

EFFECTO DEL USO DE COBERTURAS PERENNES Y FERTILIZACIÓN FOSFORADA SOBRE LA MATERIA ORGÁNICA DE UN SUELO DE SABANA MANEJADO EN FORMA CONSERVACIONISTA

Caballero Ronelly¹ y Hernández Rosa Mary²

¹Estudiante graduado. Cursante del Postgrado en Ciencias del Suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. ronellycaballero@yahoo.es

²Laboratorio de Biogeoquímica. Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. rodama33@yahoo.com.mx

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto del uso de coberturas perennes en combinación con fertilizantes fosforados sobre la materia macroorgánica (MMO) de un Ultisol del Estado Guárico. Los tratamientos fueron: *Centrosema macrocarpum* y *Urochloa dyctioneura* con I₀ (sin fertilización inorgánica), RF (NK+P como 100% roca fosfórica), IR (NK+P como 50%RF y 50% como fosfato diamónico) y FB (NK+ P como 25%RF + biofertilizantes), y sabana natural como control, distribuidos en un diseño de parcelas grandes sin repetición. Se realizaron dos muestreos, antes de establecer el ensayo (T0) y cuatro años después (T1). Se tomaron 12 muestras (0-5 cm) por cada tratamiento. Fue estimada la MMO por fraccionamiento físico (tamaño y densidad) con LUDOX. En cada fracción se determinó el carbono orgánico (CO). La introducción de coberturas incrementó el contenido de fracción ludox ligera (FLL) y el tratamiento RF aumentó la fracción ludox pesada (FLP). Hubo mayor contenido de CO en FLL en todos los tratamientos de fertilización.

Palabras claves: Materia macroorgánica, fracción ligera, fertilización, sabana.

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica del suelo (MOS) juega un papel fundamental en el reciclaje de nutrientes, pues está compuesta por distintas fracciones que representan un reservorio de C, N, P, entre otros elementos, que pueden ser utilizados por los cultivos a corto y mediano plazo. La biomasa microbiana es considerada la fracción activa de la MOS y junto a la materia macroorgánica (MMO) conocida como fracción pasiva, cumplen un rol primordial en el suministro de nutrientes para las plantas, pues poseen una tasa de descomposición rápida y son muy sensibles al impacto que ejercen las prácticas de manejo agrícola sobre el suelo, por lo que han sido usadas como indicadores para evaluar cambios en la calidad del suelo asociados al manejo del mismo (Barrios *et al.*, 1996).

Para cuantificar éstas fracciones son usados procedimientos de fraccionamiento físico que comprenden técnicas de separación por tamaño y densidad, basados en dos premisas, la primera considera que la fracción del tamaño de las arenas (>53µm), conocida como materia orgánica particulada (MOP), es más lábil que la MOS asociada a las partículas de limo y arcilla; mientras que la segunda se fundamenta en que durante la humificación parte de la MOS se asocia más con la fracción mineral del suelo, y por lo tanto, ocurre la formación de complejos orgánico-minerales de alta densidad (Barrios *et al.*, 1996; Accoe *et al.*, 2004). Para ello, la MOP es removida desde el resto del suelo por flotación en agua o en soluciones densas (Boone, 1994; Monaghan y Barraclough, 1997) debido a que no se encuentra firmemente unida a la parte mineral del suelo. En

este sentido, Meijboom *et al.* (1995) desarrollaron un método en el que utilizan como medio de separación una suspensión de sílice (Ludox), ajustada a dos valores de densidad 1,13 y 1,37 g.cm⁻³, por lo que permite recuperar tres fracciones de MMO con diferentes grados de transformación: Fracción ludox ligera (FLL), consistente de residuos de planta reconocibles (<1,13 g.cm⁻³), Fracción ludox intermedia (FLI), material parcialmente humificado. (1,13 – 1,37 g.cm⁻³) y Fracción ludox pesada (FLP), material orgánico amorfo (>1,37 g.cm⁻³). La FLL es sumamente lábil y está enriquecida en C y N en comparación a la FLP (asociada a minerales), puesto que puede alcanzar contenidos de estos elementos de 50 y 40% respectivamente. En este orden de ideas, Hernández (1998) encontró que la MOS juega un papel fundamental en el suelo de sabanas cultivadas debido a su contribución al C y N total de estos suelos, además concluyó que la fracción ligera (FL) de la MOS resultó ser más sensible al manejo agrícola por lo que puede servir como indicador para evaluar el impacto de éstas prácticas (labranza, rotación de cultivos, fertilización) sobre el suelo, debido a que afectan la cantidad y calidad de los residuos que entran al mismo.

