

INCREMENTOS DE MATERIA ORGÁNICA EN UN SUELO ÁCIDO BAJO EL SISTEMA SORGO-FRIJOL FERTILIZADO CON ABONOS ORGÁNICOS Y ROCA FOSFÓRICA.

López Marisol¹ y Marcia Toro².

1=Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola, mlopez@inia.gob.ve. 2=Instuto de Ecología, facultad de ciencias UCV, marcia.toro@ciens.ucv.ve

RESUMEN

En un suelo ácido Typic Haplustults se aplicó abonos orgánicos y roca fosfórica en el agroecosistema sorgo - frijol. Se utilizó un diseño en bloques al azar con un arreglo de tratamientos en parcelas subsubdivididas con cuatro (4) repeticiones. La fertilización orgánica fue con añil (RN), crotalaria (RL) y residuos de sorgo (RG). Contrastados con los tratamientos sin residuo (SR) y el testigo barbecho (B). En cada parcela de residuos se evaluaron fertilizantes inorgánicos: T1 = N+ 0P+ K y T2 = N+P (RFR). 0P = sin P; RFR=roca fosfórica de Riecito. En kg ha⁻¹ se aplicó en sorgo 80 de N; 60 de P₂O₅ y 45 de K₂O y en frijol 15 de N; 39 de P₂O₅; 45 de K₂O y 0,2 de Mo. Al combinarse restos de cosecha y abonos verdes conjuntamente con RFR hubo incrementos significativos (P<1%) en los contenidos de MO hasta niveles medios (14 g kg⁻¹) sin acidificar el suelo.

Palabras claves: Materia orgánica, abonos orgánicos, roca forfórica, suelos ácidos.

INTRODUCCIÓN

El uso combinado de abonos orgánicos e inorgánicos incrementa la productividad del suelo, tanto por mejoras en la disponibilidad de nutrimentos como por recuperación de otras propiedades del suelo, entre ellas se aumenta el contenido de materia orgánica, aspecto clave en la fertilidad y calidad de suelos. Sin embargo, el uso de abonos orgánicos ha sido cuestionado por investigadores como Haynes (1983) quien señala que la acumulación de materia orgánica (MO) reduce el pH y se acidifica más éstos suelos. No obstante, Ondrášek y Čunderlík (2008) han mostrado incrementos en el pH y en la MO al aplicar abonos orgánicos. Igualmente, López *et al.* (2006) y Torres *et al.* (2006), al combinar abonos inorgánicos y orgánicos, señalaron cambios favorables los agroecosistemas sorgo-quinchoncho y sorgo-crotalaria en suelos ácidos de sabana y de colina del estado Guárico respectivamente. Éstos estudios, mostraron mejoras en las propiedades físicas, químicas, biológicas e incrementos en los rendimientos de los cultivos indicadores. En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto combinado de abonos orgánicos e inorgánicos sobre la acumulación de materia orgánica de un suelo ácido de baja fertilidad del estado Guárico a cinco (5) años de manejo agroecológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento en el campo:El experimento se desarrolló en un suelo ácido de sabana, clasificado como Typic Haplustults francosa gruesa, caolinítica, Isohipertermica. Ubicado entre las coordenadas geográficas 8° 33' 59'' de latitud Norte y 66° 05' 10'' de

longitud Oeste, en un paisaje de altiplanicie de mesa disectada en la Parroquia Espino del Nor Oriente de Guárico, en la finca El Silbón propiedad del agricultor Carlos Bastardo.

Características edafoclimáticas del sitio experimental: La zona agroclimáticamente se caracteriza por presentar precipitaciones entre 1000 y 1150 mm al año, de tipo bimodal, distribuidas en 5 a 6 meses, de ocurrencia erráticas, de alta intensidad y de corta duración. El quinto año de evaluación del experimento, las precipitaciones se concentraron en cuatro meses, con valores de 135; 317,4; 190,1 y 54 mm para los meses julio, agosto, septiembre y octubre respectivamente, con un total de 696,5 mm, mostrando un comportamiento unimodal en la distribución. Mientras que la temperatura media varió entre 19 y 34 °C.

