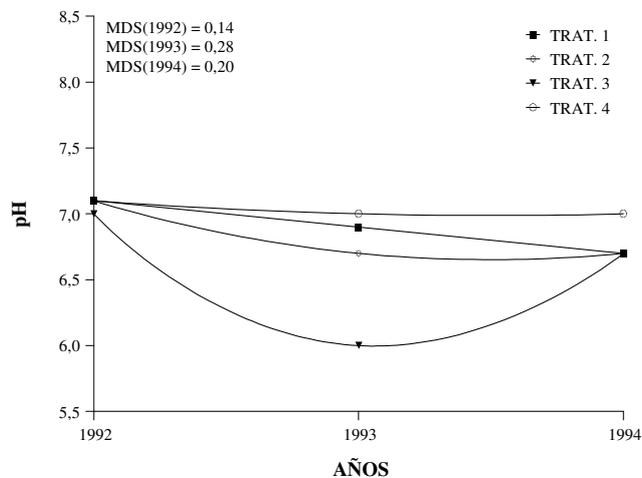


Figura 1. Efecto de la incorporación de RO sobre el pH del suelo.

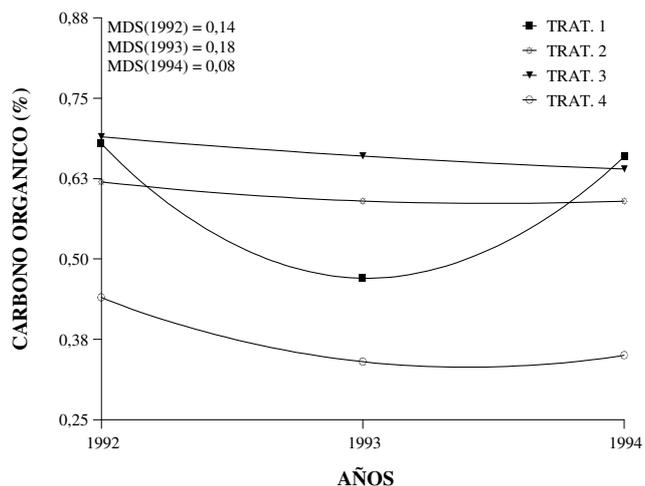


Figura 2. Efecto de la incorporación de RO sobre el Carbono Orgánico del suelo.

Se presentan, sólo durante el segundo año, diferencias estadísticas significativas del efecto de los materiales orgánicos incorporados sobre el contenido de CO del suelo, aún cuando las diferencias con el testigo son siempre significativas (Figura 2). Estos resultados son coincidentes con los señalados por Rasmussen *et al.* (1980) y Rivero (1993).

Efecto sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico del suelo

Ambos tipos de residuos provocaron incrementos de la CIC luego del segundo año de incorporación (Figura 3) estos incrementos fueron estadísticamente diferentes frente al testigo, no detectándose diferencias entre los tipos de residuos.

El efecto positivo del residuo es derivado de la producción de compuestos que contienen grupos funcionales capaces de suministrar cargas negativas (especialmente carboxílicos y fenólicos) y ha sido indicado por muchos otros investigadores: Lax *et al.* (1986), Jiang *et al.* (1990), Hanes y Mucha (1991), Duxbury *et al.* (1991). Sin embargo, este es un efecto que ha sido señalado como temporal si no hay una sistematización de la práctica de incorporación de RO (Rivero, 1993).

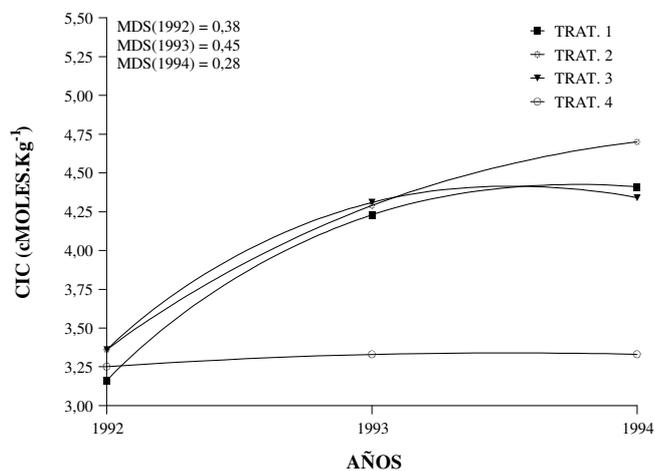


Figura 3. Efecto de la incorporación de RO sobre la CIC del suelo.