Recientemente, ha crecido el interés en estudiar estas fracciones dinámicas de la MOS, particularmente en suelos de sabana de baja fertilidad, como los del estado Guárico, debido a que la frontera agrícola se ha extendido hacia los mismos provocando significativas disminuciones en su productividad, por los bajos niveles de MOS. Por tal motivo, se ha promovido el uso de sistemas de manejo conservacionista en estos suelos, como es el uso de coberturas perennes (gramíneas o leguminosas), labranza mínima y/o fertilización biológica, con la finalidad de incrementar el contenido de MOS y por ende la fertilidad de los mismos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de coberturas perennes en combinación con diferentes fuentes fertilizantes fosforadas sobre la materia macroorgánica de un Ultisol de sabana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se encuentra ubicado en la Estación Experimental La Iguana, en el Municipio Santa María de Ipire al Suroeste del estado Guárico. El suelo es un Typic plinthustults francosa gruesa, caolinítica, isohipertérmica, que presenta limitaciones de acidez y bajo contenido de materia orgánica (Hernández *et al.*, 2005). El ecosistema es una sabana bien drenada con vegetación típica de gramíneas como *Trachypogon sp.* y ciperáceas. El diseño experimental utilizado fue de parcelas grandes sin repetición seleccionado con base a un estudio previo de variabilidad espacial, donde además se determinó el tamaño óptimo de las parcelas experimentales (18 m * 350 m). El número mínimo de muestras a tomar para la caracterización de los diferentes tratamientos fue de 12 muestras compuestas de tres sub-muestras cada una. Los tratamientos evaluados consistieron de dos coberturas perennes de distinta calidad, una gramínea *Urochloa dycitioneura* (Udy) y una leguminosa *Centrosema macrocarpum* (Cma), ambas sometidas a 4 tipos de fertilización para la siembra directa del maíz: I₀, Sin fertilización inorgánica (testigo absoluto); Roca fosfórica (RF): Dosis N – P – K, con roca fosfórica como fuente de fósforo (150 kg/ha N, 150 kg/ha P₂O₅ y 100 kg/ha K₂O); Fertilización biológica (FB): ¼ de P como roca fosfórica + inoculación con micorrizas (150 kg/ha N, 37.5 kg/ha P₂O₅ roca fosfórica + inoculación con micorrizas y 100 kg/ha K₂O); Inorgánica reducida (IR): Dosis baja de N – P – K, es decir, ½ de P como roca fosfórica y ½ como fosfato de amonio (FDA) (150 kg/ha N, 150 kg/ha P₂O₅ = 75 kg/ha de roca fosfórica y 75 kg/ha FDA y 100 kg/ha K₂O); y un tratamiento que sirvió como control absoluto denominado sabana natural (SN). Las muestras fueron recolectadas en mayo del año 2002, antes de

la siembra de las coberturas (To) y en septiembre del año 2006, en la floración del cultivo de maíz (T1) a una profundidad entre 0 y 5 centímetros de la superficie del suelo. Para este momento, las coberturas contaban con 4 años desde su establecimiento y los tratamientos de fertilización con 2 años de aplicación. Una vez recolectadas, las muestras fueron secadas al aire y tamizadas a 2 mm para la realización de los análisis de laboratorio correspondientes.