Fertilidad del suelo: La fertilidad natural del suelo al inicio del experimento diagnosticada según los métodos y procedimientos señalados por Gilabert et al (1990) 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: *Sorghum bicolor* L Moench, cultivar Chaguaramas VII. y *Vigna unguiculata*, variedad Tuy. Los **abonos verdes** fueron dos leguminosas o Fabaceae: *Crotalaria juncea* L. y el añil (*Indigofera lespedezioides* Kunth) nativa.

Mecanización: Se utilizó labranza mínima durante los primeros cuatro años, pero el quinto año no se requirió ninguna mecanización.

Diseño experimental: Se utilizó un diseño en bloques al azar con un arreglo de tratamientos en parcelas subsubdivididas, 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.

Tratamientos orgánicos-parcela principal: 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: T1 y T2, en dosis bajas antes de sembrar los cultivos de rotación del ciclo: sorgo-frijol y/o – frijol-sorgo y las leguminosas utilizada como abono verde (crotalaria y añil). Cada parcela de residuo (RN, RL, RG), sin residuo (SR) y de barbecho (B) con dimensiones de 5m x 18,5m con un área de 92, 5 m² c/u.

Tratamientos inorgánicos-parcela secundaria: T1 = N+K+0P; T2 = N+K+P(RFR). N= nitrógeno, K= potasio, 0P= sin fósforo. **Fuentes de fósforo:** RFR= roca fosfórica de Riecito (14 % P-total; 32,06 % de P₂O₅; 39 % de CaO) natural. **Fuentes de nitrógeno:** urea (46 % N) . **Fuente de potasio:** Cloruro de potasio (60 % K₂O).

Tratamientos profundidad-parcela terciaria: Conformado por las cuatro (4) profundidades (cm) de muestreo de suelo: 0-10; 10-20; 20-30 y 30-40 cm.

Dosis de nutrimentos: En sorgo se aplicó en kg ha⁻¹ 80 de N, 60 de P₂O₅ y 60 de K₂O. Mientras que en frijol, crotalaria y añil la dosis de N, P₂O₅, K₂O y Mo fue de 15, 39, 45, y

0,2 kg ha⁻¹ respectivamente. Éstas dosis fueron mas bajas que las sugeridas por López *et al.* (2008), con criterios de altos y bajos insumos para sorgo y frijol respectivamente.

Cantidad de abonos orgánicos aplicados:

La cantidad de abono orgánico aplicado varió dependiendo del tipo de abono inorgánico (T1, T2). El subtotal acumulado de los cuatro (4) años anteriores fue según López *et al.* (2006) y López *et al.* (2009) de 179. 830; 35.641 y 216.957 kg ha⁻¹ para RN, RG y RL respectivamente. El quinto año se aplicó 3.788, 4.608 y 3.783 kg ha⁻¹ de RN, RG y RL respectivamente, lo cual suma un total de 192.603; 40.249 y 220.740 kg ha⁻¹ para las parcelas mencionadas respectivamente.

Muestreo del suelo: Se tomaron muestras de suelo compuestas por repetición y tratamiento a cuatro (4) profundidades para determinar los contenidos de smateria orgánica (MO) y pH.

Muestras compuestas: En cada repetición de un mismo tratamiento se tomaron tres (3) submuestras, las cuales se homogenizaron y formaron una muestra compuesta por repetición.

Materia orgánica (MO) y reacción del suelo (pH): Los análisis con fines de diagnóstico de fertilidad se realizaron según el manual de métodos y procedimientos del INIA (Gilabert *et al.*, 1990). En éste trabajo se presentan los resultados de la reacción del suelo (pH relación de suelo- agua: 1: 2,5) y la acumulación de la materia orgánica (MO) obtenida por digestión húmeda con dicromato de potasio en medio ácido, cuyos valores se expresaron en g kg⁻¹.

Análisis estadísticos: El efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas se determinó a través de análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias entre tratamientos fue realizada a través de las Pruebas de Medias Duncan (P<0,05), utilizando el INFOSTAT ®, versión 2007. Con la finalidad de contrastar los resultados obtenidos por efecto de los abonos orgánicos (SR, RN, RL, RG) con la parcela mantenida en descanso, barbecho (B) se utilizó los datos generados del tratamiento T1(Sin P) de cada parcela de residuo o abono orgánico evaluada en campo.