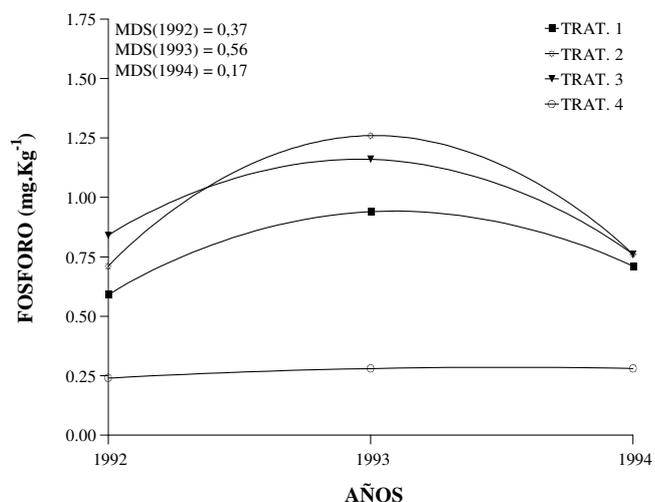


Figura 4. Efecto de la incorporación de RO sobre el Fósforo del suelo.

Efecto sobre el Fósforo Disponible del suelo

El incremento observado en los niveles de P disponible en el suelo (Figura 4) resultó ser significativo durante los tres años de incorporación de los RO. Resultados similares a los obtenidos han sido encontrados por otros investigadores entre ellos: Wade y Sanchez (1983), Das *et al.* (1991), Walters *et al.* (1992) y Rivero (1993).

Estos resultados pueden explicarse por dos mecanis-

mos, que no son dilucidados con la experiencia realizada. El primero y más evidente es la mineralización del P liberado de los compuestos orgánicos y el segundo por la interacción de los materiales orgánicos y sus productos de degradación con formas de P de baja disponibilidad presentes en el suelo. En tal sentido, Das *et al.* (1991) señalan incrementos de la disponibilidad del fósforo nativo como consecuencia del añadido de materiales orgánicos. Por otra parte, la producción del primer mecanismo fue confirmada, durante el segundo año de incorporación, en las evaluaciones reseñadas por Contreras *et al.* (1995 b), quienes comprobaron (usando las mismas unidades experimentales) incrementos en la actividad de la enzima fosfatasa en respuesta a la aplicación de los RO, la cual es responsable del proceso de mineralización de P.

Efecto sobre el Nitrógeno del suelo

Durante los dos primeros años no se observaron efectos estadísticamente significativos de los RO, a pesar de obtenerse incrementos al segundo año y el efecto se hace significativo luego de dos años consecutivos de incorporación, la Figura 5 ilustra el comportamiento para este elemento.

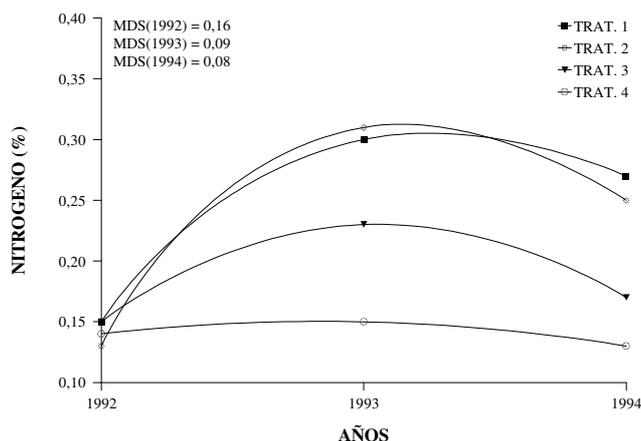


Figura 5. Efecto de la incorporación de RO sobre el Nitrógeno del suelo.