Fraccionamiento de la MOS por tamaño-densidad:

Para la obtención de las fracciones ligera y pesada de la MOS se utilizó la metodología propuesta por Meijboom *et al.* (1995) modificado, que contempla el fraccionamiento de la materia macroorgánica. Para ello fueron tomados 500 g de suelo previamente tamizado a 2 mm, y mezclado rigurosamente en un envase con 2 L de agua aproximadamente, luego el contenido fue vaciado sobre dos tamices (uno de 250 μm sobre uno de 150 μm) para realizar una separación por tamaño o tamizado en húmedo, a través de la cual el suelo fue lavado con agua. Posteriormente el material presente sobre ambos tamices fue colocado en un envase y por decantación se separó el material mineral de la fracción orgánica. La fracción mineral quedó depositada en el fondo del envase. Este proceso de agitación y decantación fue repetido varias veces hasta que no quedaron partículas orgánicas visibles. Seguidamente el material orgánico ($>150 \mu\text{m}$) fue fraccionado usando como medio de separación una dispersión coloidal acuosa de partículas de sílice conocida con el nombre comercial de LUDOX. Para ello la fracción orgánica fue colocada en el Ludox con una densidad de $1,37 \text{ g.cm}^{-3}$ y mezclado varias veces, la fracción que sedimentó recibe el nombre de fracción pesada en ludox (FLP), mientras que la que flota fue recolectada y colocada en Ludox ajustado a una densidad de $1,13 \text{ g.cm}^{-3}$. Igualmente este material fue separado en fracciones, la sobrenadante y sedimentadas, la primera es denominada fracción ligera en ludox (FLL) y la segunda es la fracción intermedia (FLI). Este proceso fue repetido varias veces hasta que la cantidad de material en el sobrenadante se hizo imperceptible. En resumen, con este tipo de fraccionamiento fueron obtenidas tres fracciones de materia macroorgánica: Fracción ligera ($< 1,13 \text{ g.cm}^{-3}$), fracción intermedia ($1,13 - 1,37 \text{ g.cm}^{-3}$) y fracción pesada ($> 1,37 \text{ g.cm}^{-3}$). Las tres fracciones fueron lavadas con agua desionizada y secadas en estufa a 50°C . El tiempo promedio de permanencia de la materia macroorgánica en el Ludox fue aproximadamente de 10 minutos.

Posteriormente a cada fracción se le determinó el contenido de Carbono orgánico (CO) por el método de oxidación húmeda con $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (Anderson e Ingram, 1993).

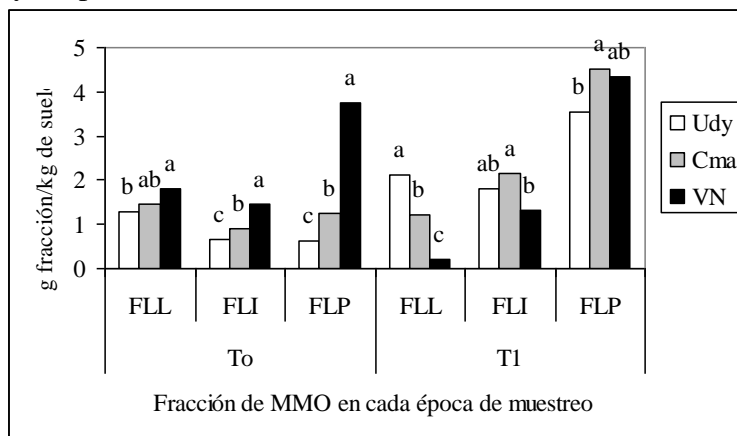
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenidos de materia macroorgánica (MMO):

El fraccionamiento físico de la MOS mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en todas las fracciones de MMO atribuibles a la introducción de las coberturas perennes (Figura 1). En To se obtuvieron valores de FLL, FLI y FLP en SN superiores a los encontrados en las coberturas, lo cual resulta lógico pues para ese momento las mismas no habían sido establecidas. No obstante, el análisis estadístico arrojó diferencias significativas entre Udy y Cma que son debidas a la heterogeneidad natural de la parcela experimental, pues donde se ubica la cobertura Cma existe una mayor variabilidad en los contenidos de arcilla, mientras que la parcela de Udy es más homogénea. En T1, luego de 4 años de establecidas la coberturas, se alcanzaron incrementos significativos de la MMO, encontrándose que Udy contribuyó más a la formación de FLL, mientras que Cma y SN favorecieron principalmente a FLI y FLP, es decir, los compartimientos más