Los resultados fueron interpretados en cada secuencia residuo (SR, RN, RL, RG) – cultivo: sorgo (S), frijol (F) o residuo (RN, RL) –manteniendo los abonos verdes: añil (VN) y crotalaria (C). Las secuencia de residuos – cultivos fueron: SR+F (sin residuo –frijol); SR+S (sin residuo-sorgo); RN+S (residuo nativo – sorgo); RN+VN (residuo nativo-vegetación nativa); RL+S (residuo de crotalaria-sorgo); RL+C (residuo de crotalaria-crotalaria); RG+S (residuo de sorgo-sorgo) y RG+F (residuo de sorgo-frijol).

RRESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación de materia orgánica a cuatro profundidades en la secuencias residuos cultivo contrastado con la parcela mantenida en barbecho.

Los contenidos de materia orgánica (MO) incrementaron significativamente por efecto de las prácticas de manejo evaluadas, variando desde valores muy bajos (4 g kg⁻¹) hasta medios (14 g kg⁻¹) según los niveles de acumulación de MO señalados por Gilabert *et al.* (1990). Los valores de MO estuvieron en función de las secuencias residuos –cultivos, a las fuentes de fósforo, la interacción de éstos y la profundidad, Figura 1.

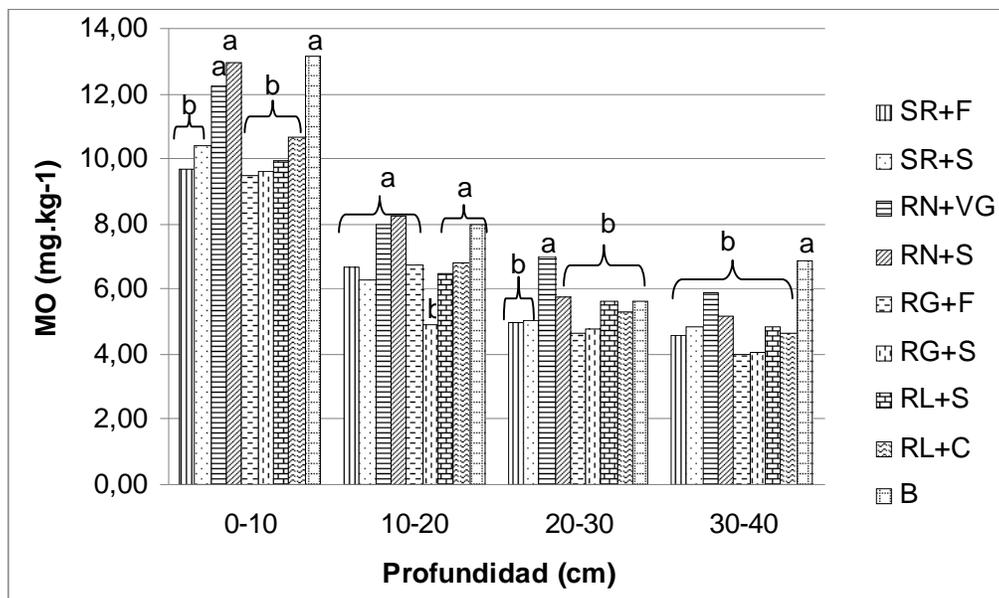


Figura 1. Acumulación de materia orgánica (g kg^{-1}) en la secuencia residuo-cultivo y parcela barbecho a cuatro profundidades después de 5 años de manejo con principios agroecológicos del sistema de producción sorgo-frijol. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) en cada profundidad, prueba de Medias Duncan.

Los tratamientos orgánicos a base de abonos verdes nativos (RN) y la parcela mantenida bajo barbecho, fueron los que generaron los mayores contenidos de MO (Figura 1). En la primera profundidad (0-10 cm) la materia orgánica estuvo entre $9,4 \text{ g kg}^{-1}$ y 13 g kg^{-1} , siendo la secuencia RN+S y la parcela barbecho las que lograron mayor acumulación con diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$), seguido de la secuencia RN + VN.