El efecto observado estuvo ligado al contenido de nitrógeno presente en el residuo, siendo la presencia de la leguminosa decisiva en el mismo, lo cual está asociado a los mayores contenidos de nitrógeno en el tejido de este tipo de material vegetal. Resultados como estos han sido reseñados por Shaw y Robinson (1960), usando residuos de soja en dosis de 2 %, Wade y Sanchez (1983), usando residuos de Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) en dosis de 8 Mg.ha⁻¹, Azam *et al.* (1985) incorporando *Sesbania aculeata*, Quintana *et al.* (1988), usando residuos de las siguientes leguminosas: mucuna (*Mucuna aterrima*), soja (*Glycine max*), Canavalia (*Canavalia ensiformes*), Crotalaria (*Crotalaria paulina*) y Zornia (*Zornia latifolia*), Walters *et al.* (1992), utilizando arveja peluda (*Vicia Villosa*) y Rivero (1993), utilizando residuos de *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformes*, *Phaseolus mungo* y *Sorghum bicolor*.

El efecto de materiales orgánicos sobre el nitrógeno se ha relacionado con el contenido de lignina y de polifenoles en el residuo incorporado (Palm y Sanchez, 1991; Rivero, 1993; Becker *et al.*, 1994).

Efecto sobre Variables del cultivo

La evaluación de este efecto se llevó a cabo mediante la medición, a cosecha, de parámetros del cultivo usado: maíz. Las figuras 6 y 7 ilustran los resultados para el diámetro del tallo y la altura de plantas respectivamente, mientras que las figuras 8 y 9, lo hacen para el rendimiento en grano conteniendo 14 % de humedad.

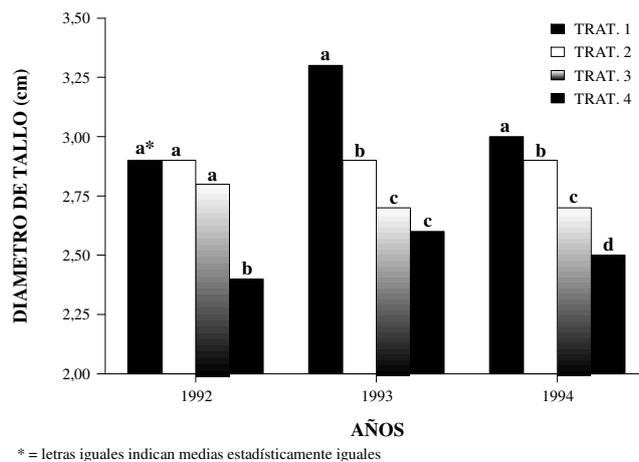


Figura 6. Efecto de la incorporación de RO sobre el diámetro del tallo.

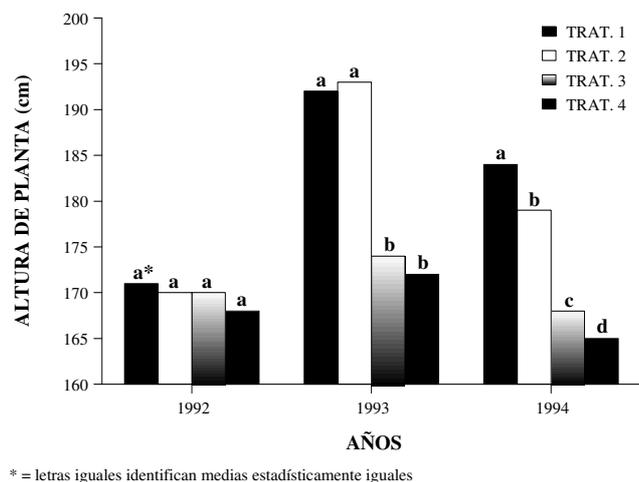


Figura 7. Efecto de la incorporación de RO sobre la altura de la planta.

Para las variables diámetro y altura de planta no se encontraron, para cada año, diferencias significativas entre los tratamientos, a pesar de observarse ligeros incrementos en aquellos tratamientos donde se usó el residuo, especialmente leguminosa. Para el rendimiento, se obtuvo durante el primer

año, un mayor efecto por la incorporación de *Crotalaria*, el cual no se mantuvo en los años siguientes donde la primacía se desplazó al tratamiento donde se aplicó la mezcla leguminosa-graminea en proporción 1:1. Este comportamiento ya había sido detectado por Rivero (1993) para este suelo y con el mismo cultivo.