recalcitrantes de esta fracción de la MOS, no obstante, al comparar las coberturas dentro de cada fracción de MMO, se observa que todas arrojaron valores más altos de FLP en comparación a FLL y FLI. Esto puede estar relacionado con la calidad de los residuos de las coberturas, ya que, en un estudio previo Padrino (2004) encontró que los residuos de Udy se descomponen más fácilmente que los de Cma debido a diferencias en su composición química, pues la leguminosa posee compuestos más recalcitrantes (ej. Lignina, polifenoles) que son difíciles de degradar por los microorganismos del suelo, otro factor que puede estar influyendo es el clima pues acelera el proceso de descomposición de la MOS, favoreciendo la transformación de la FLL (consistente principalmente de residuos de plantas parcialmente descompuestos) en una fracción con mayor grado de descomposición y transformación, representada en este caso particular por FPL.

Figura 1. Contenido de fracciones de MMO antes del establecimiento de las coberturas (To) y después de 4 años (T1).



Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos para cada fracción MMO

Cabe destacar, que los valores de FL de la MMO reportados en To son menores a los encontrados por Figuera (2006) en diferentes suelos agrícolas del estado Guárico comprendidos entre 1.83 y 3.48 g FL.Kg suelo⁻¹; mientras que los contenidos de FL en T1 si se encuentran dentro del rango antes mencionado, lo que confirma el efecto positivo que ejerce el uso de este tipo coberturas perennes sobre la MOS debido al mayor aporte de residuos y, la sensibilidad de la FL a la introducción de cambios en las prácticas de manejo del suelo. No obstante, Hernández (1998) había encontrado contenidos de FL alrededor de 4.8 g FL.Kg suelo⁻¹ en un suelo de sabana del estado Guárico manejado con siembra directa.

Al comparar los distintos tratamientos de fertilización dentro de cada una de las fracciones de MMO, en To, se aprecian diferencias significativas relacionadas con la heterogeneidad natural de las parcelas experimentales, pues para ese momento todavía no habían sido aplicadas las diferentes fuentes fertilizantes por lo que no debían existir efectos a causa de ello. Sin embargo, en T1, luego de 2 años de aplicados los tratamientos de fertilización, comienzan a observarse diferencias significativas en las fracciones de MMO asociadas a la aplicación de estos tratamientos, principalmente en RF y FB, los cuales produjeron incrementos importantes en el contenido de FPL con relación al resto de las fuentes fertilizantes evaluadas (Cuadro 1).

Concentración de C en las fracciones de materia macroorgánica (MMO):

Al inicio del ensayo (To) solo se observaron diferencias significativas entre las coberturas evaluadas en FLL, donde SN arrojó mayor contenido de C en relación a Udy y Cma, mientras que en T1 se observan incrementos significativos en la concentración de C en todas las fracciones de MMO en el siguiente orden FLL>FLI>FLP, por la introducción de la cobertura Udy, relacionado con un mayor aporte de residuos por parte de esta gramínea y a la calidad de la misma, pues es de más fácil descomposición en comparación a la leguminosa, lo que conlleva al aumento en el suministro de elementos, tales como C y N, entre otros nutrientes (Figura 2). Es de resaltar que los valores de C en la FLL encontrados en este estudio son más altos que los reportados por Hernández (1998) 190 g C-FL.Kg FL⁻¹, Campos (1999) 254 g C-FL. Kg FL⁻¹ y Figuera (2006) 261 g C-FL.Kg FL⁻¹, todos correspondientes a suelos de sabana venezolana. Sin embargo, las concentraciones de C aquí reportadas son muy parecidas a las obtenidas por Payan *et al.* (2007) en un suelo de Costa Rica, en el cual usaron el fraccionamiento con Ludox, ellos consiguieron contenidos promedios de C alrededor de 362, 297 y 70 g C fracción. Kg fracción⁻¹ en FLL, FLI y FLP, respectivamente.