En la segunda profundidad (10-20 cm), la materia orgánica varió entre $6,4 \text{ g kg}^{-1}$ y $8,1 \text{ g kg}^{-1}$, a las secuencias residuo cultivo RN+ S y RN +VN y al barbecho le correspondieron los mayores valores. En la tercera profundidad (20-30 cm) la MO estuvo entre $4,5$ y 7 g kg^{-1} mientras que en la última profundidad (30-40 cm) la MO fue más baja (entre 4 y 7 g kg^{-1}). En todas las profundidades, los tratamientos a base de la leguminosa nativa (*I. lespedezioides*) utilizada como abono verde fueron los manejos que junto al barbecho contribuyeron a incrementar los contenidos de MO del suelo. Hasta la cuarta profundidad hubo incrementos en MO por efecto de las prácticas evaluadas, ocurriendo aumentos desde $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ hasta 8 g kg^{-1} , pero el mayor incremento fue a la primera profundidad, lo cual se atribuye al aporte de los abonos orgánicos aplicados: abonos verdes y restos de cosecha, así como el sistema radical de los cultivos con su riqueza microbiana-datos no mostrados-.

Efecto del manejo combinado de abonos orgánicos (restos de cosecha y abonos verdes) con roca fosfórica de Riecito sobre la acumulación de MO.

El efecto de la fertilización fosfatada a base de roca fosfórica (T2-RFR) fue significativamente positivo sobre la acumulación de la materia orgánica. En la primera

profundidad, se alcanzaron contenidos de la MO hasta $14,6 \text{ g kg}^{-1}$ en la parcela RN+S (Figura 2). En la segunda y cuarta profundidad no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tipos de manejos. Mientras que en la tercera profundidad (20-30-cm), el tratamiento RN+VN fue en el que se acumuló mayores contenidos de MO, con diferencias significativas ($P < 0,05$), atribuido a la calidad y cantidad de éstos abonos-datos no mostrados-, en el resto de las profundidades no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de manejo.

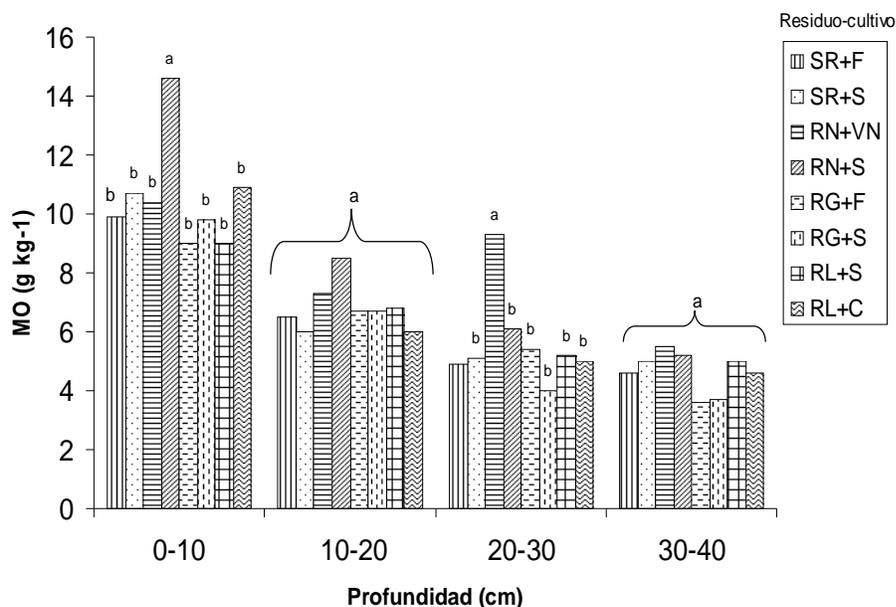


Figura 2. Materia orgánica (g kg^{-1}) en las secuencias residuo -cultivo dentro del tratamiento inorgánico **T2- P-RFR** a cuatro profundidades, después de 5 años de manejo con principios agroecológico del sistema de producción sorgo-frijol. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) en cada profundidad, prueba de Medias Duncan.

Los incrementos en MO no influyeron en la disminución del pH, cuyos resultados estuvieron entre 4,5 y 5,0, pero los valores mayores fueron en los primeros 10 cm de profundidad donde se acumuló la mayor cantidad de MO, coincidiendo con los resultados señalados por Ondrášek y Čunderlík (2008) y Rivero y Paolini (1995).