La figura 9, ilustra el efecto de la mezcla sobre el rendimiento relativo (el testigo es 100%) por cuanto fue capaz de provocar para el segundo y tercer año incrementos de 74 y 62% respectivamente, estos incrementos fueron obtenidos en presencia de una reducción de 25% de la fertilización química usada en la zona y su explicación debe estar centrada en que el uso de RO provoca en primer término, una mejor suplencia de nutrimentos, tal como se desprende de la discusión precedente acerca de los contenidos de nutrimentos en el suelo.

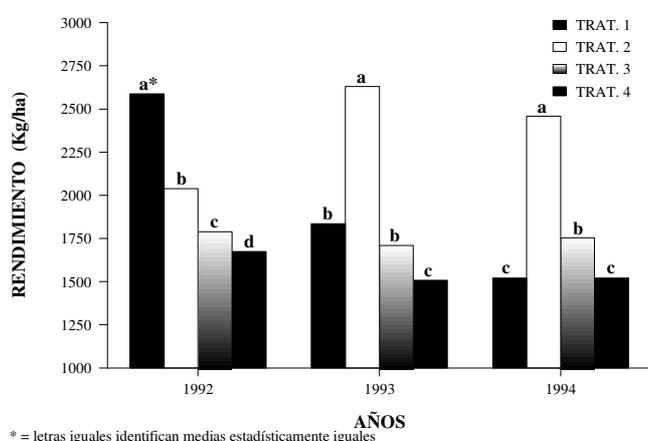


Figura 8. Efecto de la incorporación de R.O sobre el rendimiento.

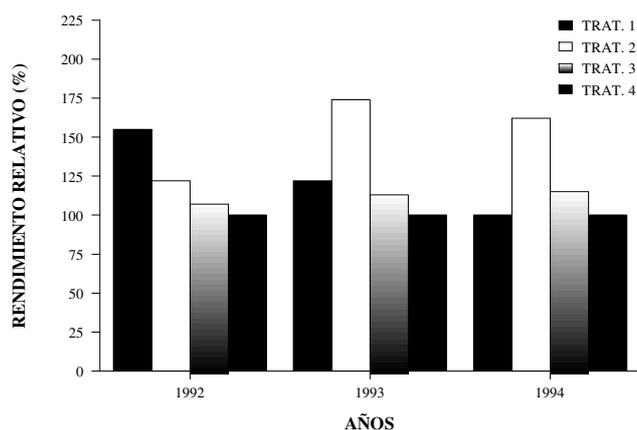


Figura 9. Efecto de la incorporación de RO sobre el rendimiento relativo

El mejor efecto de la mezcla debe estar asociado al logro de una relación C:N, en el "pool" del material orgánico incorporado, más favorable a la dinámica de la población microbiana autóctona, responsable de la degradación y mineralización del residuo. Al respecto, Bremer y Kessel (1992) indican que el uso de abonos verdes favorecen la acción de microorga-

nismos que mineralizan el nitrógeno nativo.

El otro aspecto está ligado a que el RO mejora las condiciones físicas del suelo especialmente la retención y distribución del agua en el perfil; el primer efecto ha sido indicado por muchos investigadores, Corack *et al.* (1991), entre otros y en el segundo caso provoca el efecto conocido como "mulch vertical" (Fairbourn y Gardner, 1972). Este efecto ha sido reportado para este suelo en unidades experimentales adyacentes a las de este ensayo por Pérez (1993) y León (1993).

Resultados similares a los obtenidos en este ensayo, para el rendimiento, han sido indicados por Wade y Sanchez (1980) quienes señalan que la incorporación de RO incrementan el rendimiento de los cultivos cuando no se hace fertilización química. Frye *et al.* (1985) reseñan incrementos en el rendimiento y en el retorno económico neto del maíz en sistemas de no labranza, gracias al uso de arveja peluda (*Vicia villosa*) como fuente de nutrimentos. Resultados similares son indicados por Corack *et al.* (1991) y Rivero (1993), utilizando en este último caso residuos de *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformes*, *Phaseolus mungo* y *Sorghum bicolor*.