Cuadro 1. Contenido de fracciones de MMO en los tratamientos de fertilización al inicio del ensayo (To) y después de 2 años de aplicación (T1).

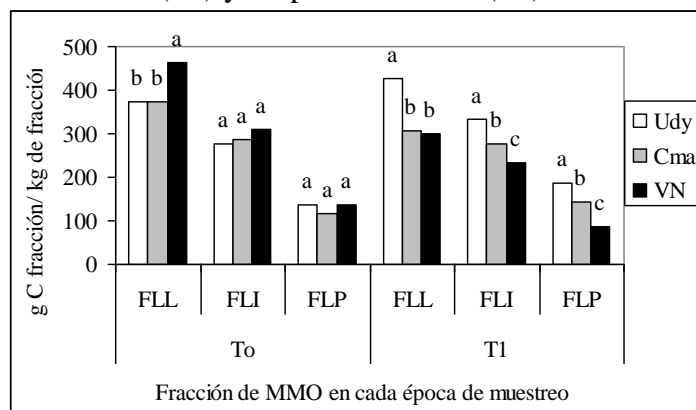
	To			T1		
	(g fracción. kg suelo ⁻¹)					
	FLL	FLI	FLP	FLL	FLI	FLP
Io	1,4181 a	0,8828 b	1,5338 b	1,5231 a	1,6027 a	3,2256 c
RF	1,4474 a	1,2131 a	1,9644 ab	1,137 a	1,7897 a	5,5223 a
IR	1,3929 a	0,8919 b	1,777 ab	0,9597 a	1,6911 a	3,3917 bc
FB	1,8051 a	1,001 ab	2,2064 a	1,0974 a	1,9729 a	4,3629 ab

Io: Sin fertilización; RF: Roca fosfórica; IR: Inorgánica reducida; FB: Fertilización Biológica; FLL: Fracción ludox ligera (>150 µm; <1,13 g.cm⁻³); FLI: Fracción ludox intermedia (>150 µm; 1,13-1,37 g.cm⁻³) y FLP: Fracción ludox pesada (>150 µm; >1,37 g.cm⁻³)

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos para cada fracción MMO

En relación a los tratamientos de fertilización, tanto To como T1, las concentraciones de C en las fracciones macroorgánicas mostraron el siguiente orden FLL>FLI>FLP en todos los tratamientos, coincidiendo con lo reportado en la literatura que indica mayores contenidos de C y N en la FL con respecto a otras fracciones lábiles como FLI y FLP (Barrios *et al.*, 1996; Barrios *et al.*, 1997; Payan *et al.*, 2007), y en comparación a las fracciones asociadas a la parte mineral del suelo como el caso de la fracción pesada (FP) (Figuera, 2006).

Figura 2. Concentraciones de C en las fracciones de MMO antes del establecimiento de las coberturas (To) y después de 4 años (T1).



Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos para cada fracción MMO

En To no hay cambios evidentes debido a que para ese momento no habían sido aplicados los tratamientos de fertilización, no obstante, RF y FB mostraron mayor contenido de C en FLL con relación al resto de los tratamientos. Sin embargo, en T1, no se observan tendencias claras entre las fracciones macroorgánicas y los tratamientos de fertilización, solo destaca RF con un aumento en la concentración de C en FLL y FLI (Cuadro 2).

Cuadro 2. Concentraciones de C en las fracciones de MMO en los tratamientos de fertilización al inicio del ensayo (To) y después de 2 años de aplicación (T1).