Los incrementos significativos en los contenidos de materia orgánica se atribuyen a la cantidad y calidad de los abonos orgánicos, baja relación C/N, en el sorgo (16:1) y en crotalaria y añil (10:1), adecuados de celulosa (entre 31-43 %), lignina (8% en sorgo, 14 % en crotalaria y 18% en añil), así como en las relaciones lignina/celulosa y lignina/nitrógeno, contenidos de nutrimentos N, Ca, Mg, P, K (datos no mostrados) y metabolitos secundarios presentes (datos no mostrados). Significando que los abonos orgánicos aplicados conjuntamente con la dosis de roca fosfórica como fuente inorgánica de fósforo es una estrategia viable para aumentar la calidad y productividad de los suelos ácidos.

Éstos resultados son muy importantes, debido a que la MO constituye una fuente de nutrimentos, principalmente N, P y S, sirve de hábitat a gran cantidad de microorganismos que participan en los procesos físicos, químicos y bioquímicos que ocurren en los ciclos

biogeoquímicos, y es el principal reservorio de dióxido de carbono (CO₂), uno de los gases involucrados en el efecto de invernadero (Chivelet, 1999).

Es por ello, necesario promover prácticas agrícolas de manejo con principios agroecológicos que contribuyan a incrementar los contenidos de MO, lo cual además pudiera evitar la oxidación progresiva de la MO del suelo y garantizar la principal fuente de energía del suelo, con los efectos positivos sobre la estructura del suelo, almacenamiento y movimiento del agua, desarrollo de raíces y mayor resistencia a la erosión (Dilly 2005), al tiempo que se mantienen los suelos vivos, para lo cual la gestión de la MO es clave.

CONCLUSIONES

La materia orgánica del suelo es la clave para promover la sustentabilidad de agroecosistemas tropicales y los fertilizantes orgánicos aplicados conjuntamente con roca fosfórica son una opción para incrementarla en suelos ácidos sin reducir el pH y beneficiando la actividad de microorganismos claves en la fertilidad del suelo.

La práctica de barbecho fue una opción para incrementar la materia orgánica de suelos ácidos, lo cual beneficia el flujo de materia y energía para activar los procesos biológicos naturales, incrementar la sustentabilidad y reducir los riesgos a ser degradados.

BIBLIOGRAFÍA

- CHIVELET, J. M. (1999). Cambios climáticos. Ediciones Libertarias. Madrid. Pp. 324. Científicas, Colección Nuevas Tendencias N°9. Ed. Raycar S.A. 405 p.
- DILLY, O. (2005). Microbial energetics in soil. In: Microorganisms in soil: roles in genesis and functions. Soil Biology. F. Buscot and A. Varma (eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Volumen 3. Pp.123-138.
- GILBERT DE BRITO J., I. LÓPEZ DE ROJAS Y R. ROBERTI. (1990). Análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad. En: Manual de métodos y procedimientos de referencia. FONAIAP - CENIAP. Maracay. Serie D. N° 26, 164 p.
- HAYNES, R. J. (1983). Soil acidification induced by leguminous crops. Grass and Forage Science, 38: 1-11.
- LÓPEZ, M., N. ALFONZO, A. FLORENTINO Y M. PÉREZ. (2006). Dinámica del fósforo y reducción del aluminio intercambiable en un suelo ultisol sometido a manejo conservacionista en Venezuela. Interciencia, 31: 293-299.
- LÓPEZ DE ROJAS, I., N. ALFONZO, N. GÓMEZ, M. NAVAS Y P. YÁÑEZ. (2008). Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Maracay. Serie B N° 18. 395 p.
- LÓPEZ, M.; B. RODRÍGUEZ, A. FLORENTINO Y M. PÉREZ.(2009). Informe final. Proyecto: Evaluación de prácticas de manejo conservacionista en suelos ácidos del Municipio Espino-Guárico, en un sistema de producción cereal - leguminosa, código: S1-2002000391. 139 p. Más anexos
- ONDRÁŠEK, L. Y J. ČUNDERLÍK. (2008). Effects of organic and mineral fertilizers on biological properties of soil under seminatural grassland. Plant Soil Environ., 54 (8): 329–335
- RIVERO, C. Y J. PAOLINI. (1995). Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades químicas de los suelos en Venezuela. Venesuelos, 3 (1): 24-29.

TORRES, D.; A. FLORENTINO Y M. LÓPEZ. (2006). Indicadores e índices de calidad de suelo en un ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservacionista en Guárico, Venezuela. Bioagro, 18 (2):83-91.