CONCLUSIONES

Aún cuando experiencias de esta naturaleza deben ser mantenidas a largo plazo, por cuanto tres años constituye un período relativamente corto para la producción de grandes modificaciones en el "pool" orgánico del suelo, los resultados permiten hacer una serie de inferencias.

En primer lugar, el uso de RO constituye una alternativa para reducir los costos como consecuencia del uso de menores dosis de fertilizantes químicos para el logro de rendimientos similares. Además el residuo es capaz de modificar positivamente, aún cuando en el tiempo de evaluación no resulte estadísticamente significativo, el contenido de CO del suelo, lo que se traducirá, a largo plazo, en mejoras de las características químicas, físicas y biológicas del suelo. Los resultados indican la necesidad de hacer de la incorporación de RO una práctica sistemática en el agroecosistema.

AGRADECIMIENTOS

La autora desea expresar su agradecimiento al CDCH-UCV. (Proyecto N° 01-33-2649-91, 92, 95) por el soporte financiero para la investigación y al FONAIAP por el uso de la estación experimental Yaracuy.

LITERATURA CITADA

Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology John Wiley & Sons. New York, 467 p.

- Allison, Y.** 1973. Soil organic matter and its role in crop production. Elsevier Scientific Publ. Co., New York, 637 p.
- Azam, F., A. Malik y M. Sajjad.** 1985. Transformation in soil and availability to plant of ^{15}N applied as inorganic fertilizer and legume residues. *Plant and Soil*. Vol. 86:3-13.
- Bray, R. y L. Kurtz.** 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Sci.* Vol. 59:39-45.
- Becker, M., J. Ladha, I. C. Simpson y J. Ottow.** 1994. Parameter affecting residue nitrogen mineralization in flooded soils. *Soil Sci. Am. J.* Vol. 58: 1166-1171.
- Bremer, E. y C. van Kessel.** 1992. Plant-available nitrogen from lentil and wheat residues during subsequent growing season. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 56:1155-1160.
- Contreras, F., C. Rivero y J. Paolini.** 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos y dos tipos de labranza sobre la actividad enzimática en un Alfisol. XIII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. RESUMENES. Maracay, Venezuela. p.33.
- Contreras, F., C. Rivero y J. Paolini.** 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos y dos tipos de labranza sobre la actividad de la fosfatasa ácida en un Alfisol. *Revista Fac. Agronomía UCV.* Vol. 22(2-3):
- Corak, S., W. Frye y M. Smith.** 1991. Legume mulch and nitrogen fertilizers effect on soil water and corn production. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 55:1395-1400.
- Das, M., B. Singh, M. Ram y B. Dwivedi.** 1991. Influence of organic manure on native plant nutrient availability in an acid Alfisol. *J.Indian Soil Sci.*Vol. 39: 286-291.
- Diez, J. A. Polo., C. Cerri y F. Andreux.** 1991. Efectos comparativos en cultivos intensivos sobre nutrimentos en Oxisoles deforestados. *Turrialba* Vol. 41: 150-159.
- Duxbury, J., P. Motavalli y D. de Sousa.** 1991. Ion movement in Cerrado soil: The effect of inorganic and organic amendments on soil properties and sulfur availability. *Trp. Soil Technical Report 1988-1989.* pp: 116-117.
- Fairbourn, H. y H. Gardner.** 1972. Vertical mulch effect on water storage. *Soil Sci. Am. Proc.* Vol. 36:823-827.
- Frye, W., W. Smith y R. Williams.** 1985. Economics of winter cover crop as source of nitrogen for no-till corn. *J. Soil Water Conser.* Vol. 40:246-249.
- Gerstel, M. Van, R. Merckx y K. Vlassak.** 1993. Soil drying and rewetting and the turnover of ^{14}C - Cabelled plant residues: first order decay rates of biomass and non biomass ^{14}C . *Soil Biology & Biochemistry* Vol. 21(1): 125-134.
- Hanes, J. y V. Mucha.** 1991. Effect of green manure on the respiration activity and some chemical properties of the luvisol. *Zentral. für Mikrobiol.* Vol. 142:525-528.
- Jiang, Y., S. Tian, L. Zao y S. Dou.** 1990. Effect of undecomposed organic material on the fertility of soil. 14^o Congress International of Soil. Kyoto. Japan. Vol. II: 420-421.
- Larson, W., C. Clap, W. Pierre y Y. Moracham.** 1972. Effect of increasing amounts of organic residues on continuous corn. II. Organic Carbon, nitrogen, phosphorus and sulfur. *Agron. J.* Vol. 64: 204-208.
- Lax, A., A. Roig y F. Costa.** 1986. A method for determining the cation exchange capacity of organic materials. *Plant and Soil.* Vol. 94:349-355.
- León, M.** 1993. Efecto de sistemas de labranza conservacionista con uso de leguminosas en un alfisol de la zona maicera de Yaracuy. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 147 p.
- Murphy, J., y J. Riley.** 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. *Anal. Chim. Acta.* Vol. 27:31-36.
- OIEA.** 1990. Use of nuclear techniques in studies of soil-plant relationships. Training Course Series N° 2. IAEA. Viena. 223 p.
- Page, A. L., R. H. Miller y D. R. Keeney.** 1982. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. USA. 1159 p.
- Palm, A. y P. Sánchez.** 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and phenolic contents. *Soil Biol. and Biochem.* Vol. 7:171-177.
- Pérez, M.** 1993. Labranza mínima en maíz (*Zea mays*) y *Canaivalia ensiformis* como barbecho mejorado para este sistema. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. UCV. Maracay. 180 p.
- Quintana, J., J. Pereira, D. Bouldin y D. Lathwell.** 1988. Screening legume green manures as nitrogen sources to succeeding non-legume crop. *Plant and Soil.* Vol. 111:81-85.
- Rasmussen, P., R. Almaras, C. Rohde y N. Ruager Jr.** 1980. Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. *Soil Sci.Soc.Am.J.* Vol. 44:596-600.
- 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.