	To			T1		
	g C fracción. kg fracción					
	FLL	FLI	FLP	FLL	FLI	FLP
Io	385,48 ab	288,86 a	144,95 a	320,18 c	262,34 b	145,51 a
RF	440,58 a	281,94 a	128,93 a	376,74 a	374,97 ab	125,89 b
IR	372,85 a	294,98 a	127,37 a	341,24 b	302,73 a	136,06 a
FB	413,14 ab	300,00 a	116,48 a	339,38 bc	281,88 ab	148,40 a

Io: Sin fertilización; RF: Roca fosfórica; IR: Inorgánica reducida; FB: Fertilización Biológica; FLL: Fracción ludox ligera (>150 μm ; <1,13 g.cm^{-3}); FLI: Fracción ludox intermedia (>150 μm ; 1,13-1,37 g.cm^{-3}) y FLP: Fracción ludox pesada (>150 μm ; >1,37 g.cm^{-3})

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos para cada fracción MMO

CONCLUSIONES

Los resultados del fraccionamiento de la materia macroorgánica en este suelo de sabana indicaron que, después de 4 años, la introducción de las coberturas produjo incrementos en el contenido de las fracciones dinámicas de la MOS, principalmente en FLP. Sin embargo, Udy aumentó el contenido de FLL en comparación a Cma y SN. El contenido de C disminuyó en el orden FLL>FLI>FLP, en todas las coberturas y tratamientos de fertilización evaluados confirmando la hipótesis que indica que las fracciones con mayor grado de transformación poseen menores concentraciones de C.

Sin embargo, a pesar de que han transcurrido 2 años de la aplicación de los tratamientos de fertilización, aún no observan efectos claros sobre las fracciones macroorgánicas de la MOS, no obstante RF produjo mayores concentraciones de C en FLL y FLI en comparación al resto de los tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Accoe, F., P. Boeckx, J. Busschaert, G. Hofman y O. Van Cleemput. 2004. Gross N transformation rates and net N mineralization rates related to the C and N contents of soil organic matter fractions in grassland soils of different age. *Soil Biol. and Biochem.* 36: 2075-2087.
- Anderson, J. y J. Ingram. 1993. Tropical soil biology and fertility (Tsbfi). Handbook of methods. C. A. B. International. Wallingford, UK. 171 p.
- Barrios, E., R. J. Buresh y J. I. Sprent. 1996. Organic matter in soil particle size and density fractions from Maize and legume cropping systems. *Soil Biol. and Biochem.* 28(2):185-193.
- Barrios, E., F. Kwesiga; R. J. Buresh y J. I. Sprent. 1997. Light fraction soil organic matter and available nitrogen following trees and Maize. *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 61:826-831.
- Boone, R. 1994. Light-fraction soil organic matter: origin and contribution to net nitrogen mineralization. *Soil Biol. and Biochem.* 26(11):1459-1468.
- Campos, A. 1999. Efecto de la siembra de *Pinus caribaea* en las fracciones dinámicas de la materia orgánica de un suelo de sabana (Uverito, Estado Monagas). Tesis de Grado para optar al Título de Licenciada en Biología. Facultad de Ciencias. UCV. 80 p.
- Figuera, K. 2006. Caracterización de diferentes fracciones de la materia orgánica en suelos agrícolas venezolanos. Tesis de Grado para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. UCV. 62 p.
- Hernández, R. M. 1998. Transformaciones del N y C, y su distribución en agregados de un suelo tropical bajo dos tipos de labranza. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. UCV. 223 p.
- Hernández, R. M.; Z. Lozano; C. Rivero; M. Toro; J. Salazar; A. Torres, A. Ojeda; J. Morales; L. Arias y C. Domínguez. 2005. Manejo agroecológico de suelos de sabanas bien drenadas con unidades de producción cereal – ganado. Informe FONACIT. Proyecto G-2002000398. 125 p.
- Meijboom, F., J. Hassink y M. Van Noordwijk. 1995. Density fractionation of soil macroorganic matter using silica suspensions. *Soil Biol. and Biochem.* 27(8):1109-1111.
- Monaghan, R. y D. Barraclough. 1997. Contributions to N mineralization from soil macroorganic matter fractions incorporated into two field soils. *Soil Biol. and Biochem.* 29(8):1215-1223.
- Padrino, M. 2004. Dinámica de la descomposición de coberturas en un sistema conservacionista maíz-ganado del Estado Guárico. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía. UCV. 93 p.
- Payan, F., D. L. Jones y J. Beer. 2007. Dynamics of size-density fractions of soil organic matter following the addition of tree litter to organic coffee farms. *Geoderma* 141:15-22.