- Rivero, C. y J. Paolini.** 1994. Efecto de la incorporación de residuos vegetales sobre algunas propiedades físicas de tres suelos venezolanos. *VENESUELOS* Vol. 2(1):26-31.
- Rivero, C. y J. Paolini.** 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre la evolución de CO₂ de dos suelos venezolanos. *REV. FAC AGRON. (Maracay)*. Vol. 21:37-49.
- Ross, S.** 1993. Organic matter in tropical soils: current condition, concerns and prospects for conservation. *Progress in Physical Geography* Vol. 17(3): 265-305.
- Schnitzer, M.** 1991. Soil organic matter-the next 75 years. *Soil Science*. Vol. 151: 41-58.
- Shaw, W. y B. Robinson.** 1960. Organic matter decomposition and plant nutrient release from incorporation soybean hay and wheat straw in a Holston sandy loam in outdoor lysimeter. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Vol. 24:54-57.
- Sombroek, W.** 1994. Aspects of soil organic matter and nutrient cycling in relation to climate change and agricultural sustainability. *Int. Sym. On Nuclear and Related Techniques in Soil/Plant Studies on Sustainable Agricultural and Environment Preservation*. IAEA/FAO, Viena. 11p.
- Stevenson, J.** 1982. *Humus: Chemistry Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley & Sons. New York. 443 p.
- Tate, R.** 1987. Soil organic matter as a plant nutrient reservoir. In: Tate, R. (Ed.). *Soil organic matter. Biological and ecological effects*. A Wiley-Interscience Pub. pp. 165-184.
- Turenne, J.** 1988. Soil organic matter and soil fertility in tropical and subtropical environments. In: Maltby, E and T. Wollersem. *Soil and their management. A sino-european perspective*. Elsevier Applied Science. London. pp. 255-275.
- Wade, M. y P. Sanchez.** 1983. Mulching and Green manure applications for continuous crop production in the Amazon Basin. *Agron. J.* Vol. 75(1): 39-45.
- Walkley, A. y I. Black.** 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter. A proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* Vol. 37:29-38.
- Walters, D., M. Aulakh y J. Durán.** 1992. Effect of soil aeration, legume residue, and soil texture on transformation of macro and micronutrients in soil. *Soil Sci.* Vol. 153(2): 100-107.
-